

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
SETOR DE CIÊNCIAS DA TERRA  
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO  
EM GEOGRAFIA**

**TESE DE DOUTORADO  
DINÂMICA DO USO DA TERRA E A PRODUÇÃO DE SEDIMENTOS EM  
DIFERENTES ÁREAS FONTES NA BACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO BOA  
VISTA- GUAMIRANGA-PR.**

**VALDEMIR ANTONELI**

Curitiba  
2011

**VALDEMIR ANTONELI**

**TESE DE DOUTORADO**  
**DINÂMICA DO USO DA TERRA E A PRODUÇÃO DE SEDIMENTOS EM**  
**DIFERENTES ÁREAS FONTES NA BACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO BOA**  
**VISTA- GUAMIRANGA-PR.**

Programa de Pós-graduação em Geografia  
– Doutorado - Universidade Federal do  
Paraná- UFPR. Área de concentração:  
Espaço Sociedade e Ambiente. Orientador:  
Professor Doutor Naldy Emerson Canali.  
Co-orientador Professor Doutor Edivaldo  
Lopes Thomaz.

Curitiba

2011

## FICHA CATALOGRÁFICA

Antoneli, Valdemir

Dinâmica do uso da terra e a produção de sedimentos em diferentes áreas fontes na Bacia Hidrográfica do Arroio Boa Vista – Guamiranga - PR / Valdemir Antoneli. – Curitiba, 2011.

354 f. : il.; graf., tab. + mapas

Tese (doutorado) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências da Terra, Programa de Pós-Graduação em Geografia.

Orientador: Naldy Emerson Canali

Co-orientador: Edivaldo Lopes Thomaz

1. Sedimentos (Geomorfologia) - Bacias hidrográficas. I. Canali, Naldy Emerson. II. Thomaz, Edivaldo Lopes. III. Título.

CDD 551.8



PARECER

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Curso de Pós-Graduação em Geografia reuniram-se para a arguição da Tese de Doutorado, apresentada pelo candidato VALDEMIR ANTONELI intitulada "DINÂMICA DO USO DA TERRA E A PRODUÇÃO DE SEDIMENTOS EM DIFERENTES ÁREAS FONTES NA BACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO BOA VISTA – GUAMIRANGA - PR", para obtenção do grau de Doutor em Geografia, do Setor de Ciências da Terra, da Universidade Federal do Paraná Área de Concentração Espaço, Sociedade e Ambiente, Linha de Pesquisa Paisagem e Análise Ambiental.


Após haver analisado o referido trabalho e argüido o candidato, são de parecer pela Aprovado da Tese.

Curitiba, 11 de março de 2011.

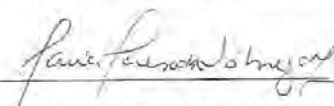
Nome e Assinatura da Banca Examinadora:

  
\_\_\_\_\_

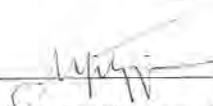
Prof. Dr. Naldy Emerson Canali - Orientador

  
\_\_\_\_\_

Prof. Dr. Jorge Soares Marques (UERJ)

  
\_\_\_\_\_

Profa. Dra. Maria Tereza Nobrega (UEM)

  
\_\_\_\_\_

Profa. Dra. Nilza Freres Stipp (UEL)

  
\_\_\_\_\_

Prof. Dr. Leonardo José Cordeiro Santos - UFPR

*O difícil não é iniciar uma caminhada, mas sim continuar. Ir em frente requer, perseverança, persistência e humildade. Mas, semeando a boa semente, ainda que seja pela umidade das lágrimas ela germinará. Pode acontecer que os outros não valorizem os nossos trabalhos, as nossas lutas diárias. Mas os resultados dessas lutas nos fazem sentir que as experiências adquiridas na longa caminhada serviram para que acreditássemos em sonhos, mesmo sabendo que jamais deveríamos viver deles. Estas experiências, muitas vezes, nos fizeram chorar, mas jamais deixamos as lágrimas turvarem a nossa visão. Não importa também se, nesse esforço, tropeçamos e caímos, pois é aos que tombam na luta que se costuma chamar de heróis.*

*(Grifos nosso)*

## **Dedicatória**

*Dedico esta tese a minha esposa Adriana, e meu filho Vinicius aos quais serei grato para sempre, pelo apoio, dedicação e incentivo, onde muitas vezes se privaram de várias coisas para que eu pudesse dar continuidade aos estudos e principalmente ajudando a me levantar e mostrando-me o caminho nas horas mais difíceis. Aos meus pais, João e Marlene, que apesar de todas as dificuldades que enfrentaram na vida sempre fizeram o possível para que eu chegasse até aqui.*

## AGRADECIMENTOS

Esta pesquisa de doutorado, apesar de ser o resultado de um trabalho árduo e na maioria das vezes solitário, algumas pessoas e instituições foram de extrema importância. Desta forma, agradeço primeiramente a Deus, pelo dom da vida e, por dar-me forças nos momentos de fraqueza, guiando-me por esta longa caminhada.

Agradeço ao professor Dr. Naldy Emerson Canali pela orientação e por acreditar no trabalho que seria desenvolvido e por depositar sua confiança em mim ao longo da pesquisa.

Agradeço também de forma especial ao professor Dr. Edivaldo Lopes Thomaz, pela co-orientação e profissionalismo que sempre demonstrou e principalmente pelos laços de amizade que se formaram entre nós.

Permitam-me contar uma pequena história. O professor Edivaldo foi meu professor na graduação no curso de Geografia na Unicentro – Guarapuava e um belo dia, tinha um cartaz em sua sala com um edital aberto para a seleção de Iniciação Científica para trabalhar com monitoramento de erosão de solos. Eu me inscrevi, e fui o único selecionado, no início confesso que não entendia ao certo a importância de se medir erosão em parcelas, pois eu estava iniciando o segundo ano da graduação. Mas aos poucos fui tomando gosto pela Geomorfologia experimental e hoje estou aqui encerrando uma tese de Doutorado aplicando métodos de monitoramento em Geomorfologia. Passaram-se 11 anos desde aquela seleção e o professor Edivaldo sempre apostando em mim e hoje tenho a grata satisfação em dizer que somos além de parceiros de pesquisas, grandes amigos.

Agradeço também aos colegas professores do Departamento de Geografia da Unicentro- Campus de Irati; Dra. Karla Rosário Brumes, Dra. Wanda Terezinha Pacheco dos Santos, Msc. Andreza Rocha de Freitas, Msc. Daniel Luiz Stefenon, Dr. Roberto França da Silva Junior, Msc. Luiz Carlos Basso e Msc. Emerson Rigoni, pelo incentivo e pela compreensão nos momentos em que tive que me ausentar das minhas atribuições perante as atividades departamentais. Agradeço em especial ao professor Dr. Aparecido Ribeiro de Andrade que nunca mediu esforços para me ajudar nos momentos difíceis, de incertezas e dificuldades, não só durante a pesquisa mas como também durante as atividades docentes.

Não poderia deixar de agradecer aos meus alunos que sempre compreenderam as minhas falhas como professor, que por vez, foram reflexos das atividades relacionadas ao doutoramento. Agradeço em especial os meus orientandos de Iniciação científica/TCC:

João Anésio Bednarz, Marlon, Fabio Abreu de Carvalho, Dalton Renan Fleischer, Rosiméri Fabiana Parteka, Viviane Moraes Francisquini Ulhôa, Suellen Chemim de Almeida, Mariceli Peruceli e Laiane Penteado, que de uma forma ou de outra contribuíram não só com suas respectivas pesquisas, mas como na compreensão de minha ausência como orientador.

Não posso deixar de agradecer ao laboratório de Hidrogeomorfologia e de Geografia Física da Unicentro, sob a responsabilidade do professor Dr. Edivaldo Lopes Thomaz e do professor Dr. Leandro Redin Vestena, que sempre esteve disponível para mim ao longo da pesquisa. Estendo o agradecimento também, aos alunos de Iniciação Científica do professor Edivaldo e do professor Leandro que sempre ajudaram quando solicitados nas análises laboratoriais.

De modo especial agradeço, aos meus pais João Antoneli e Marlene Wagner Antoneli e meu irmão Everton Antoneli, que sempre me auxiliaram nas coletas de alguns dados, por estes residirem na área de estudos.

Não posso esquecer das novas amizades que construí ao longo das disciplinas do doutorado, em especial aos amigos Mauro José Cury e Beatriz Carrijo, pois sempre encontrei neles um porto seguro.

Agradeço também a Associação de Pequenos Agricultores da Colônia Boa Vista, por permitirem a instalação das calhas em suas respectivas propriedades.

Por fim, agradeço a todos que de uma forma ou de outra contribuíram para a realização desta tese.

A todos meu muito obrigado.



## SUMÁRIO

<b>SUMÁRIO</b> .....	IX
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	XI
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	XVI
<b>LISTA DE FLUXOGRAMA</b> .....	XX
<b>LISTA DE QUADROS</b> .....	XXI
<b>LISTA DE EQUAÇÕES</b> .....	XXII
<b>RESUMO</b> .....	XXV
<b>ABCTRAT</b> .....	XXVI
<b>INTRODUÇÃO</b> .....	27
<b>OBJETIVOS</b> .....	30

## CAPÍTULO I

<b>1- REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	34
<b>1.1 Fatores controladores dos processos erosivos</b> .....	34
1.1.1- Precipitação como entrada de energia .....	34
1.1.2- O papel da cobertura vegetal nos processos erosivos.....	36
1.1.3- O processo de infiltração como agente regulador dos processos erosivos....	40
1.1.4- Comprimento e declividade das vertentes .....	44
<b>1.2- Mecanismos da erosão dos solos em vertentes</b> .....	45
1.2.1- Condições físicas dos solos e sua influência nos processos erosivos .....	45
1.2.2- Estabilidade dos agregados .....	46
<b>1.3 - Erosão de solos como produto dos fatores controladores e mecanismos dos processos erosivos</b> .....	51
1.3.1- Início do processo erosivo .....	57
1.3.2- Escoamento superficial .....	58
1.3.3- Erosão de solos em áreas rurais .....	60
<b>1.4- Dinâmica do uso da terra e áreas fontes de sedimentos</b> .....	63

## CAPÍTULO II

<b>2- Caracterização da área de estudo</b> .....	75
--	----

### CAPÍTULO III

<b>3- Metodologia.....</b>	<b>88</b>
3.1-Levantamento cartográfico.....	89
3.2 - Carta de uso do solo.....	90
3.3- Calendário agrícola .....	91
3.4-Monitoramento da pluviosidade da bacia.....	91
3.5-Técnicas utilizadas para a mensuração das áreas fontes de sedimentos.....	92
3.5.1-Mensuração volumétrica.....	92
3.5.2- Avaliação da compactação do solo.....	100
3.6- Avaliação da estabilidade dos agregados nos tipos de uso do solo.....	103
3.7-Técnicas de mensuração dinâmica.....	104
3.8 - Mensuração da perda de solos nas áreas de Faxinal.....	106
3.9-Mensuração da perda de solo em Mata de Araucária e Mata Secundária .....	107
3.10- Mensuração da perda de solos nas áreas de cultivo de erva mate .....	109
3.11-Mensuração da perda de solos nas áreas de reflorestamento de eucaliptos.....	110
3.12- Mensuração da perda de solos nas áreas de pastagens.....	112
3.13 -Mensuração da perda de solo na área de agricultura .....	113
3.14-Avaliação da exposição do solo.....	118
3.15 -Mensuração dos pontos de conexão entre material das vertentes com o canal fluvial.....	121

### CAPÍTULO IV

<b>4-ANÁLISE DA EVOLUÇÃO DO USO DO SOLO DA BACIA.....</b>	<b>125</b>
<b>4.1- Dinâmica do uso da terra e da estrutura agrária na bacia do Arroio Boa Vista.....</b>	<b>125</b>
<b>4.2- A influência da fomicultura na dinâmica do uso do solo.....</b>	<b>141</b>

### CAPÍTULO V

<b>5- DINÂMICA DAS ÁREAS FONTES DE SEDIMENTOS.....</b>	<b>146</b>
<b>5.1- Análise da precipitação.....</b>	<b>146</b>
<b>5.2- Calendário agrícola na Bacia do Arroio Boa Vista.....</b>	<b>151</b>
<b>5.3- Índice de cobertura do solo.....</b>	<b>154</b>

<b>5.4- Estabilidade dos agregados .....</b>	<b>161</b>
<b>5.5- Compactação do solo nos diferentes tipos de uso.....</b>	<b>163</b>
<b>5.6- Perda de água e solo em diferentes tipos de uso do solo.....</b>	<b>166</b>
5.6.1 - Perda de água e perda de solo em área de Faxinal .....	167
5.6.2 –Perda de água e perda de solo em Mata de Araucária .....	176
5.6.3 - Perda de água e perda de solo em área de Mata Secundária .....	184
5.6.4- Perda de água e perda de solo em Reflorestamento de Eucalipto .....	193
5.6.5-Perda de água e perda de solo no cultivo de erva-mate.....	205
5.6.6 –Perda de água e perda de solo na área de pastagem.....	214
5.6.7 – Sistematização das perdas de água e solo dos tipos de usos .....	222

## **CAPÍTULO VI**

<b>6- ANÁLISE DOS DADOS REFERENTES A FUMICULTURA.....</b>	<b>224</b>
<b>6-1 Calendário agrícola da fumicultura .....</b>	<b>225</b>
<b>6-2- Exposição do solo nas áreas de fumicultura.....</b>	<b>229</b>
<b>6.3- Dinâmica da remobilização do solo nas entrelinhas e nos camalhões.....</b>	<b>232</b>
<b>6-4- Compactação do solo nas áreas de fumicultura .....</b>	<b>236</b>
<b>6.5- Análise de perda de água e solo na fumicultura.....</b>	<b>241</b>
6.5.1- Perda de água e perda de solo no cultivo do tabaco durante a safra de 2007/2008.....	242
6.5.2- Perda de água e perda de solo no cultivo do tabaco no período de entre safra 2008/2009.....	257
6.5.3- Perda de água e perda de solo no cultivo do tabaco durante a safra 2008/2009.....	265
6.5.4- Perda de água e perda de solo no cultivo do tabaco durante a entre safra 2009/2010.....	274
6.5.5-Perda de água e perda de solos no cultivo do tabaco na safra 2009/2010.....	285
<b>6.6 - Comparativo de perda de solo ao longo do monitoramento no cultivo do                 tabaco nos diferentes manejo.....</b>	<b>294</b>
<b>6.7- Perda de solos nas estradas .....</b>	<b>300</b>
<b>6.8- Conexão entre estrada e canal fluvial.....</b>	<b>312</b>

## **CAPÍTULO VII**

<b>7.1- Sistematização dos dados .....</b>	<b>317</b>
<b>7.2- Recomendações.....</b>	<b>331</b>
<b>7.3-Conclusão .....</b>	<b>333</b>
<b>7.4 - Referências bibliográficas.....</b>	<b>337</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1-	Localização da Bacia do Arroio Boa Vista.....	76
Figura 2 -	Distribuição pluviométrica anual da área, no período de 1988 a 2009.....	78
Figura 3 -	Distribuição sazonal da pluviosidade histórica .....	78
Figura 4-	Média da pluviosidade mensal histórica da área de estudos correlacionada com a pluviosidade do ano de 2008 e 2009.....	79
Figura 5-	Mapa Geológico da Bacia do Arroio Boa Vista.....	81
Figura 6-	Declividade da área de estudos.....	84
Figura 7 –	Esboço das características geomorfopedológico da bacia.....	86
Figura 8-	Procedimento da mensuração dos pinos nos barrancos das estradas.....	94
Figura 9-	Croqui representativo da distribuição dos pinos de erosão nos barrancos das estradas.....	95
Figura 10-	Esboço das três partes do barranco em uma parcela e monitoramento.....	96
Figura 11-	Monitoramento da área de contenção; a) abertura da área de contenção de 1x1m <sup>3</sup> ; b) caixa de contenção preenchida de sedimentos após um evento chuvoso. ....	97
Figura 12-	Perfil representativo da área de contenção durante a mensuração.....	97
Figura 13 –	Esboço da coleta dos perfis transversais das estradas .....	99
Figura 14-	Penetrômetro de impacto modelo Stolf.....	100
Figura 15-	Trincheira aberta sob o cultivo do tabaco para monitoramento da compactação do solo; a) trincheira aberta sob a entrelinha após o término do cultivo do tabaco; b) utilização do penetrômetro de bolso para avaliação da compactação do solo na camada superficial.....	101
Figura 16-	Esquema representativo da coleta da compactação do solo com penetrômetro de bolso nos camalhões e entrelinhas em três profundidades.....	102
Figura 17-	Distribuição dos pontos de monitoramento na bacia.....	105
Figura 18-	Calha coletora de Gerlach (50 cm), instalada na Mata de Araucária.....	108
Figura 19-	Calha instalada no início do cultivo do tabaco.....	114

Figura 20-	Aspectos da característica do camalhão no início da semeadura de inverno e no início do plantio - (a) indica os murundus e o início da germinação da cobertura vegetal de inverno (abril); b) indica o mesmo local no início do plantio (setembro), neste caso a cobertura vegetal já foi dessecada com herbicida.....	117
Figura 21.	Característica do Plantio convencional. a) início do cultivo onde o solo é revolvido constantemente; b) período de colheita do tabaco onde não há revolvimento do solo.....	118
Figura 22-	Amostrador de exposição do solo no plantio direto em área de cultivo do tabaco.....	119
Figura 23-	Monitoramento do percentual de exposição do solo no cultivo do tabaco.....	120
Figura 24-	Uso do solo em 1981. ....	126
Figura 25-	Uso do solo de 2003.....	134
Figura 26-	Uso do solo de 2009.....	137
Figura 27-	Dimensão das propriedades na área de estudos.....	145
Figura 28-	Distribuição da precipitação durante o monitoramento.....	147
Figura 29-	Média da pluviosidade na bacia no período de 2008 e 2009 comparada com a média histórica da região (1988/ 2009).....	148
Figura 30-	Distribuição sazonal da precipitação na bacia no ano de 2008 e 2009.....	151
Figura 31-	Exposição do solo no corte raso de eucalipto e poda da erva mate – a) reflorestamento de eucalipto sob corte raso com utilização da queimada para remover a madeira; b) local de poda (colheita) de erva mate.....	155
Figura 32-	Correlação entre a precipitação, a perda de água e perda de solos nas áreas de Faxinal. a) Correlação entre a precipitação e a perda de água; b) correlação entre precipitação e a perda de solo; c) correlação perda de água e perda de solo.....	175
Figura 33–	Correlação entre a precipitação, a perda de água e perda de solos nas áreas de Mata de Araucária. a) Correlação entre a precipitação e a perda de água; b) correlação entre precipitação e a perda de solo; c) correlação perda de água e perda de solo.....	183
Figura 34–	Correlação entre a precipitação, a perda de água e perda de solos nas áreas de Mata Secundária. a) Correlação entre a precipitação e a perda de água; b) correlação entre precipitação e a perda de solo; c) correlação perda de água e perda de solo.....	192

Figura 35-	Correlação entre a precipitação, a perda de água e perda de solos nas áreas de Reflorestamento de eucalipto. a) Correlação entre a precipitação e a perda de água; b) correlação entre precipitação e a perda de solo; c) correlação perda de água e perda de solo.....	203
Figura 36-	Correlação entre a precipitação, a perda de água e perda de solos nas áreas de cultivo de erva mate. a) Correlação entre a precipitação e a perda de água; b) correlação entre precipitação e a perda de solo; c) correlação perda de água e perda de solo.....	213
Figura 37-	Correlação entre a precipitação, a perda de água e perda de solos nas áreas de pastagem. a) Correlação entre a precipitação e a perda de água; b) correlação entre precipitação e a perda de solo; c) correlação perda de água e perda de solo.....	221
Figura 38 -	Cultivo de tabaco em sistema convencional a) destaque ao solo exposto, os murundus na linha de cultivo e os sulcos em desnível no centro das entre linhas; b) cobertura do solo devido a morfologia das folhas que atuam com calhas coletoras de água.....	227
Figura 39-	Perfis transversais representativos de duas entrelinhas, apresentado a morfologia da entrelinha em três estágios.....	233
Figura 40-	a) ravina aberta transversalmente em uma área onde o camalhão havia sido desestruturado antes do evento (estágio 2). b) ravina aberta pela erosão transversal no início do plantio.....	234
Figura 41 -	a) dados de compactação em deferentes profundidades no início do cultivo. b) dados da compactação em diferentes profundidades ao término do cultivo.....	239
Figura 42-	a)- morfologia das folhas direcionando a água para a entrelinha; b) Fluxo concentrado na entrelinha e locais sem umidade devido a cobertura do solo promovido pelas folhas.....	246
Figura 43-	Exposição do solo na última colheita das folhas do tabaco, final do mês de fevereiro.....	251
Figura 44-	Correlação entre a precipitação, a perda de água e perda de solos na safra de tabaco 2007/2008 das Áreas com plantio convencional (A1, A2 e A3). a) Correlação entre a precipitação e a perda de água; b) correlação entre precipitação e a perda de solo; c) correlação perda de água e perda de solo.....	255
Figura 45-	Correlação entre a precipitação, a perda de água e perda de solos na safra de tabaco 2007/2008 na Área com plantio direto sem camalhão (A4); a) correlação entre a precipitação o perda de água; b) correlação entre	

	precipitação e a perda de solo; c) correlação perda de água e perda de solo.....	256
Figura 46-	a) solo coberto com nabo forrageiro na área A3; b) solo coberto por aveia preta nas áreas A1 e A2.....	261
Figura 47-	Correlação entre precipitação, perda de água e perda de solos no período de entre safra de tabaco 2008/2009; a) correlação entre a precipitação e a perda de água; b) correlação entre precipitação e a perda de solo; c) correlação perda de água e perda de solo.....	264
Figura 48-	Detalhe das folhas de tabaco direcionando suas pontas para o solo da entrelinha, potencializando a concentração de água nestes locais. ....	268
Figura 49-	Correlação entre precipitação, e perda de água e perda de solos na safra de tabaco 2008/2009 das Áreas com plantio convencional (A1, A2 e A3). a) correlação entre precipitação e perda de água; b) correlação entre a precipitação e perda de solo; c) correlação entre a perda de água e perda de solo.....	271
Figura 50-	Correlação entre precipitação, perda de água e perda de solos na safra de tabaco 2008/2009 da Área A4 com Sistema de Plantio Direto Sem Camalhão; a) Correlação entre a precipitação e a perda de água; b) correlação entre precipitação e perda de solo; c) correlação entre a perda de água e a perda de solo.....	273
Figura 51-	Acúmulo de sedimentos retidos pela camada morta no cultivo do tabaco com Sistema de Plantio Direto Sem Camalhão.....	274
Figura 52-	Rugosidade superficial com a construção dos camalhões antes da semeadura da cobertura vegetal de inverno.....	277
Figura 53-	Correlação entre precipitação, perda de água e perda de solos na entre safra de tabaco 2009/2010 das Áreas A1 e A2, com plantio direto com camalhão; a) Correlação entre precipitação e perda de água; b) correlação entre precipitação e perda de solo; c) correlação perda de água e perda de solo.....	281
Figura 54-	Correlação entre precipitação, perda de água e perda de solos na entre safra de tabaco 2009/2010 das Áreas A3 e A4, com plantio direto com camalhão; a) correlação entre precipitação e perda de água; b) correlação entre precipitação e perda de solo; c) correlação entre perda de água e perda de solo.....	283
Figura 55 -	Cultivo do tabaco no Sistema de Plantio Direto e Sistema de Plantio Convencional; a) panorama do cultivo de tabaco sob uma camada morta da Área A1. b) cultivo de tabaco convencional com canal efêmero na entrelinha A3 (safra 2009/2010).....	285



Figura 56-	a) camalhão construído na área A3 na safra de 2009/2010, apresentando fluxo concentrado após a precipitação; b) concentração de sedimentos transportados extrapolando a capacidade da calha.....	286
Figura 57-	Correlação entre precipitação, perda de água e perda de solos na safra de tabaco 2009/2010 das Áreas A1 e A2, com plantio direto com camalhão; a) Correlação entre precipitação e a perda de água; b) correlação entre precipitação e perda de solo; c) correlação entre perda de água e perda de solo.....	291
Figura 58-	Correlação entre precipitação, perda de água e perda de solos na safra de tabaco 2009/2010 das Áreas A3 e A4, com plantio convencional; a) Correlação entre a precipitação e perda de água; b) correlação entre precipitação e perda de solo; c) correlação entre perda de água e perda de solo.....	293
Figura 59-	Fluxo de água nos margens das estradas; a) Acúmulo de sedimentos nas margens das estradas após um evento. b) Processo de erosão em lençol na estrada, promovido devido ao acúmulo de sedimentos nas margens (valetas).....	302
Figura 60-	a) utilização da “zorra” para a coleta das folhas maduras de tabaco para encaminha-las á estufa para o processo de secagem; b) marcas deixadas no leito das estradas através do atrito da madeira da “zorra”.....	305
Figura 61 -	Representação do perfil topográfico médio das estradas.....	306
Figura 62-	Correlação entre as características dos barrancos com a perda de solo. a) correlação entre a declividade do barranco e a perda de solo; b) correlação entre altura do barranco e a perda de solo.....	309
Figura 63-	Relação entre declividade média com a perda de solo nos três setores do barranco; a) correlação entre a declividade e a perda de solo da parte superior do barranco; b) correlação entre a declividade e a perda de solo da parte média do barranco; c) correlação entre a declividade e a perda de solo da parte inferior do barranco.....	310
Figura 64-	Conexão de sedimentos oriundo das estradas com o canal fluvial.....	315
Figura 65-	Perda de solo e água de cada tipo de uso do solo.....	330

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1-	Total da declividade da Bacia e o percentual de cada classe.....	83
Tabela 2-	Características das áreas de contenção.....	98
Tabela 3-	Classes de resistência a penetração no solo.....	103
Tabela 4-	Características dos pontos de monitoramento na área de Faxinal.....	107
Tabela 5 -	Características dos pontos de monitoramento na Mata de Araucária e Mata Secundária.....	109
Tabela 6 –	Características dos pontos de monitoramento no cultivo de Erva mate.....	110
Tabela 7-	Características das áreas monitoradas no reflorestamento de eucalipto.....	111
Tabela 8–	Características dos pontos de monitoramento nas áreas de pastagem.....	113
Tabela 9–	Características das parcelas de monitoramento no cultivo do tabaco.....	115
Tabela 10-	Característica de cada parcela no período de entre safra na área de fumicultura.....	116
Tabela 11 -	Percentual de cada tipo de uso relacionado aos períodos de 1981, 2003 e 2009.....	138
Tabela 12-	Distribuição da precipitação na bacia ao longo do período de monitoramento (2008 e 2009).....	149
Tabela 13 -	Percentuais sazonais do índice de exposição do solo no ano de 2009.....	156
Tabela 14-	Comparativo da estabilidade dos agregados entre os tipos de usos na camada superficial (0 a 5 cm de profundidade) com peneiramento submerso em água.....	161
Tabela 15-	Avaliação da compactação do solo em diferentes tipos de usos em MPa (Mega Pascal).....	164
Tabela 16-	Perda de água nas áreas de Faxinal.....	168
Tabela 17-	Perda de água sazonal no Faxinal no ano de 2008 e 2009.....	170
Tabela 18-	Perda de solos do Faxinal em 2008 e 2009.....	172
Tabela 19-	Perda de solos e pluviosidade sazonal de 2008 e 2009 no Faxinal.....	174
Tabela 20-	Perda de água mensal em Mata de Araucária no ano de 2008 e 2009.....	178

Tabela 21-	Perda de água sazonal em área de Mata de Araucária no ano de 2008 e 2009.....	179
Tabela 22-	Perda de solo na área de Mata de Araucária no ano de 2008 e 2009.....	180
Tabela 23-	Perda de solo sazonal no ano de 2008 e 2009 na Mata de Araucária.....	181
Tabela 24 –	Perda de água mensal em Mata Secundária no ano de 2008 e 2009.....	185
Tabela 25-	Perda de água sazonal em área de Mata Secundária no ano de 2008 e 2009.....	187
Tabela 26-	Perda de solo na área de mata secundária no ano de 2008 e 2009. ....	188
Tabela 27-	Perda de solo sazonal no ano de 2008 e 2009 na mata secundária.....	190
Tabela 28-	Perda de água no reflorestamento de eucalipto no ano de 2008 e 2009.....	195
Tabela 29-	Perda de água sazonal em área de Reflorestamento de Eucalipto no ano de 2008 e 2009.....	197
Tabela 30-	Perda de solos na área de reflorestamento de eucalipto no ano de 2008 e 2009.....	199
Tabela 31-	Perda de solo sazonal nos anos de 2008 e 2009 no reflorestamento de eucalipto.....	202
Tabela 32-	Perda de água no cultivo de erva-mate no ano de 2008 e 2009.....	206
Tabela 33-	Perda de água sazonal no cultivo de erva-mate no ano de 2008 e 2009.....	208
Tabela 34-	Perda de solos no período de 2008 e 2009 no cultivo de erva-mate.....	210
Tabela 35-	Perda de solo sazonal no cultivo de erva-mate em 2008 e 2009.....	212
Tabela 36-	Perda de água no cultivo de erva-mate no ano de 2008 e 2009.....	215
Tabela 37-	Perda de água na área de pastagem no de 2008 e 2009.....	216
Tabela 38 -	Perda de solo na área de pastagem no ano de 2008 e 2009.....	217
Tabela 39-	Média da estimativa sazonal de perda de solo em 2008 e 2009 na área de pastagem.....	218
Tabela 40-	Comparativo das perdas de água e solo nos diferentes tipos de usos .....	222
Tabela 41-	Comparativo da cobertura mensal do solo sob duas formas de cultivo (safra 2009-2010).....	230

Tabela 42-	Exposição de solo e estimativa de biomassa no cultivo de tabaco com Sistema de Plantio Direto Com Camalhão durante a safra 2009/2010.....	231
Tabela 43-	Avaliação da compactação do solo em diferentes tipos de usos em MPa (Mega Pascal).....	236
Tabela 44-	Avaliação da compactação do solo nos camalhões e entrelinhas no plantio convencional em MPa .....	237
Tabela 45-	Umidade média das coletas de compactação no início e término do cultivo.....	241
Tabela 46-	Perda de água na fumicultura na safra 2007/2008.....	243
Tabela 47 –	Perda de solo na fumicultura com diferentes manejo na safra 2007/2008.....	248
Tabela 48-	Correlação da morfologia da planta com a área de cobertura do solo no plantio convencional na safra 2007/2008.....	254
Tabela 49-	Perda de água no período de entre safra 2008/2009 na área de cultivo de tabaco.....	259
Tabela 50-	Perda de solo mensal no período de entre safra 2008/ 2009 sob o cultivo do tabaco.....	262
Tabela 51-	Perda de água mensal no período da safra 2008/ 2009 no cultivo do tabaco.....	266
Tabela 52-	Perda de solo mensal no período da safra 2008/ 2009 sob o cultivo do tabaco.....	269
Tabela 53 -	Perda de água no cultivo do tabaco na entre safra 2009/2010.....	276
Tabela 54-	Perda de solos no período de entre safra 2009/2010.....	279
Tabela 55-	Perda de água na cultivo do tabaco na safra 2009/2010.....	287
Tabela 56-	Perda de solos na safra de tabaco de 2009/2010 .....	290
Tabela 57-	Comparativo de perdas de solo média entre as três safras nas áreas A1 e A2 com diferente forma de manejo.....	295
Tabela 58-	Análise comparativa da produção de sedimentos das três safras da Área 3 (parcelas F8 e F9).....	296
Tabela 59-	Comparativo médio de perda de solo entres as três safras na área A4. ....	297

Tabela 60-	Comparativo médio de perda de solo no período de entre safra de 2008/2009 e 2009/2010 nas Áreas A1 e A2.....	298
Tabela 61-	Média das mensurações trimestrais das áreas de contenção (C1, C2 e C3).....	304
Tabela 62-	Estimativa de remoção/acumulo de sedimentos nas parcelas de pinos de erosão.....	308
Tabela 63-	Totais de concentração de sedimentos à montante, jusante e nas estradas.....	314

## LISTA DE FLUXOGRAMAS

Fluxograma 1-	Seqüência de atividades/etapas desenvolvidas ao longo da pesquisa.....	89
Fluxograma 2-	Fases do sistema de Faxinal.....	131
Fluxograma 3-	Influência da fumicultura na área de estudo ao longo do tempo.....	142

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 -	Calendário do uso da terra ao longo do ano na bacia.....	153
Quadro 2 –	Calendário agrícola da fumicultura.....	226

## LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1-	Rebaixamento dos pinos de erosão.....	95
Equação 2-	Cálculo de perda de solo através do rebaixamento dos pinos.....	95
Equação 3-	Cálculo da densidade aparente do solo através de anéis volumétricos .....	98
Equação 4-	Cálculo de perda de solo através da densidade aparente.....	98
Equação 5-	Percentual de exposição do solo.....	119
Equação 6-	Concentração de sedimentos proveniente das estradas .....	122



## **Resumo**

Esta pesquisa teve como objetivo avaliar a dinâmica do uso do solo e sua influência na produção de sedimentos na bacia do Arroio Boa Vista. Trata-se de uma micro bacia hidrográfica localizada na Região Centro Sul do Estado do Paraná, na borda oeste do Segundo Planalto Paranaense. Mensurou-se a produção de sedimentos nos diversos tipos de uso do solo como: Faxinal, Mata de Araucária, Mata Secundária, Reflorestamento de Eucalipto, Erva Mate, Pastagem, e Agricultura. Foram estimadas as contribuições relativas de sedimentos nos locais de conexão entre estrada e canal fluvial. Foram avaliadas também a compactação, a exposição e a estabilidade de agregados do solo nos diversos tipos de uso. Estes procedimentos nortearam a pesquisa ao longo do ano de 2008 e 2009. O monitoramento nas áreas de plantio de Tabaco foram realizados desde setembro de 2007 a março de 2010 (30 meses), justificou-se esta diferenciação de período de monitoramento em relação aos demais tipos de uso, por o cultivo do tabaco ter seu início no mês de setembro e término no mês de março. Neste sentido, foram monitoradas três safras, destaca-se também que neste período o manejo do cultivo do tabaco foi modificado, havendo uma rotatividade entre o Sistema de Plantio Convencional (SPC), o Sistema de Plantio Direto Sem Camalhão (SPDSC) e o Sistema de Plantio Direto Com Camalhão (SPDCC). Utilizou-se de técnicas de mensuração dinâmica (Calhas de Gerlach) e técnicas de mensurações volumétricas (pinos de erosão e anéis volumétricos). De posse dos dados, foi possível identificar as áreas fontes de sedimentos, com perdas na seguinte ordem: Faxinal, com perda de água de 1,9% e perda de solo 0,144 (t/ha), Mata Araucária, perda de água de 1,4% e perda de solo de 0,152 (t/ha), Mata Secundária, com perda de água de 1,8% e perda de solo em torno de 0,163 (t/ha), Erva Mate, com uma perda de água de 1,9% e perda de solo de 0,336 (t/ha), Pastagem, com uma perda de água de 4,2% e perda de solo em torno de 1,05 (t/ha), Reflorestamento de eucalipto, com perda de água de 3,4% e perda de solo de 1,27 (t/ha). Destaca-se que essas áreas, exceto a erva mate, eram utilizadas como locais de criação de animais de forma extensiva, e como os animais (equinos) são utilizados nas tarefas diárias das lavouras de tabaco, estes acabam influenciando nas perdas de água e solo. Conclui-se portanto, que as perdas de solo dessas áreas sofrem influência do calendário agrícola da bacia, pois em períodos de entre safra esses tipos de usos sofrem maior pressão dos animais, potencializando as perdas de água e solo. No tocante a fumicultura, conclui-se que o Sistema de Plantio Convencional, onde faz-se a remobilização do solo para eliminar as ervas daninhas produz maior perda de água e solo (média 22% e 59,1 t/ha respectivamente), já o Sistema de Plantio Direto Com Camalhão produziu uma perda média de água e solo em torno de 10,6% e 4,63 t/ha respectivamente. O Sistema de Plantio Direto Sem Camalhão apresentou menor valor de perda de água e solo em relação aos demais manejos (6,0% e 1,61 t/ha), no entanto, esta forma de cultivo implica em uma menor rentabilidade, devido a falta do camalhão. Já as estradas apresentaram os maiores valores de perda de solo, mas ressalta-se que não foi possível individualizar as perdas de água e solo das estradas, devido ao contato dos sedimentos oriundos dos diversos usos que margeiam as estradas.

**Palavras chaves** – área rural, uso do solo, áreas fontes de sedimentos.

## **Abstract**

This research aimed to evaluate the dynamics of land use and its influence on sediment production in the Arroyo Boa Vista basin. This is a micro-hydrographic basin located in South Central Region of Paraná State, on the westernmost edge of the Second Paraná Plateau. The sediment production was measured in the several types of land use as Faxinal, Araucaria Forest, Secondary Forest, Eucalyptus Reforestation, Mate Herb, Pasture, and Agriculture. The relative contributions of sediment at points of connection between road and river channel were estimated. The compression, exposure and stability of soil aggregates were also evaluated in the different types of use. These procedures guided the research over the years 2008 and 2009. Monitoring in the tobacco growing areas was made from September 2007 to March 2010 (30 months), this distinction in monitoring period in comparison with other types of use was justified, for tobacco cultivation having its beginning in September and its end in March. In this sense, three crops were monitored, the fact that in this period the management of tobacco cultivation was modified is also in evidence, with a rotation between Conventional Planting System (CPS), No-Ridge Straight Planting System (NRSPS) and With-Ridge Straight Planting System (WRSPS). Dynamic measuring techniques were used (Gerlach gutter pipes) and volumétricas measuring techniques (erosion pins and volumetric rings). With the data in hands, it was possible to identify the source areas of sediments, with losses in the following order: Faxinal with water loss of 1.9% and soil loss of 0.144 (t / ha), Araucaria Forest, water loss of 1,4% and soil loss of 0.152 (t / ha), Secondary Forest, with water loss of 1.8% and soil loss around 0.163 (t / ha), Mate Herb, with water loss of 1.9% and soil loss of 0.336 (t / ha), Pasture with water loss of 4.2% and soil loss around 1.05 (t / ha), Eucalyptus Reforestation, with water loss of 3.4% and soil loss of 1.27 (t / ha). It is in evidence that these areas, except the one of mate herb, were used as breeding sites in an extensive way, and how the animals (equines) are used in the daily tasks of farming tobacco, these end up influencing in the water and soil losses. We came, therefore, to the conclusion that the soil losses in these areas are influenced by the agricultural calendar of the basin, because in periods between harvest these types of uses suffer of greater pressure from the animals, increasing water and soil losses. Regarding to the tobacco industry, it is concluded that the conventional planting system, where the remobilization of soil is done to eliminate weeds produces greater loss of water and soil (in average 22% and 59.1 t / ha respectively), but the With-Ridge Straight Planting System produced an average loss of water and soil around 10.6% and 4.63 t / ha respectively. The No-Ridge Straight Planting System showed a lower water and soil loss rate in relation to the other dealings (6.0% and 1.61 t / ha), however, this form of cultivation implies a lower profitability due to lack of the ridge. The roads showed the highest rates of soil loss, but it is emphasized that it was not possible to individualize water and soil losses in the roads, due to the contact of the sediments from the several uses that border the roads.

**Keywords** - rural area, soil use, sediment source areas.

## INTRODUÇÃO

A bacia hidrográfica, enquanto um sistema natural aberto, funciona mediante contínua troca de energia e matéria com o meio. Outra característica importante da bacia, para esta finalidade, reside no fato que, como sistema aberto e de contornos bem definidos, normalmente ela não se encontra em equilíbrio. Ao contrário, sua dinâmica manifesta-se por uma contínua condição transiente. Desta forma, seu funcionamento hidrológico é altamente complexo e bastante estável, no sentido que tem condições de suportar perturbações naturais quando em boas condições de proteção florestal. Porém, quando sob tensão, apresenta-se vulnerável a perturbações, cujas alterações refletem-se nos processos hidrogeomorfológicos.

Apesar da complexidade para o entendimento dos processos geomorfológicos envolvidos na bacia de drenagem, particularmente, acerca do transporte de sedimentos, a abordagem de balanço de sedimentos tem sido aplicada como forma de integrar o caminho percorrido pelo sedimento no sistema. Apesar de que há uma certa dificuldade em avaliar a produção de sedimentos de uma bacia, por haver inúmeras incertezas a respeito do sedimento que é liberado e a quantidade deste que atinge o canal fluvial.

Algumas variáveis atuam ao longo do processo entre a remoção de sedimentos da vertente e o contato deste sedimento com os corpos hídricos. Dentre eles destaca-se as características físicas da bacia (solo, relevo, vegetação, condições climáticas, forma e tamanho da bacia), e as características antrópicas como uso e ocupação do solo, manejo agrícola e construção de estradas. Os sedimentos liberados por diferentes formas de uso do solo, implicam em uma dinâmica diferenciada do contato destes com os corpos hídricos, pois dependerá basicamente do caminho percorrido por este sedimento. Além da proximidade da área, fonte de sedimento com a rede de drenagem.

As lavouras, pastagens, florestas, reflorestamentos, rede fluvial e estradas, são algumas das principais fontes de sedimentos em uma bacia hidrográfica rural. Cada uma tem características diferentes na magnitude de contribuição e potencial de contaminação. Identificar a origem dos sedimentos é fundamental na compreensão da taxa de emissão de sedimentos e no manejo dos sedimentos erodidos na escala de bacia, principalmente quando se trata de sub bacia hidrográficas.

Neste sentido faz-se necessário identificar as áreas, fontes de sedimentos, pois a dinâmica erosiva em uma bacia hidrográfica, depende de vários fatores, como: características físico-químicas do solo, morfologia das vertentes e uso e ocupação do solo.

As áreas, fontes de sedimentos, podem ser definidas como aquelas áreas que por ação natural ou antrópica acabam, contribuindo com uma maior carga de material disponível para ser transferida das vertentes para o rio ou áreas de deposição ao longo das vertentes.

Além do monitoramento das variáveis hidrosedimentológicas no exutório da bacia hidrográfica, é necessário quantificar e qualificar as fontes produtoras de sedimentos (caixa branca), por existirem inúmeras incertezas quanto as fontes dominantes de sedimentos presentes nas calhas fluviais. Portanto, a identificação das áreas, fontes de sedimentos, é um pré-requisito fundamental para qualquer investigação da dinâmica dos sedimentos em uma bacia hidrográfica.

Neste contexto, vê-se a necessidade de conhecer as inter-relações que atuam dentro de uma bacia de drenagem. Existem lacunas a serem pesquisadas para uma melhor avaliação da conexão entre os processos geomorfológicos que atuam na vertente e no canal fluvial.

A escolha da Bacia Hidrográfica do Arroio Boa Vista como área de estudo, deve-se à praticidade no acesso às propriedades, além de apresentar um uso e ocupação diversificada, composta por pequenas propriedades inferior a 15 hectares, com predomínio do cultivo do Tabaco (*Nicotina tabacum*). Outro fator que contribuiu para a realização da pesquisa, na referida bacia, está relacionado à continuação das pesquisas da dissertação de mestrado. Na dissertação de mestrado, foi avaliada a produção de sedimentos no exutório da bacia sendo avaliado as taxas de produção de sedimentos suspensos e de fundo.

Na pesquisa de mestrado, buscou-se apenas a quantificação da produção de sedimentos, pois não era objetivo identificar as áreas fontes de sedimentos, nem tão pouco quantificá-las. A referida pesquisa, foi desenvolvida em um sistema “caixa preta” sendo mensurada apenas a produção de sedimentos no exutório da bacia e correlacionada com a entrada de energia. Neste sistema, não é levado em consideração, a dinâmica hídrica e erosiva dos tipos de uso, por não ser possível identificá-los e quantificá-los.

Através dos resultados obtidos no mestrado, abriram-se algumas lacunas, uma delas foi justamente identificar as áreas, fontes de sedimentos, associando a dinâmica do uso e ocupação da bacia.

Uma das lacunas observadas na pesquisa de mestrado, foi ao relacionar o calendário agrícola da bacia com a produção de sedimentos, onde se verificou que nos primeiros sete meses de monitoramento (março a setembro), a produção de sedimentos transportada pelos rios foi menor. Para este período, a produção de sedimento suspenso foi de apenas 14,2%

do total mensurado e a carga de fundo registrou 17,6% do total do período. Por outro lado, nos seis meses restantes (outubro a fevereiro), período de desenvolvimento do cultivo do tabaco, a produção de sedimento suspenso neste foi de 85,8% do total. Já a produção de sedimentos de fundo, girou em torno de 82,4% do total do período. Neste caso, viu-se a necessidade de identificar quais tipos de uso do solo contribuem para esta variação no transporte de sedimentos e principalmente avaliar a contribuição das áreas de agricultura nas perdas de solo.

Portanto, este aumento considerável na produção de sedimentos quando correlacionado com o calendário agrícola da bacia, instigou o desenvolvimento de uma nova pesquisa para identificar as áreas fontes. No entanto, na dissertação de mestrado não foi possível identificar a proveniência dos sedimentos, concluiu-se apenas que houve um aumento na produção de sedimentos em determinados períodos do ano, mas sem identificar as áreas e/ou manejos do uso do solo que potencializam as perdas de água e de solo.

Apesar de 38,2% da área da bacia estar sob o domínio da agricultura (2009), e deste percentual, 85% ser destinada a fumicultura, os outros tipos de uso do solo também apresentam variações em relação à exposição do solo ao longo do ano. Portanto, justifica-se a pesquisa para identificar a contribuição efetiva de cada tipo de uso ao longo do ano.

O monitoramento dos diversos tipos de uso do solo da bacia foi constante durante 24 meses (janeiro de 2008 a dezembro de 2009). Foram monitoradas as áreas de Faxinal, que são relegadas aos resquícios do antigo sistema de Faxinal existente na área. As áreas de mata de araucária e mata secundária foram monitoradas, levando-se em consideração as formas como estes usos são utilizados pelos seus respectivos proprietários. Como as propriedades são constituídas de pequenas glebas de terras, é comum os referidos tipos de uso do solo serem utilizados como criadouros de animais, os chamados “piquetes” ou poteiros. Neste caso, além do monitoramento da produção de sedimentos, nestes tipos de uso do solo, foi possível avaliar a importância (impacto) dos animais para a perda de solo.

Foram monitorados o reflorestamento de eucaliptos, e o cultivo de erva-mate, estes dois tipos de uso do solo variam a produção de sedimentos ao longo do ano, por apresentarem diferentes estágios de crescimento e em determinado tempo serem “podados” (corte raso).

Outro fator importante pesquisado, são as áreas de pastagens que em sua maioria estão localizadas em terrenos com declividade acima de 45%. Estas áreas podem se tornarem grandes contribuidoras de sedimentos, por estarem localizadas na maioria das

vezes próximas aos corpos hídricos, o que facilita a conexão direta entre vertente e o canal fluvial.

Além disso, destaca-se a influência dos animais que constroem caminhos preferenciais ao longo das áreas de pastagem, formando ravinas que atuam como canais efêmeros durante a precipitação. Estes caminhos atuam como grandes contribuidores na conexão dos sedimentos disponibilizados pelas pastagens com os corpos hídricos.

A produção de sedimentos no cultivo do tabaco mereceu uma atenção maior, principalmente pelo grau de importância (representatividade) no âmbito da bacia. O manejo do solo para cultivo do tabaco e sua alternância na exposição ao longo do ano, associados às condições climáticas, são considerados os fatores controladores da variabilidade da produção de sedimentos na área de estudo.

Devido a alternância no grau de exposição do uso do solo ao longo do ano, foi necessário avaliar a disponibilidade de sedimentos nos períodos de safra (setembro a março) e nos períodos de entre safra (abril a agosto).

Nota-se, certa carência de pesquisas sobre perdas de água e solo em cultivo de tabaco. Neste tipo de cultura, pelo fato de o solo ser revolvido constantemente para a eliminação das ervas daninhas, há uma quantidade maior de solo disponível para o transporte com a ocorrência da precipitação. Principalmente por apresentar um ciclo de produção entre a primavera e o verão, onde as precipitações se comportam de forma diferenciada (chuvas com intensidade maior) na área de pesquisa.

Foi quantificada também a conectividade dos materiais provenientes das estradas e que atingem os corpos. Neste contexto, as estradas atuam como canais de conexão, sendo necessário avaliar através de parcelas de pinos de erosão e de armadilhas, tanto nas margens das estradas, quanto dentro do canal fluvial nos pontos de conexão. Vale ressaltar que as estradas não atuam apenas como conectoras entre os sedimentos oriundos das vertentes com os canais fluviais. Devido à erosão das margens (barrancos), e remoção de material do leito das estradas, estas também são consideradas áreas fontes de produção de sedimentos.

Nas estradas rurais, o fluxo de veículos automotores é pequeno, em contrapartida, o uso de carroças de dois eixos (carros de tração animal) é intenso, sendo este um meio de transporte comum no âmbito da bacia. Estas carroças acabam promovendo uma maior disponibilidade de material, devido ao constante pisoteio dos animais, bem como pelos trilhos causados pelas rodas das carroças.

Destaca-se, que existe uma gama de modelos que poderiam ser aplicados para quantificar e identificar as áreas fontes de sedimentos, mas optou-se pelo monitoramento, principalmente pela indisponibilidade de recursos para a aquisição de equipamentos e informações das diversas variáveis que dão suporte para a aplicação dos diversos modelos desenvolvidos ao longo do tempo pelos pesquisadores. Além disso, esses modelos podem gerar dados, que não condizem com a realidade local a ser monitorada, pois depende da habilidade do pesquisador em manusear certas ferramentas (SIGs).

Neste contexto, justificou-se o monitoramento sistemático de variáveis geomorfológicas e hidrológicas, principalmente por se tratar de uma bacia de apenas 6,5 km<sup>2</sup> e por esta, estar inserida em sua totalidade na área rural, em um ambiente subtropical onde o uso do solo é dinâmico, devido às práticas utilizadas tanto nas áreas agrícolas quanto nos variados tipos de usos já mencionados. Portanto, este estudo teve como objetivo, avaliar as áreas fontes de sedimentos, nos diversos tipos de uso do solo da Bacia do Arroio Boa Vista, levando em consideração a dinâmica do próprio uso do solo, correlacionando com a precipitação pluviométrica. Além da avaliação de algumas variáveis que interferem na perda de solo e água, tais como: a compactação, índice de cobertura, formas de manejo e influência dos animais nas áreas de pastagens.

Portanto, o presente estudo foi concebido com base na hipótese de que existem diferentes taxas de disponibilidade de material (sedimento) para o transporte e de que a fumicultura cultivada no Sistema de Plantio Convencional, é a principal fonte produtora de sedimentos na bacia e, que os outros tipos de uso acabam apresentando diferentes perdas de solo ao longo do ano, por sofrerem influência do calendário agrícola existente na área.

Sem discutir o conceito de uso do solo e uso da terra, utilizou-se o termo uso do solo para expressar o tipo de uso de cada área, já que o termo uso da terra foi adotado quando nos referimos as formas de manejo do solo.

Esta tese está dividida em 7 (sete) capítulos, sendo que no capítulo I, é discutido o referencial teórico a respeito das diversas variáveis que contribuem para os processos de perda de água e solo dos diferentes tipos de usos.

O capítulo II foi constituído da caracterização da área de estudos, já no capítulo III, discutiu-se a metodologia, sendo apresentados os métodos e as técnicas para o desenvolvimento da pesquisa. No capítulo IV deu-se início às análises dos dados, sendo analisados os dados referentes a dinâmica do uso da terra e a estrutura agrária da bacia.

No capítulo V, teve início as interpretações da dinâmica das áreas fontes de sedimentos, bem como os atributos que interferem nestas perdas de água e solo nos principais tipos de uso. Destaca-se que a fumicultura foi analisada separadamente dos demais tipos de uso do solo (Capítulo VI), por esta atividade ser de maior representatividade na bacia e principalmente por ser responsável pela dinâmica do calendário agrícola da bacia. Ressalta-se que esta atividade mereceu uma investigação mais aprofundada (maior número de parcelas de monitoramento), por entendermos que esta atividade contribui com uma perda maior de água e solo, frente aos outros tipos de uso do solo.

No capítulo VII, foram apresentadas a sistematização dos resultados, as recomendações a respeito de práticas conservacionistas, principalmente na fumicultura, com algumas alternativas à serem implantadas pelos agricultores afim de amenizar as perdas de solo nas áreas de cultivo do tabaco, além da conclusão, onde se encontram algumas lacunas que surgiram após as análises dos dados, lacunas estas, que servirão de objeto de pesquisas futuras. Neste capítulo, encontram-se também algumas recomendações. Além das referências bibliográficas que deram suporte teórico para o desenvolvimento desta tese.



## **OBJETIVOS**

**Geral:** Avaliar a dinâmica do solo, e de sua influência na produção e na contribuição relativa de sedimentos no âmbito da bacia do Arroio Boa Vista.

### **Específicos:**

- Mapear o uso da terra nos anos 1982, 2003 e 2009 para identificação das alterações ocorridas em diferentes períodos.
- Elaborar um calendário das atividades agrícolas e mensurar a perda de água e solo nas vertentes ocupadas com os principais tipos de uso do solo da bacia.
- Estimar a contribuição relativa de sedimentos nos locais de conexão entre estrada e canal fluvial.
- Mensurar a produção de sedimentos em área de fumicultura, em diferentes estágios de desenvolvimento da cultura, inclusive em períodos de entre safra.
- Mensurar a produção de sedimentos nos barrancos das estradas.
- Avaliar o efeito do manejo do solo em relação a compactação, a exposição e a estabilidade de agregados do solo nos diversos tipos de uso.

## **CAPÍTULO I**

### **1- REVISÃO DE LITERATURA**

Na sequência serão apresentadas algumas contribuições de pesquisas desenvolvidas no âmbito da Geografia Física que darão suporte para a interpretação dos dados. Este capítulo, vai apresentar algumas considerações sobre os fatores que auxiliam (controlam) nos processos erosivos como a característica da precipitação, a influência da vegetação na retenção e redistribuição de água na superfície, além da dinâmica da infiltração da água no solo e as características das vertentes.

Serão discutidos também os mecanismos da erosão do solo, além de alguns tipos de erosão em vertentes e, por último, a erosão dos solos como produto dos fatores controladores e mecanismos dos processos erosivos.

#### **1.1-Fatores controladores dos processos erosivos**

Quando se propõe um estudo dos processos hidrogeomorfológicos associados à dinâmica do uso do solo em uma bacia hidrográfica, é preciso elaborar uma breve discussão sobre os fatores (variáveis) que condicionam este processo. Parte-se do princípio da entrada de energia em uma bacia (precipitação) e os fatores que contribuem para uma maior ou menor dissipação desta, tais como: cobertura vegetal, morfologia das vertentes, tipo de solo, uso e ocupação do solo.

##### **1.1.1- Precipitação pluviométrica como entrada de energia**

Segundo Ayoade (1986), a precipitação é um elemento importante a ser analisado, pois, através dela, pode-se caracterizar o índice pluviométrico de uma determinada região, contribuindo assim para a definição das estações.

A precipitação funciona como o mecanismo de entrada de energia em um sistema. Os dados de precipitação de uma determinada bacia hidrográfica são de extrema importância, para quantificar a resposta de outras variáveis como: produção de sedimentos, infiltração, vazão, dentre outras que compõem o ciclo hidro-sedimentológico.

Quando as gotículas formadas através da condensação do vapor de água atingem um determinado peso, são precipitadas devido a força gravitacional em direção à superfície terrestre. Parte dessa precipitação não atinge o solo, devido à evaporação durante a própria queda, ou pela interceptação através da vegetação. Parte da precipitação que atinge o solo será infiltrada e parte voltará para a atmosfera no

processo de evaporação, seja ele diretamente ou por intermédio da vegetação (evapotranspiração). Mas, quando a precipitação excede aos processos reguladores do ciclo hidrológico, (retenção de água pela vegetação, infiltração, etc) surgem as primeiras incisões de erosão do solo de diversas maneiras, (superficiais e subsuperficiais).

A intensidade da chuva tem sido estudada por vários pesquisadores, que procuram um valor crítico a partir do qual inicia-se o processo de erosão do solo. Guerra (1995), destaca, que vários autores indicam intensidades diferentes de precipitação, para o início da erosão, dentre eles: Hudson (1965), o qual retrata que a intensidade é de aproximadamente 25 mm/h; Boardman e Robinson (1985), concluíram que a intensidade da chuva capaz de provocar erosão é de aproximadamente 5 mm/h. Morgan (1997), conclui que a intensidade crítica é de 10 mm/h e Richter e Negendank (1997), em suas pesquisas, afirmaram que a intensidade crítica é de 6mm/h; e Essa diferenciação pode ser explicada devido às características das áreas estudadas, pois cada uma apresenta suas particularidades em relação as condições físicas e antrópicas.

Beasley (1972), afirma que uma gota de água da chuva golpeando o solo úmido, forma uma microcratera, compactando a área sob o centro da gota e arremessando pequenas partículas de solo para fora da área do impacto. A energia cinética da chuva está relacionada com sua intensidade, o tempo de duração, massa, tamanho das gotas e velocidade. Conforme Evans (1980), um grande percentual de gotas (>4 mm), pertencem à intensidade entre 50 e 100mm/h.

Rodrigues (1982), apresenta uma relação entre diâmetro, velocidade final e altura da queda para atingir 95% da velocidade final em metros. Ao correlacionar estas informações o autor conclui que uma gota de diâmetro máximo (6,0 mm) alcança uma velocidade final de 9,3 ( $\text{ms}^{-1}$ ) a uma altura de 7,2 metros em queda livre. Já, gotas com diâmetros menores adquirem mais rapidamente sua velocidade final.

Bertoni e Lombardi (2005), concluem que a energia cinética de uma gota de 5 mm de diâmetro é equivalente ao trabalho de elevar um corpo de 46 gramas a uma altura de 1 cm, promovendo as chamadas micro-crateras devido ao impacto causado.

Portanto, a energia cinética, a intensidade da chuva e sua duração, vão causar maior ou menor desagregação do solo conforme suas características de cobertura. Em áreas específicas como é o caso dos Faxinais existentes na área de estudo, mesmo que o dossel amenize o impacto da gota da água da chuva, as gotas que se formaram no atravessamento, atingiram a velocidade terminal causando erosão por salpico. Este

processo decorre por o Faxinal<sup>1</sup> ser caracterizado de árvores entre 10 e 20 metros de altura sem sub-bosque e, principalmente sem a serrapilheira, devido o trânsito constante de animais.

### **1.1.2-O papel da cobertura vegetal nos processos erosivos.**

Um elemento importante na frenagem da erosão é a vegetação, pois quando ocorre a precipitação, a vegetação se encarrega de diminuir o impacto das gotas no solo. Sem uma cobertura significativa de vegetação, o lençol freático situa-se em posição bem abaixo do nível sob condições naturais. Com o desmatamento ocorre a diminuição da concentração da umidade no solo por ocorrer uma maior perda de água por *runoff*<sup>2</sup>, aumentando a evaporação devido ao aumento da temperatura do solo, pois sem vegetação os raios solares atuam com mais intensidade sobre o solo desprotegido (MONCHANOV, 1971; LENCASTRE e FRANCO, 1984; BIGARELLA e MAZUCHOWSKI, 1985;; NIMER, 1988; FEDEROV e MARUNICH 1989; FARIA 1994; ANTONELI, 2004).

Mota (1995), define a vegetação como reguladora do fluxo natural das águas, sendo um condicionante físico de maior importância na ocupação de uma bacia hidrográfica. O desmatamento provoca ainda alterações nos canais fluviais, como aumento das vazões e assoreamento além de menor recarga no aquífero, dentre outras alterações.

Coelho Netto (1995), afirma que a vegetação tem como uma de suas múltiplas funções o papel de interceptar parte da precipitação (P), pelo armazenamento de água nas copas arbóreas (A), de onde é perdida para a atmosfera através da interceptação da vegetação. A água atinge o solo por meio das copas (atravessamento  $A_t$ ) e através do escoamento pelos troncos  $F_t$  (fluxo de água no tronco).

Se a superfície está revestida com mata, a copa das árvores absorve a maior parte da energia cinética das gotas da chuva e o manto das folhas sobre o solo (serrapilheira)<sup>3</sup> amortece o restante do impacto (LEPSCH 2002).

A interceptação da água da chuva pela vegetação, depende de vários fatores como: características da precipitação, condições climáticas, precipitações anteriores,

---

<sup>1</sup> Faxinal- refere-se apenas aquelas áreas que mantém a característica da flora original e da criação de animais de forma extensiva mas de forma individual, sem uso comum das pastagens (Sistema de Faxinal).

<sup>2</sup> *Runoff* - refere-se a todos os processos que culminam com fluxo no canal perene de 1ª ordem de uma bacia. Não discrimina os vários processos ou tempo de resistência da água coletada em uma bacia.

<sup>3</sup> Serrapilheira- camada de matéria orgânica sob uma vegetação, composta de galhos folhas e frutos.

tipo e densidade da vegetação, composição da vegetação (espécies) e período do ano. Blacke (1975), concluiu em suas pesquisas que em florestas para pequenos volumes de precipitação (< 0,3 mm) todo volume é retido, e para precipitações superiores a 1 mm, de 10 a 40% pode ficar retido.

Hewlett (1969), afirma que o dossel intercepta em média de 10% a 25% da precipitação. Durante uma chuva de pouco volume e de pequena duração, a interceptação chega a atingir 100 %, ou seja, a água não entra em contato com o solo. Quando existe um excedente de água e a mesma chega ao solo, fica armazenada na porção externa superior do solo, que comporta os detritos orgânicos que caem da vegetação (galhos, folhas, frutos sementes e flores), chamadas de serrapilheira (As). A serrapilheira é formada por duas camadas que dão origem aos horizontes  $O_1$  e  $O_2$  do solo. O horizonte  $O_1$  é composto por detritos recém caídos, que ainda não sofreram decomposição. O horizonte  $O_2$  no qual os detritos já sofreram decomposição sendo transformado em matéria orgânica, rica em húmus que além de fortalecer as raízes, tem maior facilidade de reter a água, contribuindo assim com a frenagem da erosão, além de contribuir para o aumento da estabilidade dos agregados.

Silva *et al.* (2003) discutem a importância da serrapilheira e do sub-bosque, estes exercem um papel fundamental para frenagem da erosão, principalmente em florestas cujo dossel ultrapassa os 8 (oito) metros de altura. Árvores deste porte, inicialmente interceptam boa parte da água da chuva, mas uma parte acaba precipitando no chamado processo de atravessamento. Conforme o tamanho da gota, ela atingirá sua velocidade terminal em queda livre (sem interceptação), o que acarretaria um poder maior de erosão por *splash*<sup>4</sup>.

Dentro desta temática, Thomaz e Antoneli (2008) após monitoramento da exposição das raízes de erva-mate (*Ilex paraguariensis*) em uma área agrícola de Guarapuava –PR., constataram que ocorreu uma correlação positiva entre o diâmetro do tronco das árvores de erva-mate com a remoção de solo em volta deles. Para tanto, os autores atrelam este fato a duas causas, primeiro está relacionado ao plantio das árvores (árvores com idades diferentes). Sendo assim, as plantas mais velhas estão há mais tempo expostas aos efeitos erosivos provocados pelo próprio manejo. A segunda causa está relacionada às alturas das árvores, onde as árvores mais velhas atingem 3 e 4 metros de altura e, em alguns casos até 5 metros. As folhas das árvores de erva-mate

---

<sup>4</sup> *Efeito splash*- impacto da gota da água da chuva no solo que potencializa as perdas de de solo

apresentam característica peculiar, seu formato funciona como pequenos coletores de água. Isso faz com que ocorra um atravessamento de água mais concentrado, gerando possivelmente gotas de diâmetros maiores que aqueles oriundos da própria chuva.

A cobertura vegetal atua ainda como um obstáculo que diminui a energia do material em movimento. Em função dos obstáculos existentes como: porte arbóreo, vegetação de sub-bosque e a serrapilheira, o fluxo difuso tem sua energia dissipada e conseqüente redução da capacidade de transporte o que segundo Casseti (1991), minimiza a morfogênese e conseqüente assoreamento das partes mais baixas da bacia.

A interceptação da água da chuva pela vegetação, depende de uma série de fatores como: características da precipitação e condições climáticas, localização geográfica, topografia, estação do ano, características da Floresta.

Coelho Neto (1985), ao pesquisar os processos de interceptação da água da chuva em uma floresta no Rio de Janeiro observou que a interceptação florestal aumenta na estação menos chuvosa (maio à agosto), onde ocorre mudanças tanto nas características das chuvas, (chuvas de menor intensidade), como na quantidade de água utilizada pela vegetação.

Timoti (1992), mensurando a precipitação interna em duas florestas distintas (Floresta degradada e floresta preservada) na região de Cubatão, em São Paulo, obteve valores de 72,1% de precipitação interna sobre a floresta degradada por poluição atmosférica e, 65,5% de precipitação interna sobre a floresta preservada.

Britez *et al.* (1998), em experimentos na Ilha do Mel, Paraná, sobre duas formas de florestas (floresta seca e floresta paludosa), obtiveram dados de precipitação interna correspondente a 77 e 79% sobre a floresta seca e 64 e 76% para a floresta paludosa.

Corroborando com esta questão, Arcova *et al.* (2003), analisando os percentuais de interceptação em um fragmento da Mata Atlântica, concluíram que uma maior parte das chuvas atinge o solo florestal no período chuvoso, chegando a ordem de 85% do total de precipitação efetiva. No período em que houve uma redução nos índices pluviométricos, o atravessamento, em média foi de 72%.

O fluxo por tronco, mesmo que seja representado por uma pequena parcela do atravessamento de água dos eventos chuvosos, se torna de grande importância nos processos de entrada de água no solo. Bruijnzeel (1990), considera que percentuais entre 1 e 2% do atravessamento total da água da chuva provém do escoamento pelo tronco. Já Nalon e Vellardi (1992), calcularam em uma Floresta em Cubatão, São Paulo, valores reduzidos de escoamento pelo tronco correspondendo a apenas 0,3%.

Cicco *et al.* (1986), em uma microbacia experimental no estado de São Paulo, encontraram escoamento pelo tronco 1,1%. Neste sentido, Miranda (1992), afirma que os valores variam em torno de 1,8% da precipitação efetiva. Sendo que os menores valores tendem a corresponder a árvores de maior diâmetro. Segundo o mesmo autor as palmáceas tendem a apresentar quantidade de fluxo por tronco maior, devido as suas características como geometria, composição do tronco e estrutura do dossel da planta.

Portanto, a vegetação atua como regulador de entrada e permanência de água no solo, mas quando remove-se a vegetação, tanto nas áreas agrícolas quanto urbanas, o solo fica exposto aos efeitos pluvioerosivos.

Drew (1986), afirma que o desmatamento, ou desflorestamento exerce efeito considerável nas perdas de solo pela erosão. Como o pequeno agricultor, na maioria das vezes, não dispõe de terras férteis em planícies ou fundo de vale, resta apenas transformar as florestas de encostas íngremes em terras agricultáveis, contribuindo assim com a erosão acelerada. Quando a remoção da vegetação é efetuada em uma encosta íngreme, o problema é ainda mais sério: devido à força da água, todo o material retirado ao longo do percurso, vai ser depositado no fundo de vales ou se conecta com os rios, assoreando e contaminando, comprometendo assim o ambiente aquático.

A vegetação funciona como um regulador de entrada de água no solo, auxiliando os processos de infiltração, principalmente pelo aumento da matéria orgânica sob as áreas florestais. Com o aumento da matéria orgânica, Bertoni e Lombardi Neto (2005), afirmam que há um aumento na porosidade e na retenção de água no solo.

Para avaliação dos processos de infiltração de água, é importante ressaltar o tipo de formação vegetal e principalmente como é a dinâmica dessa vegetação (características de espécies). Neste caso, cita-se como exemplo, a Floresta Ombrófila Mista, onde algumas espécies perdem suas folhas durante o inverno (espécies caducifólias), proporcionando assim um atravessamento mais intenso da água da chuva. Estas espécies propiciam um aumento nos percentuais de serrapilheira sob este bioma nos meses de inverno. Cabe ressaltar que a dinâmica do uso e ocupação destas áreas florestadas (Ombrófila Mista) são de grande importância para avaliação da infiltração de água no solo, por estas áreas serem utilizadas como criação extensiva de animais. Essa forma de ocupação promove um rearranjo nas condições do solo, devido à compactação e remobilização da serrapilheira.

Shpak (1971), conclui que existem variações no armazenamento de água no solo sob diferentes tipos de vegetação. Em suas pesquisas em solo russo, conclui que na

estação de crescimento, as camadas superficiais em áreas abertas, secam mais rapidamente do que em áreas florestadas. Ao passo que no outono, as camadas mais profundas do solo, são mais secas sob florestas do que em áreas abertas. Conclui ainda, que tais variações dependem do tipo de solo, e principalmente do uso e ocupação deste solo.

Nas áreas de cultivo, a própria cultura exerce influência na distribuição da água da chuva, dependendo da morfologia da planta, há um fluxo maior pelo tronco que em alguns casos excede a capacidade de infiltração, potencializando o escoamento superficial. Wischmeier e Smith, (1978), vem corroborar com este questão, afirmando que as copa das plantas, mesmo interceptando as gotas de chuva, permitem que elas, ao precipitarem da copa, adquiram energia cinética suficiente para provocar erosão, se o solo estiver descoberto. Além disso, a cobertura do solo pela copa das plantas não tem efeito (redução) sobre a enxurrada.

A dinâmica da desagregação do solo através do gotejamento é explicado por Bertoni e Lombardi Neto, (2005), na qual os autores concluem que as gotas da água da chuva interceptadas pela copa das plantas, ao caírem, têm sua energia potencial transformada em energia cinética e, ao tocarem a superfície do solo, a energia cinética é transformada em energia mecânica, a qual proporciona a desagregação do solo, que pode potencializar o seu selamento e por conseguinte o escoamento superficial.

No caso da fumicultura, o formato das folhas potencializam o gotejamento, pois as próprias folhas atuam como pequenas calhas coletoras de água, que acabam concentrando seu fluxo em um determinado local na superfície do solo (sulcos), contribuindo com o escoamento superficial, principalmente se o solo da entrelinha estiver descoberto (sem camada morta).

### **1.1.3- O processo de infiltração como agente regulador dos processos erosivos**

A infiltração consiste na entrada de água na camada superficial do solo, podendo ser influenciada pelas propriedades do solo, pelo modo como a água atinge a superfície do solo e, principalmente pela forma de uso e ocupação deste solo.

Para Reichardt (1990), a infiltração de água no solo envolve três processos interdependentes: entrada de água no topo do solo, armazenamento dentro do solo e transmissão de água através do solo.

Segundo Coelho Netto (1995), o termo infiltração foi proposto por HORTON (1933) para expressar a água que é absorvida pelo solo ao longo de um evento



pluviométrico. As características físicas da cobertura do solo limitam a infiltração de água no mesmo. Sendo assim, o processo de infiltração resulta da relação de interdependência dos mecanismos de entrada de água na superfície (*input*), estocagem e de transmissão de umidade do solo.

A capacidade de infiltração em um solo é influenciada por vários fatores como: intensidade e duração da chuva, umidade antecedente, textura do solo, cobertura vegetal, tipo de uso do solo e formas de uso da terra (manejo) (DUNNE e LEOPOLD, 1978). De acordo com Carduro e Dorfman (1988), condições, como porosidade, umidade, atividade biológica, cobertura vegetal, rugosidade superficial e declividade do terreno, dentre outras, influem grandemente na infiltração da água no solo.

A partir do início da precipitação, o solo começa a aumentar seu teor de umidade, diminuindo assim o poder de infiltração. A intensidade da precipitação é que indica o potencial de absorção de água no solo. Se a intensidade da precipitação for igual ou inferior a capacidade de infiltração, não ocorrerá escoamento superficial, mas se a intensidade da precipitação exceder a capacidade de infiltração, o excedente iniciará um pequeno fluxo na superfície.

Silva (1999), afirma que após o término da precipitação, o solo começa perder umidade por evaporação, absorção através das plantas, escoamento sub-superficial ou hipodérmico, que se processa nas primeiras camadas do solo após a infiltração da água da chuva, e escoamento subterrâneo ou escoamento de base, que é a água que migra em direção ao lençol freático, sendo responsável pelo abastecimento dos cursos de água em épocas de estiagem.

Portanto, a água que infiltra no solo movimenta-se através do espaço poroso existente, através do processo de percolação e, eventualmente, atinge uma zonas totalmente saturadas, formando o lençol freático, que irá alimentar rios e oceanos, dando assim continuidade ao ciclo hidrológico.

Os percentuais de infiltração, são influenciados também pelo uso e ocupação do solo, principalmente em áreas onde há constante pisoteio dos animais (áreas de faxinais e pastagens).

Antoneli e Thomaz (2009), ao mensurarem as taxas de infiltração em 7 (sete) tipos de uso do solo em período seco (agosto) e período úmido (dezembro) na área de estudos (Bacia do Arroio Boa Vista), concluíram que, a infiltração de água no solo mensurada nos diferentes usos nos meses de agosto (período seco) e dezembro (período úmido) apresentou diferenças estatísticas significativas. A infiltração foi maior nos

ensaios realizados em agosto, sendo que o uso com agricultura mecanizada apresentou a maior taxa de infiltração total nos dois períodos avaliados. Estes percentuais estão diretamente ligados à dinâmica das áreas agricultáveis da área de estudo.

No período mais seco (agosto), as áreas estão sob o domínio da cobertura vegetal de inverno (forragem de inverno), isso facilita o processo de infiltração, pois esta cobertura, ajuda a manter a umidade no solo sem promover o encrostamento, quando este é exposto aos raios solares.

No período mais úmido (dezembro), os solos agricultáveis da bacia estão sob o domínio do cultivo do tabaco, onde é revolvido constantemente para eliminação das ervas daninhas e principalmente para aumentar a aeração. Com este revolvimento constante, há uma absorção maior da água no solo. Contrariamente, o uso do solo com pastagem, registrou a menor taxa de infiltração nos dois períodos avaliados. Este fato advém, da compactação do solo dessas áreas, devido ao constante pisoteio dos animais.

Em relação à redução na taxa de infiltração total em comparação a agosto e dezembro, segundo os mesmos autores, verificou-se que os usos com capoeira e reflorestamento com eucalipto registraram as menores reduções na infiltração. Os usos do solo com floresta, agricultura mecanizada, Faxinal e erva mate apresentaram reduções na taxa de infiltração semelhante. Portanto, o padrão e a dinâmica do uso do solo na área de estudo, apresenta diferentes respostas na capacidade de infiltração de água.

Dalla Rosa (1981), afirma que em solos intensamente cultivados pelos preparos convencionais, o surgimento de camadas compactadas, com redução do volume de macroporos e aumento de microporos, determinam uma diminuição do volume de poros ocupado pelo ar e um aumento na retenção de água. Nos processos de redução dos percentuais de infiltração de água no solo, ocorre um aumento nas taxas de escoamento superficial e conseqüentemente uma taxa maior de remoção do solo. SCHICK *et al.* (2000).

Segundo Bertol *et al.* (2001), em solos intensamente cultivados o surgimento de camadas compactadas determina a diminuição do volume de poros ocupado pelo ar e o aumento na retenção de água. Em decorrência disto, os autores concluem que há uma diminuição da taxa de infiltração de água no solo, com conseqüente aumento das taxas de escoamento superficial.

Castro *et al.* (1986), em suas pesquisas avaliaram o efeito de sistemas de preparo do solo na infiltração da água no solo. Ao término das pesquisas obtiveram uma taxa de

infiltração de  $12,8 \text{ mm h}^{-1}$ , quando foi utilizado um arado de disco mais uma grade leve. Em um outro cenário, avaliaram os percentuais de infiltração após o uso de escarificador apenas. A infiltração mensurada foi de  $32,5 \text{ mm h}^{-1}$ .

Alves e Cabeda (1999), estudando a infiltração de água em um Argissolo Vermelho-escuro, submetido ao preparo convencional e ao sistema plantio direto, usando chuva simulada com duas intensidades, concluíram que o preparo convencional, com a superfície do solo desprotegida, favoreceu o selamento superficial do solo, o que se refletiu na maior taxa de decréscimo da infiltração, menor infiltração acumulada e menor taxa constante de infiltração. O preparo convencional, mesmo na menor intensidade de chuva estudada ( $62,9 \text{ mm h}^{-1}$ ), apresentou taxa de infiltração 41 % inferior a infiltração apresentada no plantio direto.

Não obstante, Auzet *et al.* (2002) e Wainwright *et al.* (2002), sugerem que há lacunas tanto na escala de vertente, quanto em bacia de drenagem, acerca do entendimento do comportamento dos caminhos e fluxos de água para melhor entender os processos hidro-erosivos. Entre os elementos elencados para esse insucesso, estão a necessidade de mais informação sobre a infiltração e o controle exercido pelo uso da terra.

A variação na dinâmica do uso do solo ao longo do ano, segundo Heathwaite *et al.* (1990), promove variações nos percentuais de infiltração. Esta variação (solo exposto – solo coberto) em áreas agrícolas promove alterações na densidade aparente do solo, refletido diretamente na redução da porosidade. Reed (1979), em pesquisas sobre solos argilosos no Sul da Inglaterra, concluiu que o armazenamento de água na superfície do solo, diminuiu de 7 mm antes do cultivo, para 3 mm após a colheita.

Outra questão importante que se deve levar em consideração, é em relação ao preparo do solo, que exerce um efeito temporário ao deixar o solo descompactado, aumentando a infiltração. Entretanto, se a superfície não estiver protegida com vegetação ou cobertura morta, a chuva e o vento, atuando na superfície do solo, reduzem a taxa de infiltração.

A capacidade de infiltração da água é diretamente influenciada pela morfologia das vertentes. Vertentes longas com solo coberto propiciam uma maior infiltração da água, por a vegetação atuar como reguladora do escoamento superficial. Já vertentes longas sem cobertura vegetal (áreas agrícolas sem uso conservacionistas), o excedente de água será maior, proporcionando aumento na velocidade do fluxo e consequentemente aumento na carga de material transportado.

#### 1.1.4- Comprimento e declividade das vertentes

Na avaliação dos processos erosivos em uma determinada área, a morfologia das vertentes (comprimento e declividade), exercem acentuada influência nas perdas de água e solo. As vertentes mais íngremes facilitam a erosão dos solos, na medida em que aumentam o escoamento superficial. O comprimento da rampa não é menos importante que o declive, pois à medida que o caminho percorrido pelo fluxo vai se deslocando em direção a jusante, não apenas as águas se tornam mais volumosas, como a velocidade do escoamento aumenta progressivamente e, a maior energia resultante se traduz em maior carga de sedimentos transportados. (SILVA *et al.* 2003, p 19).

Bertoni *et al.* (1972), apresentam dados relacionados ao comprimento das vertentes e as suas taxas de perda de solo respectivamente. Em uma rampa de 50 metros, os primeiros 25 metros perdem em torno de 13,9 (t/ha). Os outros 25 metros perdem 25,9 (t/ha), ou seja, quase o dobro. Em uma rampa com 75 metros de comprimento, os últimos 25 metros, perdem em torno de 38,8 (t/ha). Já em uma rampa com 100 metros de comprimento, os 25 metros finais, perdem em torno de 51,4 (t/ha), sendo quatro vezes mais que os 25 primeiros metros. Os autores concluem, portanto, que quanto maior o comprimento das rampas (vertentes), maior a perda de solo por hectare.

Roose (1977), cita trabalhos de diversos pesquisadores, demonstrando que as perdas de terra crescem de modo exponencial em função do aumento da inclinação das vertentes.

Segundo Bertoni e Lombardi Neto (2005), o volume e a velocidade das enxurradas (escoamento superficial) estão diretamente relacionados com o percentual de declive de uma encosta.

Portanto, o grau de declividade do terreno e o comprimento de vertente, exercem influência direta sobre a quantidade de perda de solo por erosão, pois, quanto maior seu gradiente, maior a intensidade de escoamento das águas sob o efeito da gravidade, sendo, portanto, menor o seu tempo disponível para a infiltração no solo (MACHADO de OLIVEIRA *et al.* 2007).

Antoneli (2004), ao aplicar a EUPS na área de estudo, concluiu que tanto o fator  $L$  (comprimento da rampa em m), quanto o fator  $S$  (grau de declividade), necessitam de ajustes quanto à dinâmica de vertente (uso do solo). Aquelas rampas mais longas são propícias para a prática da agricultura, mas no caso da bacia do Arroio Boa Vista, não apenas vertentes com estas características são utilizadas para a agricultura. Áreas com

declividade superior a 30% também servem como áreas em potencial para o cultivo do tabaco.

Esta forma de agricultura produz uma dinâmica no uso do solo bastante peculiar, apesar de ser uma cultura anual, durante o cultivo, o solo é revolvido constantemente. Essa prática promove um percentual maior de solo para o transporte, apesar de aumentar a aeração e a capacidade de infiltração. Nos períodos em que o tabaco não é cultivado, as áreas agricultáveis estão sob o domínio de cobertura vegetal de inverno. Neste caso há uma diferenciação nos percentuais de perda de solo. Portanto, as perdas de solos em vertentes com cultivo de culturas anuais (fumicultura), estão ligadas à dinâmica dessas culturas e não apenas a sua morfologia.

## **1.2- Mecanismos da erosão dos solos**

### **1.2.1- Condições físicas dos solos e sua influência nos processos erosivos**

Segundo Rocha *et.al.* (2004), os solos possuem três fases: líquida, sólida e gasosa, cujas proporções não variam apenas de solo para solo, mas variando também em um mesmo solo com diferentes tipos de manejo. Neste contexto, o manejo inadequado do solo promove alterações em vários atributos físicos, os quais interagem entre si, alterando conseqüentemente as condições de crescimento das plantas. (SILVA *et.al.* 2001).

Prado *et al.* (2002), concluem que o conhecimento dessas alterações, em condições específicas de solo e clima, são importantes no entendimento da potencialidade dos sistemas de manejo em relação às condições físicas do solo e na adoção de práticas conservacionistas. No entanto, dependendo do solo, do clima, da cultura e de seu manejo, eles podem promover a desestruturação física do solo, com restrições ao crescimento radicular (VIEIRA, 2006).

Para a quantificação da taxa de erosão dos solos, é preciso levar em consideração não só os fatores de uso e ocupação, mas sim as condições físicas, pré-existentes (condições naturais) e as condições físicas como respostas ao manejo do mesmo.

A estrutura do solo pode ser alterada devido ao manejo do solo. A quantidade de matéria orgânica, por exemplo, influencia diretamente na estrutura do solo, pois interfere na estabilidade dos agregados. Da mesma forma, a porosidade está associada à estrutura dos solos, além de se relacionar com a permeabilidade (SILVA, *et.al* 2003).

Araújo *et.al* (2007), avaliaram a densidade do solo, resistência mecânica à penetração, taxa de infiltração de água, teor de matéria orgânica, capacidade de troca catiônica, C

total da biomassa microbiana e respiração basal, sob quatro tipos de ocupação (pastagem natural, pastagem cultivada, cultivo convencional com culturas anuais e reflorestamento de *pinus*) sob um Latossolo Vermelho-Amarelo em uma área de Cerrado.

Segundo os mesmos autores, há uma relação estreita e inversa entre a qualidade do solo e a intensidade de uso a que as áreas foram submetidas. Os resultados mostraram uma maior suscetibilidade à erosão em áreas de cultivo, pois os parâmetros como: porosidade, resistência mecânica à penetração, carbono orgânico e infiltração demonstram a baixa qualidade dos solos dessas áreas.

A textura do solo, associada à estrutura, define a porosidade deste solo, o que é fundamental para a aeração e ao processo de infiltração. A porosidade influencia a permeabilidade do solo, bem como sua capacidade de armazenamento de água. Cita-se como exemplo, um solo muito argiloso e de estrutura laminar, o qual favorece o escoamento superficial, por ser pouco permeável, pois apresenta predomínio de microporos direcionados horizontalmente. Entretanto, esta característica pode ser reduzida pela presença de vegetação, pois esta, funciona como componente redutor do escoamento superficial, além de ser fonte de matéria orgânica para o solo.

Fortun e Fortun (1989), chamam a atenção para o monocultivo, o qual acarreta a diminuição no teor de matéria orgânica do solo, em função de sua exposição e conseqüente oxidação; logo, a estabilidade dos agregados existentes na camada superficial do solo tende a diminuir.

Vale ressaltar, que a matéria orgânica funciona como agente agregante, responsável pela estabilidade dos agregados do solo. Esta estabilidade por sua vez, implica diretamente no controle da drenagem e erodibilidade do solo.

### **1.2.2-Estabilidade dos agregados**

A ruptura dos agregados segundo Guerra (1999), pode ser considerada um dos primeiros fatores no processo de erosão dos solos, pois é a partir desta ruptura que outros processos se desencadeiam na camada superficial do solo. Os solos expostos aos efeitos climáticos tendem a formar partículas menores, devido principalmente ao impacto da gota de água, a chuva, que acaba por promover um rearranjo na parte superficial, pois com a diminuição das partículas ocorre o selamento (entupimento dos poros).

Segundo o mesmo autor.

... uma vez vencida a resistência interna dos agregados à energia dessas gotas, a tendência é que eles se rompam, formando partículas pequenas, ou seja, grãos individuais, que poderão preencher os poros existentes no topo do solo, diminuindo não só a porosidade e aumentando a densidade aparente, mas também dando início ao processo de formação de crostas na superfície do terreno, o que aumentará o escoamento superficial (GUERRA, 1999, p. 22).

O efeito integrado de processos que regulam a recepção da chuva e a resistência do solo para desagregação de partículas e o transporte subsequente denominado erodibilidade (LAL 1988), são influenciados pelas propriedades do solo, assim como a distribuição do tamanho das suas partículas, estabilidade estrutural, conteúdo de matéria orgânica, natureza dos minerais de argila e constituintes químicos. Essas características do solo são propriedades dinâmicas, que podem ser alteradas de diferentes formas e intensidade, dependendo apenas da forma de uso e manejo superficial do solo.

Carpenedo (1994), comparando os sistemas de preparo convencional e de semeadura direta com aveia/milho em Argissolo Vermelho-Amarelo, verificou valores mais elevados da pressão de pré-compactação nos solos sob semeadura direta. Segundo o autor, a grande adição de resíduos e os maiores teores de matéria orgânica do solo, associados à ausência de revolvimento nesse sistema de manejo, melhoram a estrutura do solo, conferindo-lhe maior resistência às pressões externas, principalmente em baixos conteúdos de água.

A estabilidade dos agregados diminui à medida que ocorre a redução da matéria orgânica no solo. Esta redução está associada ao cultivo intenso. De maneira geral as pesquisas apresentam menor estabilidade dos agregados quando há decréscimo de matéria orgânica (HARRIS, *et.al* (1966); BAVER (1968); GUERRA (1998).

Corrêa (2002), avaliou o efeito de diferentes sistemas de cultivo na estabilidade de agregados em água de um Latossolo Vermelho-Amarelo de textura média, no Município de Querência, Mato Grosso. Ao término da pesquisa, constatou que no sistema de cultivo com plantio direto da soja sobre a palhada do milho por dois anos consecutivos, a porcentagem de agregados maiores que 2 mm foi de 36,2% enquanto nos sistemas de cultivo através do preparo de área com grade aradora e grade niveladora, para os plantios sucessivos de soja durante três e cinco anos, as porcentagens de agregados maiores que 2 mm foram de 23,6 e 22,5% respectivamente. Segundo o mesmo autor, tomando-se a mata natural como condição original de agregação do solo, observa-se que os efeitos dos sistemas de cultivo manifestaram-se

mais intensamente sobre os agregados de diâmetro maior que 2 mm, entre 1,0 e 0,5 mm e entre 0,5 e 0,2 mm. As modificações da classe de agregados de maior diâmetro contribuíram, não para o surgimento de maiores percentuais nas classes de menor diâmetro, mas na classe intermediária.

Os parâmetros do solo podem ser alterados pelo manejo inadequado. O manejo convencional pode romper os agregados, acelerando a decomposição da matéria orgânica, refletindo na resistência dos agregados e na porosidade do solo (BERTOL *et al.* 2000) promovendo assim, modificações na estabilidade dos agregados, reduzindo os macroagregados e aumentando os microagregados.

Castro Filho *et al.* (1998), avaliando parâmetros de agregação para os sistemas de manejo, preparo convencional e plantio direto, na camada de 0 - 0,1 m, verificaram para o plantio direto, aumentos relativos de 74% para o DMP (Diâmetro Médio Ponderados dos agregados), de 70% para o DMG (Diâmetro Médio Geométrico) e de 10,4% para o IEA (Índice de Estabilidade dos Agregados) em relação ao preparo convencional. A maior agregação em semeadura direta, foi relacionada ao maior acúmulo de matéria orgânica, proporcionada por esse sistema em relação ao preparo convencional.

Campos *et al.* (1995), observaram que o sistema de plantio direto teve maior percentagem de agregados estáveis em água na classe de maior diâmetro (8,00 - 4,76 mm), em torno de 45%. Já o sistema convencional mostrou concentração de agregados estáveis na classe de menor diâmetro (1,00- 0,21mm), em média 33% do total dos agregados.

Lacerda *et al.* (2005), na tentativa de avaliar o efeito do manejo do solo na estabilidade de agregados de um Nitossolo Vermelho distroférico, localizado na Fazenda Experimental Lageado da FCA/UNESP, em Botucatu – SP sob três sistemas de manejo de solo, (mata, preparo convencional por 10 anos seguido de semeadura direta por 12 anos e preparo convencional por 22 anos) concluíram que o diâmetro médio ponderado e o índice de estabilidade dos agregados foram menores para o preparo convencional do solo em relação à mata. A percentagem de agregados com diâmetro entre 7,93 e 2,00 mm foi menor para o preparo convencional do solo em relação à mata, na camada de 0 - 0,10 m. Segundo os autores, a substituição do preparo convencional pela semeadura direta, favoreceu a estabilidade dos agregados do solo.

Segundo Bertol *et al.* (1989), a cobertura (viva ou morta) do solo pode promover redução nas perdas de solo de até 90% e na velocidade da enxurrada de até 62%, sendo



que, uma vez reduzido o efeito do impacto direto das gotas de chuva sobre a superfície, o tamanho dos agregados transportados pela enxurrada passa a ser em função do método de preparo do solo e/ou tipo de equipamento utilizado.

Contribuindo com esta questão Eltz *et al.* (1989), deixa claro que o plantio direto proporciona maior tamanho de agregados estáveis, quando comparado com o sistema convencional de preparo do solo, possivelmente devido à não-destruição mecânica dos agregados pelos implementos de preparo do solo, e à proteção que a palha oferece à superfície do solo. Portanto, o cultivo convencional acarreta diminuição no teor de matéria orgânica do solo, em função de sua exposição e conseqüente oxidação; logo, a estabilidade dos agregados existentes na camada superficial do solo tende a diminuir (FORTUN e FORTUN, 1989).

Para Harrold, (1984), o menor preparo do solo significa menor quebra de agregados e uma superfície do solo mais áspera (rugosidade), ambos levando a uma maior infiltração e menor escoamento superficial da água, assim como menor erosão.

Segundo Volk, *et.al* (2004), na ausência de cobertura do solo por resíduos culturais e dos benefícios dela decorrentes, no entanto, assume importância redobrada na redução da erosão hídrica a rugosidade superficial do solo, especialmente aquela induzida por métodos de seu preparo. As microdepressões dela resultantes, são fundamentais para armazenar água da chuva e, assim, aumentar sua infiltração no solo, retardando a enxurrada e, conseqüentemente, reduzindo escoamento superficial e sua capacidade erosiva.

Corroborando com esta questão, Levien *et al.*(1990), chamam a atenção para o tipo e a época das operações de preparo do solo para o cultivo, o qual influencia diretamente na taxa de infiltração, na velocidade da enxurrada, na capacidade de armazenamento de água no solo, aumentando assim as taxas de perda de solo.

O preparo do solo através da aradura e da utilização de implementos para a descompactação do mesmo propicia um aumento na rugosidade superficial, a qual causa aprisionamento (retenção) dos sedimentos. A rugosidade superficial, como resultado do preparo do solo para o plantio, é de grande importância para a redução ou aumento das perdas de solos com as primeiras chuvas após o plantio. Para Levien *et al.*,(1990), e Vazquez e Maria, (2003), a criação de um microrelevo na superfície do solo, em função das operações de preparo, afeta o escoamento superficial da água, sendo o índice de rugosidade superficial do solo, o parâmetro mais utilizado para a quantificação dessa

microtopografia e, por consequência, do armazenamento temporal de água nessas microdepressões.

Nas áreas agricultáveis, é comum a atualização da gradagem para “nivelamento” (destorroamento) do solo para efetuar o plantio, principalmente nas áreas de cultivo do tabaco. Este processo acaba potencializando a redução da rugosidade, implicando diretamente no escoamento superficial. Além de promover uma compactação das camadas inferiores do solo.

Quando as arações e gradagens são realizadas, sempre na mesma profundidade o problema pode se agravar, até que seja necessário romper aquela camada compacta que se forma, utilizando-se ferramentas de ação mais profunda, como os subsoladores (sulcadores), (SEIXAS 1988).

Neste caso é necessária a utilização de um escarificador de haste para revolvimento do solo das camadas inferiores e descompactação do solo. A utilização de um implemento de haste para a descompactação do solo, objetiva reduzir a densidade do solo, a resistência à penetração de raízes, aumentando a permeabilidade, e consequentemente diminuindo o escoamento superficial.

Secco e Reinert (1997), demonstraram o efeito de implementos de hastes sobre o aumento da rugosidade superficial, destacando que esse tipo de preparo do solo aumentou entre duas a quatro vezes a rugosidade superficial do solo. Oussible e Crookston (1987), em pesquisas de subsolagem, na camada subsuperficial compactada, de um solo franco-argiloso, concluíram que essa prática de revolvimento do solo reduziu a densidade em 11%, com um aumento na macroporosidade em torno de 50% e a porosidade total em 17%.

A alteração da estrutura do solo causada pelo preparo do mesmo pode ser avaliada através da determinação do grau de agregação, da estabilidade dos agregados e da natureza do espaço dos poros, (MACHADO, *et. al.* 1996). Ao se avaliar a agregação do solo, o mais importante é a distribuição do tamanho e a estabilidade dos agregados, sendo essa última, de extrema importância na formação em preservação das boas relações estruturais dos solos.

O cultivo contínuo e intensivo, associado ao preparo do solo para o plantio promove diversas alterações nas suas propriedades físicas, resultando na alteração da estrutura do mesmo. “A velocidade dessa alteração pode ser acelerada pelo uso intensivo do solo, sendo comum a presença de camada compactada em subsuperfície ou ocorrência de crostas superficiais” (Corsini 1993).

Portanto, com a desestabilização dos agregados, em áreas agrícolas sem práticas conservacionistas, como é o caso das áreas destinadas ao cultivo do tabaco, há uma carga maior de agregados de diâmetro menor, os quais vão influenciar na dinâmica erosiva do solo. Os agregados de diâmetro menor promovem o selamento (obstrução da entrada da água no solo através dos poros). O selamento será um dos principais responsáveis pela início do escoamento superficial.

### **1.3 Erosão de solos como produto dos fatores controladores e mecanismos dos processos erosivos**

Neste tópico, são discutidos, alguns tipos de erosão, bem como o início do processo erosivo e algumas considerações a respeito da erosão de solos em áreas rurais.

Antes de discutir a erosão em vertentes, faz-se necessário, apresentar certas considerações a respeito de algumas formas de erosão que ocorrem nas vertentes, tais como: Efeito splash, erosão laminar, erosão em sulcos, voçorocas e erosão subsuperficial.

Com relação aos processos ocasionados pela entrada de energia, podemos citar o efeito *splash* como um dos principais causadores das primeiras incisões erosivas. O impacto das gotas de água no solo desagrega os grumos do solo e as transforma em partículas menores, que rapidamente entopem os poros de drenagem após o início de uma chuva, provocando um selamento da parte superficial do solo impedindo a infiltração da água mesmo quando as camadas inferiores do solo ainda têm capacidade de absorção. Este selamento contribui para o aumento do escoamento superficial, que transporta consigo as partículas de solo que, por sua vez, acarretam danos erosivos de diferentes dimensões, de acordo com a declividade do terreno e a intensidade das chuvas.

O processo de salpicamento (efeito *splash*) vem sendo estudado com mais ênfase nas últimas décadas, desde o trabalho pioneiro de Ellinson (1945) citado por FARIA e MARQUES (1997).

Bertoni e Lombardi Neto (2005 p 47); identificam três fatores causados pelo impacto das gotas de água no solo:

- a) Desprendem partículas de solo no local que sofre o impacto;
- b) Transportam, por salpicamento as partículas desprendidas;
- c) Imprimem energia, em forma de turbulência, à água superficial.

Quando o solo fica exposto aos raios solares sem cobertura vegetal, ocorre o chamado encrostamento da camada superficial e, quando ocorre a precipitação, o índice de perda de solo é maior nestes locais, devido ao impacto das gotas que atingem a superfície, aumentando o processo erosivo. As porções de solo que são desagregadas com o impacto das gotas de água são expelidas a uma certa distância conhecida também como erosão por salpicos.

Bertoni e Lombardi Neto (2005), afirmam que a capacidade erosiva de uma água precipitando, depende da energia por unidade de área da gota individual. Segundo os mesmos autores, a energia cinética da queda de uma gota, determina a força do golpe que deve ser absorvida em cada ponto de impacto, enquanto a parte horizontal da gota determina a quantidade de solo que deve suportar este golpe.

A massa do solo sobre a ação do impacto das gotas de chuva, e dos ciclos de secagem e umedecimento, pode apresentar sua estrutura superficial modificada, havendo um rearranjo das partículas, o que provoca o aparecimento de uma camada que tende a se dispor em forma de lâmina, dificultando a infiltração da água, e provocando um escoamento superficial mesmo quando o solo não está totalmente saturado (REZENDE, *et al.* 2002).

Para Reichert *et al.* (1992), a textura do solo afeta o salpico de partículas provocado pelo impacto das gotas de chuva, contribuindo para uma redução da porosidade da camada superficial do solo.

Com relação ao material desagregado pelo impacto das gotas, Christofolleti (1974), conclui que as areias mais finas são as partículas mais susceptíveis a serem desagregadas e conseqüentemente transportadas, podendo ser lançadas a uma distância de 1,5 m, enquanto que as partículas de 2,0 mm atingem a distância de aproximadamente 40 cm, e as partículas de 4 mm podem alcançar uma distância de no máximo 20 cm. Bertoni e Lombardi Neto (2005), vem contribuir com esta questão afirmando que as partículas de solos podem ser deslocadas a uma altura de 1 metro e atingir um raio de aproximadamente 1,5 metros.

Quando o solo está saturado, inicia-se a formação de poças (*ponds*), (GUERRA 1999), sendo este o estágio que antecede ao escoamento superficial. Junto a essas poças iniciam-se as primeiras incisões de escoamento superficial, dando assim, início à remoção das partículas destacadas em direção as partes mais baixas. Este fluxo vai tomando dimensões maiores à medida que se desloca em direção a jusante. Com o aumento da velocidade do escoamento, há uma maior remobilização de materiais.

Nesse contexto, o efeito *splash* aumenta a potência do fluxo de água e a taxa dos sedimentos que estão sendo removidos, pois o impacto das gotas sobre o solo desnudo, arremessa os grumos que se encontram fora do caminho percorrido pela água, para dentro do fluxo, aumentando o poder de retirada e de transporte de agregados (GUERRA 1995).

O papel da erosão por salpico varia não apenas com resistência do solo ao impacto da gota de água da chuva, mas também com a própria energia cinética das gotas de chuva GUERRA *et al.* (1999). Dependendo da energia da gota sobre o solo, ocasionará maior ou menor ruptura dos agregados, que desprendidos acabam promovendo o selamento da parte superficial, diminuindo os percentuais de infiltração.

Kinnell (1976), constata que quantidade de sedimentos salpicados está diretamente proporcional à intensidade da chuva. Sidiras *et al.* (1984), ao monitorar três áreas com sistemas de preparo do solo constataram que a intensidade e duração da chuva foram fatores importantes na desagregação do solo pelo impacto de gotas.

Outro fator importante nos processos de erosão por *splash* é a declividade do terreno. O processo de salpicamento (*splash*) em superfícies planas tende a ser esparramado na superfície do solo em todas as direções quando as gotas caem verticalmente (BERTONI e LOMBARDI NETO, 2005, p. 71). Neste caso há um balanço das partículas que saem e das partículas que chegam, além de essas áreas estarem sujeitas ao acúmulo de água, onde não ocorre erosão por salpico. Por a água formar uma camada superficial impedindo o impacto da gota com o solo.

A erosão laminar se caracteriza pela remoção de uma camada fina e relativamente uniforme da superfície do solo, apenas sendo perceptível após uma grande quantidade de solo ter sido erodida, sendo que este tipo de erosão é pouco perceptível. Segundo Watson e Laflen (1986), é um processo complexo e a intensidade com que ela ocorre depende, basicamente, de três fatores: das características da chuva, das características do solo e das características da superfície do solo. Vale ressaltar que as condições da superfície do solo, tornam-se reguladoras da erosão laminar, devido a existência de vegetação ou cobertura morta, microtopografia e/ou rugosidade da superfície do solo e declividade da superfície do solo.

A erosão laminar em uma vertente plana, rica em húmus, não apresenta modificações no aspecto geral do relevo, no estágio inicial, em geral pouco visível, mas se torna agressiva no decorrer das precipitações. Traduz-se apenas no começo do processo, pelas imperceptíveis modificações na coloração do solo e pelo afloramento de

rochas que antes eram cobertas pela camada superficial do solo, e que com a força da água foram aflorando lentamente.

O início desse fenômeno ocorre quando as gotas de chuva, ao se precipitarem sobre o solo, rompem seus grânulos e torrões transformando-os em pequenas partículas e diminuindo a capacidade de infiltração do terreno (RESENDE e ALMEIDA, 1985).

Sparovek (1996), afirma que esta forma de remoção das partículas é bastante seletiva, e ocorre em toda a áreas e se dá pelo impacto da gota da água da chuva no solo e pelo escoamento superficial. O impacto das gotas sobre o solo abre pequenas crateras e partículas são desprendidas e lançadas a 1,0 m de altura e 1,5 m de raio de distância. Estas partículas de menor diâmetro, promovem o selamento da superfície do solo, implicando diretamente na redução da infiltração e, por conseguinte aumentando a quantidade de água disponível para o escoamento.

Com relação ao selamento, Derpsch *et al.* (1991) concluem que os solos expostos devido à forma de uso e ocupação, apresentam um índice mais elevado de erosão, principalmente onde ocorrem culturas anuais, pois o efeito *splash* desagrega os grumos da camada superficial e acabam “entupindo” (selando) uma boa parte dos poros que são responsáveis pela infiltração. Nesse caso, o escoamento superficial passa a atuar em direção à jusante, mesmo que o solo não esteja saturado.

Segundo Zhang *et al.* (1998), o selamento superficial reduz substancialmente a infiltração da água devido à sua baixa condutividade hidráulica. Silva e Kato (1997), afirmam que o selamento superficial é a formação de uma camada delgada (geralmente de 1 a 3 mm) na superfície do solo sendo caracterizado por uma elevada densidade aparente, pequena porosidade e baixa condutividade hidráulica. Embora a espessura da camada selada possa ser relativamente pequena, seu efeito sobre as propriedades físicas da camada superficial do solo, como a redução da macroporosidade, proporciona expressiva diminuição da infiltração.

Edwads e Larson (1969), concluem que ocorre uma diminuição significativa na condutividade hidráulica saturada do solo em decorrência do tempo em que as amostras foram expostas aos efeitos de chuva simulada. Apesar da condutividade hidráulica apresentar comportamento diferenciado em cada tipo de solo. Segundo os mesmos autores este comportamento diferenciado é em decorrência da variação de resistência dos agregados do solo.

A única situação em que o solo selado pela camada superficial não causa aumento de *runoff*, é quando a superfície deste solo se torna tão seca que acaba

formando fendas, principalmente em solos argilosos. Assim, quando ocorrem as chuvas, o percentual de infiltração aumenta inicialmente em relação aos solos que não apresentaram estas fendas, onde o percentual de argila é menor.

Outra forma de erosão, é a erosão entre sulcos que se caracteriza pela formação de pequenas irregularidades no sentido da declividade do terreno, fazendo com que o escoamento superficial se concentre nos pontos mais baixos, atingindo volume e velocidade suficiente para formar canais mais ou menos profundos (AMORIM *et.al.* 2001), que podem ser facilmente obstruídos pelas atividades agrícolas.

Há uma certa indefinição quanto a profundidade de sulco. Na tentativa de estabelecer um certo padrão de profundidade para caracterizar a erosão por sulco. Foster (1982), denomina erosão em sulcos quando se tem a formação de sulco com uma profundidade máxima de 300 mm.

Nas áreas de ocorrência da erosão em sulcos segundo Amorim *et.al* (2001), há domínio da ação erosiva decorrente da energia associada ao escoamento, sendo a energia de impacto das gotas da chuva no desprendimento usualmente considerada desprezível.

Flanagam *et.al.* (1995), concluem que a erosão em sulcos ocorre em função da capacidade do escoamento em desprender os sedimentos, da capacidade de transporte do escoamento e da carga de sedimento existentes no escoamento. Segundo Pereira *et.al* (2003), com a concentração do escoamento em sulcos desenvolve-se uma tensão cisalhante no perímetro molhado do sulco que pode desprender partículas de solo. A taxa de desagregação varia conforme o tipo e manejo do solo e é diretamente proporcional à erodibilidade do solo e à diferença entre a tensão cisalhante associada ao escoamento e a tensão crítica de cisalhamento do solo.

A declividade, torna-se fator importante na perda de solos pela erosão em sulcos, a medida que o fluxo de água e sedimentos se desloca em direção a baixa vertente, vai aumentando seu poder de desagregação, principalmente quando há alguns obstáculos no “caminho” deste fluxo, promovendo um turbilhonamento que potencializa a velocidade deste fluxo, e por conseguinte aumenta o poder de remoção do solo.

Guerra (1995), afirmam que o fluxo da água tende a transpor vários obstáculos, que podem ser fragmentos rochosos, pequenas depressões ao longo da vertente e cobertura vegetal, os quais contribuem para a redução da energia cinética. Mas alguns fragmentos rochosos, ao longo do caminho percorrido pelo escoamento superficial, contribuem para o aumento da energia cinética. Com o impacto do fluxo do escoamento

com as rochas, a água produz um turbilhonamento ao redor do fragmento rochoso, aumentando sua velocidade e intensificando assim a remoção do solo. Uma vez colocada em movimento, a partícula será transportada, e só entrará em repouso novamente quando atingir as velocidades críticas de deposição, sendo esta, dois terços inferior à velocidade inicial atingida pelo escoamento.

A quantidade e o tamanho dos sedimentos transportados nas enxurradas são função da velocidade do escoamento superficial da água e sua turbulência (SILVA *et.al* 2003). Estes fatores são influenciados pela rugosidade topográfica superficial, comprimento da rampa, declividade e cobertura do solo (LOPES *et.al.* (1987).

Quando há uma concentração maior do fluxo de água em determinados sulcos, em estágio adiantado na maioria dos casos acaba interrompendo o trabalho das máquinas agrícolas. Com o passar do tempo (anos), o fluxo vai promovendo um aumento na profundidade destes sulcos, tornando praticamente irreversíveis, formando voçorocas que surgem a partir da concentração de enxurradas que ao longo dos anos, vai deslocando grandes quantidades de solo, formando grandes cavidades em extensão e profundidade (BERTONI e LOMBARDI NETO 2005).

Segundo Bacellar (2006), o processo de expansão das voçorocas se dá nos diferentes segmentos das encostas das voçorocas, onde atuam diferentes processos de erosão, ocorrendo pequenos deslizamentos rotacionais, o que acabará gerando um fluxo de movimento de massa, mesmo após o período chuvoso. Portanto, a voçoroca é um estágio de um processo erosivo, que por sua vez ocorre geralmente na seqüência: canal preferencial, sulco, ravina e voçoroca. Muitas vezes a dificuldade em estabelecer a classificação de uma feição erosiva está no fato de que diversos processos estão ocorrendo ao mesmo tempo.

No que se refere ao escoamento em subsuperfície, Coelho Neto (2003), explica que este tipo de erosão, dá-se por dois mecanismos: o primeiro deles está relacionado com o carreamento das partículas menores do solo por entre as maiores, em decorrência da força do fluxo subsuperficial exfiltrante, o que provoca um dismantelamento da estrutura do solo, formando vazios no seu arcabouço. Esse mecanismo é conhecido por erosão por vazamento (*seepage erosion*), (COELHO NETTO, 1995), ou pode ser chamado ainda por carreamento.

Conforme Rodrigues (1984), o carreamento é provocado pelo fluxo hídrico em macroporos, que gera forças cisalhantes nas suas margens. Estas forças cisalhantes podem provocar o destacamento e o transporte das partículas, fazendo com que o



macroporo se alargue até o ponto em que ocorre colapso do material do teto, (estrutura de abatimento).

De acordo com Guerra (2005), o processo de formação destes dutos (pipes) está relacionado ao intemperismo, sob condições especiais geoquímicas e hidráulicas, havendo a dissolução e carreamento de minerais, em subsuperfície.

Na sequência foram discutidos algumas questões relacionadas ao início do processo erosivo e a dinâmica das áreas fonte de sedimentos.

### **1.3.1- Início do processo erosivo**

Uma vez removida a vegetação de uma determinada área para torná-la em área agricultável ou outras formas de uso do solo (pastagens, reflorestamento, e edificações), promove-se uma exposição maior do solo aos efeitos pluvioerosivos. Sem cobertura vegetal na superfície, há total exposição do solo para o início das primeiras incisões erosivas provocada pela água da chuva. Os danos causados pelas gotas de chuva que golpeiam o solo desprotegido em alta velocidade, constituem os primeiros passos no processo da erosão (BEASLEY, 1972; BERTONI e LOMBARDI NETO, 2005).

Com a intensificação da precipitação, o fluxo superficial torna-se intenso, provocando um acúmulo de água na superfície, que aumenta à medida que se deslocam em direção as partes mais baixas. Em casos específicos, a intensidade da erosão depende de um certo número de fatores, como por exemplo, quantidade, intensidade e distribuição das chuvas, declividade e extensão da encosta, ausência ou presença de canais de concentração, cobertura vegetal, composição do solo, dentre outros fatores.

Segundo Drew (1994), a ação conjunta desses fatores determina a quantidade de água que infiltra no solo e a quantidade de água que excede, para formar as primeiras incisões erosivas. Quando algum destes fatores sofre uma pequena intervenção do homem, ocorre um desequilíbrio desordenando de outros mecanismos que juntos atuam integrados, os quais são responsáveis pela dinâmica erosiva de uma bacia hidrográfica.

Quando ocorre a alteração do ciclo hidrológico de uma determinada área, mesmo que para muitos seja insignificante, logo surgem os primeiros indícios de erosão superficial, ou laminar, que desgasta de forma uniforme o solo. Em seu estágio inicial é quase imperceptível, mas quando avançado o solo torna-se mais claro (coloração), a água de enxurrada é lodosa (argilosa), raízes de plantas perenes afloram e há decréscimo na produtividade.

Corroborando com esta questão, Thomaz e Antoneli (2008), após monitoramento da exposição das raízes de erva-mate (*Ilex paraguariensis*) calcularam uma perda de 11,8 kg m<sup>2</sup>/ano, correspondendo a uma taxa de rebaixamento médio da superfície de 1 cm/ano. Segundo os autores, a erosão sobre a área cultivada apresentou níveis severos acima do nível médio de tolerância de perda de solos, para solos pouco profundos.

Os efeitos pluvio-erosivos atuam com maior intensidade nos solos expostos, sendo que o impacto da gota da água da chuva desagrega solo que potencializa o selamento da superfície, reduzindo a infiltração, disponibilizando uma maior quantidade de água para o escoamento superficial.

Na sequência foram apresentadas algumas considerações a respeito do escoamento superficial, e sua importância no processo erosivo.

### **1.3.2- Escoamento superficial**

O escoamento superficial ocorre, quando a intensidade de precipitação torna-se maior do que a velocidade de infiltração da água no solo, ou ainda, quando a capacidade de retenção de água pela superfície do terreno tiver sido ultrapassada. Esta capacidade pode ser alterada pelo selamento da superfície, que mesmo sem o solo estar saturado haverá escoamento superficial.

Nos solos das áreas vegetadas, o escoamento superficial tem seu início quando a precipitação já preencheu as pequenas depressões do solo, a capacidade de retenção da vegetação foi ultrapassada e foi excedida a taxa de infiltração. Inicialmente, formam-se pequenos filetes que escoam sobre a superfície do solo e que vão tomando dimensões maiores, à medida que se deslocam em direção as áreas mais baixas da vertente.

Fatores como tipo de vegetação, tipo de solo, condições topográficas, ocupação e uso do solo, intensidade das precipitações, umidade antecedente, são determinantes para a avaliação da taxa de escoamento superficial.

Em uma floresta a velocidade do escoamento é baixa, pois a água encontra muitos obstáculos (como raízes, troncos e folhas), além da vegetação interceptar o impacto das gotas de água no solo. Em uma área agrícola, a velocidade de escoamento superficial é maior, principalmente naquelas onde há um predomínio de culturas anuais sem práticas conservacionistas.

Inúmeros autores propõem e/ou citam equações e métodos empíricos para quantificar o escoamento superficial como: CARVALHO (1994); GUERRA e CUNHA (1995); TUCCI (1997); DIAS de PAIVA (2001); LOMBARDI e BERTONI (2005); Apesar de que Beltran *et al.* (1988), chama atenção para a aplicação de métodos empíricos na predição do escoamento superficial onde, somente deve ser considerada como uma primeira aproximação, devendo ser posteriormente corrigida com base na avaliação do sistema.

Segundo Pruski e Silva (1997), o escoamento superficial é influenciado por dois tipos de parâmetros: parâmetros agroclimáticos e os parâmetros fisiográficos.

**Parâmetros agro-climáticos:** a) Refere-se a quantidade, intensidade e duração da precipitação e o escoamento superficial tende a aumentar com o aumento da magnitude da intensidade e duração da precipitação, a qual constitui a principal forma de entrada de água no solo para o segmento do ciclo hidrológico. b) cobertura vegetal e condições de uso do solo: além de seus efeitos sobre as condições de infiltração da água no solo, exercem importante influência na interceptação da água oriunda da precipitação. c) evapotranspiração: representa um importante fator para retirada de água do solo. Quanto maior for o índice de evapotranspiração, menor deverá ser o índice de umidade do solo e conseqüentemente a velocidade da infiltração será maior com a ocorrência da precipitação.

**Parâmetros fisiográficos:** a) condições de superfície: esse parâmetro decorre do tipo do solo, da topografia e da rede de drenagem. b) tipo de solo: interfere diretamente na velocidade de infiltração e na capacidade de retenção e água no solo. c) topografia: além de influenciar a velocidade de escoamento da água no solo, interfere também na capacidade de armazenamento de água no mesmo, pois em áreas que apresentam declividades mais acentuadas, apresentam menores taxas de armazenamento de água que as áreas mais planas. d) rede de drenagem: a existência da rede de drenagem permite a rápida concentração do escoamento, favorecendo a ocorrência de elevados índices de vazões máximas. e) obras hidráulicas presentes na bacia: influenciam na concentração do escoamento e conseqüentemente na torrencialidade da vazão.

Nas bacias hidrográficas rurais, o uso do solo, é um fator importante na mensuração do escoamento superficial, pois cada tipo de uso do solo apresenta respostas diferentes de perdas de água.

### 1.3.3-Erosão de solos em áreas rurais

A erosão de solos em bacias hidrográficas rurais, tornaram-se objeto de investigação de inúmeras pesquisas, devido a sua variabilidade no uso e ocupação do solo, pois cada tipo de uso libera diferentes quantidades de solo para o transporte.

Paiva e Paiva (2001), conclui que, compreender os fatores que integram o processo de erosão do solo e quantificar as perdas de solo é de grande importância, pois serve como base na elaboração de medidas que visem maximizar o uso dos recursos hídricos disponíveis e evitar os efeitos negativos decorrentes da produção, transporte e deposição de sedimentos. Vale ressaltar que é necessário identificar o tipo de erosão predominante na área de investigação. Corroborando com esta questão, Nearing *et al.* (2001), afirmam que a separação do processo de erosão em entressulcos e em sulcos pode ajudar a identificar fontes potenciais de sedimentos.

O processo de erosão resulta de duas formas (SILVA *et al.* 2005), sendo, da erosão em entressulcos e da erosão em sulcos. A erosão em entressulcos é avaliada como o processo de desprendimento das partículas de solo pelo impacto das gotas da chuva, seguido do transporte das partículas pelo escoamento superficial e pela deposição dos sedimentos nos pequenos sulcos ou canais (PEREIRA *et al.* 2003). Foster (1982), conclui que a presença de resíduos vegetais no solo aumenta a rugosidade da superfície do terreno, reduzindo a velocidade de escoamento e possibilitando o aumento da infiltração da água no solo, diminuindo a erosão em entressulcos.

A erosão no sulco é resultante do acúmulo da enxurrada em pequenas irregularidades no sentido do declive do terreno, a ponto de atingir volume e velocidade suficientes para formar canais mais ou menos profundos. Neste contexto, a forma como é praticado o cultivo do tabaco (construção de camalhões para o plantio), atuam como canais efêmeros, contribuindo para a concentração do fluxo nas entrelinhas, que potencializam as perdas de solos pelo escoamento superficial.

Em terras utilizadas para fins agrícolas não é só o problema da diminuição ou até mesmo da eliminação permanente da cobertura vegetal que potencializa as perdas de solo, mas também outros tipos de manejos do solo que podem alterar algumas de suas propriedades físico- químicas (SILVA *et.al* 2003). Estas alterações podem levar a perda da fertilidade, que levará a perda da produtividade e, ainda simultaneamente a perda da resitência do solo à erosão, acarretando perdas de solo e água cada vez maiores.

A erosão dos solos não causa problemas apenas nas áreas onde ocorre, mas pode modificar todo o ciclo produtivo de uma determinada encosta. Algumas das

consequências causadas pelos processos erosivos são: a redução da sua fertilidade e formação de ravinas e voçorocas, impedindo muitas vezes a sua utilização agrícola. A erosão causa uma série de problemas ambientais, em nível local ou até mesmo em grandes áreas. Por exemplo, o material que é erodido de uma bacia hidrográfica causa o assoreamento de rios e reservatórios.

A magnitude das perdas por erosão depende de uma série de fatores, dentre os quais destacam-se a cobertura vegetal (SILVA, 1986) e a declividade da área (WATSON e LAFLEN, 1986; AMORIM *et al.*, 2001; COGO *et al.*, 2003) o tipo de uso do solo (GUERRA *et al.* 1999) energia cinética da chuva (GUERRA 1998; EVANS,1980).

Guerra e Mendonça (2004), afirmam que uma vez desmatada a encosta, caso não sejam tomadas algumas práticas conservacionistas, a ação da água pode romper (desestabilizar) os agregados, promovendo o selamento (*sealing*) na parte superficial do solo, promovendo segundo Morgan (2005), o encrostamento (*crusts*).

O percentual de erosão de uma encosta, é determinada pelas características da chuva, declividade e comprimento do declive, capacidade de infiltração, estágio de vegetação, práticas conservacionistas em solos agricultáveis, estabilidades dos agregados, dentre outros, COELHO NETO (1995); GUERRA (1995); GUERRA (1999); GUERRA (2004); BERTONI E LOMBARDI NETO (2005); (MORGAN (2005).

Várias são as práticas utilizadas pelo homem, as quais contribuem para a intensificação do processo erosivo e a destruição da camada superficial do solo (horizonte A), rica em matéria orgânica, como por exemplo: manejo inadequado do solo, cultivo de culturas anuais sem uso de cobertura vegetal após a colheita, plantio em áreas declivosas sem uso de curvas de nível, plantio convencional, dentre outras práticas que contribuem para a aceleração do processo erosivo.

Em muitas regiões, ainda não são difundidas as práticas conservacionistas, principalmente em regiões onde o relevo apresenta declividades mais acentuadas, como por exemplo: em uma cultura qualquer os danos podem ser minimizados, desde que o plantio seja realizado em curvas de nível. Porém, como cada cultura requer um tratamento específico, utiliza-se também o plantio de faixas de cultura, com alguns níveis de vegetação densa ou nativa intercaladas, sendo de grande eficiência contra enxurradas e erosão.

Outra opção bastante difundida principalmente para que os nutrientes do solo sejam recompostos, é a rotação de culturas, que propicia uma maior cobertura, melhorando as condições físicas do solo, reduzindo a erosão e a enxurrada, desde que esta área em descanso esteja recoberta por uma vegetação rasteira, para que a água da chuva não impacte o solo desnudo. Outra prática é o plantio direto, que ainda é pouco utilizado na região Centro Sul do Paraná, principalmente nas pequenas propriedades.

Soares e Antoneli (2003), acompanharam a erosão de solos agrícolas na área em estudo, no período setembro de 2002 a março de 2003, foram instaladas parcelas de mensurações de erosão de solo com cultivo de feijão em locais com plantio direto e plantio convencional. Os resultados demonstraram que a erosão na parcela instalada sobre área com plantio direto foi baixa, onde o rebaixamento médio de 0,7 cm com uma perda média de 0,9 (kg/m<sup>2</sup>/ano). Já a parcela sobre o plantio convencional segundo os mesmos autores, a erosão proporcionou resultados alarmantes, sendo calculado um percentual de remoção da superfície de aproximadamente 3,5 cm de rebaixamento do solo (média) em apenas uma safra chegando a 4,9 (kg/m<sup>2</sup>/ano). Esses dados permitiram analisar a importância do plantio direto como principal fator no controle da perda de solos através da erosão superficial (*runoff*) e pelo salpicamento (efeito *splash*).

Alguns autores vem corroborar com esta questão, ao identificarem em suas pesquisas a importância do plantio direto para a redução das perdas de água e solo (NUNES FILHO *et al.* (1990), SILVA *et al.* (1992), HERNANI *et al.* (1997).

Diversas pesquisas vem contribuir com a identificação das perdas de solo nos diferentes tipos de uso do solo das áreas agrícolas. Dentre eles pode-se citar GRACE III *et al.* (1998); THOMAZ, *et al.* (2007). Em estradas rurais. DEDECEK *et al.* (1986); HOLT *et al.* (1996); MULLER *et al.* (2001); INACIO *et al.* (2007) com pesquisas em pastagens. ZHOU *et al.* (2002); MARTINS *et al.* (2003); PIRES (2006), com pesquisas em reflorestamento de eucalipto. FRITSCH (1981); BARBOSA e FEARNside (2000); MORGAM (2005); THOMAZ (2005), com pesquisas em áreas florestadas.

Estas pesquisas vêm contribuindo para um repositório de informações a cerca da perda de solo em diferentes ambientes rurais com manejo diferenciados, que servem para a tomada de decisão nas formas de manejos e práticas conservacionistas.

A agricultura hoje passa por um momento de transformação e de inovações. A cada colheita, novas técnicas surgem, com propósito de melhorar e aumentar a produtividade, além de novas formas de manejo do solo. Neste contexto, existem as pequenas propriedades baseadas na agricultura familiar que, na região Centro Sul do

Paraná, é praticada em grande escala, principalmente nas áreas declivosas, com predomínio de solos rasos, impróprios para a mecanização.

Como as terras férteis e os fundos de vales geralmente estão em poder dos grandes latifúndios, resta ao pequeno agricultor desenvolver sua agricultura em solos com baixa aptidão agrícola (solos rasos de encostas mais íngremes), ANTONELI, (2004).

Deste modo, a agricultura familiar, além de sofrer as consequências ao comprar mal seus insumos, produzir mal e acabar vendendo mal seus excedentes, ocupa geralmente os piores solos, o que dificulta ainda mais sua rentabilidade. Portanto, é comum a incorporação de novas áreas para o plantio, mesmo que essas não tenham condições ideais. No caso da pequena propriedade, não há muita escolha (THOMAZ, 2000).

Devido à falta de investimentos, o pequeno produtor remove a vegetação através da prática da queimada, fazendo uma rotação de áreas, apesar desse método apresentar sérios problemas ambientais. Após a retirada da produção, o solo fica sem a camada protetora, pois o fogo elimina a serrapilheira e isso faz com que os agentes causadores de degradação do solo se intensifiquem, chegando a ponto de os pequenos agricultores abandonarem suas terras por se tornarem improdutivas.

Neste contexto, a fomicultura torna-se uma alternativa rentável às pequenas propriedades, mesmo que acabem potencializando as perdas de solo e água ao longo do cultivo

Todos estes processos que atuam na dinâmica erosiva de uma determinada área, associado ao uso do solo, acabam por promover áreas fontes de sedimentos, que contribuem com intensidades diferentes nos processos de remoção transporte e deposição de materiais.

#### **1.4- Dinâmica do uso do solo e áreas fontes de sedimentos**

As áreas rurais localizadas na Região Centro-Sul do estado do Paraná, apresentam características peculiares, as quais levam em consideração as características físicas (clima relevo vegetação) e antrópica (forma de uso e ocupação). Essas particularidades promovem uma alteração constante na forma do uso e ocupação de determinadas áreas.

A Bacia do Arroio Boa Vista, é caracterizada pela agricultura familiar, (pequenas propriedades) com predomínio de culturas anuais. O cultivo de feijão, milho

e principalmente o tabaco, além de outras culturas menos expressivas, fazem parte deste cenário. Essas culturas, devido às condições climáticas (invernos com ocorrência de 3 a 10 geadas, MAACK (1968), se intensificam nos períodos de primavera e verão (setembro a março), promovendo assim uma maior exposição destes solos aos processos erosivos, principalmente por não serem difundidas práticas conservacionistas.

Durante o outono e inverno, as áreas agricultáveis estão sob domínio de uma cobertura vegetal de inverno, diminuído assim o percentual de exposição destes solos. Neste período, outras atividades são desenvolvidas, que promovem uma maior exposição do solo aos efeitos erosivos. Cita-se com exemplo; a colheita da erva mate que é efetuado entre os meses de maio e julho.

Essa colheita consiste na poda (corte raso) dos galhos, deixando apenas o tronco das plantas de erva-mate, propiciando uma taxa maior de exposição dos solos para os processos erosivos. Outro fator importante de exposição dos solos, nos meses de inverno, é em relação ao desenvolvimento da roça de coivara, onde se remove a vegetação (capoeira) e atea fogo para fazer a limpeza do terreno. A utilização desta prática acaba eliminando a serrapilheira, contribuindo assim para a exposição deste solo.

Nas áreas com predomínio do cultivo do tabaco, nos meses de inverno é comum o corte raso das áreas de reflorestamento de eucaliptos, para utilização da madeira como fonte de energia calorífica para a cura (secagem das folhas do tabaco). Essa madeira é transportada geralmente por carroças de tração animal, promovendo abertura de novas estradas e carreadores nos limites entre as propriedades. O fluxo constante dessas carroças, contribui para a compactação do solo tanto nessas novas estradas, quanto aqueles carreadores construídos nas áreas de reflorestamento para a retirada da madeira que foi cortada.

Portanto, para identificar as áreas fontes de sedimentos, é preciso investigar quais as áreas que estão atuando na liberação de material em determinados períodos. Neste contexto, a elaboração de um calendário de uso e ocupação do solo ao longo do ano (calendário agrícola), indica os períodos em que os solos estão mais sujeitos aos efeitos pluvio-erosivos. Corroborando com esta idéia Silva *et. al* (2003), afirma que a compreensão do processo erosivo- sedimentológico, é complexa pois envolve vários fatores de ordem física, meteorológica e antrópica/cultural.

Minella (2003), apresenta algumas formas de identificação e mensuração das áreas fontes de sedimentos em uma determinada bacia como o método indireto,



baseados em modelos empíricos ou de base física para determinar a localização das fontes de sedimentos. Segundo mesmo autor o método indireto, pode ser realizado de duas formas: a) método indireto qualitativo, que levam em consideração apenas a identificação das áreas fontes de sedimentos sem quantificar as perdas de solo. b) método indireto quali-quantitativo, o qual além de identificar as áreas fontes de sedimentos, visa quantificar as perdas de solo.

Coleman e Scatena (1986), ao aplicarem o método indireto de identificação das áreas fontes de sedimentos em uma bacia de 330 km<sup>2</sup> no leste dos Estados Unidos, propuseram uma classificação por grau de importância das áreas que mais produzem sedimentos (áreas agrícolas, urbanas, mineração e canais fluviais). Segundo os mesmos autores, 40% das áreas agrícolas apresentaram percentuais de produção de sedimentos entre as classes alta e muito alta.

Dentre as fontes de sedimentos de uma bacia hidrográfica, a agricultura desponta como a principal fonte de produção de material que irá influenciar na dinâmica hidro-sedimentológica de uma bacia de drenagem. A instabilidade dos agregados devido ao constante revolvimento do solo, associados ao efeito *splash* e a forma de plantio, contribuem para que ocorra uma diminuição na taxa de infiltração de água no solo, promovendo um excedente na superfície, mesmo que o solo não esteja totalmente saturado.

A forma de plantio (convencional), promove uma concentração de água nas entrelinhas, as quais atuam como canais efêmeros. Sob a fumicultura, as entrelinhas são construídas com certa declividade para que o excedente de água seja removido (escoado) da lavoura, pois quanto maior o percentual de umidade no solo sob este cultivo, a planta de tabaco produz menos, pois esta planta necessita de um solo bem aerado, para não sofrer ataque de alguns fungos.

Quando adotados métodos conservacionistas como plantio em curva de nível e plantio direto, há uma diminuição significativa nos percentuais de perda de solo. Denardin *et al.* (2003), concluem que a cobertura de solo quer seja com plantas vivas ou com resíduos de plantas (camada morta), possui potencial para reduzir em até 100 % a energia cinética da chuva. Mas segundo os mesmos autores, a cobertura do solo, não apresenta essa mesma eficácia para dissipar a energia erosiva da enxurrada que flui na superfície do solo sob a cobertura vegetal. Portanto, o manejo do solo agrícola propicia diferentes respostas erosivas. Sendo assim, as áreas agrícolas disponibilizam diferentes

percentuais de sedimentos para o transporte, pois dependem do tipo de cultura, da forma como é efetuado o preparo do solo e como é realizado o plantio.

Cogo *et al.* (2003) pesquisaram as perdas de solo e água por erosão hídrica, concluindo que perdas significativas ocorreram somente no preparo convencional sem cultivo e estabelecido no sentido do declive. Bertol *et al.* (2004) estudaram as perdas de fósforo e potássio por erosão hídrica, relacionando o método de preparo de solo. De maneira geral, os métodos conservacionistas são tidos como menos agressivos para aspectos relacionados à erosão hídrica do que o manejo convencional. Neste sentido, a forma de plantio, os métodos utilizados para o preparo do solo e o tipo de cultura, vai promover uma maior ou menor disponibilidade de material para o transporte.

Cassol e Lima (2003), ao analisarem a perda de solo sob três tipos de entressulcos (sem preparo do solo com resíduos culturais na superfície; com preparo convencional com solo descoberto sem resíduos e com preparo convencional com resíduos incorporados, em uma área agrícola no Rio Grande do Sul, concluíram que em sistemas de semeadura sem preparo do solo, as perdas de água nas áreas em entressulcos são consideravelmente reduzidas em relação ao solo descoberto, porém não são menores do que quando há preparo convencional do solo com incorporação de resíduos. As taxas de perdas de solo por erosão são reduzidas em torno de 90% pelo sistema sem preparo do solo (plantio direto) em relação ao solo descoberto e ao preparo convencional com incorporação de resíduos.

Vale ressaltar que as áreas denominadas preparo do solo com resíduos culturais na superfície, referem-se, a incorporação da cobertura vegetal (aveia) no preparo do solo. Já o preparo convencional com solo descoberto, refere-se a uma aração e mais duas gradagens para o plantio. E, sem preparo do solo, refere-se ao plantio direto.

Braida e Bassol (1999), determinaram redução exponencial da erosão em entressulcos com o aumento da cobertura do solo por resíduos de milho e de trigo, não observando diferenças na eficiência dessa redução pelos diferentes tipos de palha na superfície do solo. West *et al.* (1991) constataram redução de 70% na perda de solo por erosão, em entressulcos, no sistema sem preparo em relação aos submetidos ao preparo convencional. Essa diferença foi atribuída ao teor de carbono orgânico e agregados estáveis em água, em maior quantidade no sistema sem preparo do solo.

Quando incorporados ao solo, os resíduos culturais melhoram sua estrutura e servem como fonte de alimento a microbiota terrestre, o que, juntamente com o

desenvolvimento radicular das plantas, resulta em condições favoráveis à agregação e estabilização do solo, (PALADINI e MIELNICZUK, 1991).

Outra fonte de sedimento importante quando se trata de áreas rurais, são as estradas, elas atuam como um “atalho” na conectividade entre o material desagregado das vertentes e os corpos hídricos. À medida que as estradas vão se bifurcando, aumenta o fluxo, a velocidade e a carga de sedimentos dissolvidos, em suspensão e por arraste de fundo. Através do aumento do fluxo ocorre uma maior remoção dos barracos das estradas (THOMAZ 2006).

Minella *et.al.* (2007), em suas pesquisas em duas pequenas bacias hidrográficas, estudadas na área rural, onde as estradas ocupam uma área 25 vezes menor que a das lavouras, concluíram que estas contribuem com um terço da produção de sedimentos. As principais causas desse impacto são: falta de planejamento da alocação das estradas na bacia (declividade acentuada e grande comprimento); composição inadequada do material; baixa frequência de manutenção; ligação direta entre as estradas e a rede fluvial; e ligação direta entre as lavouras e as estradas. Nesse caso, o melhor planejamento na alocação das estradas e na sua manutenção teria grande impacto na diminuição da produção de sedimentos

Oda *et al.* (2000), afirma que estradas não pavimentadas, também denominadas de estradas de terra ou estradas vicinais, são aquelas vias desprovidas de qualquer tipo de tratamento superficial, tendo geralmente, sua camada superficial constituída por solo local, às vezes em mistura com agregado granular (folhelho). As estradas vicinais (estradas de terra), também denominadas de estradas rurais, agrovias ou ainda estradas municipais, são de grande importância econômica e social para as comunidades rurais. Segundo o mesmo autor, essas estradas representam grande parte da malha rodoviária brasileira, embora consideradas de menor importância.

Moreira (2003), revela que as estradas vicinais são utilizadas para o transporte de produtos agropecuários para as plantas industriais e centros de distribuição no meio rural. Mas quando são abertas sem planejamento adequado, acabam se tornando importantes fontes produtoras de sedimentos, além de promover uma conexão entre os materiais erodidos dos diferentes tipos de uso do solo com os corpos hídricos.

Concordando com essa questão, Maderna (2002), afirma que estradas mal planejadas funcionam com carreadores de sedimentos, tornando-se uma das principais responsáveis pelo assoreamento de mananciais, deslizamentos e queda de barreiras,

perda de área produtiva, interrupção de corredores naturais de dispersão e deslocamento de animais silvestres.

Antoneli (2007), chama a atenção para a produção de sedimentos das estradas em áreas rurais no domínio dos Faxinais, onde os animais promovem caminhos preferenciais sobre as pastagens naturais que se conectam com as estradas, promovendo assim uma concentração maior do fluxo nestes caminhos (canais efêmeros). Este fluxo ao se conectar com as estradas acaba promovendo um poder maior de desagregação e transporte das margens das mesmas (valetas).

A turbulência promovida pelas irregularidades, pelos escombros e pelos fragmentos de rochas depositados nas margens, promovem um solapamento que acaba contribuindo para a ocorrência do desmoronamento das partes mais altas da própria margem. Este desmoronamento em casos específicos acaba desviando o fluxo da água das margens das estradas para o leito da própria estrada. Neste caso haverá uma remoção de solos em lençol (lavagem), sendo removido o material mais fino, ficando exposto em sua maioria, materiais de granulometria superior a 6,3 mm.

As estradas rurais consideradas de maior importância para a própria comunidade rural local, recebem uma camada de cascalho (fragmentos de rochas sedimentares compostos por siltito e argilito). Essa camada de cascalho, diminui os problemas de atoleiros e viabiliza o tráfego durante o período de chuva. Mas, esta camada de material a longo do tempo (3 a 5 anos) acaba se desagregando. Com o tráfego constante de carros e principalmente carroças de tração animal, os sedimentos acabam se fragmentando, diminuindo assim sua granulometria, isso facilita o processo de transporte desses materiais até as áreas mais baixas da própria estrada, ou até mesmo atingindo os corpos hídricos.

Com relação à pressão exercida pelos veículos sob as estradas rurais (sem pavimentação), Soenne (1958), *apud* BACCHI, (1976), afirma que a distribuição de pressão no solo sob as rodas dos veículos dependerá do peso do veículo, o qual determinará o total da força exercida, do tamanho da área de contato entre a roda e o solo, que determinará a quantidade de pressão exercida, da distribuição da força da área de contato, do conteúdo, de umidade e da densidade do solo. No caso das estradas rurais da área de estudos, há uma intensificação no tráfego de carroças de tração animal. Neste caso, a compactação se dá não apenas pela pressão das rodas, mas sim pelo pisoteio dos animais que puxam estas carroças.

Na abertura das estradas, é necessário que o solo do leito das estradas fique compactado. A compactação do leito das estradas, potencializa o escoamento superficial.

Drissi (1975) após estudo com estradas abandonadas utilizadas para exploração florestal em *North Caroline Piedmont*, concluiu que seriam necessários 18 anos para os 5 cm superiores do solo da estrada voltassem às condições normais, e que entre 50 a 60 anos seriam necessários para que a camada de 10 a 15 cm adquirisse as condições anteriores a aberturas das mesmas.

Grace III *et al.*, 1998), em suas pesquisas sobre a produção de sedimentos em estradas florestais, conclui que mais de 90% do sedimento produzido sob área florestada provêm das estradas, sendo este, devido principalmente à drenagem inadequada.

Griebeler *et al.* (2005), relatam que a erosão provocada pela água no leito e nas margens das estradas é um dos principais fatores para sua degradação, sendo responsável por mais da metade das perdas de solo no Estado de São Paulo. Afirmam ainda, que a maior porção do sedimento produzido na superfície da estrada é de tamanho inferior a 2 mm, sendo o mais prejudicial aos recursos hídricos, apresentando o agravante de que o material erodido das estradas move-se, comumente, diretamente dos canais de drenagem aos cursos d'água.

As maiores perdas de solo em estradas vicinais ocorrem durante e logo após a construção dessas, devido à sua instabilidade e aos distúrbios causados pela passagem de tráfego pesado (Christopher (2002) *apud* CORRÊA, (2005). Corroborando com essa questão, Griebeler *et al.* (2005), afirma que o leito das estradas deve apresentar características adequadas para suportar a carga a que será submetido sem que ocorra deformação capaz de modificar a conformação original do projeto. Deve também ser adequadamente drenada, para que a umidade não altere suas características de resistência e a erosão não comprometa sua utilização. A drenagem da estrada é realizada por meio do seu abaulamento e da condução apropriada das águas retiradas do leito e daquelas advindas de áreas externas a esta, a qual normalmente é feita por meio de canais de drenagem.

Macdonald *et al.* 2001 constataram que as estradas sem pavimentação geraram escoamentos em precipitações acima de 6 mm e a produção de sedimentos variou de 10 a 15 kg/m<sup>2</sup>/ano. Luce e Black, (sd) citado por GARCIA *et al.* (2003), afirmam que estradas com inclinação e comprimento moderados, construídas nos solos de

granulometria fina, produziram nove vezes mais sedimentos que aquelas construídas nos solos de granulometria grossa.

Portanto, as estradas necessitam de uma avaliação minuciosa por serem responsáveis por boa parte dos sedimentos que atingem os corpos hídricos. Uma outra questão que deve ser levada em consideração, é a utilização de máquinas (motoniveladoras) para readequação dessas estradas. Neste processo de readequação, é realizada uma “raspagem” (nivelamento), da superfície da estrada para eliminação das saliências (buracos, canais escoadouros atoleiros deixados pelos carros nos períodos de chuva). Este material removido é empurrado para as margens das estradas, quando ocorre um evento chuvoso, este material é transportado para os corpos hídricos, causando problemas de assoreamento dos mesmos.

Outra fonte produtora de sedimentos são as áreas de pastagens onde o pisoteio recorrente dos animais, compacta faixas do terreno, reduz a permeabilidade do solo e favorece o desenvolvimento de escoamento superficial hortoniano (DUNNE 1978; FERNANDES 1990; THOMAZ 2006).

Para avaliar as perdas de solo sob o domínio das pastagens, é necessário levar em consideração alguns fatores, como a quantidade de animais que estão sobre esta área, a declividade do terreno, o tipo de solo, o tipo de pasto (plantado ou natural), utilização de queimadas para a brota dos pastos.

Pesquisas desenvolvidas por Holt *et al.* (1996); Muller *et al.* (2001), condicionam o agravamento das condições físicas de solos sob pastagem ao constante pisoteio dos animais, promovendo a compactação do solo, que é verificada através do aumento da densidade, da microporosidade e da resistência do solo à penetração. Estes processos atuam na redução da infiltração da água no solo, que culminam com maior percentual de escoamento superficial.

Inacio *et al.* (2007), ao avaliarem as perdas de solo por erosão hídrica sob chuva simulada em cobertura de pastagem comparando-as com solo descoberto em diferentes classes de declividade (< 9, 10 -15, 25 -30 e 35 - 40%) em um microbacia no sul da Bahia. Segundo os mesmos autores, nas áreas com declive entre 10-15% encontraram-se valores de 6,5 (t/ha<sup>-1</sup>) no tratamento sem cobertura, enquanto para a condição com cobertura as perdas foram de 0,58 (t/ha<sup>-1</sup>) ou seja, 11 vezes menores. Enquanto isso, nos maiores declives, 25-30 e 35-40%, as perdas foram de 26,85 e 20,83 (t/ha<sup>-1</sup>) sem cobertura e 0,64 e 1,23 (t/ha<sup>-1</sup>) com cobertura respectivamente. Quando sob cobertura de gramínea, esses baixos valores de erosão podem, ser atribuídos principalmente à

intercepção das gotas de chuva e a barreira física promovida pelas gramíneas da pastagem.

O manejo inadequado das pastagens acaba contribuindo para uma degradação maior sob este tipo de usos do solo, o qual reflete em problemas de ordem ambiental (erosão do solo) e de ordem social (diminuição da produtividade). Um exemplo de manejo inadequado das pastagens, é a utilização das queimadas para brota do pasto. Muller *et al.* (2001), afirmam que embora as queimadas para a limpeza do terreno tenham sido alvo de muitos estudos, a maioria das pesquisas têm tratado de efeitos sobre o ambiente externo ao solo, ignorando os efeitos a longo prazo de queimas periódicas sobre as propriedades físicas e químicas do solo.

A influência das queimas nas condições físicas do solo sob pastagens foram estudadas por Schacht *et al.* (1996), onde avaliaram dois talhões de pastagens com períodos de queimadas diferenciados (queima anual e queima a cada quatro anos). Ao término da pesquisa, concluíram que a queima anual da pastagem resultou na diminuição da taxa de infiltração de água, e que a densidade do solo foi maior nos tratamentos com queima anual do que com queima a cada quatro anos.

Bertol *et al.* (2008), conclui que a queima de resíduos vegetais expõe a superfície do solo ao efeito de impacto das gotas de chuva e diminui o teor de matéria orgânica do solo e, com isso, facilita a degradação da estrutura na superfície; assim, mesmo que o solo não tenha sido mobilizado mecanicamente, no caso de se efetuar a queima dos resíduos culturais, a estrutura na sua superfície poderá sofrer colapso o que, por sua vez, pode reduzir o número de poros de maior tamanho, diminuir a infiltração de água no solo e aumentar o escoamento superficial.

Portanto as pastagens se tornam importantes áreas fontes de sedimentos, por produzirem um rearranjo nas condições físicas do solo, devido o seu manejo. Na Região Centro-Sul do Estado do Paraná, essas condições acabam por tomar dimensões maiores, principalmente por esta atividade ser realizada em áreas com declives acentuados (>45%), o que propicia um aumento nos fluxo superficial e, por conseguinte uma maior liberação de material para o transporte.

Um outro uso do solo na área de estudo que deve ser levado em consideração, quando avaliada as áreas fontes de sedimentos, são as áreas utilizadas para o cultivo da erva-mate. Thomaz e Antoneli (2008), concluíram que as áreas onde existem cultivos de erva mate são importantes fontes de sedimentos. Principalmente, porque a vegetação nas entrelinhas da plantação é removida através da capinada constantemente, além de

que, muitos agricultores acabam formando “murundus” (amontoando de terra ao redor das árvores para proteção das raízes) para que as raízes das plantas não fiquem expostas.

As folhas da erva mate, devido ao seu formato, acabam se tornando coletoras da água da chuva, concentrando o atravessamento próximo ao tronco, isso faz com que ocorra uma concentração de gotas de água no mesmo local aumentado, assim há erosão por salpico. A remoção da vegetação nas entrelinhas dos ervais é justificada por Schreiner e Baggio (1986), pois a manutenção de cobertura verde nas entrelinhas de cultivos perenes, pode ser prejudicial pela sua ação competitiva por água, nos períodos de seca prolongada, mas a prática das limpezas rotineiras acabam contribuindo para a diminuição do rendimento dos ervais através do empobrecimento do solo.

Philipovsky *et al.* (2003), em pesquisas realizadas no município de Ivaí, PR, avaliaram as perdas de solo em função dos diferentes manejos dados às entrelinhas da erva-mate. Para determinar as perdas de solo, foram selecionados os seguintes manejos das entrelinhas dos ervais: a) capina manual durante o ano todo; b) sem capina manual no verão; c) controle das ervas daninhas por herbicidas; d) pousio vegetado no inverno e feijão de porco no verão. Segundo os mesmos autores, as maiores perdas de solo ocorreram na parcela mantida sem vegetação o ano todo, através de capinas manuais mensais. Mantendo-se a vegetação espontânea na superfície do solo nos meses de verão, obteve-se uma redução de 54% nas perdas de solo, quando comparado ao tratamento com capina o ano todo.

Evidencia-se, portanto, a importância da manutenção da vegetação espontânea na superfície do solo com os tratamentos cobertura verde e herbicida, que reduziram as perdas em 84% e 97 %, respectivamente. O tratamento com herbicida apresentou uma redução na eficiência, porque a sua aplicação de no mínimo duas vezes por ano, reduz muito a vegetação espontânea ao longo dos anos, além da camada morta ocasionar uma cobertura para o solo.

Desta forma, os autores concluem que a redução das capinas no período de verão, onde há maior incidência de chuvas, reduzindo a competição por água da vegetação espontânea com a erva mate e, aumentando o risco de erosão hídrica em solo mantido limpo, permitiu diminuir as perdas de solo em mais de 50 %. Além de ser observado por Pelissari *et al.* (2000), um decréscimo na produtividade após o quinto ano de colheita de erva mate produzida nas parcelas mantidas limpas (sem erva daninha) em comparação com as parcelas sem capina.



Em relação às áreas florestadas, elas também potencializam a produção de sedimento em uma bacia hidrográfica. Para avaliação deste tipo de uso do solo, é necessário levar em consideração algumas particularidades das áreas com vegetação em uma determinada bacia.

Na área de estudo, o uso do solo sob o domínio da vegetação, apresenta algumas particularidades que devem ser levadas em consideração ao avaliar os percentuais de produção de sedimentos. Englobamos aqui, como áreas florestais no âmbito da bacia, aqueles usos como a Mata de Araucária, Faxinal, Mata Secundária e Reflorestamento de Eucalipto. Cada um desses tipos de uso do solo, apesar de estarem sob influência da vegetação, o que reduz os processos de perdas de solo, proporcionam percentuais de remoção de solos diferenciados. Neste caso, deve-se levar em consideração, não apenas os fatores como intensidade da precipitação, cobertura vegetal, atravessamento, serrapilheira e propriedades do solo, mas sim, como é a dinâmica do uso e ocupação dessas áreas.

Por se tratar de pequenas propriedades, as áreas florestadas (Mata de Araucária, Faxinal, mata secundária e reflorestamento de eucalipto), são utilizadas como locais de criadouros de animais de forma extensiva, denominados de piquetes<sup>5</sup>.

As áreas de faxinais<sup>6</sup> (no sentido restrito da palavra), por apresentarem em sua maioria apenas o dossel, sem sub bosque, devido ao impacto dos animais sobre estes locais, acaba por produzir uma produção maior de sedimentos, principalmente pelo impacto das gotas da água que se formam no atravessamento, que em alguns casos atingem o solo a uma altura de aproximadamente 8 metros, adquirindo assim, a velocidade final de uma gota da chuva em queda livre.

Já, áreas sob domínio da Mata de Araucária, tendem a produzir menores perdas de água e solo. Isso porque a vegetação absorve o impacto da energia cinética das gotas de chuva, além de reter parte da água devido ao formato de seu dossel. A parte que atravessa, atinge o solo de forma lenta, onde há uma camada de serrapilheira em relação as outras áreas vegetadas. Mas quando este tipo de uso sofre influência dos animais, os

---

<sup>5</sup> Piquetes - Áreas cobertas por vegetação e pastagens naturais que geralmente não excede 2 ha e que servem como local de criação de animais de forma extensiva, como bovinos para o consumo (leite e carne) e eqüinos para o trabalho. São locais cercados individualmente, (cada proprietário cerca sua área). Dificilmente excede o número de 4 animais por hectare.

<sup>6</sup> Faxinais - Este termo utilizado aqui, não faz menção ao criadouro comum e nem ao uso comum das pastagens, e sim as características da vegetação.

percentuais de produção de sedimentos se alteram, principalmente nos períodos de produção das sementes da araucária (pinhão), que ocorre nos meses de inverno.

Chen *apud* FRANCO *et al.* (2002), constatou maior eficiência na redução das taxas de perda de solo em sistemas de cobertura vegetal do solo com mais de um estrato de cobertura vegetal para florestas tropicais úmidas. Para a mensuração dos percentuais da disponibilidade de material para o transporte sob o reflorestamento de eucalipto é preciso investigar como este uso do solo está sendo manuseado, e em quais condições (tipo de plantio características do relevo) este plantio está sendo desenvolvido.

Pires *et al.* (2006) ao avaliar as perdas de solo e água por erosão hídrica, em parcelas-padrão sob chuva natural, no período pós-plantio, em diferentes sistemas de manejo de reflorestamento de eucalipto, concluíram que o eucalipto plantado em nível (curva de nível) apresentou valores relativamente próximos de perda de solo em relação à mata nativa, indicando assim, a maior sustentabilidade desse sistema.

Segundo os mesmos autores, os resultados obtidos para as perdas de água sob os sistemas florestais com eucalipto obedecem à sequência: eucalipto plantado na direção do declive < eucalipto plantado em nível < eucalipto plantado na direção do declive com queima dos restos culturais. Esses resultados, evidenciam a maior eficiência na redução das perdas de água por enxurrada nos manejos, eucalipto plantado na direção do declive e eucalipto plantado em nível, porém, deve-se ressaltar que esse tipo de estudo exige tempo maior para sua validação.

Pires (2006), em suas pesquisas conclui que uma perda de 7,17 t ha<sup>-1</sup>/ano, sob o reflorestamento de eucalipto é aceitável. Mas em casos específicos, as perdas de solo excedem a essa margem. Locais onde o reflorestamento de eucalipto se resume a pequenas parcelas das propriedades, e geralmente associados às áreas de criadouros chamados de poteiros ou piquetes de animais como é o caso da área de estudo, proporciona maior liberação de material para o transporte.

Portanto, para identificar as áreas fontes de sedimentos de uma determinada bacia é preciso avaliar a dinâmica do uso do solo e as áreas representativas. Não se pode apenas comparar com trabalhos realizados em outras áreas, com realidades e características distintas, é preciso mensurar a produção de sedimentos e correlacionar com essa dinâmica no uso e ocupação. O mosaico que se forma através do uso do solo não é estático, ele está em constante modificação e, nessa constante modificação, os principais tipos de uso do solo contribuem de forma diferente (maior ou menor intensidade) de sedimentos para o transporte.

## CAPÍTULO II

### 2- CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A bacia hidrográfica selecionada como objeto de estudo, apresenta algumas características particulares, devido ao predomínio da agricultura familiar e, intensificação do uso do solo com o cultivo do tabaco (*Nicotina Tabacum*). A Bacia do Arroio Boa Vista está localizada no Município de Guamiranga, na região Centro Sul do Paraná. A bacia possui uma área total de 6,056 km<sup>2</sup> e um perímetro de 12,52 km. Seus limites estão entre as latitude 25° 09'21" S e 25° 07'45" S e entre as longitude 50° 54' 44" w, e 50° 52' 25" w.

O rio principal apresenta altitude de 700 metros em sua foz, enquanto sua nascente apresenta altitude de 905 metros. A altitude máxima da bacia é de 951 metros.

A bacia do Arroio Boa Vista apresenta uma hierarquia fluvial de 3<sup>a</sup>. ordem, segundo classificação de Strahler. O Arroio Boa Vista é um afluente de 3<sup>a</sup>. ordem da margem direita do Rio dos Patos (Bacia do Rio Ivaí), sendo seus tributários pequenos córregos de primeira (cabeceira de drenagem) e segunda ordem.

O canal principal (3<sup>a</sup>. ordem), apresenta uma extensão de 5,298 Km, que representa 47,70% do total da extensão dos canais. Os canais de primeira ordem apresentam uma extensão de 5,250 km, representando 47,28% do total dos canais. Este percentual de canais de primeira ordem implica no maior contato dos sedimentos oriundos das vertentes com os corpos hídricos.

A densidade de drenagem do canal principal é de 0,87 km/km<sup>2</sup>. A baixa densidade de drenagem da bacia 1,83 km/km<sup>2</sup>, nos permite concluir ser um dos principais fatores que influenciam o uso e ocupação do solo. (Figura 1)

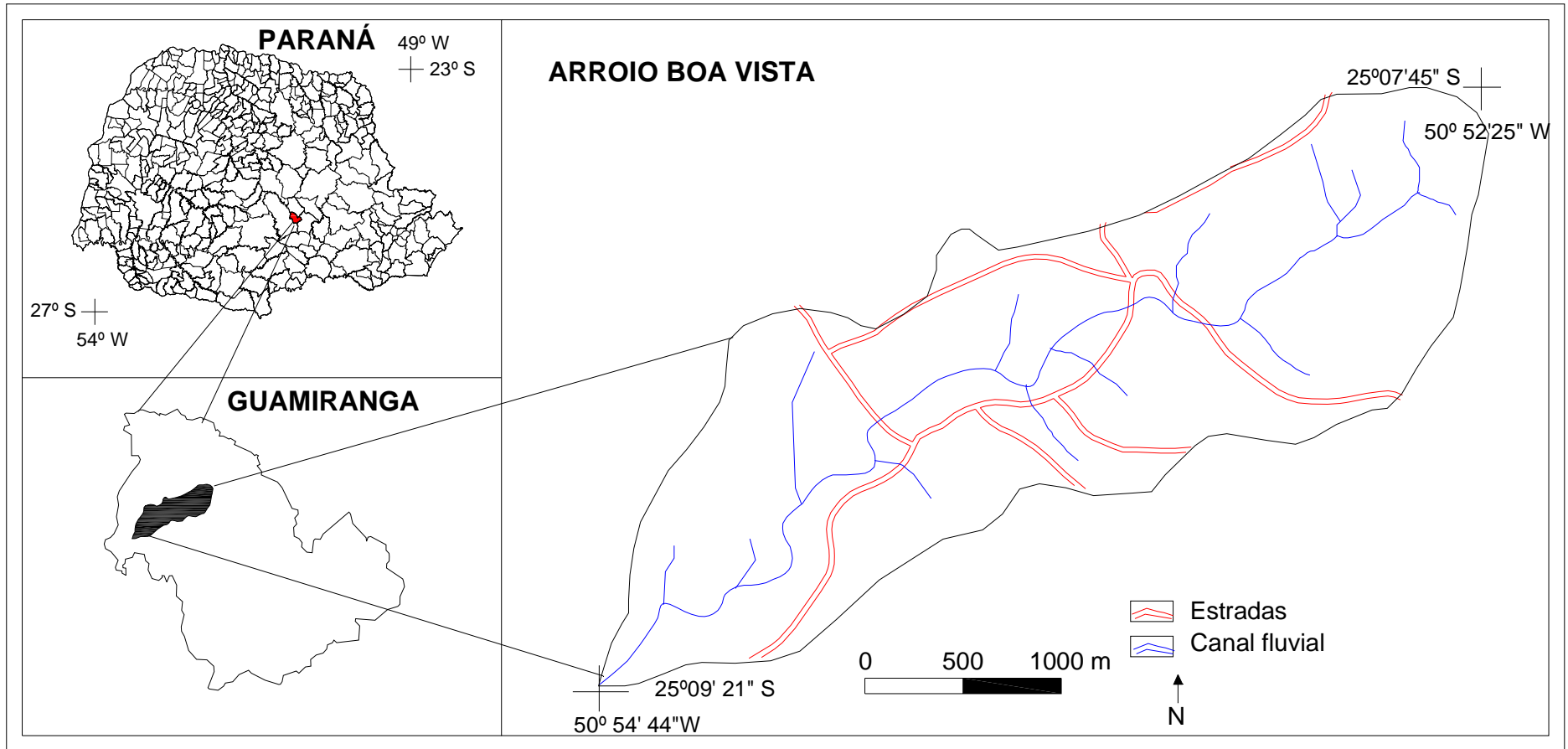


Figura 1- Localização da Bacia do Arroio Boa Vista.

Org. Antoneli, V. (2004).

A cobertura florestal é representada pela vegetação de Floresta Ombrófila Mista (Mata de Araucária), associada a mata secundária, e fragmentos do antigo sistema de Faxinal com matas esparsas (capões) associados as áreas de pastagens.

O regime climático em que a bacia está inserida é caracterizado segundo classificação de Köppen como Cfb, Subtropical úmido, com temperaturas médias anuais entre 17° e 19°C (MAACK, 1968). Nery, *et al* (2000) afirma que região Centro-sul do Paraná sofre influência das correntes perturbadas do sul com massas de ar polares, frias e secas em descontinuidade frontal, correntes marítimas de leste, tépidas e úmidas e correntes de oeste, quentes e úmidas oriundas da depressão do Chaco.

No inverno há um predomínio das massas polares com baixas temperaturas e baixa umidade, vindas do sul do continente ou massas polares vindas do sudoeste, após atravessar a Cordilheira dos Andes.

No verão há um predomínio das massas tropicais marítimas, formando as correntes de norte e nordeste, com sucessivos avanços e recuos, acompanhadas de instabilidade, originando chuvas torrenciais, periodicamente.

Em relação a pluviosidade, existe certa regularidade nas distribuições das chuvas, sendo que no período de 1988 a 2009 a precipitação média anual da região foi de 2023 mm. Entretanto, alguns anos apresentaram uma variação em relação à média mais acentuada, com índices mais elevados, como por exemplo, o ano de 1998, em que o total da pluviosidade foi de 2750 mm e outros com índices inferiores em relação à média, a exemplo do ano de 1994, em que a pluviosidade foi de apenas 1250 mm.

Por ser uma pequena bacia hidrográfica e não dispor de dados históricos de pluviosidade, utilizou-se dos dados da estação mais próxima (15 km de distância), da área de estudo (dados secundários). Os quais foram fornecidos pela Cooperativa Agrícola Mista de Prudentópolis (CAMP).

Foi construído um gráfico da pluviosidade histórica do período de 1988 à 2009. (Figura 2)

Na análise do gráfico de pluviosidade histórica, verificou-se que existe uma certa regularidade na distribuição dos índices pluviométricos anuais ao longo do período, sendo que a média anual histórica foi de 2023 mm. Alguns anos apresentaram uma disparidade

mais acentuada, com índices mais elevados e outros com índices mais baixos em relação à média, isso se deve a influência de fenômenos como El Niño, e La Niña.

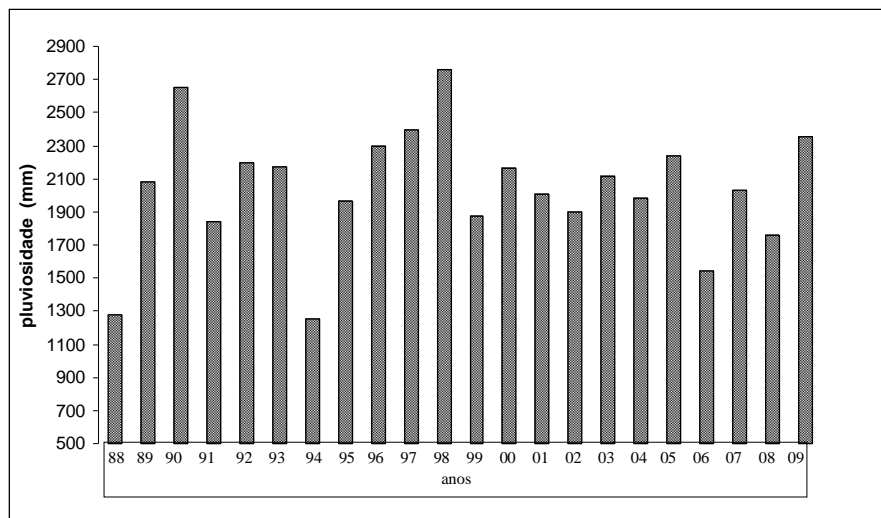


Figura 2 - Distribuição pluviométrica anual da região no período de 1988 a 2009.  
Org. Antoneli, V. (2010).

Os dados históricos foram agrupados sazonalmente, e verifica-se que há uma certa homogeneidade nos índices pluviométricos. O inverno se caracteriza como período de menor pluviosidade (20%) e o verão com maior pluviosidade (30%). A menor distribuição do inverno está associado a alguns anos específicos em que ocorrem estiagens na bacia, mas que não se caracteriza como período de seca. (Figura 3).

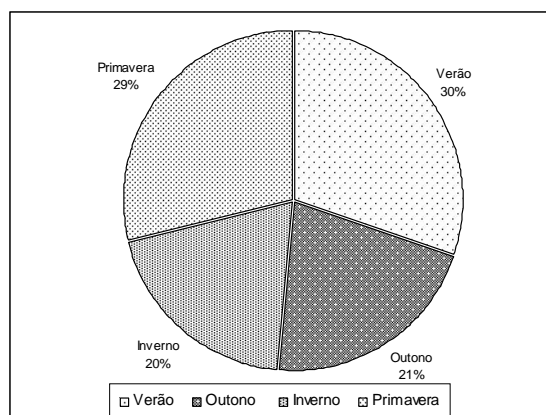


Figura 3 - Distribuição sazonal da pluviosidade histórica.  
Org. Antoneli, V. (2010).

A pluviosidade do verão é de apenas 1% superior ao período da primavera. Quando comparados os dados pluviométricos entre os meses de verão e inverno, nota-se uma certa

discrepância, pois no período de verão a precipitação é 33,3% maior que no período de inverno.

Nota-se que há uma distribuição da precipitação com dois períodos distintos, onde o outono e o inverno (períodos de menor pluviosidade), apresentam índices próximos de pluviosidade. Já na primavera e no verão, há uma variação muito pequena.

Os dados de precipitação mensurados na bacia, referem-se apenas aos anos de 2008 e 2009, os quais foram confrontados com a média histórica mensal da região (Figura 4).

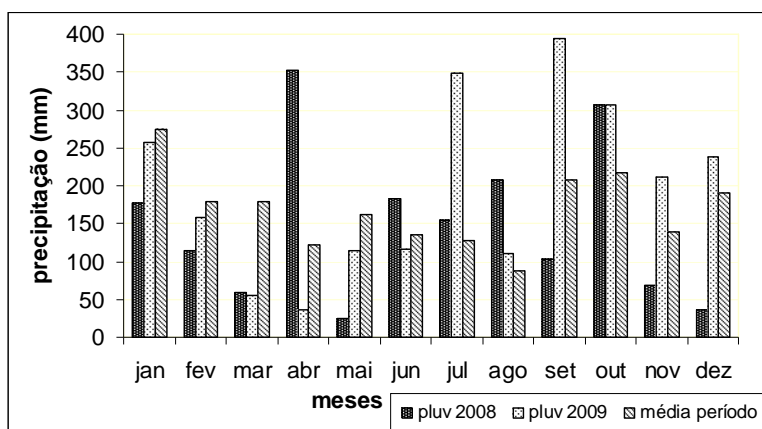


Figura 4 - Média da pluviosidade mensal histórica da região correlacionada com a pluviosidade do ano de 2008 e 2009 da área de estudo.

Org. Antoneli, V. (2010).

**Nota-** a média do período refere-se a média histórica da região no período de 1988 a 2009.

Na análise da precipitação mensal histórica do período de 1988 a 2009. O mês de janeiro apresenta o maior índice pluviométrico em relação aos demais, com uma média de 263 mm, ou seja, 13% de total. Já o mês de agosto foi considerado o mês com menor índice, apresentando uma pluviosidade média de apenas 102 mm, sendo responsável apenas por 5% do total da precipitação média anual.

Quando correlacionados os dados de pluviosidade mensal histórica com aqueles apresentados no período de monitoramento, nota-se que alguns meses se portaram de maneira distinta, como é o caso do mês de abril com uma média histórica em torno de 130 mm. Já no ano de 2008, a pluviosidade do referido mês foi em torno de 350 mm e, no ano de 2009, foi de 36 mm. O mês de setembro também apresentou certa discrepância na pluviosidade entre os anos de 2008 e 2009, neste caso houve uma inversão de pluviosidade em relação ao mês de abril, ou seja, o ano de 2009 apresentou maior pluviosidade. Alguns

meses apresentaram pluviosidade inferior a média histórica, como é o caso dos meses de janeiro, fevereiro, março e maio.

No contexto regional, a área de estudo está inserida na borda oeste do Segundo Planalto Paranaense na área de transição, entre os depósitos sedimentares com a Formação Serra Geral. Vale ressaltar, que no Segundo Planalto Paranaense, predominam os processos de evolução das vertentes, devido principalmente, a movimentos de massa e queda de blocos nos Planaltos Residuais da Formação Serra Geral, associados a relevos de moderada/alta declividade e erosão laminar e linear associados a relevo de moderada declividade. (SANTOS *et.al* 2007).

Segundo o mapa Geomorfológico do Paraná, a área de estudo está inserida na transição da sub-unidade do Planalto de Prudentópolis, com a sub-unidade morfoescultural denominada Planaltos Residuais da Formação Teresina (MINEROPAR 2009).

A sub-unidade do Planalto de Prudentópolis apresenta dissecação baixa e ocupa uma área de 1.391,83 km<sup>2</sup>. A classe de declividade predominante é menor que 6% em uma área de 856,37 km<sup>2</sup>. Em relação ao relevo, apresenta um gradiente de 460 metros com altitudes variando entre 580 (mínima) e 1.040 (máxima). As formas de relevo predominantes são topos aplainados, vertentes convexas e vales em “V”, modeladas em rochas da Formação Teresina.

De acordo com a MINEROPAR (2009), a Formação Teresina é constituída por uma alternância de argilitos e folhelhos com siltitos e arenitos muito finos cinza claros e na porção superior existem calcários e coquinas. Apresenta marcas onduladas, fendas de ressecamento, diques de arenito e microlaminação cruzada. Esta formação foi depositada num ambiente transicional de marinho relativamente profundo a marinho dominado por mares rasos.

A Formação Serra Alta compreende uma sequência de folhelhos e siltitos cinza-escuros a pretos, tendo como principal estrutura a fratura conchoidal. Quando intemperizados mostram cores cinza-claro a cinza-esverdeado, e amareladas. Já a soleira de diabásio é caracterizada como um corpo intrusivo de rocha magmática de formato tabular concordante (paralelo) com a estrutura da rocha encaixante. A soleira é originada graças ao magma que ascende de grandes profundidades através de diques. (Figura 5).



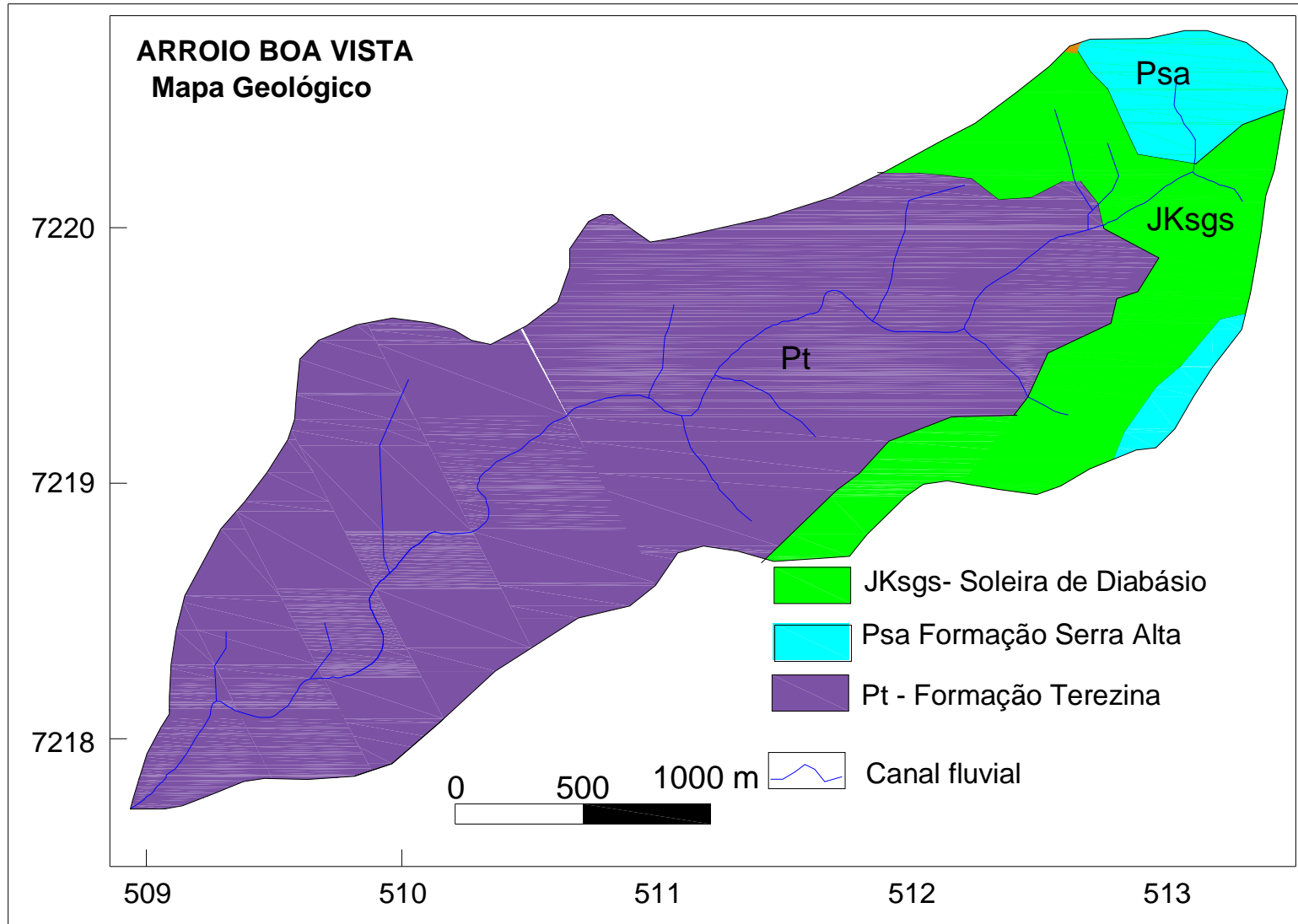


Figura 5- Mapa geológico da bacia do Arroio Boa Vista. Fonte: Antoneli, V. (2010),

Douhi (2004), destaca ainda que em áreas de topo é possível encontrar camadas residuais de diabásio, oriundos de “diques e sills” Juro-Cretácio da Formação Serra Geral. Estas características, associadas ao clima, permitem o aparecimento de vertentes convexas/côncavas. Esses sills de diabásio (soleira de diabásio), constituem as estruturas, por sustentarem o relevo de serras, condicionando o padrão fluvial e a evolução dos vales, e controlando a intensidade da dissecação das superfícies. A variação na composição geológica da área de estudo apresenta variações nos tipos de rochas (sedimentar e magmáticas) implica em diferentes tipos de solo (Neossolos Cambissolos e Nitossolos e solos Gleys). A variação no tipo de solo propicia diferentes taxas de liberação de sedimentos, quando influenciados pelo mesmo tipo de uso e ocupação.

Os solos da área de estudos, segundo EMBRAPA (1999), há uma predominância de Nitossolo e Latossolo, sendo solos originados de rocha basáltica e ultrabásicas ricas em minerais ferromagnesianos, com influência de arenitos e argilitos que aparecem em superfícies aplainadas dos divisores de água, com declividade entre 3% e 8%. Na sua maioria, são eutróficos com ocorrência menos frequentes de distróficos e raramente álicos.

Associados aos Nitossolos de textura argilosa existem os Argissolos que aparecem em relevos suaves ondulados, principalmente sobre o curso médio da bacia, onde se encontram vertentes mais longas com declividades inferiores a 10% e, em menor frequência, em locais mais declivosos, principalmente, sobre o curso superior da bacia. Em áreas com declividade >30% predominam os Neossolos que estão distribuídos em áreas de relevo ondulados a forte ondulado. São constituídos por material mineral ou material orgânico pouco espesso e com pequena expressão dos processos pedogenéticos.

Uma das principais características dos Neossolos é possuir minerais primários e altos teores de silte até mesmo nos horizontes superficiais. O alto teor de silte e a pouca profundidade fazem com que estes solos tenham permeabilidade muito baixa.

A bacia apresenta compartimentos distintos em relação declividade. No curso superior há um predomínio das classes de declividade > 13%, no curso médio da bacia há um predomínio de áreas de baixa declividade (inferior a 8%). Já no curso inferior há um vale encaixado, propiciando o surgimento de áreas de maior declividade (>20%). Os dados de declividade foram agrupados em uma tabela, contendo a área das referidas classes (Tabela 1).

Tabela 1- Total da declividade da Bacia e o percentual de cada classe

Declividade (%)	Total por Classe (km <sup>2</sup> )	Classe em (%)
0 - 3%	0,69	10,5
3 - 8%	1,41	21,5
8 - 13%	1,74	26,5
13 - 20%	1,26	19,1
20 - 45%	1,15	17,5
> 45%	0,34	4,9
Total	6,56	100

Org. Antoneli, V. (2010).

Para avaliação do uso do solo da bacia, foi preciso elaborar um mapa de declividade da área de estudo, para evidenciar certas áreas onde a agricultura vem sendo desenvolvida mesmo sendo áreas impróprias para tal prática. (Figura 6).

Apesar da bacia apresentar uma declividade maior tanto na curso inferior quanto no curso superior e uma declividade baixa no curso médio, nota-se que os percentuais das classes estão bem distribuídos. Cerca de 48% da declividade da bacia está inserida nas classes entre 3% a 13%, apenas 10,5% do total da área apresenta declividade de 0 a 3 %, sendo esta, situada quase em sua totalidade no curso médio, fazendo surgir pequenas planícies de inundação em alguns lugares.

O relevo acidentado, potencializa o surgimento das pequenas propriedades, pois a declividade da área não permite a utilização de implementos agrícolas, como tratores e colheitadeiras, sendo este um empecilho para a expansão do latifúndio e mecanização da agricultura.

Nota-se que as vertentes no curso médio da bacia, se caracterizam com rampas alongadas implicando em declividade menor. Já no curso inferior, há um predomínio de rampas mais curtas com declividades maiores. A característica deste setor da bacia, implica em restrições no uso e ocupação, por apresentar áreas impróprias para a mecanização.

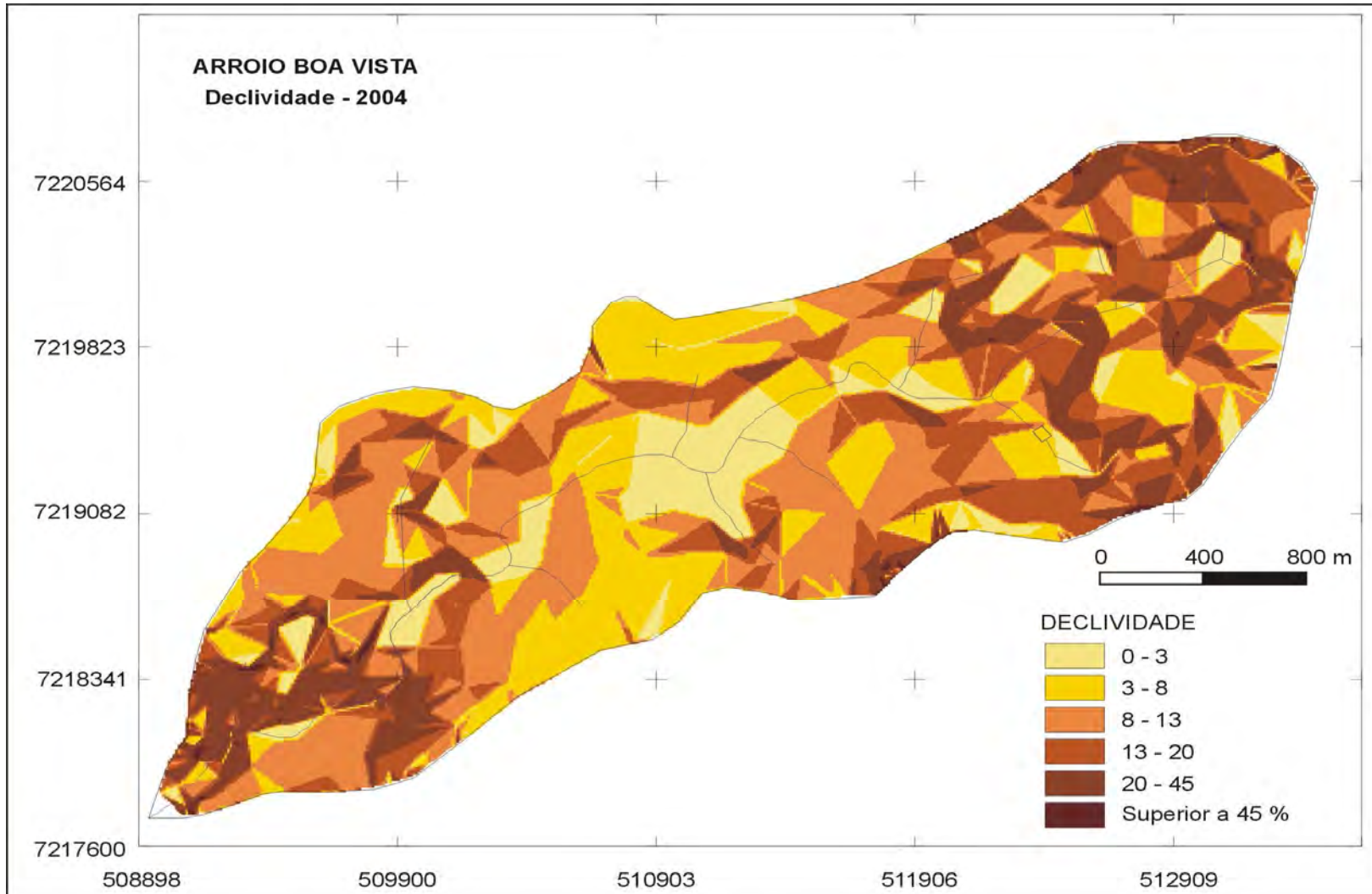


Figura 6- Declividade da área de estudos. Org. Antoneli, V. (2004).

A bacia apresenta um percentual mais elevado, acima de 20%, de declividade à SW, próximo a foz, onde há um vale encaixado, e nas partes próximas a nascente à NE, onde se encontra a parte mais elevada da bacia. Neste local, mesmo com índices elevados de declividade (>20%), são áreas destinadas à agricultura, implicando em uma maior disponibilidade de material a ser transportado.

Na sequência foi apresentado um mapa morfopedológico que é o produto da sobreposição do mapa de declividade com os tipos de solo e as formas de vertentes (Figura 7).

No curso superior da bacia há um predomínio de soleira de daibasio da Formação Serra Geral, o que implica no surgimento de topos aplainados com solos mais espessos (Latosolo), propício para a atividade agrícola. No curso médio, há uma associação de Latossolo e Cambissolo com declividades mais acentuadas, entremeados a esses tipos de solos, surgem os Argissolos . Nos fundos de vale, surgem os terraços e as planícies fluviais com aparecimento dos solos Gleys, ja no curso inferior há um predomínio de Neossolos litólicos. Boa parte dos Neossolos e dos caobissolos são decorrentes do material de origem, que é representado pela Formação Terezina.

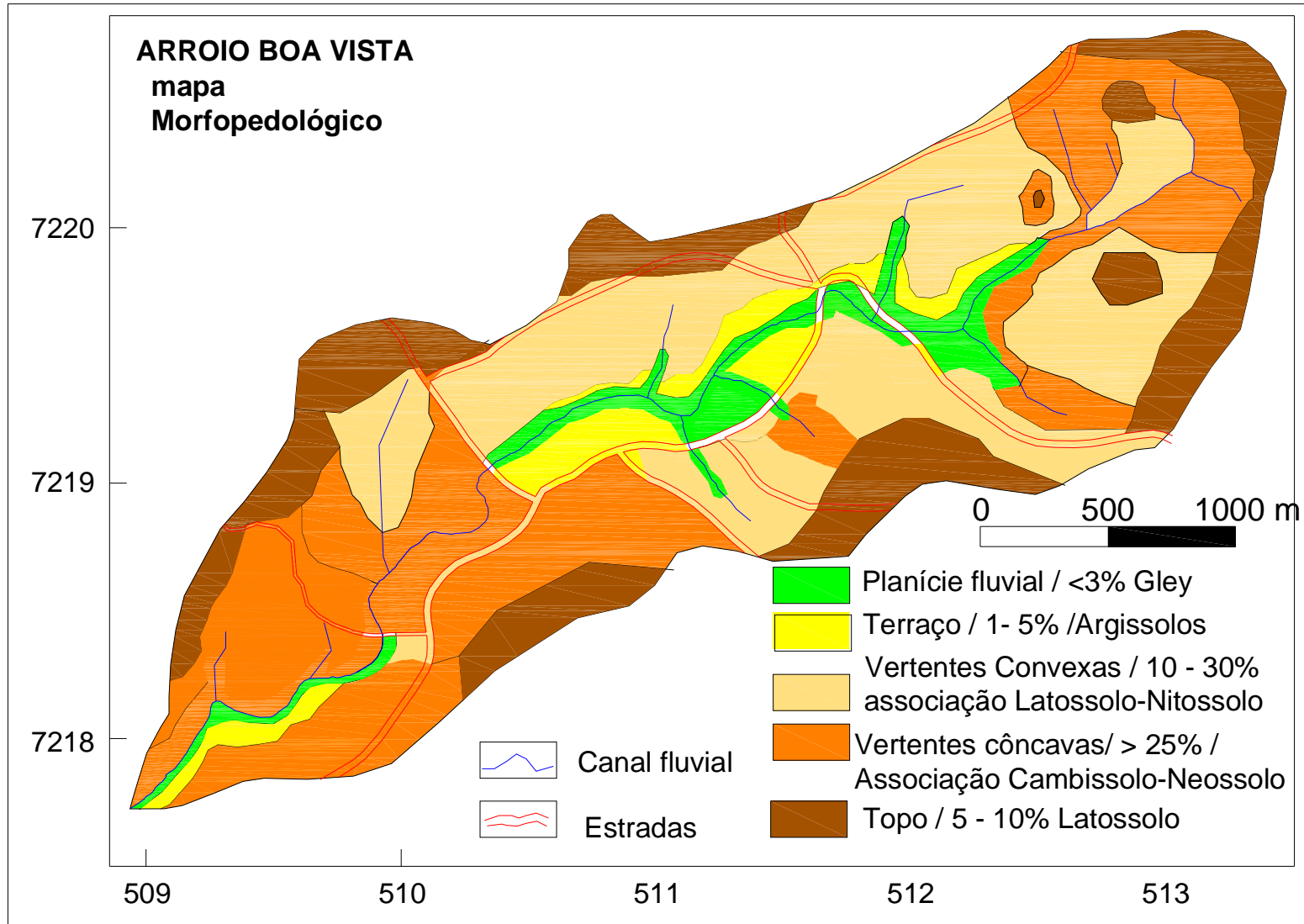


Figura 7 – Esboço das características morfopedológico da bacia. Org. Antoneli, V. (2010).

A agricultura praticada no âmbito da bacia, segundo a classificação do IAPAR (1995), se insere no conglomerado denominado C13, que define a região com alta participação de culturas temporárias, principalmente fumo, milho e feijão; sendo utilizada a força do trabalho familiar e de tração animal. É composta, ainda, de pastagens, mata natural de reflorestamento e áreas em pousio associadas à baixíssima utilização de insumos agroindustriais e motomecanização. Acrescenta-se, ainda, o emprego de práticas agrícolas com baixa tecnologia e com utilização de implementos e ferramentas rudimentares, principalmente por se tratar de uma área onde há um predomínio de pequenas propriedades, onde 85% da área agrícola é destinado a atividade fumageira (cultivo do tabaco) ANTONELI e THOMAZ (2007).

Por ser uma área com predomínio de pequenas propriedades, e apresentar características físicas distintas (solos rasos com declive acentuados), o uso do solo na bacia acaba se tornando diversificado. Sendo este, constituído por 7 (sete) classes: Faxinal, Mata de Araucária, Mata Secundária, Reflorestamento de Eucalipto, Cultivo de Erva Mate, Pastagem e Agricultura. Cada classe dessas, propicia atividades que auxiliam na complementação da renda familiar dos agricultores, que tem na fumicultura sua atividade principal.

## CAPÍTULO III

### 3- METODOLOGIA

A atividade científica de pesquisa pressupõe a necessidade da existência de um conhecimento organizado. Nesta organização, é necessária a utilização de diferentes elementos e etapas para facilitar a execução da pesquisa. Inicia-se com a identificação do problema a ser pesquisado e na formulação da hipótese, atreladas a uma lacuna (questão) que surgiu diante de pesquisas já realizadas, perpassando pelos objetivos e metas a serem alcançados.

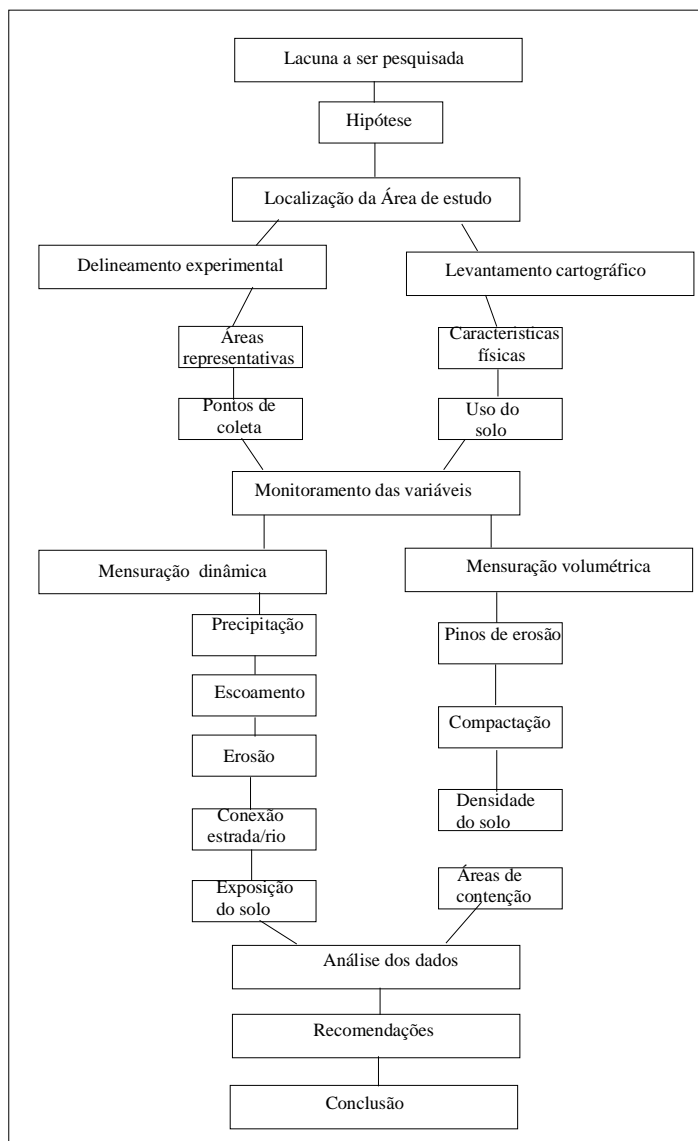
Relacionam-se métodos e técnicas para que os objetivos propostos sejam alcançados. Pode utilizar-se de técnicas já desenvolvidos (testadas) por outros pesquisadores, como pode-se também adaptá-los às condições do ambiente em que a pesquisa se enquadra. Podem-se também desenvolver métodos e técnicas que darão suporte para o monitoramento sistemático.

Para o desenvolvimento desta pesquisa, utilizou-se do método que pressupõe existir verdades gerais, já afirmadas (dedutivo) e que sirvam de base (premissas) para se chegar através dele a novos conhecimentos. Partindo de princípios conhecidos, e inquestionáveis (premissa maior), o pesquisador estabelece relações com uma proposição particular (premissa menor) para que a partir de raciocínio lógico, chegue-se à verdade daquilo que propõe (conclusão), ou seja, após a construção de um modelo que representa a realidade, o pesquisador estabelece a hipótese a respeito do fenômeno avaliado. Na sequência foi realizado um delineamento experimental no sentido de classificar, mensurar e definir padrões do fenômeno pesquisado por meio da coleta de dados.

Portanto, para as pesquisas relacionadas à análise de áreas fontes de sedimentos em uma bacia de drenagem devem-se, formular uma hipótese, espacializar (identificar) as categorias de uso do solo e sua representatividade no âmbito da bacia, aplicar uma gama de técnicas já utilizadas, adaptando-as, as condições locais e/ou desenvolver técnicas que dêem suporte para as mensurações das diversas variáveis monitoradas.

Adiante, foi apresentada uma sequência das diversas técnicas utilizadas na mensuração das áreas fontes de sedimentos, as quais podem ser representadas pelo fluxograma 1.





Fluxograma 1- Sequência de atividades/etapas desenvolvidas a longo da pesquisa. Org. Antoneli, V. (2010).

### 3.1-Levantamento cartográfico

Para a avaliação das áreas fonte de sedimentos, elaborou-se cartas/mapas temáticos da bacia Hidrográfica do Arroio Boa Vista (declividade e uso do solo), estas cartas objetivaram a identificação das variáveis que dão suporte para o uso e ocupação do solo. As cartas foram confeccionadas com base na Folha de Prudentópolis – SG. 22- J-I-I (MI-2839/1) escala de 1:50.000 editada no *Software Spring 3.6*<sup>®</sup>

A carta de declividade foi elaborada com base nas classes de declividade proposta por Larach *et al.* (1984), subdivididas em 05 classes, sendo: 0 a 3%; 3 a 8%; 8 a 20%; 20 a 45% e > 45%. Sendo editadas no *Software Spring 3.6*<sup>®</sup>.

O mapa Morfopedológico foi elaborado através da utilização da carta de declividade e do trabalho de campo para identificação (delimitação) dos tipos de solos, das formas das vertentes e declividade. Esta delimitação foi realizada através de caminhamentos pela bacia com um GPS para classificar as formas das vertentes e dos tipos de solos, pontuando-as, para que fosse possível identificar sua localização no mapa. Essas informações foram sobrepostas à carta de declividade a fim de correlacionar os tipos de solos com as formas das vertentes.

### **3.2 - Carta de uso do solo**

A partir da delimitação da bacia do Arroio Boa Vista, foram elaborados os mapas de uso do solo de 1981, 2003 e 2009. A escolha desses anos para identificação do uso do solo, não foi aleatoriamente, pois em cada um desses períodos ocorreram mudanças no uso e ocupação do solo.

O mapa de uso do solo de 1981, foi elaborado a partir de foto aérea 1:10.000 (IAPAR 1981), no qual foi identificado os diversos tipos de uso do solo nesse período na bacia. Neste período, a bacia estava sob o domínio do Sistema de Faxinal, sendo este o último ano de existência desta forma de uso e ocupação, no qual havia um arranjo diferenciado do uso e ocupação do solo, com ausência das propriedades privadas (uso comum das terras).

O mapa de uso do solo de 2003 foi extraído de Antoneli (2004), sendo construído através de atividades de campo, por não haver e/ou não se ter foto aérea deste ano. Vale ressaltar que encontrou-se certa dificuldade em adquirir imagens de satélite com boa resolução para a construção desses mapas. Neste período, intensificam-se os processos de reflorestamento (plantio de eucalipto), como forma de geração de energia para a cura (secagem) das folhas de tabaco. Ocorreu também nesta época uma intensificação das áreas agrícolas destinadas à fumicultura.

A carta de uso de solo de 2009 foi elaborada através de trabalhos de campo, pois não foi encontrada e/ou não existe foto aérea da bacia em estudo do ano de 2009, além do auxílio do programa *Google Earth 2007*, o qual foi possível identificar os tipos de uso do solo atual. Estes dados foram tabulados e processados no *Software Auto Cad 2005*<sup>®</sup>.

Para a elaboração desse mapa (2009), procedeu-se da seguinte maneira: o mapa de uso do solo de 2003 serviu de base para identificar os diferentes tipos de uso, o qual foi

elaborado com auxílio de um GPS (*Global Position System*) e informações pessoais levantadas através de entrevistas com os proprietários e com os moradores mais antigos da bacia. Foram utilizados também os mapas e as escrituras (matrículas) dos terrenos de cada proprietário. Dessa maneira pode-se elaborar um mapa de uso do solo de 2009, com os diferentes tipos de uso. A elaboração do mapa de uso do solo atual serviu de base para a espacialização de cada tipo de uso do solo, além de servir de base para a identificação e instalação dos pontos de coleta em cada tipo de uso.

### **3.3- Calendário agrícola**

Para relacionar a produção de sedimentos e a dinâmica de uso do solo, primeiro, elaborou-se um calendário agrícola. Assim, foi possível identificar associado às outras variáveis que interferem na produção de sedimentos (intensidade e distribuição da chuva fator topográfico e tipo de solo) os períodos de maior disponibilidade de solos para o transporte.

A elaboração do calendário agrícola tem por objetivo, o cruzamento das informações (meses) em que a bacia está sob o domínio de um determinado tipo de uso. Estas informações são correlacionadas com o índice de precipitação. Neste sentido, tem-se uma resposta da dinâmica erosiva de um determinado tipo de uso, pois todos os usos do solo foram monitorados a cada precipitação. Portanto, além dos índices de precipitação da área de estudos, tem-se as informações da dinâmica de cada uso ao longo do ano (calendário agrícola), associadas à produção de sedimentos. O calendário agrícola é utilizado também para avaliar as mudanças ao longo do manejo das áreas fontes (uso da terra).

As áreas de reflorestamento de eucalipto e erva-mate apresentam exposição diferenciada do solo ao longo do manejo, assim como as áreas agrícolas também apresentam períodos de exposição do solo tanto ao longo do cultivo, quanto nos períodos de entre safra.

### **3.4-Monitoramento da pluviosidade da bacia.**

Para avaliar o índice pluviométrico da bacia, foram instalados três pluviômetros; um próximo a nascente, outro no curso médio e o último próximo à foz, para calcular a precipitação foi realizado uma média entre os três pluviômetros. Por ser uma microbacia, a

variação da precipitação foi muito baixa, por as chuvas atingirem praticamente toda a extensão da área. Vale ressaltar que foram compilados dados de pluviosidade (dados secundários) da estação meteorológica da Cooperativa Agrícola de Prudentópolis, para avaliar a pluviosidade histórica da região.

### **3.5- Técnicas utilizadas para a mensuração das áreas fontes de sedimentos**

Para a mensuração das áreas fontes de sedimentos foram aplicadas técnicas de mensuração dinâmicas e volumétricas ( DE PLOEY e GABRIELS 1980; HUDSON 1995; ANTONELI 2004; THOMAZ 2006; THOMAZ 2008), além das técnicas de perfis transversais e concentração de sedimentos nos pontos de conectividade das estradas com os canais fluviais.

#### **3.5.1-Mensuração volumétrica**

Nas mensurações volumétricas foram aplicados os métodos de pinos de erosão para a avaliação da erosão dos barrancos das estradas, anel volumétrico para identificação da densidade aparente do solo, nos locais de monitoramento dos pinos e a densidade aparente dos sedimentos retidos nas áreas de contenção abertas nas margens da estrada, pois através dela, foi possível identificar o peso do solo em gramas por centímetro cúbico.

A técnica de pinos consiste na utilização de vergalhões de ferro medindo aproximadamente 50 cm, sendo que 35 cm foram plotados no solo deixando-se 10 cm exposto para o monitoramento, conforme metodologia apresentada por De Ploey e Gabriels (1980). Esta técnica foi utilizada para estimar a produção de sedimentos dos barrancos das estradas.

A quantidade de pinos em cada parcela dependeu da característica da mesma. Locais onde os barrancos apresentavam altura em torno de 3 metros de altura, houve uma intensificação na quantidade dos pinos, já locais onde os barrancos apresentavam alturas em torno de 1 metro, o número de pinos plotados foi menor.

Apesar desta técnica ser muito utilizada e de fácil mensuração na erosão de solos das vertentes, barrancos das estradas e erosão de margem nos canais fluviais, devido ao baixo custo e a facilidade de aplicação (LAWLER, 1993), ela pode apresentar alguns problemas.

Collins e Walling (2004), indicam algumas recomendações para o uso de pinos de erosão, enfatizam que os pinos devem ser instalados de forma agrupada (parcelas) em áreas confiáveis sendo mensurado pelo menos a cada seis meses.

Apesar de ser um método barato e relativamente simples de coletar, pode ser manuseado por pessoas semi-qualificadas. O pesquisador pode se deparar com uma série de problemas na utilização desta técnica. Couper et al. (2002 *in* COLLINS e WALLING (2004),) resumem as principais dificuldades.

Em primeiro lugar, a confiabilidade das leituras do rebaixamento da superfície pode ser comprometida com os movimentos dos pinos, podendo ser movimentado pelos animais, (em áreas de pastagens), perturbação de preparo do solo (áreas agricultáveis), dentre outras perturbações em ambientes dinâmicos.

Em segundo lugar, os erros de medição podem ser causados por mudanças na elevação do banco de sedimentos na parcela de monitoramento, tanto em nível de encosta quanto nas margens dos canais fluviais ocorrendo independentemente de erosão ou deposição.

Em terceiro lugar, a inserção do pino no solo pode interferir nos processos de erosão do solo devido a desestabilização do solo ao redor do pino no instante em que este é introduzido no solo, além de interceptar material (matéria orgânica) em movimento de vertente, promovendo um assoreamento na parcela.

Em quarto lugar, o vandalismo pode resultar em erros na medição ou a perda de alguns pinos.

Corroborando com as principais dificuldades apresentadas anteriormente pelos autores, incluímos ainda a dificuldade em se aplicar esta técnica na mensuração da remoção do solo dos barrancos de estradas, devido a readequação das mesmas, principalmente quando se trata de estradas rurais não pavimentadas. A maior dificuldade está pautada na readequação das estradas rurais, que são realizadas com uma certa periodicidade (entre 2 e 3 anos). Esta readequação consiste na remoção dos barrancos, abertura de novas valas nas laterais das estradas e abertura de novas áreas de contenção. Essa movimentação na estrutura da estrada implica na remoção dos pinos que estão sendo monitorados.

Apesar dessas dificuldades/recomendações apresentadas na aplicação do método de pinos de erosão, foi monitorado um segmento (trecho) de estrada de 800 metros de comprimento, com 14 (quatorze) parcelas, totalizando 140 pinos, (uma média de 10 pinos

por parcela), distribuídos aleatoriamente dentro de cada parcela, sempre levando em consideração as características dos barrancos. A escolha desse segmento da estrada, foi devido a representatividade deste trecho em relação as demais estradas, ou seja, as características deste segmento de estrada (tipo de solo, declividade, trafegabilidade), são parecidas com o restante das estradas.

Destaca-se, que toda a extensão da estrada monitorada converge à água do escoamento para um rio, onde foi realizada a mensuração da conectividade, entre material proveniente das estradas e vertentes com os canais fluviais. A estrada monitorada é considerada estrada principal com uma bifurcação de estrada secundária. Cabe aqui apresentar uma classificação das estradas encontradas na bacia:

a) Estrada com revestimento primário - é aquela revestida com material granular (saibros, cascalhos etc.) (LOPES *et.al* (2002), o que permite o tráfego de veículos durante todo o ano. Essas estradas na bacia são chamadas de estradas principais; b) Estradas secundárias - aquelas que interligam as propriedades com as estradas principais; c) Carreadores entre as propriedades – estas estradas são utilizadas apenas para escoamento da produção e geralmente são revolvidas (aradas) quando se inicia o preparo do solo para o cultivo.

As parcelas foram mensuradas a cada três meses, obedecendo sempre o mesmo procedimento de medida (sempre a mesma lateral do pino e com a mesma régua).

Ao término do monitoramento foi avaliado o rebaixamento (exposição) dos pinos em relação ao início do monitoramento (Figura 8).



Figura 5- Procedimento da mensuração dos pinos nos barrancos das estradas.

Foto. Antoneli, V. (2010).

A exposição dos pinos foi calculada pela equação 1

$$RS(mm) = Ei - Ef \quad \text{equação 1}$$

Sendo:

$RS$  = Rebaixamento do solo ao longo do monitoramento (mm);

$E_i$  = Exposição inicial (mm);

$E_f$  = exposição final (mm);

De posse do rebaixamento da superfície monitorada, associado a densidade aparente do solo, efetua-se o cálculo da perda de solo da parcela.

$$E = R_s * D_s \quad \text{equação 2}$$

Sendo:

$E$  = Erosão do solo ( $\text{kg}/\text{m}^2$ )

$R_s$  = Rebaixamento total do solo (mm)

$D_s$  = Densidade do solo ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )

Foi elaborado um croqui representativo da distribuição dos pinos nos barrancos das estradas (Figura 9).

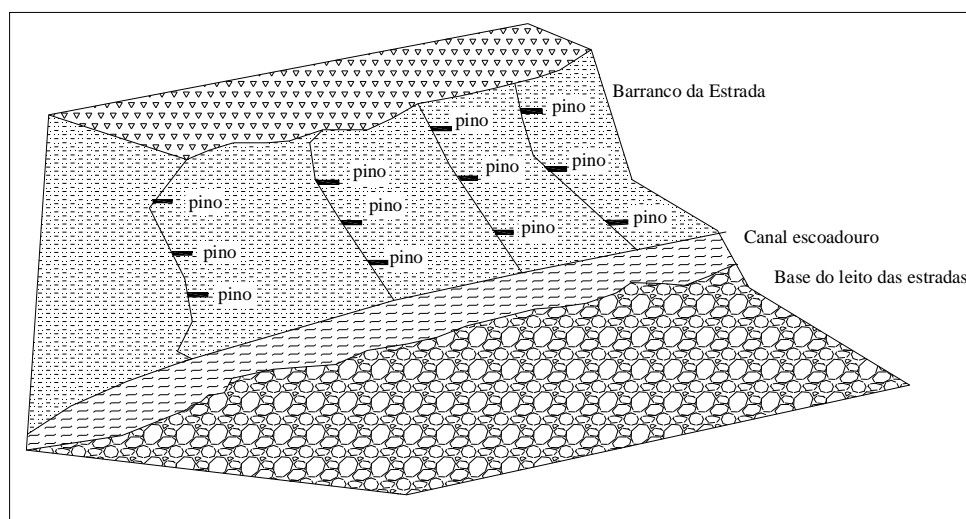


Figura 9- Croqui representativo da distribuição dos pinos de erosão nos barrancos das estradas

Org. Antoneli, V. (2010).

Para identificar a dinâmica erosiva dos barrancos, estes foram subdivididos em três categorias (parte superior, parte média e parte inferior). Para esta classificação foram levados em consideração à altura e a declividade do barranco em cada parcela de monitoramento dos pinos de erosão. Portanto, todas as 14 (quatorze) parcelas foram subdivididas em três setores e, em cada setor do barranco distribuiu-se entre 3 (três) e 5 (cinco) pinos para o monitoramento. Vale ressaltar, que esta variação no número de pinos em cada setor, dependeu da característica do barranco monitorado (Figura 10).

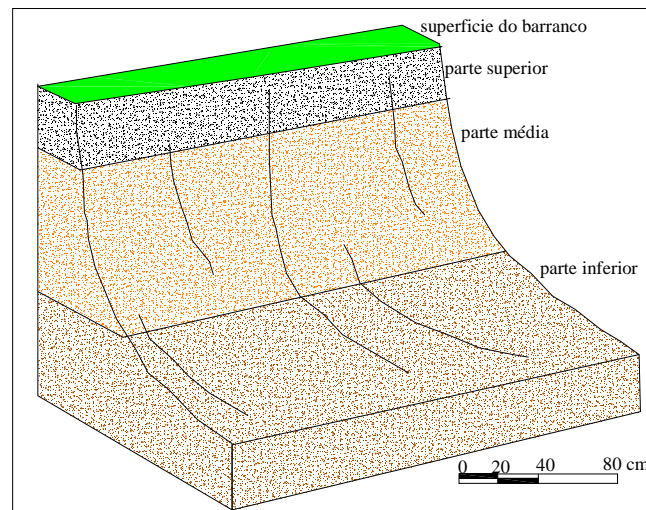


Figura 10- Esboço das três partes do barranco em uma parcela e monitoramento. Org. Antoneli, V. (2010).

Ao longo da estrada monitorada, foram abertas 3 (três) trincheiras (áreas de contenção) nas laterais da estrada (margens). As áreas das trincheiras eram  $1 \times 1 \text{ m}^3$ , mas vale ressaltar que esta área pode ser maior ou menor, dependendo do volume do fluxo (enxurrada) que vai chegar até ela durante um evento. Sazonalmente foram avaliados através do método de perfil transversal, o percentual de retenção de sedimentos nessas trincheiras. (Figura 11).



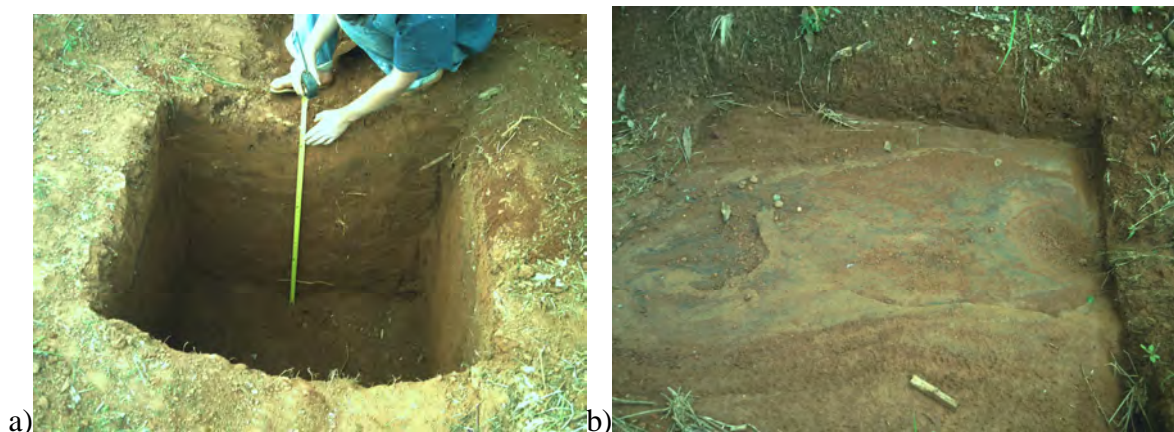


Figura 11- Monitoramento da área de contenção; a) abertura da área de contenção de  $1 \times 1 \text{ m}^3$ ; b) caixa de contenção preenchida de sedimentos após um evento chuvoso.

Foto Antoneli, V. (2010).

Avaliou-se o tempo de vida útil das áreas de contenção construídas no período em que foi efetuado um nivelamento das estradas na bacia. Vale ressaltar, que em determinados eventos as caixas chegaram a sua capacidade máxima, sendo mensurada a deposição e removido todo o sedimento retido (limpeza da caixa), para novas avaliações subsequentes (Figura 12). Ressalta-se, que as medidas de acúmulo de sedimentos nas caixas de contenção foram realizadas a cada precipitação.

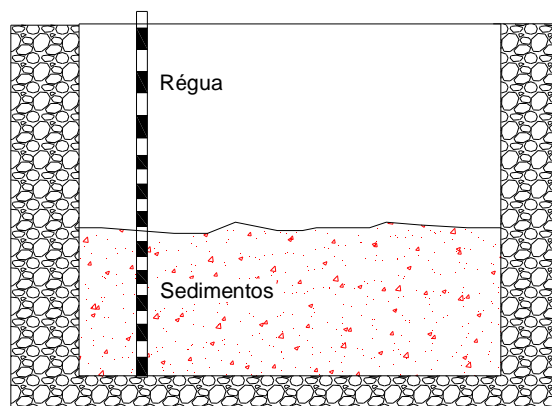


Figura 12- Perfil representativo da área de contenção durante a mensuração  
Org. Antoneli, V. (2010).

Para as três áreas de contenção monitoradas, estimou-se a área de contribuição e a declividade do segmento da estrada, além da característica do leito da própria estrada. (Tabela 2).

Tabela 2- Características das áreas de contenção

Área de contenção	Área contribuição em m <sup>2</sup>	Declividade em %	Característica das estradas
C1	600	15	Sem cascalho
C2	550	10	Com cascalho
C3	500	8	Com cascalho

Org. Antoneli, V. (2010).

O poder público ao realizar manutenção nas estradas da bacia acaba construindo algumas áreas de contenção para armazenamento dos sedimentos transportados pelas margens das estradas. Geralmente, o processo de readequação (nivelamento) das estradas é efetuado pelas máquinas (motoniveladoras) em intervalos de 2 a 3 anos.

De posse desses dados de retenção de sedimentos nas caixas, foi calculada a densidade aparente dos sedimentos (conforme metodologia apresentada na sequência) para estipular a quantidade de sedimentos que foi depositada em um determinado intervalo de tempo.

Para calcular a taxa de perda de solo, nas parcelas dos barrancos das estradas e o total retido nas áreas de contenção em em kg/ m<sup>2</sup>, foi preciso identificar a densidade aparente do solo tanto dos sedimentos retidos nas áreas de contenção, quanto nos barrancos e leito das estradas. A densidade foi calculada através de coleta de solo com um anel volumétrico (cilindro de metal) de 95,5 cm<sup>3</sup>, que foi introduzido no solo para preencher o volume total do anel. Removeu-se o excesso de material (solo) das laterais do anel, para que fosse coletado o volume de solo exato ao volume do anel (THOMAZ 2008).

Após as análises laboratoriais do solo coletado (pesagem e secagem) foi estimado o volume do material coletado, servindo de base para identificar os totais de solo em g/cm<sup>3</sup>

Para calcular a densidade aparente do solo, utilizou-se da equação 3.

$$D_s = \frac{M_s}{V} \quad \text{equação 3}$$

Sendo:

$D_s$  = Densidade do solo (g/cm<sup>3</sup>)

$M_s$  = Massa seca (g)

$V$  = volume do anel (cm<sup>3</sup>)

Após a identificação da densidade do solo, da área, calculou-se os percentuais de remoção do solo, utilizando-se a equação 4.

$$E = R_s \times D_s \quad \text{equação 4}$$

Sendo:

$E$  = Erosão ou acúmulo de solo ( $\text{kg}/\text{m}^2$ );

$R_s$  = Rebaixamento da superfície (mm)

$D_s$  = Densidade do solo ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )

Para calcular a densidade aparente dos sedimentos retidos nas áreas de contenção, procedeu-se da seguinte maneira, quando as caixas estavam com sua capacidade máxima de sedimentos, abriu-se uma pequena trincheira no sedimento depositado e foi introduzido o anel volumétrico na ‘parede’ da trincheira aberta no banco de sedimentos, estas amostras foram coletadas em três níveis de profundidade neste banco. As amostras foram levadas a estufa para a secagem, e na sequência tabulados os dados para estimar a densidade aparente do material.

Para estimar o rebaixamento do “leito” da estrada, foram realizados perfis transversais em pontos pré-estabelecidos. Os perfis transversais consistiram-se na utilização de um fio de *nylon*, devidamente graduado o qual foi amarrado em duas hastes fixas nas margens do barranco (permanecem fixas ao longo de todas as coletas). Com uma trena fez-se a mensuração de 10 em 10 cm entre o fio de *nylon* e a superfície que estava sendo mensurada. Ao término do monitoramento, calculou-se a área, para quantificar a taxa de remoção e/ou acúmulo de solo neste perfil (Figura 13).

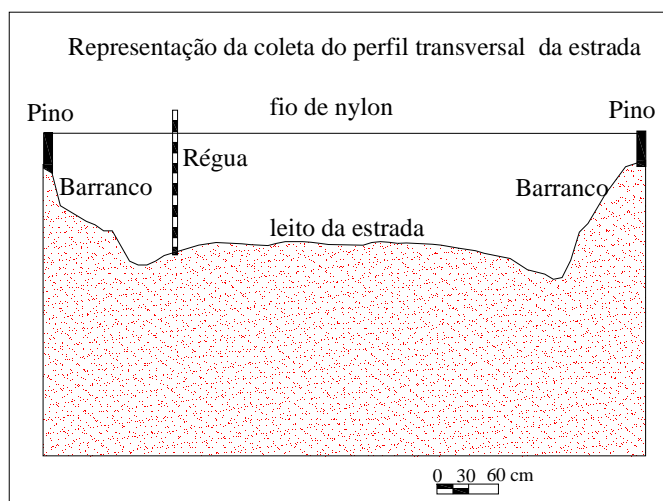


Figura 13. Esboço da coleta dos perfis transversais das estradas.  
Org. Antoneli, V. (2010).

Para calcular esta taxa, identificou-se a densidade aparente do solo de cada seção (perfil), correlacionando-se com os valores mensurados, conforme metodologia descrita no tem anterior.

### 3.5.2- Avaliação da compactação do solo

Ao longo do monitoramento da perda de solos nos diferentes tipos de uso, foi estimada a compactação do solo através da utilização de um penetrômetro de impacto modelo IAA/PLANALSUCAR, segundo método de Stolf *et. al.* (1983). Os cálculos foram realizados com o apoio do programa PENETRON' (STOLF, 1991), tendo os valores, obtidos em MPa (Mega Pascal) (Figura 14)

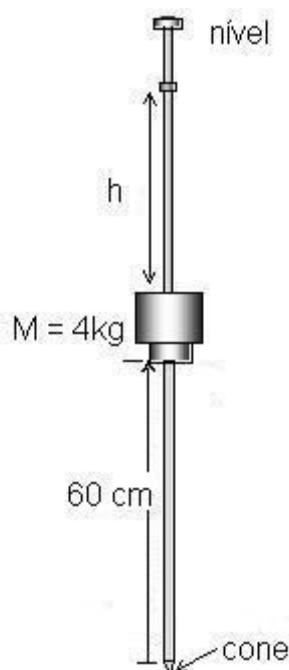


Figura 14 - Penetrômetro de Impacto modelo Stolf (STOLF *et al.*, 1983).

Juntamente com mensuração da compactação dos solos nos diversos tipos de uso, foram realizadas coletas de solos para identificação da umidade em diferentes profundidades, sendo realizadas até a uma profundidade de 50 cm, (altura máxima da haste do equipamento). Estas amostras foram secadas em estufa (105° C), até atingirem peso constante. Foram realizadas 8 repetições por área, e as medições foram executadas em solo úmido, no mesmo dia para todas as áreas, buscando-se eliminar o efeito da variação da umidade do solo.

Para estimar a compactação nas entrelinhas e camalhões da fumicultura, foi utilizado um penetrômetro de bolso com força máxima de  $4,5 \text{ kgf/cm}^2$ . Logo quando construídos os camalhões, foi realizada uma avaliação da compactação do solo em diferentes murundus ao longo da área. Foram identificados pontos de monitoramento aleatoriamente iniciando na alta vertente em direção a baixa vertente. Estes pontos foram identificados, para que ao término da colheita do tabaco, fossem realizadas avaliações de compactação nos mesmos locais, sendo possível assim, avaliar a influência do manejo na compactação do solo. Foram selecionados 10 pontos de coleta e em cada ponto, coletaram-se também amostras de solo para identificar a umidade do solo.

Cabe esclarecer que a utilização do penetrômetro de bolso, foi utilizado para que fosse possível avaliar a compactação horizontal entre os murundus perpassando pelas entrelinhas, o que é difícil de medir com o penetrômetro de impacto.

Coletaram-se amostras de resistência do solo em três níveis de profundidade (0 a 10 cm de 10 a 20 cm e de 20 a 30 cm de profundidade). Para a coleta das amostras abriram-se pequenas trincheiras transversais nas entrelinhas para realização das coletas (Figura 15).

As coletas foram realizadas apenas nas áreas onde foi utilizado o plantio convencional. Não foi possível mensurar a compactação mensal do solo no período do cultivo do tabaco, pois o solo no plantio convencional é revolvido semanalmente desde o plantio até o início da colheita, o que implicaria em uma descompactação da camada superficial.

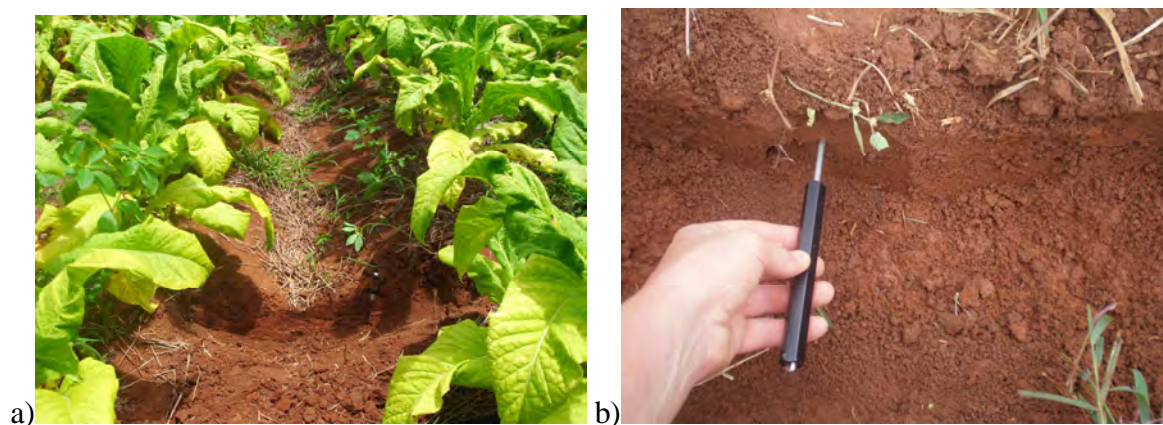


Figura 11- Trincheira aberta sob o cultivo do tabaco para monitoramento da compactação do solo; a) trincheira aberta sob a entrelinha após o término do cultivo do tabaco; b) utilização do penetrômetro de bolso para avaliação da compactação do solo na camada superficial.

Foto. Antoneli, V. (2010).

Foram abertos 20 (vinte) perfis transversais nas entrelinhas no mês de setembro (início do plantio do tabaco) e 20 vinte perfis transversais em março (término da colheita). As medidas de compactação nos diferentes níveis foram tabuladas e estimada uma média de compactação para cada ponto de monitoramento, sendo identificada também a umidade média de cada profundidade.

Para um entendimento mais detalhado da coleta dos dados, foi construído um esquema representativo da morfologia dos camalhões e entre linha, bem como os pontos de monitoramento nas profundidades pré estabelecidas, (Figura 16).

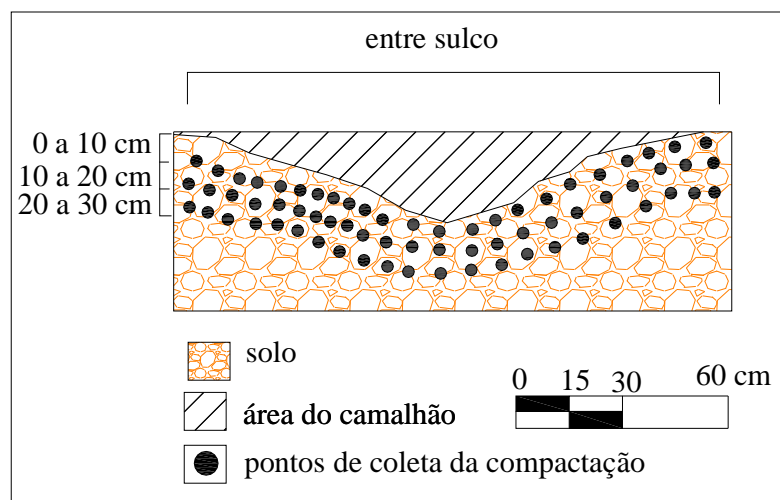


Figura 16- Esquema representativo da coleta da compactação do solo com penetrômetro de bolso nos camalhões e entrelinhas em três profundidades.

Org. Antoneli, V. (2010).

Cabe considerar que o penetrômetro de bolso apresenta os resultados em kg/força  $\text{cm}^2$  e o penetrômetro de impacto os resultados são apresentados em MPa (mega Pascal). Optou-se por preservar os dados do penetrômetro de bolso que são expressos em kg/força  $\text{cm}^2$ , sendo que para transformar os resultados em MPa, basta multiplicar cada resultado encontrado pela constante 0,098.

Os valores de compactação encontrados nos diferentes tipos de uso do solo, foram equiparados com aqueles valores de compactação discutidos e classificados pelo USDA (1993), o qual apresenta três classes de resistência. (Tabela 3)

Tabela 3- Classes de resistência a penetração no solo.

Classes	Resistência a penetração MPa
<b>Pequena</b>	< 0,1
Extremamente pequena	< 0,01
Muito baixa	0,01-0,1
<b>Intermediária</b>	0,1 – 2
Baixa	0,1 – 1
Moderada	1 – 2
<b>Grande</b>	> 2
Alta	2 – 4
Muito alta	4 – 8
Extremamente alta	≥ 8

Adaptado do USDA (1993).

### 3.6 – Avaliação da estabilidade dos agregados nos diferentes tipos de uso do solo

Foi medida a estabilidade dos agregados nos diversos tipos de uso do solo, sendo coletadas em torno de 15 amostras (em torno de 50 gramas cada) de cada tipo de uso do solo, homogenizadas em um recipiente para extrair uma amostra para análise laboratorial (em torno de 200 gramas). As amostras foram coletadas da camada superficial (0 -5 cm de profundidade). Na fumicultura foram coletadas amostras de solo nos manejos (uso da terra) do Sistema de Plantio Convencional e Sistema de Plantio Direto com Camalhões, para possível identificação da influência da forma de plantio na estabilidade dos agregados.

No laboratório, as amostras foram colocadas para secar ao ar livre por um período de 4 a 6 dias (dependendo das condições climáticas) e, passadas em uma peneira de 8 mm para retirar os possíveis blocos. Do material que passa pela peneira de 8 mm, retiram-se 6 amostras, as quais são constituídas de 50 gramas cada. Na sequência, retira-se 20 gramas do material que sobrou no recipiente, para analisar a umidade do solo.

As amostras foram levadas a um agitador de Yoder onde foram subdivididas em duas baterias de análise. Cada bateria analisa três amostras (capacidade do agitador). As amostras foram colocadas em uma peneira de 2,0 mm e 0,5 mm, e mergulhadas em água por 5 minutos para saturação, na sequência, liga o agitador por 20 minutos a uma velocidade de 45 giros por minuto. Após estes procedimentos, as amostras foram levadas à estufa para secagem e analisadas posteriormente.

### **3.7-Técnicas de mensuração dinâmica.**

Nas técnicas de mensuração dinâmica, foram utilizadas calhas coletoras de Gerlach sob os tipos de uso do solo (Faxinal, mata de araucária, mata secundária erva-mate, reflorestamento de eucalipto, pastagem e fumicultura).

Foram instaladas calhas coletoras de sedimentos de 50 cm de largura, distribuídas na alta, média e baixa vertente. Na área de fumicultura, as calhas foram adaptadas, reduzidas a largura de 30 cm. Esta adaptação foi devido a morfologia das entrelinhas, que não comportavam calhas de 50 cm.

Antes da instalação dessas calhas, foram realizados caminhamentos, pela área de estudos, para que fosse possível instalar esses pontos de coletas (calhas) em áreas representativas (predominantes), ou seja, que podem ser utilizadas para representar o restante das áreas de um determinado tipo de uso do solo. (Figura 17).

O monitoramento nos diversos tipos de uso do solo teve início em janeiro de 2008 e término em dezembro de 2009. Já o monitoramento da perda de solos na fumicultura, teve início em setembro de 2007 (início de uma safra) a março de 2010 (término da safra). Justifica-se essa diferença nos períodos de monitoramento em virtude de serem avaliadas as perdas de solo nas áreas de fumicultura por safras e não anual como os demais tipos de uso.

Devido ao trânsito de animais nas áreas de piquetes, não foi possível cercar e determinar a mesma área de contribuição para todas as parcelas. Neste caso, levou-se em consideração a micro topografia do relevo como divisor natural do fluxo da água que era direcionado para as calhas.

As calhas adaptadas para o monitoramento da perda de solo e água na fumicultura, foram instaladas durante o cultivo do tabaco e ao término da colheita, era preciso retirá-las, para que os agricultores remobilizassem os camalhões para a semeadura de inverno. Estas calhas eram instaladas na sequência mas sem os camalhões, portanto era necessário calcular a área de contribuição novamente.



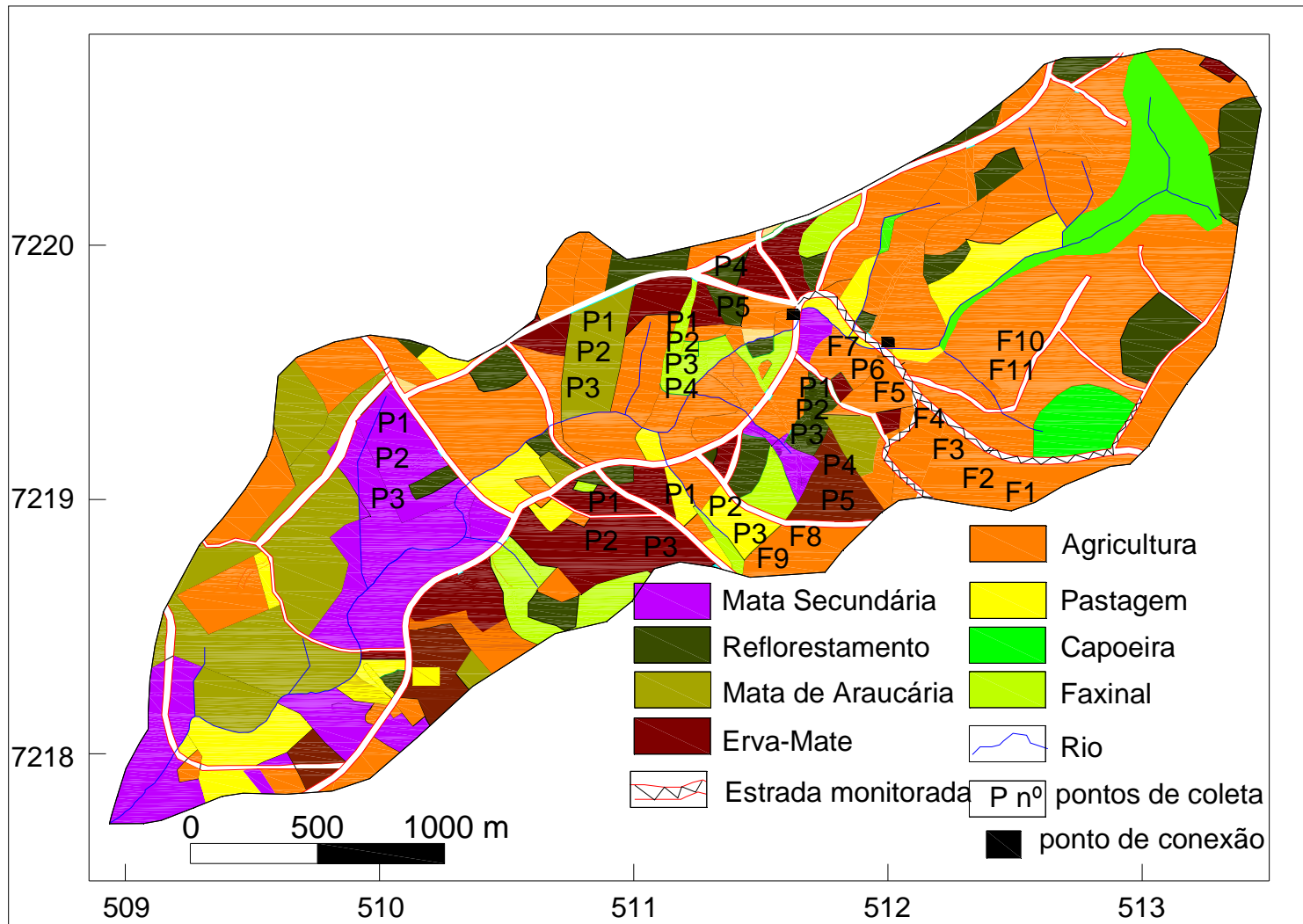


Figura 17- Distribuição dos pontos de monitoramento nos diferentes tipos de usos do solo na bacia. Org. Antoneli, V. (2010).

A cada precipitação foram coletados o total de água escoada e sedimentos que ficaram retidos nos recipientes de cada calha. O material coletado foi filtrado, levado a estufa para secagem e pesagem. Sendo calculada a área de contribuição de cada parcela em  $m^2$ , para avaliar a perda de água e solo em cada tipo de uso. As diferenças de áreas entre as calhas, não implicaram nos resultados, pois em todas as parcelas, foram identificadas à área de contribuição, portanto os resultados foram convertidos em  $g/m^2$ . Apenas os resultados da fumicultura foram apresentados em toneladas por hectare (t/ha), devido a grande quantidade de perda de solo.

Após a filtragem, o material retido no filtro foi pesado, extraído o peso do filtro e levado a um forno mufla a  $600^\circ C$  por 4 horas para a queima da matéria orgânica. Procedeu-se dessa forma, para se avaliar apenas as taxas de perda de solos. Nas áreas florestadas, havia percentual considerável de serrapilheira que eram transportadas com o fluxo de água captado pela calha. Vale ressaltar, que este procedimento foi realizado apenas para eliminar a matéria orgânica (pequenos fragmentos de galhos, folhas e miscelânea) e não para investigar os percentuais de matéria orgânica no solo.

### **3.8- Mensuração da perda de solos nas áreas de Faxinal**

O Faxinal referido neste trabalho, não está vinculado à questão do Sistema de Faxinal ou “criadouro comum” o qual é definido como uma forma comunitária de uso da terra, onde, não necessariamente, o dono dos rebanhos deveria possuir terras para a manutenção da sua criação. Este Faxinal que se faz menção está relacionado apenas às características paisagísticas do antigo sistema de Faxinal que predominava na área de estudo, sendo que estas áreas não servem como criadouros comuns e sim como criadouros particulares. Portanto, denomina-se Faxinal neste sentido, apenas para aquelas áreas que apresentam resquícios paisagísticos como vegetação esparsa, sem regeneração e, que servem de locais para criação de animais de forma extensiva.

Nesta área foram instaladas 4 (quatro) parcelas de monitoramento em uma mesma vertente com declividade média de 12%. A vertente apresenta um comprimento de 180 metros de comprimento, sendo que as calhas foram instaladas a uma distância de

aproximadamente 45 metros uma das outras. Os pontos (parcelas), foram monitorados entre os períodos de janeiro de 2008 a dezembro de 2009 (24 meses).

Por não haver uma vegetação densa neste tipo de uso, duas parcelas foram instaladas em áreas com floresta (capão) e duas em uma área de pastagem natural (clareiras). Este domínio é responsável por 5,3% da área total da bacia (0,347 km<sup>2</sup>). As características gerais das parcelas são apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4. Características dos pontos de monitoramento nas áreas de Faxinal.

<b>Tipo de uso</b>	<b>Parcelas</b>	<b>Área de contribuição (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Declividade (%)</b>	<b>Característica da vegetação</b>	<b>Tipo de solo</b>
Faxinal	P1	5	3,1	Pastagem natural	Cambissolo
	P2	18,4	10,4	Pastagem natural	Cambissolo
	P3	13,5	11	Arbustos(capão)*	Cambissolo
	P4	6,7	5,9	Mata**	Cambissolo

\* Arbustos (capação) – pequenas manchas de árvores de pequeno e médio porte esparsas existentes sob o domínio de Faxinal.

\*\* Mata – no domínio de Faxinal existem áreas de pastagens naturais capões e mata fechada, as quais servem de abrigo para os animais. Caracteriza-se por uma vegetação composta de árvores de grande porte sem sub bosque com predomínio de araucária, peroba e imbuia.

Org. Antoneli, V. (2010).

### **3.9-Mensuração da perda de solo em Mata de Araucária e Mata Secundária**

A área de Mata de Araucária (Floresta Ombrófila Mista), representa 13,5% do total da área (0,88 km<sup>2</sup>). Neste tipo de uso do solo, foram instaladas três parcelas em uma mesma vertente. A vertente possui uma declividade de 8% e com um comprimento de 160 metros. Em cada parcela, foi instalada uma calha de 50 cm de largura colocada no sentido contrário do fluxo, com uma distância entre elas de aproximadamente 55 metros.

Vale ressaltar que a área de contribuição da parcela não está relacionada com a distância entre as parcelas, pois foram levadas em consideração apenas as morfologias do micro relevo a montante das calhas. Ou seja, para estimar a área de contribuição, foi levado em consideração apenas o fluxo que converge para a calha. (Figura 18). Toda água e sedimento que chega até a calha é armazenada em um recipiente (galão de 20 litros) sendo coletado a cada precipitação.



Figura 18- Calha coletora de Gerlach (50 cm), instalada na Mata de Araucária  
Foto. Antoneli, V. (2010).

A área onde foram instaladas as calhas é utilizada como criadouro de animais (piquetes). Neste caso, deve ser levado em consideração o impacto que os animais causam neste tipo de uso do solo, como caminhos preferenciais, pisoteio constante, além de uma maior concentração desses animais sob as árvores de araucária nos períodos de produção das frutas (pinhão, guabiroba, pitanga dentre outras), as quais servem de alimentação.

Por se tratar de um tipo de uso do solo, onde existe uma camada espessa de serrapilheira, o escoamento superficial juntamente com a produção de sedimentos, apresenta índices menores.

Em relação à Mata Secundária, foram instaladas 3 (três parcelas) de monitoramento, distribuídas em uma vertente de 210 metros de comprimento e uma declividade média em torno de 7,4%. Este tipo de uso do solo é responsável por 5,4% da área total da bacia. O monitoramento das duas áreas (mata de araucária e mata secundária), foram realizados no período de janeiro de 2008 a dezembro de 2009 (24 meses).

Este tipo de vegetação se caracteriza como uma floresta de árvores de médio porte entre 10 a 15 m de altura (Tabela 5). As árvores maiores, entre elas as araucárias, foram retiradas ao longo do tempo para a produção de madeiras, restando apenas árvores de pequeno porte (capoeira). Estas áreas são utilizadas para a criação de animais (piquetes) de forma extensiva, apesar da pastagem ser quase inexistente.

Tabela 5 – Características dos pontos de monitoramento na Mata de Araucária e Mata Secundária

Tipo de uso	Parcelas	Área de contribuição (m <sup>2</sup> ) *	Declividade (%)	Tipo de solo
Mata Araucária	P1	6,5	7,1	Cambissolo
	P2	12,4	9,2	
	P3	10,5	8,8	
Mata Secundária	P1	4,8	5,1	Latossolo
	P2	14,6	9,0	
	P3	15,6	6,2	

\* Levou-se em consideração apenas as áreas que promovem um fluxo de escoamento superficial para dentro da calha (micro relevo)

\*\*A porcentagem total da área, é a representatividade dos tipos de uso em relação à área total da bacia no ano de 2009.

Org. Antoneli, V. (2010).

### 3.10- Mensuração da perda de solos nas áreas de cultivo de erva mate

Neste uso, foram instaladas 5 calhas coletoras, sendo 3 (três) em uma área onde a última colheita (poda) foi realizada no ano de 2006. A declividade desta vertente é de 5% com um comprimento de 80 metros. O solo das três primeiras calhas (parcelas) é classificado como Cambissolo. (Tabela 6). Na outra área, foram instaladas 2 (duas) calhas (parcelas), onde a colheita havia sido efetuada no ano anterior (2007), que por conseguinte apresentou uma maior exposição de solo ao longo do primeiro ano de monitoramento (2008). O monitoramento foi realizado entre os meses de janeiro de 2008 a dezembro de 2009. (24 meses).

A declividade média desta área é de 6,5%, com predomínio de Latossolo. Nesta área foram realizadas capinas periódicas nas entrelinhas, sendo efetuado apenas o coroamento<sup>7</sup> nos dois primeiros anos após a poda (2007 e 2008). No ano de 2009, como a morfologia da planta de erva mate, apresentou uma maior cobertura do solo, não foram realizadas capinas, e sim herbicida para remover as ervas daninhas, tanto na Área 1, quando na Área 2.

É comum a utilização de herbicida para a eliminação das ervas daninhas (plantas invasoras) das entrelinhas, pois se evita assim a competição entre as plantas (erva-mate e ervas daninhas). Este processo contribui para a diminuição da exposição do solo, por

<sup>77</sup> Coroamento- capina ao redor da planta para eliminação das ervas daninhas

promover uma cobertura morta sobre o solo, mas este método é utilizado com mais intensidade após 2 (dois) anos da poda, por ser difícil remover as ervas daninhas através de capina devido a estrutura (morfologia) dos pés de erva-mate que acabam se entrelaçando tanto nas entrelinhas quanto nas próprias linhas (carreiras).

Tabela 6 – Características dos pontos de monitoramento no cultivo de Erva mate.

<b>Tipo de uso</b>	<b>Parcela</b>	<b>Área de contribuição (m<sup>2</sup>) *</b>	<b>Declividade (%)</b>	<b>Manejo*</b>	<b>tipo de solo</b>
Área 1	P1	5,2	5,8	Sem coroamento o Período todo árvores 2,0 metros de altura	Cambissolo
	P2	6,0	5,0		
	P3	5,5	4,6		
Área 2	P4	6,1	5,0	Com coroamento (2008) árvores com 1,5 metros de altura	Latossolo
	P5	7,8	9,1		

\* as Parcelas P1,P2 e P3, ao longo do monitoramento, a limpeza do erval foi através de herbicidas (sem coroamento). Já as parcelas P4 e P5 no ano de 2008 efetuou-se o coroamento, no ano de 2009, a eliminação das plantas invasoras foram eliminadas com herbicida.

Org. Antoneli, V. (2010).

Vale ressaltar que o cultivo de erva mate é responsável por 10,2% da área de estudos (0,66 km<sup>2</sup>). Como já mencionado este valor refere-se apenas as áreas onde a erva mate é cultivada, não sendo levadas em consideração as áreas de erva mate que são nativas (entremeadas aos outros tipos de usos).

### **3.11- Mensuração da perda de solos nas áreas de reflorestamento de eucaliptos**

O reflorestamento de eucalipto na área de estudo se restringe em sua maioria a pequenas áreas (< 1 ha). Este fato decorre da utilização da madeira para a geração de energia para a cura (secagem do tabaco). As áreas utilizadas para o reflorestamento de eucalipto, geralmente estão associadas às áreas de Faxinal (piquetes), beiras de estradas das propriedades e locais impróprios para a agricultura (solos rasos com declive acentuada). A grande maioria (75%), dessas áreas após dois anos de plantio é utilizada como áreas de piquetes (criação de animais). Esta peculiaridade promove uma alteração nos processos de disponibilidade de solo para o transporte, principalmente pela remobilização da serrapilheira e pelo constante pisoteio dos animais.

Neste uso foram instaladas 5 parcelas (calhas) em locais com diferentes estágios de crescimento e tipo de uso deste domínio. Três parcelas (P1, P2 e P3) foram instaladas em uma área de reflorestamento com árvores de aproximadamente 10 metros de altura, ou 5 anos de plantio. Já na outra área foram instaladas duas parcelas (P4 e P5) em uma área de reflorestamento de apenas 2 anos de cultivo (primeiro ano de monitoramento) com árvores inferiores a 2 metros de altura. Sendo que estas duas áreas se encontram em uma mesma vertente com 10% de declividade e com um comprimento de 150 metros. Nesta vertente o solo se caracteriza com Latossolo. (Tabela 7).

Essas variações entre os dois talhões serviram de base para identificar as variações nas perdas de água e solo ao longo do período e principalmente, investigar a influência dos animais na perda de água e solos. Há de se levar em consideração o aumento das áreas que estão sendo destinadas a esse tipo de uso, principalmente pelas constantes pressões que as empresas fumageiras exercem sobre os fomicultores para que a lenha utilizada seja produzida na própria propriedade.

Tabela 7- Características das áreas monitoradas no reflorestamento de eucalipto.

<b>Tipo de Uso</b>	<b>Parcelas</b>	<b>Área de contribuição (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Declividade (%)</b>	<b>Características do uso*</b>	<b>Características da vegetação**</b>
Reflorestamento de eucalipto  Área 1	P1	12,4	10,2	Trânsito constante animais	10 metros de altura
	P2	9,5	9,0	Trânsito constante animais	10 metros de altura
	P3	20,5	11,1	Trânsito constante animais	10 metros de altura
Reflorestamento de eucalipto  Área 2	P4	9,8	10,5	Sem Trânsito de animais	De 1 a 2 metros de altura
	P5	13,6	9,8	Sem Trânsito de animais	De 1 a 2 metros de altura

\* Característica do uso refere-se ao tipo de uso no reflorestamento de eucalipto.

\*\* Característica da vegetação – refere-se ao estágio de crescimento.

Org. Antoneli, V. (2010).

Segundo Antoneli (2004), as áreas destinadas ao reflorestamento de eucalipto em 2004 era de 3,7% da área. Na atualidade (2009), este percentual é de 8,6% (aumento de 132,4%).

Ressalta-se que nas Parcelas P4 e P5, os eucaliptos haviam sido plantados no ano de 2007, portanto no início do monitoramento as plantas apresentavam altura em torno de 1 metro, já as áreas com trânsito de animais são aquelas destinadas ao criadouro extensivo (piquetes), e as áreas sem trânsito de animais são aquelas onde não há contato com animais domésticos.

No ano de 2008, nas parcelas P4 e P5, foram realizados coroamento dos pés de eucalipto para eliminar as plantas invasoras, esta forma de manejo (uso da terra), promoveu uma maior exposição do solo, implicando em maiores perdas de solo e água. No ano de 2009, as plantas atingiram uma altura em torno de 2 metros, sendo desnecessário o coroamento. A eliminação das plantas invasoras neste ano foi com a aplicação de herbicida.

### **3.12- Mensuração da perda de solos nas áreas de pastagens**

Sob o domínio da pastagem foram instaladas 3 (três) parcelas (calhas) para identificar os percentuais de perda de água e perda de solos. O monitoramento foi realizado entre os meses de janeiro de 2008 à dezembro de 2009, (24 meses).

As pastagens aqui mencionadas estão relacionadas aquelas áreas onde há um manejo dos pastos (queimada para a brota, e rodízio de pastos), portanto não estão associadas a este tipo de uso do solo aquelas áreas de pastagem natural (Faxinal). Geralmente estas áreas estão associadas a solos rasos (Neossolos) e declividade superior a 45%.

Este tipo de uso do solo é responsável por 8,2% da área de estudo (0,537 km<sup>2</sup>). As 3 (três) parcelas que foram instaladas sob este domínio, se encontram em uma vertente de apenas 50 metros de comprimento e 9% de declividade. O solo da vertente monitorada é classificado com Neossolo litólico. Nesta área o uso da pastagem é sazonal, pois nos meses de inverno, há uma redução dos animais sob esta área. (Tabela 8). Nesta área há uma concentração maior de caminhos preferenciais dos animais. Estes caminhos se conectam com um rio que divide este domínio com outro, portanto há um contato direto dos animais com os corpos hídricos.



Tabela 8– Características dos pontos de monitoramento nas áreas de pastagens.

<b>Tipo de uso</b>	<b>Parcelas</b>	<b>Área de contribuição</b>	<b>Declividade (%)</b>	<b>manejo</b>	<b>Tipo de solo</b>
Pastagem	P1	5,5	6,5	Rodízio de pastagens	Neossolo litólico
	P2	7,9	9,8		
	P3	6,7	10,1		

Org. Antoneli, V. (2010).

### 3.13-Mensuração da perda de solo e água na área de agricultura

A produção de sedimentos nos solos agrícolas nesta pesquisa se resumem ao monitoramento do uso do solo com cultivo do tabaco, o qual foi realizado ao longo de três safras (30 meses), sendo de setembro de 2007 a março de 2010. Destaca-se, que o período de monitoramento da perda de água e solo das áreas agrícolas foi diferenciado dos demais tipos de uso devido ao período de safra. Se o monitoramento seguisse o calendário dos demais tipo de uso, com início em janeiro de 2008, não seria possível avaliar as perdas de solo desde o início da atividade agrícola.

O monitoramento se prolongou até março de 2010, para que fosse possível avaliar as perdas de solo durante a safra de tabaco que tem seu término no referido mês. Portanto, as perdas de solos nas áreas de cultivo de tabaco, não foram avaliadas anualmente e sim por safras e entre safras. Foram monitoradas três safras e duas entre safras, mas ao longo do monitoramento, mudou-se a forma de cultivo do tabaco, passando a ser cultivado sob forma de plantio direto.

Deu-se ênfase a erosão de solos em áreas com o cultivo do tabaco, por ser a cultura de maior representatividade na bacia, além deste tipo de cultura ser efetuada sem muitas práticas conservacionistas. No cultivo do tabaco é utilizado a tração animal (equino) para a realização do revolvimento constante do solo. A utilização da tração animal possibilita que as áreas de declive acentuada (> 45% de declividade) se tornem áreas agricultáveis para esse tipo de cultura.

O constante revolvimento do solo para a eliminação das ervas daninhas, associada à forma de plantio (efetuado em murundus), contribui para uma disponibilidade acentuada de material para transporte. O plantio do tabaco é efetuado em entrelinha denominado de “murundus”, com cerca de 130 cm de largura e 30 cm de altura.

Os “camalhões” acabam por formar um micro “divisor de águas”, onde o fluxo laminar se concentra sobre o meio da entrelinha. Neste local foi instalada a calha e, com auxílio de um cano, o fluxo captado pela calha foi depositado em recipientes (tambores) de 50 litros, sendo recolhido este material a cada precipitação para quantificação da perda de água e de solo. Foram monitoradas 11 calhas no cultivo de tabaco. (Figura 19).



Figura 19: Calha instalada no início do cultivo do tabaco.  
Foto Antoneli, V. (2010).

Foram selecionadas quatro vertentes distintas para a implantação das calhas, cada qual com características diferentes, tanto na forma de cultivo no Sistema de Plantio Convencional (SPC)<sup>8</sup>, Sistema de Plantio Direto Com Camalhão (SPDCC)<sup>9</sup>, e Sistema de Plantio Direto Sem Camalhão (SPDSC)<sup>10</sup>, quanto nas características físicas (tipo de solo e declividade). Denominadas de Área 1 (V1), com 4 (quatro) calhas, denominadas F1, F2, F3 e F4,). Área 2 (V2), com 3 calhas, denominadas F5, F6, e F7. Área 3 (V3), com 2 calhas apenas, denominadas F8 e F9 e Área 4 (V4) com duas calhas, denominadas F10 e F11 (Tabela 8). Cabe considerar que ao término de cada safra, as calhas eram retiradas das entrelinhas para que o solo fosse remobilizado (arado) para a semeadura de inverno e/ou a construção do camalhão, como foi o caso da entre 2009/2010 nas áreas A1 e A2 e instaladas novamente.

<sup>8</sup> SPC - (Sistema de Plantio Convencional), refere-se a forma de uso da terra onde os camalhões são construídos no início do cultivo (setembro).

<sup>9</sup> SPDCC – (Sistema de Plantio Direto Com Camalhão), refere-se a forma de uso da terra onde os camalhões são construídos antes da semeadura de inverno (abril).

<sup>10</sup> SPDSC (Sistema de Plantio Direto Sem Camalhão) refere-se a forma de uso da terra onde não há construção de camalhões.

Tabela 8 – Características das parcelas de monitoramento no cultivo do tabaco durante a safra.

Áreas	Parcelas	Altura do camalhão (cm)	Largura da entrelinha em (cm)	Comprimento o entrelinha (m)*	Declividade entrelinha em (%)*	Média de declividade em (%)	Área contribuição (m <sup>2</sup> )	Tipo de Solo
A1	F1	19 ± 2,0	120 ± 1,5	40	6,5	6,15%	48 ± 1,7	Latossolo
	F2	22 ± 1,5	119,5 ± 1,8	35	7,3		41,7 ± 2,1	Latossolo
	F3	24 ± 3,1	108,0 ± 4,1	35	5,7		37,8 ± 3,4	Latossolo
	F4	20 ± 0,8	112,9 ± 3,2	37	5,1		41,8 ± 2,9	Latossolo
A2	F5	19 ± 1,1	113,1 ± 2,8	30	7,9	8,0	33,9 ± 2,5	Latossolo
	F6	22 ± 3,4	125,6 ± 0,9	32	7,2		40,1 ± 1,1	Latossolo
	F7	20 ± 1,6	120,5 ± 1,6	30	9		36,5 ± 1,4	Latossolo
A3	P8	25 ± 4,1	126,5 ± 1,2	25	19	18,5	31,5 ± 1,6	Neossolo
	F9	20 ± 1,9	125,2 ± 0,8	20	18		25,1 ± 0,9	Neossolo
A4	F10	21 ± 0,7	118,5 ± 2,1	25	22	19	29,5 ± 2,2	Cambissolo
	F11	26 ± 4,5	128,1 ± 0,5	30	16		22,1 ± 1,0	Cambissolo

\* O comprimento e a declividade da entrelinha, não apresentaram Desvio Padrão, por os camalhões serem reconstruídos na safra seguinte no mesmo local da safra anterior.

**Nota-** (N = 03) – significa portanto que os camalhões de cada parcela foram reconstruídos três vezes (tres safras).

Org. Antoneli, V. (2010).

Ressalta-se que não foi possível incluir o tipo de manejo do solo, em cada área, pois foram mensuradas três safras, com variações na forma de cultivo.

Como já mencionado anteriormente, as calhas tiveram que ser retiradas a cada término de safra para remobilização do solo e remoção dos camalhões para a semeadura de inverno. Com a inexistência dos camalhões no período de entre safra, as áreas de contribuição das parcelas foram menores, sendo necessário avaliar a área de contribuição de cada parcela durante as duas entre safras. Para calcular a área de contribuição de cada parcela, foi necessário uma investigação durante os eventos chuvosos, para identificar a área que convergia o fluxo de água para a calha, (Tabela 10).

Tabela 10- Característica de cada parcela no período de entre safra na área de fumicultura

Áreas	Parcelas	Declividade da parcela (%)	Área contribuição(m <sup>2</sup> )
A1	F1	6,5	10,5 ± 0,8
	F2	7,3	13,1 ± 1,3
	F3	5,7	9,7 ± 1,5
	F4	5,1	18,1 ± 2,9
A2	F5	7,9	15,9 ± 2,1
	F6	7,2	9,8 ± 0,7
	F7	9	11,5 ± 1,1
A3	P8	19	13,4 ± 1,6
	F9	18	16,1 ± 2,0
A4	F10	22	8,7 ± 0,7
	F11	16	10,6 ± 1,4

**Nota 1** – a declividade da área de cada parcela foi a mesma do período de safra, pois as calhas foram instaladas no mesmo local, onde no período de safra havia o camalhão.

**Nota 2-** a variação da área de contribuição dependeu basicamente da micro topografia superficial deixada após a remobilização do solo (aração), no término da colheita Org. Antoneli, V. (2010).

Os valores apresentados pela tabela 9, foram encontrados com base em uma média, pois ao longo do monitoramento, as formas de plantio foram modificadas. Durante as duas primeiras safras, (2007/2008 e 2008/2008) nas Áreas 1 e 2 (parcelas F1, F2, F3, F4, F5, F6 e F7) foi efetuado o Sistema de Plantio Convencional (SPC) onde a remobilização do solo dos camalhões e da entrelinhas foram realizados (semanalmente) através da tração animal e da capina. Na terceira safra (2009/2010), estas duas áreas sofreram uma mudança na forma

de plantio passando a ser realizado o plantio direto com a construção dos camalhões antes da semeadura de inverno (SPDC). Após o término da colheita, (março) os solos foram revolvidos (arados com implementos agrícolas), e antes da semeadura da cobertura vegetal de inverno, foram construídos os camalhões com auxílio de um trator, e na sequência foi semeado a cobertura vegetal de inverno.

Esta forma de plantio é uma técnica nova em caráter experimental na região que vem sendo efetuada no cultivo do tabaco, pois são construídos os murundus no mês de abril e semeado a cobertura vegetal de inverno (aveia ou nabo forrageiro). No período do plantio da nova safra, essa cobertura vegetal de inverno é dessecada (mês de setembro), formando uma cobertura morta. (Figura 20).

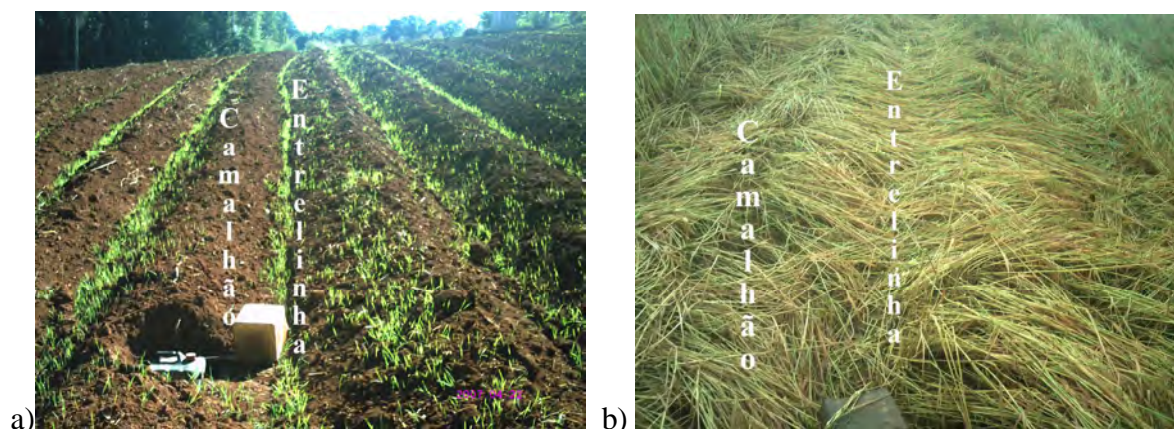


Figura 20- Aspectos da característica do camalhão no início da semeadura de inverno e no início do plantio - a) indica os murundus e o início da germinação da cobertura vegetal de inverno (abril); b) indica o mesmo local no início do plantio (setembro), neste caso a cobertura vegetal já foi dessecada com herbicida.

**Nota-** as duas figuras representam uma área de cultivo no Sistema de Plantio Direto com Camalhão (SPDC).

Foto. Antoneli, V. (2010).

As calhas foram instaladas nas entrelinhas do plantio ao longo do cultivo, que tem início no mês de setembro e término no mês de março. Após a colheita é efetuado o revolvimento do solo para plantio de cobertura vegetal de inverno. As calhas foram retiradas e após a semeadura da cobertura vegetal foram instaladas novamente nos mesmos locais.

Foi monitorado mensalmente o percentual de cobertura do solo sob a fumicultura, sendo avaliado o raio, a altura das plantas, largura e comprimento das folhas. Este método

serviu de base para correlacionar a cobertura do solo com a perda de solo. Foi identificada também a declividade e a área de contribuição dos “camalhões” que será descrita adiante.

A área das parcelas F8 e F9 (Área 3), foram monitoradas ao longo das três safras sempre com plantio convencional (PC). Já as parcelas F10 e F11 (Área 4), nas duas primeiras safras foram monitoradas no cultivo do sistema de plantio direto sem camalhão (SPDSC) ou seja, sem murundu e, na última safra o agricultor optou por efetuar o Plantio Convencional (SPC) ( Figura 21)

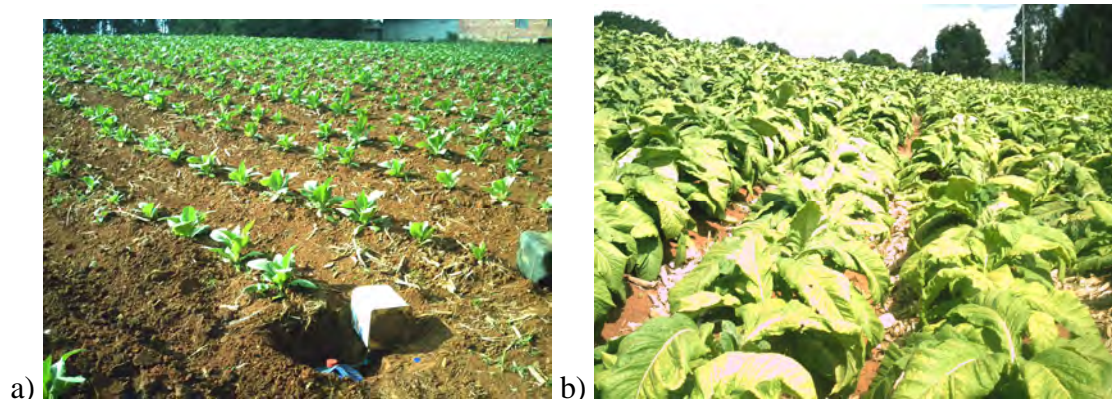


Figura 21. Característica do Plantio convencional. a) início do cultivo onde o solo é revolvido constantemente; b) período de colheita do tabaco onde não há revolvimento do solo.

Foto Antoneli (2009).

Destaca-se que o plantio direto, tanto sob os murundus pré-existentes quanto sem murundu, (nivelado), não é efetuando nenhum revolvimento do solo durante o cultivo, as ervas daninhas são removidas através da aplicação de herbicidas. Isso significa que há uma menor disponibilidade de solo para o transporte.

### 3.14-Avaliação da exposição do solo

Em todos os tipos de uso do solo, há uma certa variação na exposição do solo devido ao revolvimento da serrapilheira em áreas florestadas (mata de araucária, reflorestamento de eucalipto, mata secundária e Faxinal). A remobilização da serrapilheira está associado à utilização destas áreas em locais de criadouro de animais, chamados poteiros ou piquetes. A maioria das propriedades (75%) é caracterizada por pequenas parcelas de terra e geralmente estas não se constituem em uma única gleba. Fato este decorrente do antigo Sistema de Faxinal que predominava na bacia até a década de 1980.

Neste sentido, as áreas de florestas sejam elas, nativas ou não, servem de criadouro de animais. Isso faz com que haja um constante pisoteio e formação de carreadores destes animais sobre estas áreas. Devido a esta particularidade, investigou-se a exposição do solo em diferentes estações do ano. Foi avaliada também a exposição do solo nas áreas de cultivo do tabaco em plantio direto.

Para avaliar o percentual de exposição do solo, nos diferentes tipos de uso, adaptou-se (construiu-se) um quadro de madeira (1x1 metro<sup>2</sup>), (Figura 22) Neste quadro foram feitas subdivisões a cada 10 cm, formando uma malha de 100 quadros menores de 100 cm<sup>2</sup> cada. A partir dessa malha, foi realizada a avaliação da exposição do solo em 1 m<sup>2</sup>.

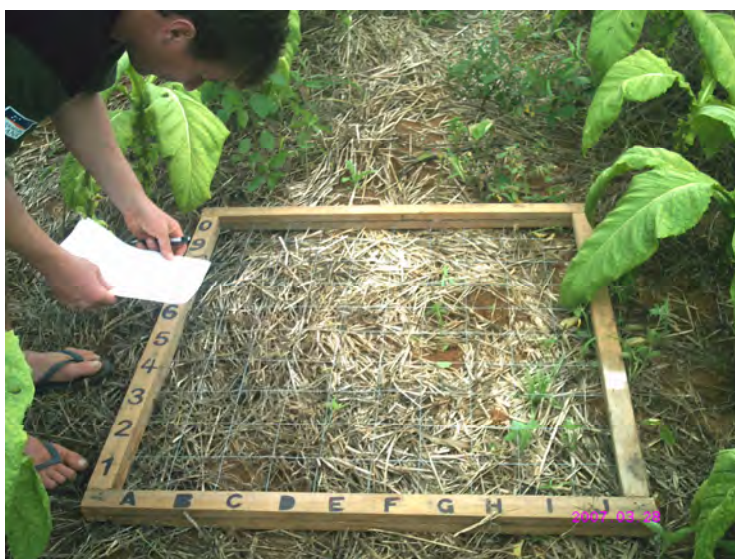


Figura 22- amostrador de exposição do solo no plantio direto em área de cultivo do tabaco. Foto Antoneli, V. (2009).

Os dados foram representados em um croqui, onde foi anotado o percentual de exposição de cada quadro menor (100 cm<sup>2</sup>). Para estipular o percentual de exposição dentro desses quadros menores, é realizada uma avaliação visual, indicando um valor aproximado do percentual de exposição. Ao término da avaliação dos 100 (cem) quadros menores, somam-se todos os valores estimados e divide-se pelo número total de quadros. O resultado do percentual de exposição do referido ponto (1 m<sup>2</sup>) é estimado pela equação 5.

$$P_{exp} = \frac{\sum_{m=1}^{n-1} qm}{Nq} \quad \text{equação 5}$$

Onde:

$P_{exp}$  = Porcentagem de exposição do solo em  $1\text{m}^2$

$\sum_{i=1}^{n-1} q_m$  = Somatório da exposição dos quadros menores ( $100\text{cm}^2$ )

$Nq$  = Número total de quadros menores do equipamento.

As coletas foram realizadas de forma aleatória em cada tipo de uso, sendo avaliada cerca de 10 pontos para cada tipo de uso a cada estação do ano.

Para a mensuração da exposição do solo na fumicultura, fez-se um monitoramento da evolução (crescimento) da planta do tabaco. Foram avaliados mensalmente a altura da planta, largura e comprimento médio das folhas e raio de cada planta. De posse de duas réguas, uma delas com um nível acoplado foi possível avaliar o grau de exposição do solo durante os estágios do crescimento da planta além da declividade dos camalhões. As coletas foram realizadas mensalmente em pontos pré-estabelecidos.

Foi estimado também a distância entre os pés nos murundus e a largura da entrelinha. Foram avaliadas 11 (onze) entrelinhas, as mesmas onde foram instaladas as calhas coletoras para avaliar as perdas de solo. Nas entrelinhas procedeu-se da seguinte forma: a cada 5 (cinco) metros de distância dentro da entrelinha, foi identificado um ponto de monitoramento, sendo realizado em média 8 (oito) pontos de monitoramento em cada entrelinha, dando um total de 88 (oitenta e oito) pontos de monitoramento do crescimento e exposição do solo em toda a área da fumicultura. (Figura 23).



Figura 23- Monitoramento do percentual de exposição do solo no cultivo do tabaco. Foto. Antoneli, V. (2009).



Na área de plantio direto foi monitorada mensalmente a quantidade de biomassa da camada morta após a dessecação da cobertura vegetal de inverno. Foram identificados 10 pontos de monitoramento a cada mês de forma aleatória na área de fumicultura. Procedeu-se da seguinte forma, cada ponto de coleta foi recolhida toda a biomassa em  $1 \times 1 \text{ m}^2$ , esse material foi colocado em sacos plásticos devidamente identificados e colocados em estufa para secagem a  $80 \text{ }^\circ\text{C}$  por 6 horas, foi utilizada uma peneira com malha de 4 mm para eliminação do solo que por ventura no momento da coleta acabou sendo recolhido juntamente com a biomassa. Após a secagem essas amostras foram pesadas e tabuladas.

Este procedimento foi realizado no período de setembro de 2009 a março de 2010 (período de safra).

Destaca-se que foram medidas as declividades das entrelinhas, bem como a declividade dos “murundus”. Para o cálculo da declividade das entrelinhas utilizou-se do método de nível de mangueira (nível d’água). Para o cálculo da declividade dos murundus, foi adaptada uma madeira (ripa) com uma fita métrica e um nível manual acoplado. As coletas foram realizadas a cada 5 metros de distância em cada parcela, totalizando 55 amostras. Estas análises foram realizadas na safra 2008/2009, por os camalhões serem construídos sempre nos mesmos locais da safra anterior, a declividade é praticamente a mesma. Portanto, optou-se por eleger a safra de 2008/2009, como padrão.

### **3.15- Mensuração dos pontos de conexão entre material das vertentes com o canal fluvial.**

As estradas são importantes elementos de conexão dos materiais oriundos das vertentes com os canais fluviais. Os pontos de conexão são definidos como locais onde as estradas se conectam com os canais fluviais. Os métodos e as técnicas utilizadas para mensuração das perdas de solos das estradas já foram detalhados anteriormente

Para quantificar as descargas de sedimentos nos canais fluviais, foram utilizadas coletas de sedimentos dentro do canal fluvial a montante da conexão. Simultaneamente, foram coletadas amostras a jusante da conexão. Foram coletadas amostras de sedimentos nas valas das estradas próximas a conexão com o rio.

Cabe considerar, que não foram identificadas a contribuição efetiva das estradas, portanto o material que se conectou com os corpos hídricos não pôde ser identificado se era da própria estrada ou de outros tipos de uso do solo que margeiam estas estradas.

O objetivo deste procedimento, foi obter a contribuição relativa de sedimentos (g/L) das estradas não pavimentadas, quando estas cruzam os canais fluviais. Após a coleta e a identificação das amostras, estas foram levadas ao laboratório para a filtragem em uma bomba de sucção. Em seguida, os filtros das referidas amostras foram colocados em uma estufa para a secagem. Por meio da pesagem das amostras foi possível avaliar a concentração de sedimentos em gramas por litros que atingiram o canal fluvial naquele ponto através da estrada.

Algumas amostras foram levadas diretamente para a estufa, onde se extraíram os percentuais de sedimentos através da evaporação da água.

A quantidade de material que atinge o rio através das estradas é calculada pela equação 6.

$$C_{se} = C_{sj} - C_{sm} \quad \text{equação 6}$$

Onde

$C_{se}$  = Concentração de sedimentos proveniente das estradas (g/L)

$C_{sj}$  = Concentração de sedimentos a jusante do ponto de conexão (g/L)

$C_{sm}$  = Concentração de sedimentos a montante do ponto de conexão (g/L)

Vale ressaltar, que não era o objetivo desta etapa da pesquisa a estimativa em quilograma ou toneladas por m<sup>3</sup>, pois para isso deveriam ser coletadas várias amostras em tempos pré-estabelecidos em cada evento, para avaliar a dinâmica dos sedimentos com o aumento (pico de vazão) e diminuição da vazão.

Para coleta de sedimentos em suspensão nas áreas próximas a conexão, utilizou-se de uma armadilha, com uma garrafa *PET*<sup>11</sup>, presa dentro de uma pequena caixa de madeira fixada a uma estrutura de ferro. Esta pequena caixa possui uma tampa, que é aberta após a armadilha estar submersa na altura desejada. Isso evita que a garrafa encha de água logo na parte superficial do fluxo. O tempo de duração submerso desta armadilha para a coleta do

---

<sup>11</sup> *PET* – Garrafas descartáveis, compostas de polietileno tereftalano.

material, decorre apenas o tempo necessário para a admissão da amostras. Pois, se evita assim, um acúmulo maior de sedimentos no recipiente.

O recipiente utilizado para a coleta das amostras (garrafa *PET*) precisa ser colocado ligeiramente inclinado em direção ao fluxo. Esta garrafa possui um orifício na parte superior que funciona como exaustor do ar contido dentro da própria garrafa quando da submersão da mesma para a coleta da amostra. Este procedimento, evita que o ar contido no recipiente escape pelo próprio bocal de entrada de água.

Foram coletadas amostras de 12 chuvas ao longo do tempo em que a pesquisa foi realizada. As coletas foram realizadas logo que o fluxo de água das margens das estradas se conectaram com o rio. Foram coletadas 9 amostras (repetições) em diferentes alturas do fluxo em um mesmo ponto de coleta, segundo metodologia descrita por Carvalho (2004), as quais são coletadas em três alturas dentro do fluxo. Uma amostra é coletada próxima à superfície, outra no meio da profundidade e outra próximo ao fundo. A concentração de sedimentos é calculada pela média dos valores. Foram realizadas três repetições em cada altura, totalizando 9 (nove) amostras. As amostragens foram realizadas em três pontos da seção transversal (próximo à margem esquerda, meio da seção e próximo à margem direita). Estas amostras foram colocadas em um recipiente (balde de 10 litros), homogêneas por um minuto e retirado um litro para análise.

As amostras foram coletadas durante a ocorrência da precipitação (desde que esta fosse significativa), nas margens próximas da conexão destas com os rios. Foram coletados 10 litros em diversos pontos próximos a conexão da enxurrada das margens da estrada com os corpos hídricos, sendo armazenado em recipiente e após a homogeneização foi extraído um litro para a análise da concentração de material. A coleta foi realizada com um recipiente (garrafa *PET*) de um litro.

Como o fluxo da água das margens das estradas (valas) é menor em relação ao rio, as amostras foram coletadas diretamente apoiando a garrafa no fundo do leito e inclinando em direção ao fluxo, nunca imersa completamente. Este procedimento permite que o ar escape pelo bocal da garrafa, enquanto a mistura de água/sedimento entra na garrafa. O tempo de coleta depende do tempo em que o recipiente leva para encher.

Nas coletas das amostras, tanto no rio quanto nas margens das estradas, foram estimadas a vazão momentânea. A vazão serviu apenas para calcular a concentração de

material que estava passando no momento da coleta, e não para quantificar a descarga total de sedimentos.

As análises laboratoriais foram realizadas no Laboratório de Hidrogeomorfologia da UNICENTRO (Universidade Estadual do Centro Oeste - Guarapuava) o qual está inserido o grupo de pesquisa em Hidrogeomorfologia.

## CAPÍTULO IV

### 4-ANÁLISE DA EVOLUÇÃO DO USO DO SOLO DA BACIA

Neste capítulo foram analisados os dados referentes a dinâmica do uso da terra e a estrutura agrária da bacia, transcorrendo por diferentes período (anos) onde o uso da terra foi sendo modificado, sendo possível identificar alguns tipos de uso predominantes nos referidos períodos.

#### 4.1- Dinâmica do uso da terra e da estrutura agrária na bacia do Arroio Boa Vista.

A bacia do Arroio Boa Vista, foi colonizada principalmente por imigrantes italianos por volta de 1890, onde desenvolveram uma atividade agrícola baseada no roça de coivara<sup>12</sup>. Esta prática agrícola estava associada ao sistema de Faxinal, no qual os proprietários tiravam o sustento de suas famílias por meio da exploração da erva-mate e da extração da madeira oriunda da Mata de Araucária.

A partir de meados da década de 1960, ocorreu a inserção de uma nova cultura que passa a substituir o sistema de rotação de terras que predominava na bacia. Trata-se de inserção do cultivo do tabaco. Essa cultura promoveu um rearranjo no uso do solo, sendo preciso remover a vegetação de forma definitiva, para que a terra cultivada fosse lavrada constantemente. Essa nova prática agrícola passa a ser a principal fonte de renda dos agricultores nas décadas seguintes, promovendo uma certa pressão sobre o sistema de Faxinal, e da roça de coivara que na década de 1980 começaram entrar em decadência.

Foi construído um mapa de uso do solo do início da década de 1980, quando o sistema de Faxinal e agricultura de subsistência predominavam na bacia. (Figura 24).

---

<sup>12</sup> Roça de coivara. Define-se como uma forma de prática agrícola, muito utilizada pelos colonizadores na Região Centro Sul do Paraná e que ainda é desenvolvida em algumas áreas declivosas. Esta prática resulta da derrubada da vegetação e utilização de fogo para limpeza do terreno para o plantio.

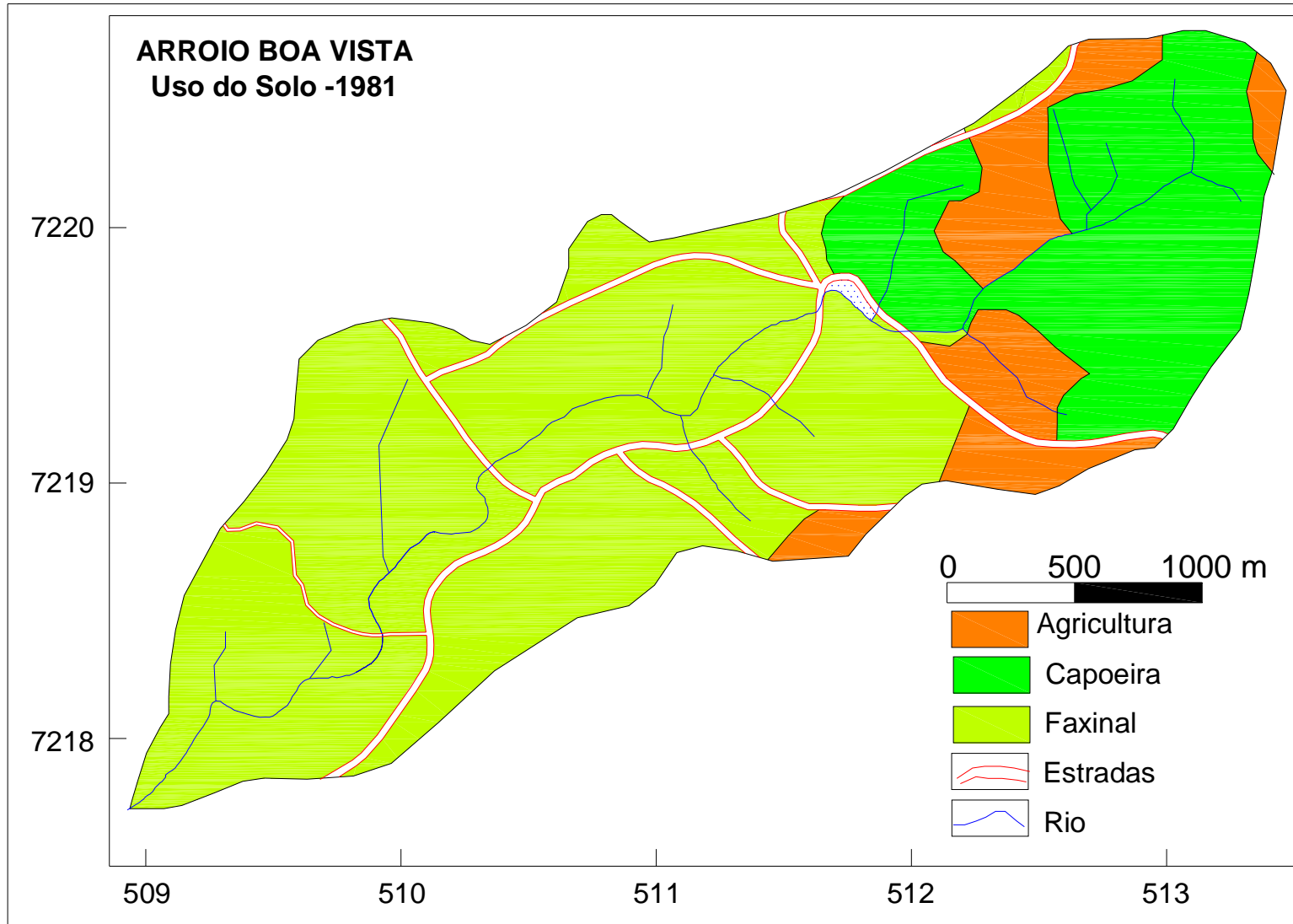


Figura 24- Uso do solo de 1981. Org. ANTONELI, V. (2004).

O mapa de uso do solo de 1981 representa o período em que o Sistema de Faxinal e a capoeira predominavam na bacia, esses dois tipos de uso do solo predominantes na bacia, implicavam em uma rentabilidade menor para os agricultores.

Apesar do foco desta pesquisa não ser a caracterização e discussão do sistema de Faxinal em si, bem como sua organização e estrutura, viu-se a necessidade de elaborar uma discussão a respeito desta forma de ocupação do solo, por entendermos que este tipo de uso, foi de extrema importância para o arranjo espacial das propriedades na atualidade.

Através do sistema de Faxinal, a economia da região baseava-se apenas na extração de erva-mate e na prática da agricultura tradicional chamada de “sistema de roça”, na extração de madeira e na criação de animais de maneira extensiva. Os rebanhos eram criados soltos e isso prejudicava a qualificação dos animais por não haver um controle das raças, ou seja, os rebanhos se multiplicavam sem um controle adequado, tornando-se rebanhos comuns, sem surgimento de novas raças.

Do ponto de vista social na bacia do Arroio Boa Vista, os criadouros comuns permitiam que os pequenos produtores se viabilizassem, enquanto pequena produção, com um mínimo de aplicação de capital e mão-de-obra. Esses pequenos produtores já tinham as áreas comuns incorporadas nas suas estratégias de reprodução, ou seja, nesse sistema, não era necessário ser dono das terras para obter uma vasta criação de espécies como caprinos, suínos, equinos, bovinos, dentre outros.

O sistema de Faxinal era visto como uma oportunidade de famílias que não dispunham de terras, criar seus rebanhos, desde que suas casas estivessem dentro dos limites do Faxinal. Apesar de apresentar alguns problemas de ordem ambiental. Por não haver restrições de área para os animais dentro do sistema de Faxinal com criadouro comum, os animais tem contato (acesso) direto com os corpos hídricos, o que implica na formação de carreadores nas pastagens que se conectam com os corpos hídricos, contribuindo para a conexão dos sedimentos das vertentes com os rios.

A maioria dos proprietários possuía uma gleba de terra sob o domínio do sistema de Faxinal “área de criar<sup>13</sup>” e uma outra gleba de terra em uma área isolada deste sistema,

---

<sup>13</sup> Área de criar – Área de terra de diversos donos sem delimitações, destinadas a prática do Criadouro comum.

denominada “área de plantar”<sup>14</sup>. A área limite entre o Faxinal e a área agricultável era feita através de cercas com arame farpado. O limite nas estradas entre as duas áreas era através de uma porteira para a passagem de carroças de tração animal e por um “mata burro” denominação regional para uma ponte com intervalos entre as madeiras para que os animais não se aventurassem a passar sobre ela. Os “mata burros” eram utilizados apenas para o trânsito de veículos automotores.

As áreas de plantar eram constituídas de relevo mais íngreme e de solos rasos, sem condições de serem mecanizadas, portanto a única alternativa era a prática da agricultura de subsistência. Essa forma de agricultura promove uma variação na exposição do solo, devido ao rodízio de terras onde as propriedades eram divididas em lotes. Após a colheita dos produtos, essa área ficava no chamado “pousio”, por aproximadamente cinco anos para que a vegetação se regenerasse formando as capoeiras e o solo pudesse recompor sua matéria orgânica. Nos períodos em que as áreas estão em pousio para regeneração, as perdas de solos são menores devido à dinâmica erosiva em áreas vegetadas.

Quando realizada a derrubada da vegetação e a queimada para o plantio, a matéria orgânica que não queima atua na redução da exposição do solo, implicando também na redução das perdas de solos.

A utilização das queimadas em curto prazo, é rentável ao pequeno produtor, porque através das cinzas as plantas se revigoram mais facilmente. Isso acontece porque estas cinzas contêm elementos minerais úteis para as plantas em estado altamente solúvel, proporcionando uma plantação com pouca necessidade de defensivos agrícolas. Mas em longo prazo essa técnica apresenta sérios problemas em relação ao manuseio e a produtividade do solo. As cinzas são facilmente arrastadas pela força da água e do vento, sem contar que essa prática deixa a camada do solo vulnerável aos processos erosivos devido à queima da matéria orgânica.

Já as áreas indicadas pela figura 24, como agricultáveis, são aquelas em que o solo era revolvido (arado) com equipamentos rudimentares de tração animal, onde plantava o tabaco (em pequena escala), trigo, batata, arroz, mandioca e alguns tipos de legumes e frutas. O feijão e o milho eram plantados nas roças de coivara.

---

<sup>14</sup> Área de plantar – É uma terminologia que faz alusão às áreas fora do sistema de Faxinal que eram destinadas à atividade agrícola, desde que o dono desta terra estivesse inserido no sistema de Faxinal.



Essas áreas agricultáveis estavam localizadas em áreas de relevo mais plano, ou em fundo de vale ou em áreas de topo. Já as áreas mais declivosas eram utilizadas para rodízio de terras (roça de coivara).

Devido a constante pressão de alguns latifundiários o sistema de Faxinal foi extinto na área de estudos em 1982. Verifica-se que o sistema de Faxinal no ano de 1981 era responsável por 59,2% do total da área, ou seja, 3,88 km<sup>2</sup> do total da bacia. Segundo relatos de alguns proprietários mais antigos da área, existiam aproximadamente mil animais soltos nesta área. Essa densidade populacional exercia uma certa pressão sobre os recursos naturais, contribuindo assim para uma vegetação impossibilitada de regeneração, além da compactação do solo promovida pelo constante pisoteio.

Antoneli (2007), ao analisar historicamente o sistema de Faxinal da área de estudo, concluiu que houve uma certa desestruturação no aspecto do trabalho coletivo, por motivo da inserção dos moldes de produção individual e, principalmente pela mecanização de algumas áreas. Com isso, a criação de animais para o sustento e para o comércio acabou se tornado inviável. O trabalho coletivo denominado de Pixirum<sup>15</sup> (mutirão) também aos poucos foi perdendo suas características.

Com relação à vegetação dos Faxinais, é caracterizada normalmente por mata baixa, onde o pinheiro ocorre de modo esparsa e de menor porte. Essa mata de árvores de pequeno e médio porte e forma irregular é frequentemente entremeada por campos de gramíneas grossas, indicadoras de solos de pouca espessura, com algumas restrições de cultivo.

A vegetação é caracterizada por árvores caducifólias, as quais promovem uma alternância na dinâmica hidrogeomorfológica da área. No período de inverno boa parte das espécies perde suas folhas, aumentando os índices de atravessamento de água da chuva. O escoamento e a perda de solo se intensificam também porque associado aos índices elevados de atravessamento da água da chuva estão a utilização destas áreas como áreas de criação de animais de forma extensiva, os chamados piquetes.

Na atualidade, os piquetes não são formados apenas por áreas de Faxinal, mas também de áreas de Mata de Araucária, Mata secundária e Reflorestamento de Eucalipto.

---

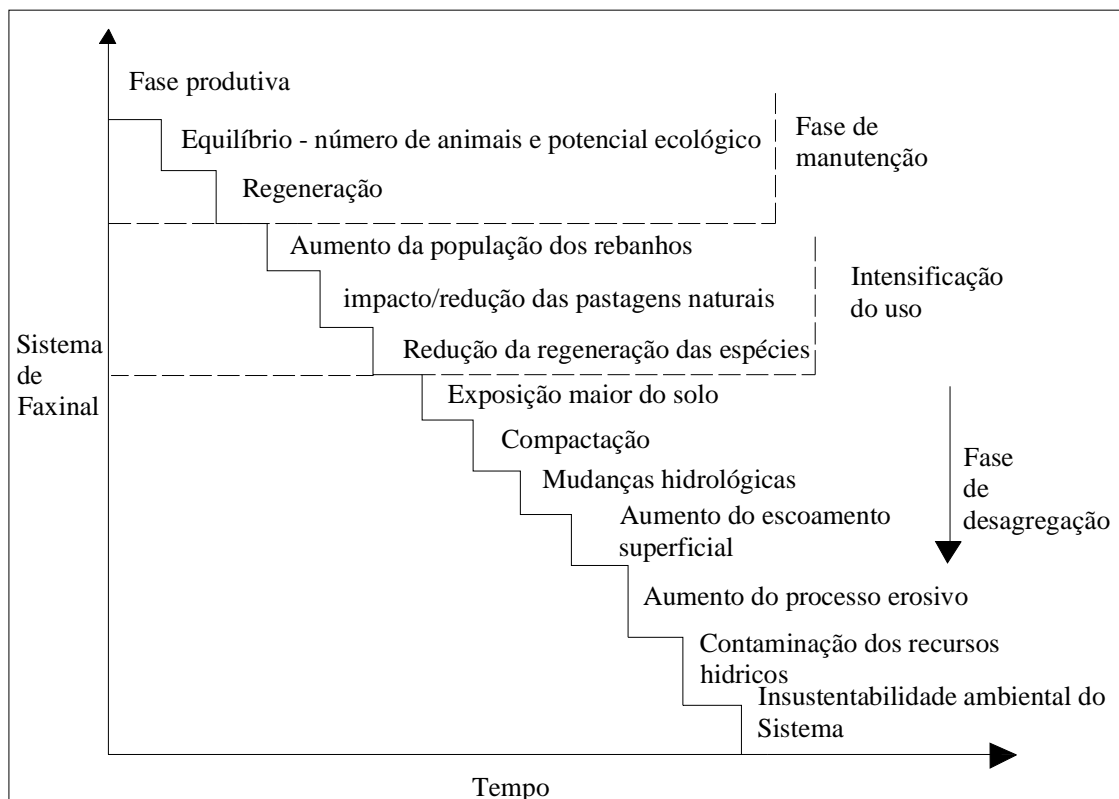
<sup>15</sup> Pixirum- uma forma de ajuda comunitária para desenvolver atividades agrícolas em uma propriedade como a roçada, capina e colheita. Pode ser definido também como ajuda mutua, ou seja, os agricultores se reuniam e trabalhavam cada dia para um proprietário diferente, desde que este proprietário também participasse do “Pixirum”.

Na bacia do Arroio Boa Vista, havia (e ainda há) um predomínio de pequenos proprietários, isso fez com que o processo de transformação do sistema de Faxinal para a propriedade privada ocorresse de forma lenta. Este processo ocorreu dessa forma, devido ao fato dos pequenos proprietários resistirem à extinção do sistema de criadouro comum. A luta dos pequenos proprietários, não era contra a inserção de uma nova forma de produção agrícola, mas sim contra a extinção do sistema de Faxinal, por que muitos destes pequenos proprietários eram donos de inúmeros animais, criados a solta e, com o novo sistema seriam obrigados a cercar suas áreas e criar seus animais em suas respectivas propriedades. A maioria dos proprietários dispunha de pouca terra em relação ao número de animais de seus rebanhos.

A restrição das áreas para a criação de animais acabou promovendo um outro problema, com a restrição das áreas, os proprietários foram obrigados a restringir o rebanho em uma pequena área. Isso fez com que aumentasse a pressão sobre os recursos naturais desta área, promovendo assim uma maior disponibilidade de material (sedimentos) para ser transportado.

Foi elaborado um fluxograma das fases que compõe o sistema de Faxinal, o qual é dividido em três fases; a) fase de manutenção onde há um certo equilíbrio entre as condições ambientais com o número de animais; b) intensificação do uso, onde inicia-se o processo de inviabilização do sistema, c) fase de desagregação, onde o Faxinal se torna insustentável, (Fuxograma 2).

Através deste fluxograma, fica evidente que ao longo do tempo devido às pressões externas propiciada pela agricultura comercial, e pela própria intensificação do uso coletivo das terras este sistema vai entrando em colapso. As áreas de criadouro comum começam a serem reduzidas devido a insatisfação de alguns faxinalenses que veem este sistema como retrogrado e acabam cercando suas propriedades para a prática da agricultura mecanizada.



Fluxograma 2- Fases do Sistema de Faxinal.  
Org. Antoneli, V. (2010).

Com a diminuição das áreas de criadouro (pastagens naturais), há uma intensificação dos animais sobre aquelas áreas restantes. Este processo implica em um aumento no número dos rebanhos para que a produtividade seja mantida, que, por conseguinte, implica diretamente nos problemas ambientais que os faxinais vêm enfrentando na atualidade, se tornando não só do ponto de vista econômico, mas também do ponto de vista ambiental, uma atividade insustentável.

A inserção do cultivo do tabaco que é caracterizada como cultura de pequenas propriedades (2,5 ha em média), foi considerada a principal responsável pela destituição deste Sistema. Portanto, este Faxinal que se faz menção atualmente, não está associado ao criadouro comum, são apenas áreas que foram transformadas em locais de criação de animais de maneira extensiva, mas com uma diferença, agora cada proprietário tem seu próprio rebanho em seu terreno devidamente cercado.

Aos poucos, o sistema de Faxinal e agricultura de roça de coivara foram perdendo território para a agricultura comercial, que tinha a fumicultura (cultivo do tabaco) como

nova forma de uso e ocupação da área. Essa nova alternativa vinha para resolver o problema dos pequenos proprietários de terra, pois era possível gerar lucros com apenas dois ou três hectares. Esta nova atividade passou a exercer certa pressão naqueles proprietários, que eram contra a extinção do sistema de Faxinal e da roça tropical de subsistência (roça de coivara).

Muitos pequenos agricultores viam nela (fumicultura), a oportunidade de transformar suas glebas de terra que pertenciam ao Faxinal (criadouro comum), e que de certa forma não eram rentáveis em áreas agricultáveis, mas para isso era necessária a extinção do Faxinal, mas para que isso ocorresse, era necessário que cada proprietário cercasse suas áreas e criasse seus animais de forma restrita (dentro de sua propriedade apenas). Fato este, que gerou muitas discussões, pois existiam aqueles que compactuavam da ideia de que o Faxinal deveria ser extinto para a consolidação da agricultura comercial. Mas existiam aqueles conservadores, que viam no Faxinal a oportunidade de geração de renda através da criação de rebanhos sem serem proprietários de terras.

Aos poucos a fumicultura foi tomando espaço e alguns faxinalenses começaram fechar suas propriedades, e restringindo seus animais e transformando as áreas de Faxinal em áreas agricultáveis.

Neste contexto, a agricultura de subsistência (coivara) aos poucos foi deixando de ser uma prática agrícola dominante na área. Além de que as áreas antes utilizadas para a prática da agricultura de subsistência, agora passaram a ser mecanizadas, principalmente para o cultivo do tabaco. Após a extinção do criadouro comum ocorreu um processo de mecanização da agricultura. As propriedades que antes não apresentavam rentabilidade devido ao sistema de Faxinal, agora passaram a ser amplamente aproveitadas para a prática da agricultura, principalmente pelo cultivo do tabaco. Estas passaram a ser explorada de forma intensiva, atendendo assim, os interesses individuais de cada proprietário. Isso fez com que ocorresse uma transformação acelerada no uso e ocupação da área agrícola.

Aos poucos, as áreas onde era praticada a agricultura no sistema de roça, foram se deteriorando. A produtividade dos solos não correspondia mais às expectativas dos produtores, pois nessa prática de roça não eram utilizados fertilizantes e herbicidas, favorecendo, assim o surgimento de algumas pragas. Com a extinção do criadouro comunitário, as áreas de capoeira foram aos poucos dando lugar à agricultura mecanizada,

restando apenas alguns resquícios deste tipo de uso em áreas onde há sérias restrições morfoedológicas .

Em alguns casos, as áreas de capoeira deram lugar ao reflorestamento de eucalipto. Esta alteração na forma de uso e ocupação implicou na dinâmica das perdas de solos das vertentes. Áreas com declives acentuadas foram transformadas em pastagens e até mesmo em áreas agricultáveis, foram abertas novas estradas e caminhos rurais dentro das propriedades para escoamento da produção.

Para evidenciar a alteração no uso e ocupação após a extinção definitiva do Faxinal, foi elaborado um mapa de uso do solo do ano de 2003 (Figura 25). Neste período, a fumicultura era a atividade mais difundida entre os agricultores da bacia e, neste contexto, surge também o reflorestamento de eucalipto para produção de lenha na geração de energia para a cura (secagem) das folhas do tabaco.

O mapa de uso do solo de 2003 apresenta uma variação maior no uso da terra, este processo está pautado na individualização das propriedades, e na individualização de alguns tipos de uso como a mata secundária e Mata de Araucária, que no mapa de uso do solo de 1981, estavam inseridos no Sistema de Faxinal. Não significa que não existiam espécies de araucárias, mas como o Faxinal é caracterizado por Mata de Araucária com trânsito livre de animais nas áreas de floresta, convencionou-se dizer que a Mata de Araucária estava inserida junto ao Faxinal.

Vale ressaltar, que o termo Faxinal identificado no mapa de uso do solo de 2003, refere-se a categoria 4 (quatro) (Faxinais sem uso comum com mangueirões e poteiros individualizados) segundo classificação proposta por Souza (2007). Portanto, utiliza-se o termo Faxinal para essas áreas, por preservar algumas características do antigo sistema. Dentre eles, destaca-se a vegetação de Mata de Araucária (Ombrófila Mista) localizada junto ao Faxinal atual.

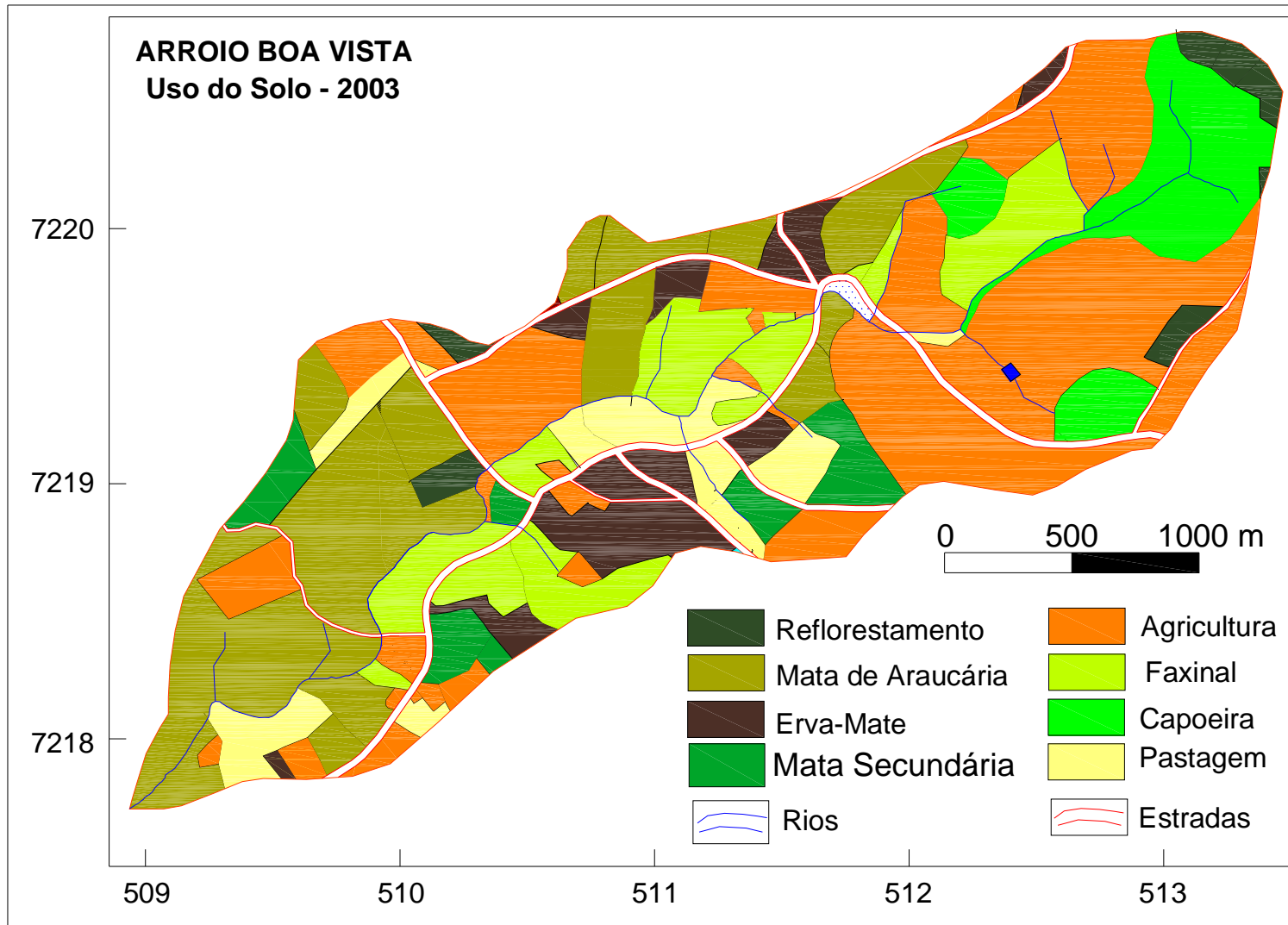


Figura 25- Uso do solo de 2003. Org. Antoneli, V. (2010).

Com a extinção do sistema de Faxinal promovido pela própria comunidade faxinalense, onde os animais passaram a ser criado em áreas individualizadas (privadas). Algumas áreas onde os donos das terras não dispunham de animais e/ou acabaram vendendo seus rebanhos após a extinção dos criadouros comunitários, ficaram isoladas (sem influência de animais). Estas áreas por manterem suas características da vegetação original (predomínio da *Araucaria angustifolia*), foi individualizada no mapeamento do uso do solo como Mata de Araucária.

Já as áreas destinadas a Mata secundária, são aquelas áreas em que as árvores de grande porte foram todas retiradas, como araucária, peroba, imbuia, dentre outras. Estas áreas geralmente servem de piquetes para a criação de animais, mas se diferencia das áreas de Faxinal devido ao adensamento da floresta, sem ocorrência de clareiras destinadas a pastagem natural como o Faxinal.

As áreas de faxinais da bacia na atualidade apresentam perdas de solos diferenciadas por serem individualizadas (privadas). Existem áreas com maior número de animais em relação às outras. No antigo sistema de Faxinal os animais circulavam por toda a sua extensão, promovendo menor variação dos problemas ambientais, ou seja, as áreas sofriam a mesma pressão, implicando em uma perda de solos parecida. Já os Faxinais na atualidade se tornaram piquetes individualizados, isso implica em diferente pressão dos animais nas condições físicas dessas áreas, pois depende do número de animais que circulam nestes piquetes. Existem piquetes que abrigam pequenas quantidades de animais, já outros abrigam um número maior de animais. Esta diferenciação contribui na variação das perdas de solo nestes locais.

Outro tipo de uso do solo que surge com a individualização das propriedades é o cultivo da erva-mate. Até meados da década de 1980 a erva-mate era extraída *in natura*. Por ser uma espécie nativa, era encontrada consorciada com outras espécies no sistema de Faxinal. Mas dificilmente os ervais se renovavam, por servirem de alimento para os animais. A diminuição da regeneração dos pés de erva-mate implicava na baixa produtividade.

Com o fim do sistema de criadouro comunitário os ervais se renovaram naturalmente e em algumas áreas foi difundido o cultivo da erva-mate. Ocorreu o adensamento das árvores, aumentando a produtividade, além do consorciamento da erva-

mate com algumas espécies de árvores nativas. Como é o caso da mata de araucária, onde em algumas áreas faz-se a remoção do sub-bosque, deixando apenas as araucárias sendo utilizado este espaço para o cultivo da erva-mate. As áreas de cultivo de erva-mate são importantes fontes de sedimentos devido à forma de seu manejo. Para uma produtividade maior, é necessário eliminar a vegetação antes do plantio, além de remover constantemente as espécies invasoras, através de capina e coroamento ao redor das plantas.

A individualização das propriedades e juntamente com a inserção da fumicultura na bacia, os agricultores passaram a depender diretamente da fumicultura, a criação de animais de forma extensiva, se restringiu apenas à criação de equinos para utilização nas atividades agrícolas e a criação de bovinos apenas para o sustento da família. Esta diminuição está pautada na redução das áreas de pastagens e no aumento das áreas agricultáveis. Para evidenciar as mudanças no uso do solo, foi elaborado um mapa de uso do solo atual (2009), tendo como objetivo evidenciar o avanço das áreas de agricultura e das áreas de reflorestamento de eucalipto (Figura 26).



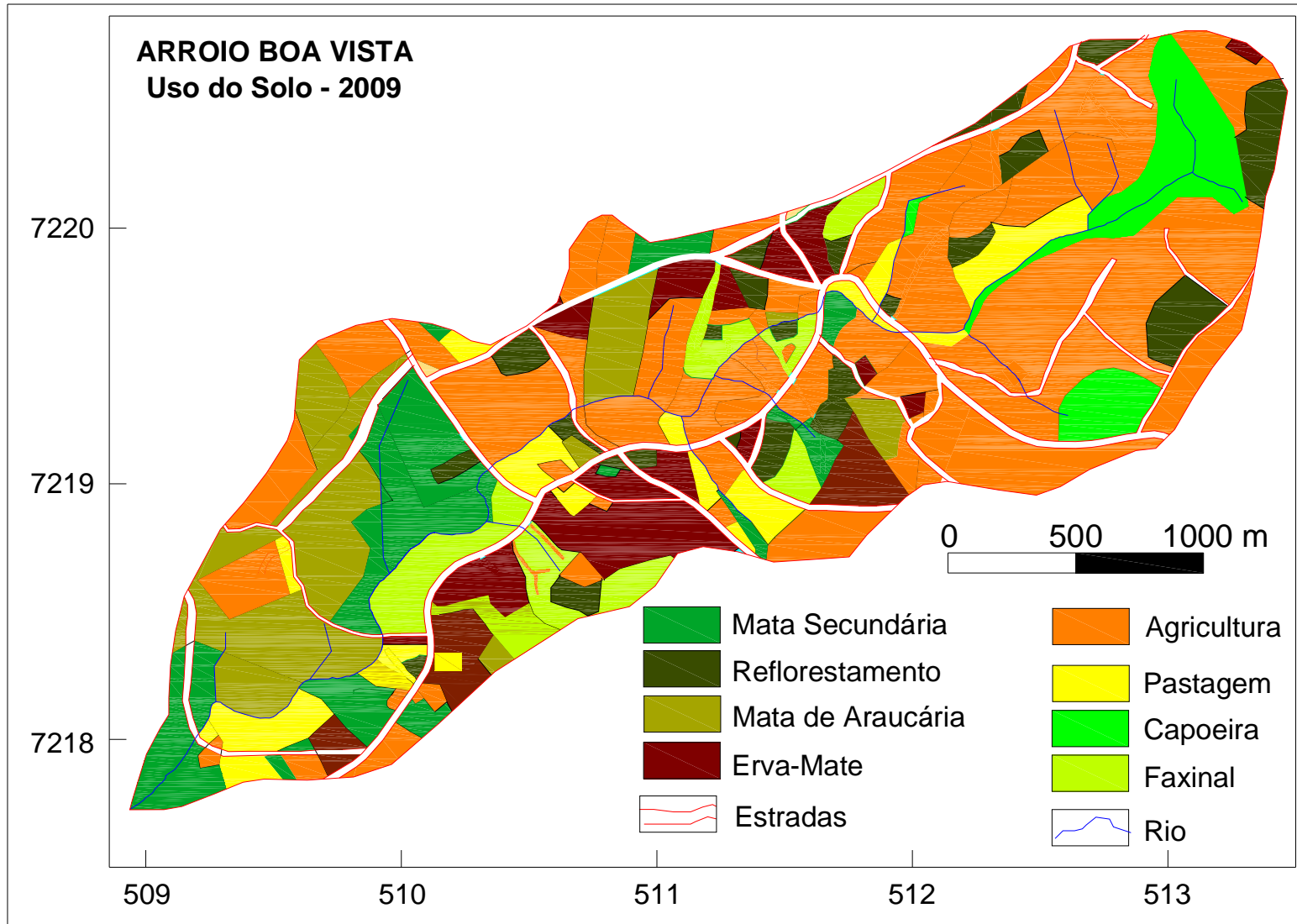


Figura 26- Uso do solo de 2009. Org. Antoneli, V. (2010).

A construção do mapa de uso do solo atual (2009), serviu de parâmetro para tecer algumas considerações a respeito das alterações no uso e ocupação do solo em três períodos distintos. As características do uso do solo nos referidos períodos são apresentadas na seqüência (Tabela 11)

Tabela 11 - Percentual de cada tipo de uso relacionado aos períodos de 1981, 2003 e 2009.

Uso Solo	Área km <sup>2</sup> 1981	% Uso	Área km <sup>2</sup> 2003	% Uso	Área km <sup>2</sup> 2009	% Uso
Faxinal	3,88	59,2	0,78	12	0,34	5,3
Mata araucária	xx*	xx*	1,48	22,6	0,88	13,5
Mata Secundaria	xx *	xx*	0,36	5,6	0,69	10,6
Capoeira	1,39	21,3	0,59	9	0,35	5,4
Reflorestamento	xx*	xx*	0,24	3,7	0,56	8,6
Pastagem	xx*	xx*	0,36	5,6	0,53	8,2
Erva Mate	xx*	xx*	0,52	8	0,66	10,2
Agricultura	1,27	19,5	2,19	33,5	2,50	38,2
Total	6,56	100	6,56	100	6,56	100

\* esses tipos de uso do solo não existiam e/ou estavam inseridos no sistema de Faxinal. Org. Antoneli, V. (2010).

Entre os três períodos, houve uma mudança significativa na forma de uso e ocupação do solo, quando o sistema de Faxinal entra em decadência. No início da década de 1980, o Faxinal era responsável 59,2% da área da bacia, mas aos poucos estas áreas foram sendo cercadas (individualizadas) chegando a sua total estagnação. No ano de 2003, 12% (0,79 km<sup>2</sup>) da área da bacia era destinada a esse tipo de uso. Já no ano de 2009, houve uma redução de 44%, sendo que o percentual foi de 5,3% (0,34 km<sup>2</sup>) do total da área.

A redução destes percentuais está vinculada à diminuição dos rebanhos e a transformação destas áreas em áreas agrícolas e em áreas de reflorestamento.

Quando comparados os percentuais de alguns tipos de uso do solo no ano de 2003 como o ano de 2009, conclui-se que, a Mata de Araucária que era responsável por 22,6% da área (1,48 km<sup>2</sup>) em 2003, foi reduzida 13,5% (0,88 km<sup>2</sup>). Havendo uma redução de 40,2% da área. Já a Mata Secundária era responsável por apenas 5,6% (0,36 km<sup>2</sup>) no ano de 2003 e, quando comparado estes valores com os apresentados no mapa de uso do solo de 2009,

conclui-se que houve um aumento significativo neste tipo de uso, passando a representar um percentual de 10,6% (0,69 km<sup>2</sup>) havendo um aumento de 47,1% das áreas.

Quando sobrepostos os mapas de uso do solo de 2003 e 2009, conclui-se que grande parte das áreas destinadas à Mata de Araucária foram transformadas em Mata Secundária, isso em função do desmatamento (remoção das árvores de grande porte), tanto para madeira (indústria), quanto para uso nos fornos como energia para a cura das folhas de tabaco. Nota-se, portanto, que a grande responsável pela desestruturação das áreas de Faxinal foi a inserção da agricultura, que teve no cultivo do tabaco seu maior aliado, por este ser caracterizado como cultura típica de pequenas propriedades.

As áreas destinadas à agricultura de subsistência, identificadas no mapa de uso do solo de 1981, referem-se as capoeiras (vegetação baixa com árvores de aproximadamente 4 metros de altura) que eram resultado do rodízio de terras. Esse tipo de uso do solo era responsável por 21,3% (1,39 km<sup>2</sup>) no início da década de 1980. Já no ano de 2003 este percentual foi de 9,0% (0,59 km<sup>2</sup>) e em 2009 se restringiu a apenas 5,4% (0,35 km<sup>2</sup>). Esta redução está atrelada ao avanço da fumicultura e principalmente pelo desestímulo por parte dos agricultores na prática da roça de coivara, por esta ser inviável do ponto de vista de rentabilidade.

Com a extinção dos Faxinal, surgiram dois tipos de uso do solo que não eram significativos e/ou não existiam no início da década de 1980. O primeiro refere-se ao cultivo da erva mate, que passa a ser cultivada com a extinção do Criadouro comum. Nota-se que há um aumento deste tipo de uso do solo passando de 8,% (0,52 km<sup>2</sup>) em 2003, para 10,2% (0,66 km<sup>2</sup>) em 2009. Outro tipo de uso refere-se ao reflorestamento de eucalipto, que passa a ser fundamental para o desenvolvimento da atividade fumageira. No ano de 2003 este tipo de uso representava 3,7% (0,24 km<sup>2</sup>) e em 2009 8,6%(0,56 km<sup>2</sup>), havendo um aumento em torno de 58% da área plantada. A grande maioria das áreas que estão sobre este tipo de uso eram áreas de Faxinal, locais de declividades acentuadas, áreas próximas às estradas e áreas consorciadas com os faxinais, onde após dois anos do plantio, utiliza-se está área como local de criação extensiva de animais. Geralmente são áreas inferior a 1 hectare as quais são suficientes para geração de energia e para a secagem das folhas do tabaco.

Com relação às áreas de pastagens, estas não estão associadas às áreas de pastagens naturais do sistema de Faxinal. Referem-se, portanto a área onde foi desmatado e plantado pasto para a criação de animais. No mapa de uso do solo de 1981, este tipo de uso do solo não foi mencionado por não existir no âmbito da bacia áreas transformadas em pastagens. Em 2003 o percentual de pastagem era de 5,6% (0,36 km<sup>2</sup>). Já no ano de 2009, este percentual foi de 8,6% (0,53 km<sup>2</sup>).

Quando confrontados os mapas de uso do solo 2009 (Figura 26) com o mapa de declividade (Figura 6), conclui-se que há um predomínio das áreas destinadas a agricultura na porção superior da bacia, mesmo com declividades mais acentuadas, isso significa que não há uma coerência na distribuição dos tipos de uso e suas respectivas características. Essa questão se explica devido às dimensões das propriedades, pois inúmeras glebas se encontram em locais com restrições morfo-pedológicas. Essa problemática inviabiliza o planejamento de uso do solo, pois em algumas propriedades seriam inviáveis a prática da agricultura.

Conclui-se, portanto, que não há um planejamento adequado do uso e ocupação do solo, onde essas áreas deveriam ser utilizadas para a agricultura e aquelas áreas que apresentam mais declivosas utilizadas para reflorestamento, reserva legal e pastagens. Essa questão se deve ao predomínio das pequenas propriedades existentes na área, onde algumas delas são constituídas de áreas com declividades consideráveis, e sem muita opção, o agricultor acaba transformando essas áreas em locais de cultivo, mesmo que estas não apresentem condições favoráveis a essa atividade.

Este fato é decorrente do processo histórico, onde cada proprietário recebeu cerca de 30 hectares de terra para desenvolver a prática agrícola (início da colonização da bacia). Com o passar do tempo estas propriedades foram sendo divididas entre os filhos, multiplicando o número das propriedades e conseqüentemente uma redução nas dimensões das mesmas. Neste contexto, inúmeras propriedades se constituíram de áreas imprópria para a prática da agricultura mecanizada, por apresentarem sérias restrições morfo-pedológicas (solos rasos com declividade superior a 30°). A utilização dessas para práticas agrícolas, potencializa as perdas de solo, nessas áreas mais íngremes. Sem a mecanização devido à morfologia do relevo, resta desenvolver atividades agrícolas que não necessariamente utilizem máquinas agrícolas.

A fumicultura é um exemplo de atividade que pode ser desenvolvida nessas áreas, por utilizar-se da tração animal para realizar todas as etapas do cultivo. Cabe ressaltar que, as fases do preparo do solo para o plantio em áreas mais planas é realizada com implementos agrícolas. A fumicultura foi tratada na sequência como um item separado, por entendermos ter sido ela uma das principais responsáveis pela modificação/alteração na forma do uso e ocupação da bacia.

#### **4.2- A influência da fumicultura na dinâmica do uso do solo**

Em meados da década de 1960, foi instalada a primeira estufa de fumo na área de estudos, com a utilização de apenas 1,5 hectare para o plantio. Aos poucos a fumicultura foi se tornando a principal atividade da área de estudo e intensificando-se nas últimas décadas.

A área agrícola indicada no mapa de 1982 foi de 19,5%, isto não significa que toda essa área estava destinada à atividade fumageira. Eram áreas onde se desenvolvia a agricultura de subsistência (cultivo de feijão, milho, arroz, etc), de maneira mecanizada, com a utilização da tração animal para o preparo do solo.

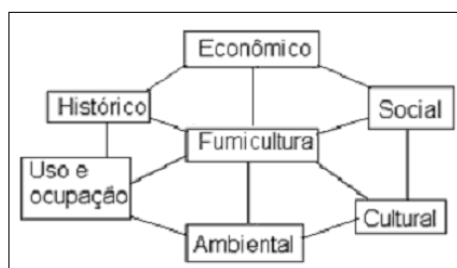
Através da análise das figuras 24 e 25, nota-se que os percentuais de agricultura, apresentaram significativas mudanças, sendo que em 2003 o percentual era de 33,5% (2,19 km<sup>2</sup>). Já no mapa de uso do solo de 2009, este percentual aumentou para 38,2% (2,50 km<sup>2</sup>), ocorrendo um aumento de 12,3%. As novas áreas que foram incorporadas para a prática da agricultura estão associadas às áreas de Faxinal, sendo comum os agricultores diminuírem as áreas de criação de animais para transformá-las em áreas para o cultivo do fumo.

No mapa de uso do solo de 2003, a fumicultura era responsável por 72% da área agrícola, o restante (28%) era dividido em cultivo de milho, feijão e soja (agricultura mecanizada). No período de 2009, cerca de 90% das áreas agrícolas da bacia eram destinadas às práticas da fumicultura, estes percentuais só não são maiores porque algumas propriedades são maiores em relação a média utilizada para a atividade fumageira (em torno de 2,5 ha). Isso faz com que haja um rodízio de terras associado a um rodízio de culturas.

Este aumento significativo na última década está atrelado a dois fatores importantes, primeiro está relacionado ao incentivo que as empresas fumageiras oferecem (custeio, financiamento de todos os insumos). Outro fator está associado as mudanças na forma de

efetuar esta atividade, como por exemplo o uso de agrotóxicos (herbicidas e fungicidas) o uso de novas técnicas de cultivo como por exemplo o plantio direto, no qual não é preciso efetuar a capina e nem o revolvimento constante do solo para eliminar as ervas daninhas.

Para contextualizar as mudanças promovidas no uso do solo com a inserção da fumicultura na área de estudo, foi elaborado um fluxograma enfocando as principais mudanças na dinâmica da bacia (fluxograma 3).



Fluxograma 3- Influência da fumicultura na área de estudo ao longo do tempo.  
Org. Antoneli, V. (2010).

Através do fluxograma, é possível identificar a influência da fumicultura nas diversas questões socioambientais da área de estudo desde a instalação das primeiras estufas fumageiras até os dias atuais.

Partindo do princípio que a inserção da fumicultura na área de estudos promoveu uma alteração nos processos históricos da bacia, pois o Sistema de Faxinal era uma prática utilizada desde a colonização da área, pelos colonizadores da bacia no final do Século XIX. Esta nova prática agrícola promoveu uma modificação no uso e ocupação do solo, pois com a individualização das terras, cada agricultor foi obrigado a restringir seus rebanhos e/ou se dispor deles por não haver terras suficiente para mantê-los.

Esta nova forma de uso e ocupação acabou por promover um rearranjo nas condições ambientais, os agricultores foram obrigados a transformar áreas de mata nativa em áreas de cultivo do tabaco, além de desmatar sua propriedade para a utilização da madeira para a cura (secagem) das folhas do tabaco. Em conversas informais com as pessoas mais antigas da localidade, nota-se que houve uma desarticulação na cultura do povo que reside na área de estudo. Práticas como “Pixirum” deixou de existir, onde a solidariedade entre os agricultores deu lugar à individualidade.

A fumicultura influenciou na forma de produção e nas práticas agrícolas. Aos poucos os agricultores foram deixando de praticar a roça de coivara (roça de toco), por esta ser inviável, principalmente em termos lucrativos, onde seria necessária uma área agrícola em torno de 5 a 10 ha para promover o sustento de uma família. Como a grande maioria dos agricultores, dispunha de pouca extensão de terras para a prática da roça de coivara, era preciso arrendar terras para efetuar o plantio ou trabalhar de meeiro, contribuindo assim para uma diminuição dos lucros.

Atualmente, não há trabalhadores rurais na área de estudo que estejam trabalhando em outra atividade na área rural que não seja na fumicultura. Portanto esta atividade exerce uma mudança nas questões sócioespaciais na bacia, contribuindo para a manutenção do homem no campo. Mas esta atividade apesar de contribuir com melhorias nas condições de vida dos lavradores, promove um alienamento do agricultor com as empresas que custeiam toda a produção e se responsabilizam pela compra de todo o produto.

Neste processo, o agricultor se vê obrigado a produzir, pois todos os insumos que são utilizados para o desenvolvimento da lavoura são fornecidos pela empresa, os quais serão pagos com a própria produção. Este processo faz com que o agricultor intensifique a produtividade aumentando a pressão sobre os recursos naturais. Áreas próximas de nascentes são utilizadas para agricultura, fundos de vale e vertentes declivosas, implicando nas perdas de solo e no caso das áreas próximas aos corpos hídricos se tornando fontes de conexão dos sedimentos com os rios.

No ano de 2003 a média de pés plantados era de 45 mil pés de fumo por estufa (2,3 ha). Já no ano de 2009 a média de pés de fumo plantados por agricultor foi de 50 mil (2,5 ha). Este aumento está atrelado a alguns fatores como os incentivos disponibilizados pelas empresas fumageiras como financiamento de implementos e insumos e financiamento para reforma e construção de novas estufas, além do aumento nas taxas de exportação do produto e maior demanda de mercado interno, bem como da disponibilidade de diversos agrotóxicos, principalmente herbicidas o que reduz o trabalho manual como capina e revolvimento constante do solo.

Outro fator importante associado a este aumento na área de plantio de cada produtor, são as novas técnicas de cultivo como plantio direto, onde não há também a necessidade de revolvimento constante do solo. Estes condicionantes fazem com que haja

uma redução na mão de obra. Isso significa que um agricultor pode aumentar sua área de plantio, sem correr risco de ter que contratar mão de obra para fazer a limpeza da lavoura.

O aumento das áreas da atividade fumageira atuais, estão condicionadas no arrendamento das terras das propriedades com dimensões maiores que 15 hectares. Essas áreas agrícolas eram destinadas ao cultivo de milho, soja e feijão, mas devido a instabilidade nos preços destes produtos, o arrendamento destas para a fumicultura tornou-se mais lucrativo para os grandes proprietários.

Para elucidar melhor esta discussão, foi elaborado um mapa das dimensões destas propriedades, bem como o aumento nas áreas de cultivo do tabaco nas áreas que antes eram utilizadas para o cultivo de outros produtos agrícolas. (Figura 27).

Ressalta-se que o mapa tem a pretensão de mostrar apenas as novas áreas utilizadas para o cultivo do tabaco, áreas estas que fazem parte das propriedades com dimensões maiores que 15 há, e que na atualidade (safra 209/2010) estão sendo utilizados para esta atividade.

Por meio da figura 26, percebe-se que há um predomínio das propriedades maiores que 15 hectares no alto curso da bacia. Estas áreas estão voltadas em grande parte para a fumicultura, apesar de ainda ser áreas de cultivo de outros produtos supra citados. Nos cursos médio e inferior estão situadas as áreas menores que 5 hectares. Vale lembrar que estas áreas pertenciam ao antigo sistema de Faxinal, portanto em alguns casos as áreas agrícolas estão situadas fora destas áreas (fora da bacia).



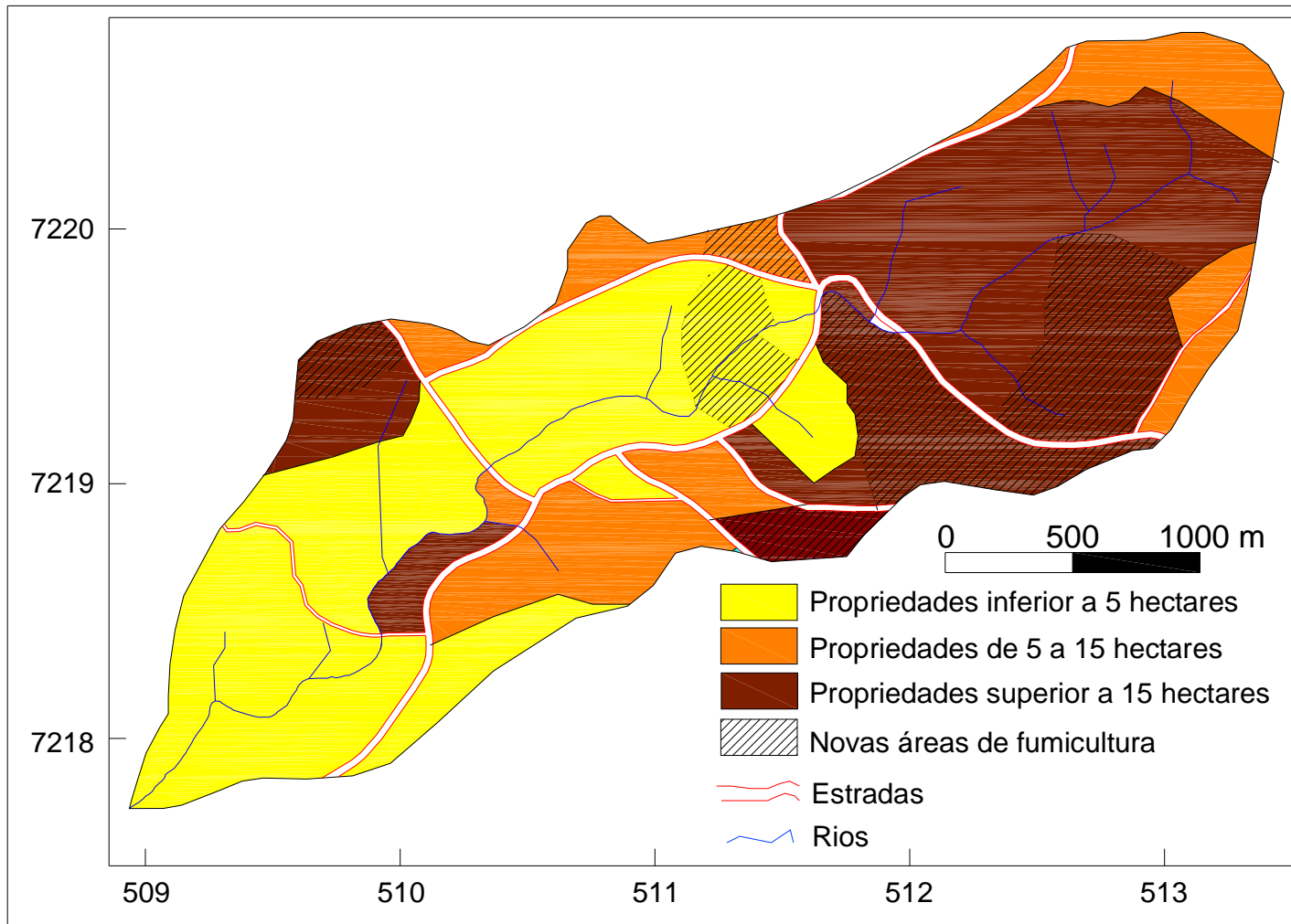


Figura 27- Dimensão das propriedades na área de estudos. Org Antoneli, V. (2010).

## CAPÍTULO V

### 5- DINÂMICA DAS ÁREAS FONTES DE SEDIMENTOS

Na seqüência foram apresentados alguns condicionantes, que influenciam nas perdas de água e solos nas áreas monitoradas tais como: os dados totais de perda de água e solo dos diversos tipos de uso do solo durante o período de 2008 e 2009, exceto as questões relacionadas a fumicultura; o calendário agrícola; a exposição do solo e a perda de água e solo, pois este tipo de uso, devido sua importância na bacia, mereceu ser discutido em um capítulo separado.

#### 5.1- Análise da precipitação pluviométrica

A precipitação da região é bem distribuída ao longo do ano, alguns meses apresentam menores volumes em relação a outros, mas não se caracteriza como estação seca. A região sofre influência das chuvas frontais durante o outono e inverno. Já na primavera e verão as chuvas convectivas passam a atuar com mais frequência. Essas características implicam em chuvas de diferentes intensidades, promovendo respostas diferenciadas de perdas de solo. Para pequenos volumes de precipitação (< 0,3 mm) todo volume é retido, e para precipitações superiores a 1 mm, de 10 a 40% pode ficar retido (BLACKKE 1975).

Vallejo (1982), em pesquisas na Floresta da Tijuca concluiu que ocorre grande variação pontual do atravessamento de chuvas individuais pelas copas arbóreas. Os autores observaram pontos no interior da floresta com pluviosidade superior aos valores da precipitação acima das copas. Tal fato é em função da umidade antecedente e da composição e estrutura da vegetação.

Enquanto o maior adensamento de vegetação ou um aumento na demanda de água pela vegetação propicia menores quantidades de chuvas atravessadas, alguns aspectos fisionômicos da vegetação propiciam o aumento na concentração pontual de chuvas no interior de uma floresta; as bromélias, por exemplo, acumulam água no interior de sua folhagem e, ao transbordar, alimentam um fluxo maior por tronco. Este fato foi observado na área de Faxinal, por não haver estratos inferiores a vegetação do Faxinal é composta apenas pelo dossel, potencializando o atravessamento.

Esta questão é discutida por Chen (1993), que em estudos realizados para avaliar o efeito de diferentes sistemas de cobertura vegetal do solo, no controle de erosão e escoamento superficial de água, em florestas tropicais úmidas, constatou que a maior eficiência foi obtida em sistemas com mais de um estrato de cobertura vegetal.

Corroborando com essa questão, alguns pesquisadores (BRANDT, 1989; ERSKINE, 1991) ponderam a possibilidade da cobertura das árvores aumentar a erosão em alguns casos, dependendo da estrutura interna da floresta. Bertoni e Lombardi neto (2005), afirmam que as gotas de chuva que são retidas pela copa das árvores tendem a se unir, formando outras gotas de volume maior. A queda destas gotas a alturas superiores a 7 m é suficiente para que estas atinjam uma velocidade terminal semelhante quando estão em queda livre, sem serem subdivididas pelo atrito do ar. Em alturas inferiores a 7 m, a velocidade das gotas será proporcional ao seu peso AGUIAR *et. al* (2006).

Por não haver dados históricos da pluviosidade da área de estudo, foram apresentados apenas os dados mensurados do ano de 2008 e 2009, (Figura 28).

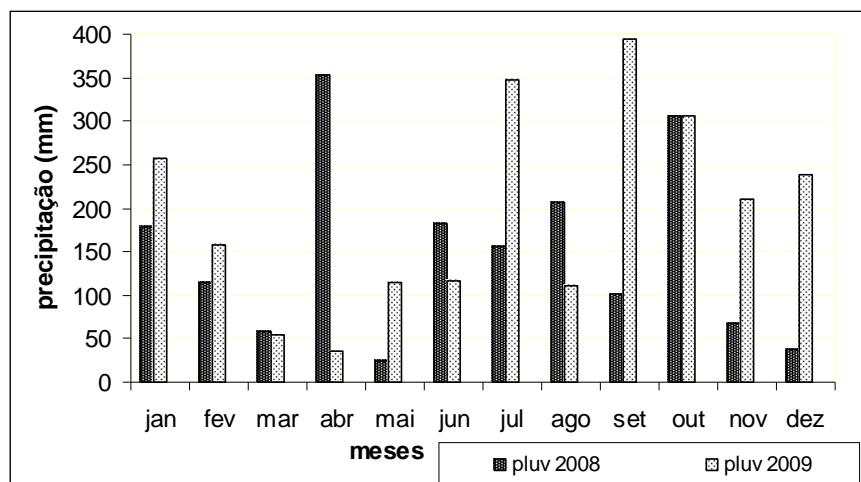


Figura 28- Distribuição da precipitação na área de estudos durante o monitoramento.

Org. Antoneli, V. (2010).

A pluviosidade total no ano de 2008 foi de 1938 mm, já no ano de 2009 foi de 2237 mm, apresentando uma variação em torno de 15,4%. Esses dois anos podem ser considerados atípicos, havendo uma discrepância entre alguns meses como é o caso dos meses de abril, julho, setembro e dezembro que apresentaram maior variação entre os índices.

No ano de 2008, o mês de abril apresentou uma pluviosidade total de 353 mm, em contrapartida, no ano de 2009 a pluviosidade deste mês foi de 36 mm, uma redução em torno de 880%. Já setembro de 2009, apresentou uma pluviosidade total de 395 mm, este mesmo mês no ano de 2008 o total foi de 102 mm. Estas variações implicam em alternâncias nas perdas de solo, nos diversos tipos de uso. Nos meses em que é

difundido o cultivo do tabaco e que apresentam índices maiores de precipitação, há um aumento no excedente de água nas entrelinhas do tabaco, culminando com perdas consideráveis de água e de solo e, em alguns casos o fluxo tende a transpor as próprias entrelinhas removendo os camalhões.

Como não há dados históricos da pluviosidade da bacia, foram confrontados na sequência os dados médios mensais do período de monitoramento com a distribuição anual da região. Os dados médios históricos referem-se a dados fornecidos pela Cooperativa Mista de Prudentópolis (CAMP), o posto meteorológico está situado cerca de 15 km de distância da área de estudo. Esta média histórica refere-se ao período de 1988 a 2009. (Figura 29)

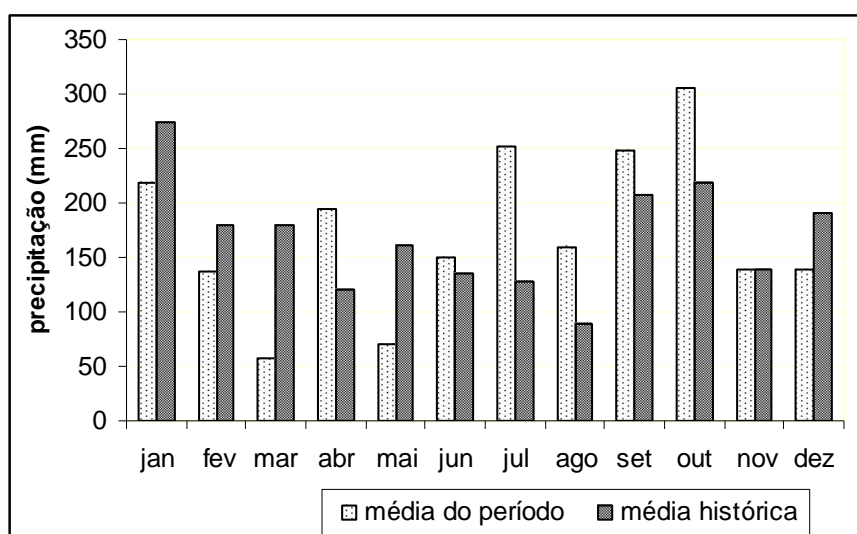


Figura 29- Média da pluviosidade na bacia no período de 2008 e 2009 comparada com a média histórica da região

Fonte: CAMP (1988/ 2009).

Org. Antoneli, V. (2010).

Quando confrontados os dados médios do período monitorado com os dados históricos, conclui-se que há uma variação na distribuição ao longo do ano. Durante o verão a média histórica é maior que o período de monitoramento, já na primavera a pluviosidade histórica é menor que a pluviosidade do período de monitoramento.

Os dados coletados ao longo do monitoramento foram apresentados e classificados na sequência, (Tabela 12). Estes dados referem-se ao ano de 2008 e 2009, não estão computados os dados de precipitação de setembro a dezembro de 2007 e de janeiro a março de 2010, período em que foi monitorada a produção de sedimentos apenas da fumicultura.

Tabela 12- Distribuição da precipitação na bacia ao longo do período de monitoramento (2008 e 2009).

Mês	Precip Total (mm)	nº eventos	< 10 (mm)	Classes das chuvas								
				%	11 a 20 (mm)	%	21 a 40 (mm)	%	41 a 60 (mm)	%	>61	%
jan	218	22	10	45,5	4	18,2	5	22,7	3	13,6	-	-
fev	136,5	13	3	23,1	6	46,2	3	23,1	-	-	1	7,7
mar	57	9	5	55,6	2	22,2	2	22,2	-	-	-	-
abr	194,5	11	3	27,3	3	27,3	3	27,3	1	9,1	1	9,1
mai	69,5	8	4	50,0	2	25,0	3	37,5	-	-	-	0,0
jun	149,5	14	4	28,6	3	21,4	7	50,0	-	-	-	0,0
jul	251,5	16	3	18,8	3	18,8	7	43,8	1	6,3	2	12,5
ago	158,5	15	6	40,0	2	13,3	4	26,7	3	20,0	-	-
set	248,5	18	8	44,4	3	16,7	3	16,7	2	11,1	2	11,1
out	306	26	13	50,0	4	15,4	3	11,5	5	19,2	1	3,8
nov	139,5	18	9	50,0	5	27,8	2	11,1	2	11,1	-	-
dez	138	16	8	50,0	3	18,8	4	25,0	1	6,3	-	-
total	2067	186	76	40,9	40	21,5	46	24,7	18	9,7	7	3,8

**Nota-** algumas chuvas por se prolongarem por alguns dias e que aqui nesta tabela são considerados eventos separados, na análise das perdas de água e solo, foram computadas com um único evento.

Org. Antoneli, V. (2010)

Durante o monitoramento das perdas de solos nos diversos tipos de uso do solo no período que corresponde o ano de 2008 e 2009, ocorreram 186 chuvas. Esses eventos chuvosos foram distribuídos em classes de totais de precipitação, bem como suas respectivas porcentagens. Deste total, 76 eventos (40,9%) dos eventos foram inferiores a 10 mm. Alguns meses apresentaram índices maiores de eventos nesta categoria, como março com 55% e os meses de maio, outubro, novembro e dezembro com 50% das precipitações. Já alguns meses apresentaram valores menores, como os meses de fevereiro com 23,1%, abril 27,3%, e julho com 18,8%.

As chuvas de volume inferior a 10 mm, tendem a apresentar baixas taxas de perdas de solo, mas vale ressaltar que essas perdas dependem de alguns fatores como a intensidade dessas chuvas, tipos de uso e manejo do solo. Se analisados os percentuais dessas chuvas (<10 mm) sazonalmente, nota-se que os meses de inverno apresentam um número menor de eventos chuvosos em relação a primavera e verão.

Nos meses de inverno há um predomínio das chuvas frontais que se caracterizam como eventos de pouca intensidade e período de duração maior. Nos meses de primavera e verão, há uma intensificação no número de eventos <10 mm. Esses eventos estão associados às chuvas convectivas que predominam na bacia nestes períodos do ano. As chuvas convectivas são caracterizadas como eventos de pouca duração e de intensidade maior em relação às chuvas frontais, implicando em um atravessamento maior da água nas áreas de florestas.

Os eventos relacionados à classe entre 11 mm a 20 mm indicam pouca discrepância exceto o mês de fevereiro que apresentou um percentual em torno de 46,2%. Os percentuais dessa classe variam de 13,3% no mês de agosto a 27,8% no mês de novembro. Já a classe entre 21 mm a 40 mm, apresentam variações na distribuição das chuvas ao longo do ano. Nos meses de junho e julho há um aumento no número de eventos dessa magnitude, este fato pode estar atrelado a chuvas frontais que atuam na bacia.

Os meses de janeiro, outubro e agosto, apresentaram os maiores percentuais de chuvas na classe de 41mm a 60 mm. Esses eventos promovem uma maior perda de água e solo nos diversos tipos de usos e, principalmente nas áreas agricultáveis por ocorrerem com maior frequência no período do cultivo do tabaco. Foram identificados 18 chuvas ao longo do período de monitoramento desta classe, destes, 13 deles, (72%) ocorreram no período em que é efetuado o cultivo do tabaco (setembro a março), fato este que pode potencializar as perdas de água e solo nessas áreas.

Eventos chuvosos, classificados com > 61 mm são considerados aqui excepcionais, estes eventos são representados por apenas 3,8% (7 eventos), ocorrendo com maior frequência no outono e na primavera.

Os valores médios da precipitação ao longo do período de monitoramento foram distribuídos sazonalmente. Com esse agrupamento (estações do ano), é possível discutir a importância da variabilidade sazonal da precipitação e correlacionar com a dinâmica do uso e ocupação do solo da bacia ao longo do ano. (Figura 30)

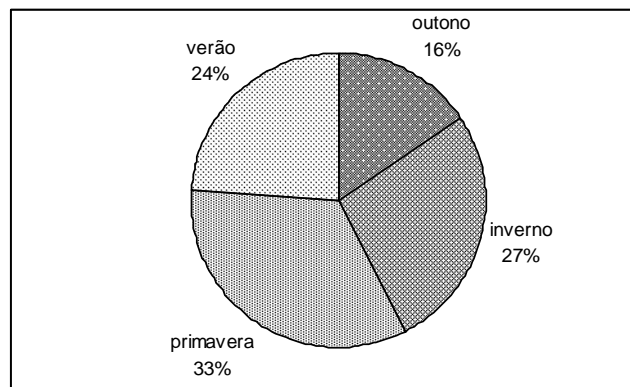


Figura 30- Distribuição sazonal da precipitação na bacia no ano de 2008 e 2009. Org. Antoneli, V. (2010)

O outono é o período de menor pluviosidade com apenas 16% do total. Durante este período as áreas agricultáveis estão sendo remobilizadas (aradas) para a semeadura de inverno, portanto os solos agricultáveis estão mais expostos.

A primavera apresenta o maior índice de pluviosidade (33%), neste período na área agrícola está sendo desenvolvido o cultivo do tabaco, além de ser o período em que se realiza a capina da erva-mate. Essas características associadas ao aumento na precipitação potencializam as perdas de água e solo, além de ser um período de constante movimentação de carroças nas estradas secundárias e nos carreadores rurais nas laterais das áreas agricultáveis, fato este, que implica na maior perda neste período do ano nessas áreas.

Para um entendimento mais detalhado da dinâmica do uso e ocupação da bacia, será apresentado na sequência um calendário agrícola com as principais atividades desenvolvidas na bacia ao longo do ano. Cabe ressaltar que entre os meses de abril a agosto (entre safra), há uma redução nas atividades na bacia. Este período é chamado de “período de folga”, os agricultores após o término do manejo de cultivo do tabaco, ficam um período sem atividades intensivas, até no mês de setembro, quando se inicia a mobilização dos agricultores para o plantio da próxima safra.

## 5.2- Calendário agrícola na Bacia do Arroio Boa Vista

Por se tratar de uma bacia rural, o uso da terra apresenta dinâmicas diferenciadas ao longo do ano. Thomaz (2008), destaca que estas dinâmicas diferenciadas ao longo do tempo têm implicação direta nas variações temporo-espaciais dos processos ambientais em bacias rurais.

A bacia está localizada em uma região subtropical, onde há ocorrência de geadas nos meses de inverno (junho a agosto). A agricultura só se intensifica nas outras estações (setembro a março). Neste período, a bacia está sob domínio do cultivo de tabaco (*Nicotina tabacum*), esta atividade é desenvolvida sem muitas práticas conservacionistas, visto que o solo é revolvido constantemente para a eliminação das ervas daninhas e descompactação da camada superficial. Este procedimento deixa o solo exposto aos processos hidro-erosivos, sobretudo na primavera e verão. Estas especificidades promovem uma paisagem agrícola dinâmica, com modificações constantes no uso do solo, no entanto, o calendário agrícola da fumicultura será discutido adiante (Capítulo VI).

Na sequência foi apresentado um calendário das alterações no uso e ocupação do solo da bacia de forma geral, onde serão enfocados todos os tipos de uso do solo e os períodos em que estes apresentam alterações, (Quadro 1).

O Calendário agrícola foi analisado, partindo do mês de março, por este mês indicar o término da safra (colheita) do tabaco, e a partir deste mês é que as outras atividades nos diversos tipos de uso do solo se iniciam e/ou se intensificam. Como já mencionado anteriormente, o período que corresponde entre os meses de abril a agosto a atividade agrícola diminui, boa parte dos agricultores não cultiva a erva mate e não realiza a roça de coivara, além de alguns agricultores não possuem também reflorestamento de eucalipto para o corte raso para utilização da lenha na próxima safra.

Em determinados períodos a bacia está sob influência de cobertura vegetal de inverno (abril a agosto), que além de servir como uma camada protetora no solo contra os agentes erosivos, atua também na recomposição da matéria orgânica que será incorporada na próxima safra, além de servir também como alimento para os animais (equinos e bovinos).

As atividades representadas em diferentes períodos (meses), não significam que foram realizadas durante o restante do ano. Cita-se como exemplo a aração da terra, o plantio de cobertura de inverno, a colheita do milho e a redução do trânsito das carroças nas estradas secundárias. Estas atividades foram realizadas durante os meses de março e abril. Nos meses de maio junho e julho ocorreram outras atividades e, assim sucessivamente.



Quadro 1 - Calendário do uso da terra ao longo do ano na bacia.

	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev
<b>Atividades agrícolas</b>	Aração da terra; plantio de cobertura de inverno, colheita do milho. Redução do trânsito das carroças											
			Solo agrícola coberto por forragem de inverno; colheita da erva mate. Remoção da vegetação (capoeira), intensificação das áreas de pastagens									
						Preparo do solo início do plantio do tabaco. Queimada e plantio de roça. Corte de eucalipto. Coroamento da erva-mate. Intensificação do trânsito nas estradas						
									Revolvimento constante do solo em cultivo do tabaco. Utilização da tração animal que culmina com a redução da pressão nas pastagens			
										Colheita do tabaco, sem revolvimento do solo. Colheita do feijão nas roças de coivara.		
<b>Precipitação (mensal)*</b>	218	136,5	57	194,5	69,5	149,5	251,5	158,5	248,5	306	139,5	138
<b>Precipitação Acumulada**</b>	354,5		321			401		407		583,5		

\* a Precipitação mensal refere-se a média mensal ao longo do período de monitoramento (2008 e 2009).

\*\*Refere-se aos totais de precipitação do período em que a bacia apresenta uma homogeneidade no uso do solo.

Org. Antoneli, V. (2010)

A fomicultura, por ser a prática agrícola predominante na bacia, acaba impondo o ritmo da dinâmica dos outros tipos de uso do solo. Vários usos são influenciados de forma direta ou até mesmo indireta pela fomicultura. As áreas de florestas que servem como piquetes para os animais sofrem menor pressão durante a safra de tabaco por a maioria dos animais (equinos) serem utilizados nas tarefas diárias na fomicultura.

As áreas de reflorestamento de eucalipto só são cortadas nos períodos de entre safra, para que a madeira seja utilizada na safra seguinte. Assim, também as áreas destinadas ao cultivo de erva mate, só são trabalhadas na entre safra do tabaco. Nos

meses de inverno, faz-se a colheita e a limpeza das entrelinhas, potencializando as perdas de solo neste tipo de uso.

As áreas de capoeira, apesar de pouco representativa na bacia, também são roçadas para a prática da roça de coivara nos meses de julho e agosto (entre safra). Algumas áreas agrícolas, não sofrem influência da fumicultura, são aquelas destinadas à agricultura mecanizada (propriedades maiores que 50 ha), onde se cultiva milho, soja e feijão. Assim, a dinâmica da paisagem rural está intrinsecamente ligada ao calendário agrícola que, por conseguinte, é influenciado pelo cultivo do tabaco, implicando assim, em diferentes respostas de perdas de água e solos ao longo do ano.

### **5.3- Índice de cobertura do solo**

A cobertura do solo, tanto por vegetação quanto por serrapilheira ou camada morta nas áreas agrícolas, atuam como fatores controladores dos processos de salpicamento tendo como consequência a redução das perdas de água e solos. Em áreas de clima subtropical (clima da área de estudo), os índices de cobertura do solo se apresentam de forma diferenciada ao longo das estações do ano.

As áreas de florestas (capoeira, mata secundária e mata de araucária) são compostas por algumas espécies caducifólias, as quais perdem suas folhas durante o inverno. Isso significa, que há uma maior concentração de serrapilheira sob o solo destas áreas e, uma redução nos processos de armazenamento da água da chuva no dossel, o qual potencializa o atravessamento de água, aumentando assim os percentuais de água que chegam até o solo durante os meses de inverno.

As áreas de cultivo de erva mate, reflorestamento de eucalipto, dependem do estágio de crescimento da planta. Reflorestamento de eucalipto com 5 (cinco) anos após o plantio, já pode ser cortado (corte raso) para utilização da madeira como fonte de energia para a secagem das folhas de tabaco. Este processo, promove um rearranjo na cobertura do solo, pois após o corte raso, efetua-se a queimada para fazer a limpeza do terreno, esta prática é indispensável para a retirada da madeira cortada, e principalmente para a brota das árvores de eucalipto. Além de ser importante para a eliminação da vegetação herbácea que seria considerada como vegetação competitiva (Figura 31).



Figura 31- Exposição do solo no corte raso de eucalipto e poda da erva mate – a) reflorestamento de eucalipto sob corte raso com utilização da queimada para remover a madeira; b) local de poda (colheita) de erva mate.

**Nota** – Na figura onde o eucalipto foi cortado, há uma estrada aberta para a passagem da carroça para a retirada da madeira. Na figura “b” - de um lado observa-se as entrelinhas após o corte raso, de outro lado, nota-se a entrelinha sem o corte raso.

Foto. Antoneli, V. (2010).

Este processo potencializa as perdas de água e solo neste domínio, pois além da queima da serrapilheira, o solo fica exposto aos efeitos pluvioerosivos. As queimadas segundo Gigante e Zavala (2007), eliminam a cobertura vegetal do solo, favorecendo assim, o escoamento superficial das águas das chuvas e agravando o processo erosivo, fenômeno explicado pela insuficiência de proteção da camada superficial do solo, que sofre compactação pelas chuvas e vai se tornando impermeável, dificultando a infiltração da água e a brota da vegetação. A queima altera, dessa forma, a umidade do solo, por causa das mudanças na taxa de infiltração de água, situação essa, que potencializa a perda de solo neste estágio do reflorestamento.

Outro problema nas áreas de corte raso de eucalipto é em relação a retirada desta madeira, a qual é efetuada através da utilização de carroças de tração animal. Estas carroças possuem rodas estreitas (8 cm de largura), isso faz com que haja um rebaixamento do solo (trilho) onde esta carroça passa. Estes trilhos atuam como canais de concentração de fluxo de água quando da ocorrência da precipitação, promovendo assim, maior remobilização de solo nesta área.

Vale ressaltar, que há um rodízio nas áreas de corte raso do reflorestamento de eucalipto. Geralmente os agricultores possuem áreas de reflorestamento em diferentes estágios de crescimento, isso significa que todo ano uma parcela da área deste domínio é derrubada. O cultivo da erva-mate, também apresenta uma dinâmica peculiar nos índices de exposição do solo por se tratar de uma cultura permanente, principalmente por o ciclo da cultura ser trienal, entre 3 e 4 anos faz-se a poda rasa, para retirada das

folhas da erva mate. Este procedimento contribui para o aumento nos processos erosivos.

Uma prática comum entre os agricultores que cultivam a erva mate é a capina nas entrelinhas para a remoção das ervas daninhas. Quando os ervais estão em fase de poda (3 anos), a capina não se faz necessária, pois as plantas (erva mate) dificultam o surgimento de ervas daninhas, devido a pouca luminosidade que chega até o solo. Mas quando os ervais são podados (colheita), os agricultores fazem a capina periódica para evitar que as ervas daninhas prejudiquem os processo de brota das plantas de erva mate. Em alguns casos é efetuado o coroamento dos pés de erva mate e, nas entrelinhas as ervas daninhas são dessecadas com herbicidas.

A remoção da vegetação, tanto nas áreas de reflorestamento de eucaliptos como nas áreas de erva-mate, propiciam um aumento nos processos de escoamento superficial e, potencializando as perdas de solos. Há de se levar em consideração que este processo de corte raso (colheita), tanto das áreas de erva mate quanto das áreas de reflorestamento de eucaliptos, são realizados em um espaço de tempo entre 3 e 5 anos respectivamente. Isso significa, que quando avaliado os percentuais de perda de água e solo dessas áreas, deve –se levar em consideração o estágio de crescimento que propicia diferentes percentuais de produção de serrapilheira que vão implicar na exposição do solo.

Através do quadro amostrador de exposição do solo, foram identificados os seguintes percentuais de exposição do solo. (Tabela 13).

Tabela 13 - percentuais sazonais do índice de exposição do solo no ano de 2009

Estações do ano	Faxinal	Mata de Araucária	Mata Secundária	Reflorest. de eucalipto	Pastagem	Erva Mate
Verão	6,5 ±3,5	6,4 ±2,1	10,1±1,5	12,6 ±0,8	6,9 ±1,1	22,1±1,5
Outono	7,1 ±1,5	6,8 ±1,4	5,6 ±3,8	11,5 ±2,9	13,5±2,8	20,4±0,9
Inverno	10,5±3,0	9,8 ±2,3	14,8 ±4,7	19,5 ±3,8	9,7 ±3,9	18,4 ±2,1
Primavera	7,9 ±0,5	9,5 ±0,5	12,4 ±3,1	12,2 ±3,3	8,2 ±4,3	19,1±1,7
Média	8,0 ±2,1	8,1 ±1,8	10,7 ±3,3	13,9 ±3,4	8,9 ±2,9	20,0±1,5
Desvio Padrão*	1,7	1,8	3,9	3,7	3,1	1,6

\* O Desvio Padrão, refere-se as médias apresentadas de cada tipo de uso.

**Nota-** n=10 para todos os tipos de usos.

Org. Antoneli, V. (2010)

Para a avaliação do percentual de exposição do solo nos tipos de uso do solo evidenciado na tabela 13, é necessária uma investigação como é o funcionamento do uso e ocupação destes determinados tipos de uso. Portanto, não basta levar em consideração as características físicas apenas (tipo de solo, relevo, clima e características da vegetação).

As áreas de faxinais apresentam o menor percentual de exposição do solo (8%), mas quando analisados períodos de valores extremos (verão 6,5% e inverno 10,5%), nota-se que há um aumento de cerca de 60% nos percentuais de exposição do solo nos meses de inverno, este aumento pode ser atribuído à redução na produção de serrapilheira na referida estação.

Corroborando com esta questão, Peruceli e Antoneli (2010), encontraram valores de produção de serrapilheira em florestas de Faxinal em torno de 31% no verão e 17% no inverno. Essa questão evidenciada pelos autores contribui para maior exposição de solo nos períodos de inverno, mas vale ressaltar também que as áreas de faxinais da bacia são constituídas de locais de criadouro de animais (bovinos e equinos), os quais promovem mudanças nos percentuais de exposição do solo. Ao longo do ano, esta variação está atrelada ao constante pisoteio, e principalmente ao processo de re-brota da pastagem nos meses de verão.

Nos meses mais frios, muitas espécies de gramíneas acabam morrendo devido as constantes geadas, isso faz com que haja uma maior pressão dos animais sob aquelas espécies que resistem as alternâncias do clima da região, promovendo assim, manchas de exposição do solo que vão influenciar na dinâmica da produção de sedimentos sob este tipo de uso do solo.

Nas áreas de mata de araucária, a média de exposição do solo ao longo do ano é muito próxima do Faxinal (8,1%), além da mesma dinâmica de exposição. No inverno e primavera há um aumento nos índices de exposição (8,9% e 9,5% respectivamente). Este aumento pode ser explicado por dois fatores, primeiro, durante o inverno, ocorre a produção dos frutos da Araucária (pinhão), que serve de alimento para os animais, promovendo maior movimentação destes ao redor das árvores de araucária. O segundo fator, está atrelado ao período em que os animais praticamente não são utilizados nas atividades agrícolas, isso implica em uma permanência maior destes nas áreas.

As áreas de Mata Secundária, apresentam a mesma dinâmica tanto do Faxinal quanto da Mata de Araucária, com aumento nos índices de exposição de solo nos meses de inverno e primavera (14,8% e 12,4% respectivamente) por estas serem

utilizadas também com piquetes. Portanto as diferenças nos percentuais de exposição das áreas vegetadas da bacia podem estar atreladas ao número de animais nas áreas de piquetes.

Já o Reflorestamento de Eucalipto, apresenta um percentual bastante homogêneo, em relação aos meses de primavera, verão, outono e inverno. Esta homogeneidade se dá, principalmente pela característica das espécies. Quando analisada a variação de exposição do solo durante os meses de inverno e correlacionado com os meses de verão, nota-se que há uma variação significativa, sendo que no verão há um aumento em torno de 69,5% do percentual de exposição em relação ao inverno. Portanto, a dinâmica da exposição do solo, é diferenciada pelas características das espécies que compoem esta floresta.

Estes valores estimados podem ser analisados, levando em consideração alguns fatores. Segundo Schumacher *et al.* (1994), o eucalipto, produz dois picos de produção de serrapilheira, um em abril e outro em outubro, justificando assim, um menor índice de exposição do solo nos períodos de outono e primavera.

Mas vale ressaltar, que as áreas de reflorestamento de eucalipto na área de estudos em sua maioria, servem como piquetes (criação de animais de forma extensiva). Condicionando assim as taxas de exposição do solo à pressão exercida pelos animais.

As áreas com pastagens (cultivadas), apresentaram os menores índices médios de exposição do solo (8,9%), mas quando relacionadas às diferenças de exposição entre as estações do ano, nota-se que entre o verão (6,9%) e outono (13,5) há um aumento de 95,6%, para esta última estação. Estes percentuais podem ser analisados por dois vieses; pelas condições climáticas, pois durante o inverno com a ocorrência de geadas, há uma redução no volume da pastagem, implicando no surgimento de manchas de exposição de solo. Essas manchas sofrem a ação do salpico e, por conseguinte uma maior desagregação de material.

Por outro lado, durante o inverno essas áreas de pastagens sofrem maior intensificação do uso. Durante o verão alguns animais (equinos) são utilizados durante o dia nas tarefas das áreas agrícolas, utilizando assim essas áreas de pastagens apenas para pernoitar, diminuindo a pressão sob os pastos. Vale lembrar que estas áreas de pastagens se restringem a pequenas glebas (<3 ha), e que, portanto servem para criação de animais para o próprio consumo (bovino e suínos) e para a utilização no trabalho diário (equinos e muares).

O fator predominante nos índices de exposição do solo nas pastagens está associado ao uso e ocupação. Quando se refere às pastagens (cultivadas), há um rodízio de pastagem para a engorda dos animais, implicando em uma maior ou menor pressão sob o próprio pasto.

As áreas destinadas ao cultivo da erva-mate, apresentam o maior índice médio de exposição do solo (em torno de 20%). Quando analisado os percentuais de exposição sazonal, nota-se que a variação entre os períodos de verão com maior exposição (22,1%) e inverno com menor exposição (18,4%), é baixa, em relação aos demais tipos de uso (em torno de 20%). Esta baixa variação nos percentuais de exposição do solo, ao longo das estações do ano, é decorrência de alguns fatores, tais como a restrição dos animais domésticos sob estas áreas, pois esse tipo de uso do solo não sofre influência dos animais. E principalmente pelo baixo percentual de serrapilheira produzida pela própria planta.

A grande responsável pelo percentual de exposição de solo, é a prática da capina que é realizada periodicamente, quando do aparecimento de ervas daninhas que passam a concorrer com a erva-mate, por luz solar e nutrientes, promovendo assim as manchas de exposição do solo. Geralmente a capina é realizada até os cinco anos, de cultivo, pois a erva-mate necessita de área limpa para se desenvolver, principalmente por ser uma planta de crescimento lento. A partir do quinto ano, é comum a utilização das roçadas, que podem ser manuais ou mecânicas, dependendo do espaçamento usado no erval, além do processo de coroamento. Após a primeira colheita (poda), cerca de 5 anos após o plantio, faz-se o coroamento ou em alguns casos, a capina para a limpeza do erval. O coroamento é realizado nos dois primeiros anos de cultivo, ou nos dois primeiros anos subsequentes à colheita.

Quando se propõe a avaliar os percentuais de exposição do solo neste domínio, é preciso levar em consideração a dinâmica desta cultura. Por exemplo, a colheita é realizada a cada três ou quatro anos, significa, portanto, que ao longo deste período os percentuais de perda de água e solos apresentam variações constantes, devido ao grau de exposição do solo e da característica arbórea da erva-mate. Em ervais com mais de 5 anos, sem a utilização das capinas, há uma diminuição na exposição do solo, onde o aporte na serrapilheira se torna significativo pela grande biomassa (galhos e ramos), que são deixados depois de cada colheita, contribuindo para o aporte de matéria orgânica no solo, refletindo diretamente na redução das perdas de água e solo.

Portanto, os percentuais de exposição do solo, estão atrelados a vários fatores, como fatores climáticos, características da vegetação e forma de uso e ocupação das áreas florestais. Cabe ressaltar, que de acordo com Bray e Gorham (1964), temperaturas elevadas, maior duração no período de crescimento e maior quantidade de insolação constituem-se nos fatores climáticos mais relevantes para a produção da serrapilheira. Os mesmos autores acrescentaram que, de maneira geral, a serrapilheira é composta de 60 a 80% de folhas, 1 a 15% de ramos e 1 a 25% de casca. Neste caso, as florestas constituídas em sua maioria de espécies caducifólias (que perdem suas folhas durante o inverno), contribuem para um maior acúmulo de serrapilheira, diminuindo, portanto os percentuais de exposição do solo.

Quando se faz uma análise pontual por estação dos percentuais de exposição do solo, a precipitação parece influenciar a deposição de serrapilheira. Quando correlacionados os dados de precipitação com a exposição do solo, observa-se que no verão houve maior quantidade de precipitação, ocorrendo uma menor variação no percentual de exposição do solo, exceto na área de erva – mate, a qual durante o verão é realizada a capina das ervas daninhas.

O período de inverno, por apresentar menor índice de precipitação, foi o que apresentou maior índice de exposição do solo. Este fato não está atrelado apenas às condições climáticas e as características da vegetação. Pois sob todos os domínios exceto as áreas de erva-mate, há um contato constate dos animais sob estes domínios.

O contato destes animais se intensifica durante os meses de inverno, principalmente pela diminuição das pastagens e por as florestas serem constituídas de algumas espécies frutíferas como a guabiroba, figueira, araucária, jabuticaba dentre outras. Estas espécies atuam como complemento alimentar dos animais, promovendo assim, uma maior pressão (movimentação) nas áreas destinadas aos piquetes, o qual vai contribuir com o aumento nas perdas de água e solo nos referidos domínios.

As áreas florestais que se faz menção neste trabalho (reflorestamento de eucalipto, mata secundária, Faxinal e mata de araucária), por estarem sob a forma de piquetes, não apresentam sub bosque, pois os animais impedem a regeneração. Neste caso, a água da chuva que atravessa o dossel, promove um impacto direto sob o solo, contribuindo para uma maior desagregação do solo.

Outro fator a ser levado em consideração, são as gotas da água da chuva que se formam no dossel da vegetação, pois acabam se concentrado nas folhas e quando deslocadas em direção ao solo, atingem velocidade considerável. Por não haver



quantidades significativas de serrapilheira devido ao constante pisoteio dos animais, essas gotas contribuem para a ocorrência da erosão por salpico.

#### 5.4- Estabilidade dos agregados

A formação e a estabilização dos agregados do solo ocorrem mediante a atuação de processos físicos, químicos e biológicos, sendo que estes, atuam por mecanismos próprios, nos quais são envolvidas substâncias que agem na agregação e na estabilização (SILVA e MIELNICZUK, 1997). O uso e ocupação do solo também atuam como fator de interferência na estabilidade dos agregados, sendo necessário identificar um uso do solo como parâmetro, geralmente toma-se como base a mata natural como condição original de estabilidade (CORREIA 2002).

Nas áreas de mata, a presença da serrapilheira fornece continuamente material orgânico para o solo contribuindo para a manutenção da microbiota e toda a diversidade. Essas condições ao longo do tempo, também interferem diretamente na formação dos agregados que se tornam mais estáveis ao terem em sua composição compostos orgânicos unindo as partículas do solo.

A seguir, foi analisado a estabilidade dos agregados dos diferentes tipos de uso do solo, inclusive da fumicultura. (Tabela 14).

Tabela 14- comparativo da estabilidade dos agregados entre os tipos de usos na camada superficial (0 a 5 cm de profundidade) com peneiramento submerso em água.

usos	Peso amostra (gm)	Peneira 2 mm (gm)	%	Peneira 0,5mm (gm)	%
Faxinal	50	26,8 ± 3,1	53,5	15,5± 2,8	31,1
Mata secundária	50	27,9± 1,8	55,8	12,7± 2,5	25,4
Refl eucalipto	50	23,8± 1,4	47,6	14,9± 2,0	29,8
Pastagem	50	26,1± 2,2	52,2	16,0± 1,7	32,0
Erva mate	50	22,0± 1,1	44,0	14,8± 0,9	29,7
Plantio direto	50	22,8± 1,4	45,6	10,6± 1,5	21,1
Plantio convenc	50	19,7± 2,3	39,5	8,3± 2,1	16,6

**Nota-** (n = 3).

Org. Antoneli, V. (2010)

Por meio da tabela 14, fica evidente que as áreas vegetadas apresentam maior estabilidade dos agregados devido à cobertura do solo, e a atuação da matéria orgânica que auxilia na agregação do solo. Os valores dos agregados de diâmetro entre 2 mm e

0,5 mm, da área de mata foram muito próximos dos valores apresentados pelo Faxinal e pastagem, sendo um valor superior em torno de 4,1% sobre o Faxinal e, 6,9% maior em relação a pastagem. Já em relação aos agregados com diâmetros de 0,5 mm, a pastagem apresentou maior valor, sendo 3,3% superior ao Faxinal e 21,7% superior a Mata Secundária.

Este aumento pode ser atribuído ao pisoteio dos animais que promovem uma desestruturação dos agregados 2 mm. Já a redução da porcentagem dos agregados de diâmetro de 0,5 mm nas áreas de Mata Secundária e Faxinal, podem ser atribuídos à influência da matéria orgânica na estabilização dos agregados de diâmetros maiores. Outro fator que deve ser levado em consideração na estabilidade dos agregados nas áreas de pastagens, é a influência das raízes das gramíneas.

Portanto, a desagregação do solo da área de Faxinal e Pastagem apresentaram os mesmos valores, pois a variação entre ambas foi pequena (<2%). Tais resultados estão de acordo com o estudo realizado por D'agostini (1981), que observou melhor índice de agregação em solo sob pastagem, atribuindo esse fato à ação mecânica das raízes das gramíneas associada ao grande número de raízes por volume de solo e ao diâmetro reduzido destas.

A estabilidade dos agregados da erva-mate e do plantio direto retidos na peneira 2 mm, apresentaram valores muito próximos sendo uma variação em torno de 3,6% apenas. Mas quando comparados os dados de agregados da categoria 0,5 mm, a erva mate apresenta uma estabilidade superior ao plantio direto em torno de 32,6%. A desagregação total (>0,5 mm) entre estes dois tipos de uso varia em torno de 25,7%. Este valor está pautado na movimentação do solo, mesmo com o plantio direto ao adicionar a cobertura vegetal de inverno as áreas de plantio direto são aradas e gradeadas (niveladora) e na sequência construído os camalhões. Já a erva mate não apresenta revolvimento do solo (exceto o coroamento em casos específicos), nas entrelinhas há uma camada morta que auxilia no aumento da matéria orgânica.

Quando comparadas à estabilidade dos agregados os dois tipos plantio (convencional e direto), verifica-se que há um aumento na estabilidade de 2,0 mm no plantio direto em torno de 15,7% em relação ao plantio convencional. Este valor é bastante próximo também em relação a estabilidade com diâmetros 0,5 mm onde o plantio direto apresenta um valor superior em torno de 27,7%. A desagregação total entre essas duas formas de cultivo foi de 32,5% superior do plantio convencional para o plantio direto. Vale ressaltar, que o plantio direto está sendo utilizado na área de

monitoramento apenas nas duas últimas safras duas safras, antes deste período o manejo era convencional.

O valor estimado em porcentagem dos agregados retidos na peneira de 2 mm na amostra de plantio direto, foi maior em relação a mesma retenção na amostra de plantio convencional. Este valor condiz com aqueles estimados por Beutler *et al.* (2001), onde constataram que o sistema de semeadura direta foi o que apresentou a maior porcentagem de agregados retidos na classe  $> 2,0$  mm.

Relacionando os dados de desagregação total na área de floresta, com as áreas de cultivo, têm-se valores significativos, sendo que a floresta apresenta uma redução em torno de 76% e 134% em relação ao plantio direto e plantio convencional. Estas variações já haviam sido discutidas por Wendling *et al.* (2005), onde concluíra que o cultivo do solo reduz a estabilidade de agregados em água, quando comparado aos valores anteriores ao desmatamento e que o plantio direto aumenta os índices de agregação em relação ao preparo convencional, mas diminui em relação à mata nativa.

### **5.5- Compactação do solo nos diferentes tipos de uso**

A compactação do solo além de influenciar no crescimento radicular, afeta os processos de aeração, condutividade ao ar, à água e ao calor, infiltração e redistribuição da água, além dos processos químicos e biológicos (CAMARGO e ALLEONI, 1997). Neste contexto ela surge como importante agente de distribuição de água e sedimentos em um determinado tipo de uso do solo.

O manual de resistência do solo (USDA 1993), indica o limite de 2 MPa (Mega Pascal) para o crescimento radicular em muitas culturas anuais com preparo convencional, desde que a umidade seja em torno de 0,01 MPa (REICHARDT, 1988). Na seqüência serão apresentados os valores médios de compactação nos diferentes tipos de usos com suas respectivas umidades (Tabela 15). Os dados de compactação do solo referente a fumicultura foram discutidos adiante (Capítulo VI).

As amostras foram coletadas no dia 15/08/2009, portanto estes valores referem-se apenas a um dia de coleta com vários ensaios, não sendo possível identificar a compactação ao longo do ano.

Tabela 15- Avaliação da compactação do solo em diferentes tipos de usos em MPa (Mega Pascal).

Profundidade (cm)	Faxinal	% umidade	mata secundária	% umidade	Reflorest eucalipto	% umidade	erva mate	% umidade	Pastagem	% umidade
0 a 5	0,20	25,8	0,20	28,6	0,42	28,1	0,20	24,5	1,30	19,2
5 a 10	1,10	24,5	1,07	27,5	1,24	27,8	0,20	24,5	1,58	21,1
10 a 15	0,98	25,2	1,24	26,4	1,51	22,3	0,25	24,5	1,72	20,3
15 a 20	0,96	25,2	1,24	26,3	1,40	22,1	0,49	24,3	2,0	20,8
20 a 25	0,76	24,8	1,20	25,4	1,20	23,5	0,87	24,1	1,41	18,9
25 a 30	1,24	23,5	1,20	25,2	1,20	23,5	0,74	24,2	1,28	19,1
30 a 35	1,45	23,9	1,08	24,2	1,11	25,1	0,82	24,4	1,28	18,4
35 a 40	1,42	23,1	1,12	23,8	1,21	25,6	0,87	24,2	1,13	18,1
40 a 45	1,39	23,5	1,05	25,6	1,05	25,8	0,82	24,4	1,10	17,9
45 a 50	1,62	24,1	1,01	25,1	1,17	25,5	1,01	23,7	1,01	18,0

N=6 em todos os tipos de uso.

**Nota** – o valor da resistência do solo é o resultado gerado pelo programa PENETRON' (Stolf, 1991), que converte o resultado de kgf/cm<sup>2</sup>, automaticamente para MPa, portanto não é possível identificar o Desvio Padrão das amostras, pois entra-se com os dados de diversas coletas no programa e ele geral automaticamente o resultado médio.

Org. Antoneli, V. (2010)

Por meio dos dados da tabela 15, verifica-se que a variação da umidade do solo não apresentou alterações significativas entre os tipos de uso do solo. Os valores entre a Mata Secundária como o reflorestamento de eucalipto foram próximos, assim como o Faxinal apresentou valores próximos ao cultivo da erva mate. Apenas a pastagem apresentou uma umidade menor em relação aos demais tipos de uso. Já a resistência do solo a penetração se portou de forma diferenciada entre os tipos de usos.

Ressalta-se que os locais mensurados no Faxinal, na Mata de Araucária e na erva-mate estão sobre um Cambissolo. Já as áreas de Mata Secundária e fumicultura sobre um Latossolo e a pastagem sobre um Neossolo. Portanto, o tipo de solo apresenta textura diferente que por conseguinte, pode indicar resistência e umidade diferenciada.

Na Mata Secundária, a camada superficial apresentou uma resistência de 0,20 MPa na profundidade de 0 a 5cm, sendo considerada uma baixa resistência do solo que pode ser atribuída a influência da camada de serrapilheira. Nota-se que entre 20 e 30 cm há uma camada que apresenta uma resistência pouco maior em relação as demais, sendo que em todo o perfil (exceto na camada superficial), há uma resistência moderada.

Na área de Faxinal, a compactação do solo na camada superficial (0 a 5 cm) foi idêntica a compactação da mata secundária, valor muito próximo também na camada entre 5 e 10 cm (1,10 MPa), no entanto, as camadas entre 10 e 25 cm apresentaram menor compactação, sendo considerada uma baixa compactação nestas camadas. Já as profundidades entre 25 e 50 cm, a compactação do solo foi maior com uma compactação moderada.

O reflorestamento de eucalipto apresentou uma compactação maior em relação as outras áreas vegetadas, esta compactação maior pode ser atribuída a utilização da área de reflorestamento de eucalipto para a criação de animais (piquetes). Vale ressaltar que a área de reflorestamento de eucalipto onde foi realizada a mensuração era uma área Faxinal, e com o plantio de eucalipto, a pastagem natural ficou restrita a apenas algumas “manchas”, onde os animais acabam exercendo maior influência na compactação.

A erva mate apresentou menor resistência (menor compactação) dentre os tipos de uso do solo, sendo considerada uma baixa resistência em todo o perfil exceto na profundidade de 50 cm, onde a resistência foi de 1,01 MPa. Esta menor compactação do solo no cultivo de erva mate, pode ser atribuído a alguns fatores como a não

remobilização do solo, redução considerável do pisoteio de animais e principalmente a decomposição dos restos vegetais da colheita. Outro fator importante nesta redução da compactação está atrelada a camada morta nas entrelinhas, formadas por restos culturais e pela decomposição das plantas invasoras que são removidas através de herbicidas.

As áreas de pastagem foram as que apresentaram a maior compactação desde a camada superficial 30 cm a compactação foi moderada, variando de 1,30 MPa na superfície até 2,0 MPa à 15 cm de profundidade. Nas profundidades entre 15 cm a 20 cm a compactação girou em torno de 1,28 MPa. Esta compactação pode ser atribuída ao pisoteio dos animais e falta de remobilização do solo. Nas profundidades entre 30 cm a 50 cm, a resistência do solo foi diminuindo conforme a profundidade ia aumentando, havendo uma variação entre 1,28 MPa na camada entre 25 e 35 cm a 1,01 MPa na camada entre 45 cm e 50 cm.

Portanto, a compactação do solo é uma das variáveis importantes que deve ser levada em consideração quando se propõe avaliar as perdas de solos e de água em determinados tipos de usos.

#### **5.6- Perda de água e solo em diferentes tipos de uso do solo.**

Na sequência foram analisadas as perdas de água e solo nos diferentes tipos de uso do solo, consideradas culturas permanentes (reflorestamento de eucalipto, cultivo de erva mate e pastagem), além das áreas de vegetação permanente como os Faxinais, a Mata de Araucária e a Mata secundária, por apresentarem poucas alterações ao longo do ano, foram discutidas as perdas de água e solo ao longo do monitoramento (2008/2009) e algumas possíveis variáveis que interferem nestas perdas.

Neste contexto, a fumicultura por ser uma cultura temporária, foi analisada separadamente, por apresentar uma alteração constante tanto no manejo (uso do terra), quanto na exposição do solo.

Os dados de perda de água dos diversos tipos de uso do solo foram interpretados em litros por metro quadrado ( $L/m^2$ ), sendo que a média das parcelas foram convertidas em porcentagem de perda de água. Já, as perdas de solo foram analisadas em gramas por metro quadrado ( $g/m^2$ ) sendo convertido na sequência em toneladas por hectare (t/ha), para efeito comparativo com as pesquisas apresentadas na literatura que em sua maioria apresentam valores nesta unidade.

### **5.6.1- Perda de água e perda de solo em área de Faxinal**

O Faxinal, por ser um sistema agrosilvopastoril, apresenta dinâmicas diferenciadas na disponibilidade de água e produção de sedimentos ao longo do ano. Quando se propõe avaliar as perdas de água e solo neste sistema, deve ser levado em consideração alguns fatores como, por exemplo, número de animais por hectare, rotatividades dos animais neste sistema, áreas de pastagens naturais (campos abertos) e áreas de capões de matas, índice de exposição do solo ao longo do ano e compactação do solo. Este tipo de uso do solo representa (2009), cerca de 5,3% da área da bacia, e conforme discutido anteriormente, o faxinal que se faz menção aqui, não está relacionado ao uso comum das propriedades.

Na sequência foram apresentados os percentuais de perda de água neste tipo de uso (Tabela 16), do ano de 2008 e 2009 e, como discutido na metodologia, as parcelas P1, P2 e P3 foram instaladas na área de pastagem natural (clareiras), já as parcelas P4 e P5 foram instaladas nos capões de mata.

Através de caminhamentos durante as chuvas ao longo do monitoramento, notou-se que sua intensidade (apesar de não ser monitorada), as características da vegetação relacionadas às estações do ano, são fatores que implicam na dinâmica de perda de água nas áreas de Faxinal. Mas o fator que mais contribui para essas perdas são as formas de uso dessas áreas. Por ser considerado um sistema agrosilvopastoril, há a influência direta dos animais neste sistema, promovendo revolvimento de serrapilheira, compactando o solo devido ao pisoteio constante, remoção da vegetação herbácea inibindo a regeneração.

Considerando que a distribuição da precipitação apresentou um aumento em torno de 17,7% no ano de 2009. Neste caso, a tendência é que quanto maior o volume de chuvas, maior são as perdas de água e solo, mas percebe-se que em alguns casos a perda de água e a perda de solo, apresentaram índices maiores no ano de 2008 em relação ao ano de 2009. Cabe considerar, que em anos de redução das precipitações, as chuvas tendem a ser mais intensas, já anos de precipitação acima da média, tendem a ser chuvas mais prolongadas, porém menos intensas. Sendo este um fator que pode ser atribuído a variação das perdas de água e solo ao longo do do monitoramento.

Tabela 16- Perda de água nas áreas de Faxinal.

Mes	Ano de 2008							Ano de 2009						
	P1 (L/m <sup>2</sup> )	P2 (L/m <sup>2</sup> )	P3 (L/m <sup>2</sup> )	P4 (L/m <sup>2</sup> )	P5 (L/m <sup>2</sup> )	Perda de água em %*	Chuva (mm)	P1 (L/m <sup>2</sup> )	P2 (L/m <sup>2</sup> )	P3 (L/m <sup>2</sup> )	P4 (L/m <sup>2</sup> )	P5 (L/m <sup>2</sup> )	Perda de água em %*	Chuva (mm)
jan	5,5	4,9	1,5	0,5	0,5	1,4	187	2	2,1	1	0,9	0,8	0,31	258
fev	8,4	8	4,6	1,7	1,5	4,8	101	5,1	2,8	2,8	1,7	1,8	1,14	158
mar	9,7	7,3	7	2	1	11,0	59	1,1	2,1	2,1	0,8	0,5	0,91	55
abr	6,4	7,7	13,2	3,5	4,2	2,0	353	0,6	1,6	1,1	0,3	0,4	0,89	45
mai	3,1	6,5	5,8	0,8	1,3	1,9	188	3,7	7,2	1,9	1,1	1,6	1,52	105
jun	1,8	3,1	1,8	0,6	1,3	0,9	183	1,6	1,6	1,1	0,6	0,6	0,27	226
jul	1,5	1,1	1,1	0,3	0,3	0,6	155	4,6	6,3	2,8	1,2	2,0	0,54	370
ago	3,4	1,3	1,6	0,8	0,5	0,7	207	2,3	1,6	1,5	0,6	0,8	0,63	126
set	0,9	0,5	0,3	0,2	0,1	0,4	102	7,6	4	5,9	1,8	2,2	0,54	408
out	4	4,2	6,5	1,1	2,3	1,2	306	5,5	3,9	3,6	1,3	1,7	0,64	266
nov	0,2	0,2	0,2	0,6	0,4	0,5	60	3,6	9,1	0,8	1,2	1,3	0,80	162
dez	0,9	0,3	0,9	0,2	0,1	1,3	37	2,0	2,1	1,5	0,5	0,5	0,54	92
Média (L/m <sup>2</sup> )	3,8	3,8	3,7	1,0	1,1	2,2	1938	3,3	3,7	2,1	0,9	1,1	0,7	2271
Desvio Padrão	1,5						-	1,2						-

\* Refere-se a porcentagem média de perda de água das 5 parcelas.

**Nota** - O Desvio Padrão, refere-se a média (L/m<sup>2</sup>) das parcelas.

Org. Antoneli, V. (2010)



Discutindo, de uma forma geral a tabela 16, nota-se que o percentual de perda de água, não segue um padrão influenciado pela pluviosidade, meses com pluviosidades menores apresentaram maiores perdas de água, como é o caso do mês de março de 2008, com uma precipitação total de 59 mm com perdas de água elevadas principalmente na parcela P1, que apresentou a maior perda dentre todas as parcelas  $9,7 \text{ L/m}^2$  (16,4%), Já o mês de novembro a precipitação também foi menor em relação as demais (60 mm), entretanto o escoamento superficial foi de apenas  $0,2 \text{ L/m}^2$ , nas três primeiras parcelas do ano de 2008, apresentando um percentual de apenas 0,3%.

O mês de abril registrou a maior média de perda de água,  $7,0 \text{ L/m}^2$ , com uma precipitação de 353 mm, (18,3% do total), no entanto a perda foi de 2,0%. O mês de agosto de 2008 apresentou uma precipitação de 207 mm, cerca de 245% superior ao mês de novembro, no entanto os valores de perda de água foram próximos (0,7 % e 0,5% respectivamente).

No ano de 2009, alguns meses também apresentaram estas disparidades como é o caso do mês de maio, com uma precipitação de 105 mm, e perda de água de  $3,1 \text{ L/m}^2$  (1,5%), neste mês a parcela P2, apresentou a segunda maior perda de água dentro todas as parcelas, sendo inferior apenas ao mês de novembro, onde esta mesma parcela apresentou uma perda de  $9,1 \text{ (L/m}^2)$ , em contrapartida, o mês de julho apresentou pluviosidade de 370 mm, com uma perda de água de  $3,19 \text{ (L/m}^2)$ , (perda igual ao mês de maio), no entanto a precipitação foi de 370 mm (253,3% superior ao mês de maio). Os meses de julho e setembro apresentaram as maiores precipitações (370 mm e 408 mm respectivamente), no entanto, indicaram as menores perdas (0,5%).

Estas variações podem ser explicadas por dois fatores, o primeiro relacionado à intensidade da precipitação e a forma de uso e ocupação nos diferentes períodos do ano.

Fica evidente a diferença na perda de água nas áreas de florestas (capões) e nas áreas de pastagens naturais. As Parcelas P1, P2 e P3 apresentaram perdas de água em torno de 2,8% em 2008 e 2,5% em 2009, enquanto que as parcelas P4 e P5 apresentaram índices menores, em torno 1,6% (2008) e 1,0% (2009), valor próximo daquele encontrado por Dechen *et al.* (1981) que avaliaram o efeito de gramíneas nas perdas em sistema agrosilvopastoril, encontraram valor de 0,6%.

Desconsiderando as características das parcelas e elaborando uma média de perda de água para o Faxinal encontra-se um valor de 1,9% ao longo do monitoramento

No entanto os valores encontrados por esta pesquisa estão acima daquele encontrado por Aguiar *et.al.* (2006) em pesquisas realizadas em sistema agrosilvopastoril no Ceará, sendo encontrado perdas de água de 0,04%, entretanto estão próximos daqueles encontrados por Thomaz (2006), em pesquisas em áreas de Faxinal no município de Guarapuava-PR, com valores em torno de 2,6% de perda de água. Vale ressaltar que o sistema agrosilvopastoril pesquisado pelos Aguiar *et.al* (2006), difere-se do sistema agrosilvopastoril desta pesquisa, além de as condições climáticas e paisagísticas serem diferentes.

Apesar de não ser monitorada a intensidade das precipitações, os períodos de inverno e outono na região são caracterizados por chuvas frontais, com longos períodos de duração e baixa intensidade, já os meses de primavera e verão há um aumento nas chuvas convectivas que se caracterizam por serem de curto período de duração e de intensidade maior (Tabela 17).

Quando se atribui o índice de perda de água no Faxinal a estes períodos do ano, conclui-se que há uma influência da quantidade de chuvas nas perdas de água, que são potencializadas pelo pastoreio intensivo em alguns períodos. Haja visto, que estas áreas como já discutidas anteriormente apresentam intensificação diferenciada no uso ao longo do ano.

As discrepâncias entre as precipitações e as perdas de água, em alguns meses, discutidas anteriormente refletem diretamente na variação dos índices sazonais de pluviosidade e de perda de água.

Tabela 17- Perda de água sazonal no Faxinal no ano de 2008 e 2009.

estações	2008				2009			
	total de perda de água (%)	total Período em (%)	chuva (mm)	chuva (%)	total de perda de água(%)	total Período em (%)	chuva (mm)	% chuva
verão	7,5	28,1	325	16,9	1,9	22,9	508	22,4
outono	14,9	55,8	600	30,6	3,3	38,2	205	9,0
inverno	2,2	8,2	545	28,3	1,4	16,6	722	31,8
primavera	2,1	7,9	468	24,3	2,0	22,8	836	36,8
Total	26,7	100,0	1938	100	8,7	100,0	2271	100

**Nota-** os valores de perda de água mensal foram somados e agrupados em suas respectivas estações, do qual se extraiu a percentual de perda de água de cada período. Org. Antoneli, V. (2010)

O verão de 2008 apresentou a menor precipitação pluviométrica (325 mm) o que corresponde 16,8% do total. O total de precipitação do verão é 84% menor que o período de outono. A precipitação do inverno foi 10,1% inferior ao outono, no entanto

a perda de água foi 118,1% inferior. O inverno e primavera, apesar da precipitação ser maior em relação ao verão, a perda de água destes dois períodos quando correlacionados com os valores apresentados pelo verão foram 240,9% e 257,1% inferiores.

No ano de 2009, a precipitação foi 17,1 maior em relação ao ano de 2008. A primavera apresentou uma precipitação de 836 mm (36,8% da precipitação anual). Já no outono a precipitação foi de 205 mm (9% da precipitação anual), se confrontados estes dois períodos, conclui-se que a precipitação na primavera foi 307,8% superior ao outono, no entanto a perda de água entre estes dois períodos foi de apenas 65%.

Destaca-se que no ano de 2009, a precipitação não influenciou de forma significativa nas perdas de água, na primavera e inverno choveu cerca de 1558 mm (68,6% do total), no entanto as perdas de água representaram 39,4% do total. Sendo que a precipitação do verão e outono foi responsável por 31,4%, como uma perda em torno de 60,6%.

Quando confrontadas a precipitação do outono (205 mm) com a precipitação do inverno (722), no ano de 2009, nota-se que há um aumento de 252,1%, no entanto se confrontadas as perdas de água, conclui-se que o outono apresenta um aumento em torno de 130,1%. Neste caso, o volume de chuva não foi fator predominante nas perdas de água.

Quando elaborada uma sequência de perda de água ao longo do período de monitoramento, tem-se: outono, verão, primavera, inverno, mas quando elaborada uma sequência nos índices de precipitação, tem-se: primavera, inverno, verão, outono. Ou seja, o período de maior volume de precipitação (primavera) não condiz com o período de maior perda de água, já o outono que apresentou a maior perda de água foi o que apresentou menor volume de precipitação.

Por o Faxinal ser caracterizado por áreas de floresta e áreas de pastagens, quando se propõe investigar a dinâmica na produção de sedimentos, é necessário distribuir as parcelas de monitoramento, levando em consideração essas especificidades deste tipo de uso do solo. Com base nas informações apresentadas na tabela 18 na sequência, nota-se que a dinâmica da produção de sedimentos, não segue um padrão influenciado pela pluviosidade. Ao término do monitoramento do ano de 2008, as perdas de solos das 5 parcelas apresentaram um valor médio anual de 0,166 t/ha e ano de 2009 uma perda de 1,220 t/ha, mas como o Faxinal apresenta, áreas com florestas (capões) e áreas com pastagens naturais, o potencial de perda de solos foi diferenciado.

Tabela 18- Perda de solos do Faxinal em 2008 e 2009.

mes	Ano de 2008							Ano de 2009						
	P1 (g/m <sup>2</sup> )	P2 (g/m <sup>2</sup> )	P3 (g/m <sup>2</sup> )	P4 (g/m <sup>2</sup> )	P5 (g/m <sup>2</sup> )	Média (g/m <sup>2</sup> )	Chuva mm	P1 (g/m <sup>2</sup> )	P2 (g/m <sup>2</sup> )	P3 (g/m <sup>2</sup> )	P4 (g/m <sup>2</sup> )	P5 (g/m <sup>2</sup> )	Média (g/m <sup>2</sup> )	Chuva mm
jan	1,9	3,0	0,9	0,4	0,5	1,3	187	0,7	1,1	0,5	0,2	0,3	0,6	258
fev	1,5	0,5	0,6	0,3	1,0	0,8	101	1,5	1,1	1,4	0,6	0,6	1,0	158
mar	0,7	0,4	0,5	0,1	0,6	0,4	59	0,4	1,0	0,5	0,3	0,2	0,5	55
abr	2,7	4,2	6,0	2,2	2,0	3,4	353	0,4	0,7	0,3	0,2	0,1	0,3	45
mai	1,3	4,5	4,2	0,4	0,4	2,2	188	1,3	3,6	1,0	0,5	0,5	1,4	105
jun	1,1	1,6	0,7	0,4	0,4	0,8	183	1,8	1,6	1,2	0,1	0,2	1,0	226
jul	5,9	6,5	5,5	0,7	0,1	3,8	155	4,2	3,8	1,8	0,4	0,7	2,2	370
ago	2,9	2,5	2,6	0,8	0,3	1,8	207	0,7	0,9	1,1	0,3	0,3	0,7	126
set	0,2	0,2	0,1	0,1	0,01	0,1	102	1,9	2,2	3,6	0,7	0,7	1,8	408
out	1,2	2,8	3,6	0,3	0,6	1,7	306	1,8	1,9	1,6	0,6	0,6	1,3	266
nov	0,0	0,01	0,1	0,01	0,1	0,1	60	0,6	1,1	0,5	0,5	0,4	0,6	162
dez	0,1	0,1	0,2	0,01	0,01	0,1	37	0,7	1,3	1,0	0,2	0,2	0,7	92
Total g/m <sup>2</sup>	19,6	26,3	25,0	5,9	6,2	16,6	1938	16,0	20,2	14,5	4,6	4,8	12,2	2271
Total t/ha	0,196	0,263	0,250	0,059	0,062	0,166	-	0,160	0,202	0,145	0,046	0,048	122,2	-
Desvio P	3,6*		2,2**		-	-	-	2,9		1,6		-	-	-

**Nota** \* o Desvio padrão refere-se as Parcelas P1 P2 e P3, que foram instaladas em áreas de pastagem natural.

\*\* O Desvio padrão refere-se as Parcelas P4 e P5, que foram instaladas em áreas de mata (capões).

Org. Antoneli, V. (2010)

As parcelas (P1, P2 e P3), foram instaladas em área de pastagem natural, a qual apresentou um valor médio de produção de sedimentos em torno de 0,202 t/ha durante os dois anos de monitoramento, este valor é atribuído a inexistência da vegetação e, ao constante pisoteio dos animais. Durante o inverno, devido as constantes geadas, as gramíneas sofrem uma redução tanto pelas condições climáticas, quanto pela pressão exercida pelos animais, pois na área de Faxinal não há rodízio de pastagens. Esta redução das gramíneas acaba produzindo algumas manchas de exposição do solo, sendo este um fator que potencializa a produção de sedimentos.

Já a parcela P4 e P5, foram instaladas em uma área de mata (capão), a taxa de perda de solo foi menor em relação às demais parcelas apresentando uma perda média dos dois anos de monitoramento de apenas 0,053 t/ha, uma redução de 277,2% em relação às parcelas P1, P2 e P3. Esta redução esta pautada nos condicionantes que compõem a mata (capão). Apesar de não ser mensurado o índice de atravessamento da água da chuva na área de estudos, foi verificado na literatura que a vegetação tem papel importante na diminuição nos processos erosivos. A mata acaba reduzindo o impacto da gota da água da chuva no solo, além de uma parte da chuva ficar retida nas folhas. Contudo, a própria vegetação auxilia na retenção dos sedimentos devido a serrapilheira, as raízes e outros fatores que contribuem para a redução dessas perdas.

Como visto anteriormente, no inverno as áreas de pastagem apresentam um percentual de exposição do solo em torno de 13,5% e no verão este percentual é reduzido para 6,9%, ou seja, há uma redução de 95% nos índices de exposição do solo. Sendo este um dos condicionantes que auxiliam as perdas de água e solo.

Para uma melhor visualização das perdas de solo sobre o Faxinal, os dados foram tabulados sazonalmente correlacionando com os índices de pluviosidade.

Em uma análise sazonal dos índices de perda de solo e dos totais de precipitação, conclui-se que a intensidade da precipitação potencializa os índices de produção de sedimentos, cita-se como exemplo, o outono e o inverno, ou seja, entre os meses de março e setembro, ocorre uma maior perda de solos, que é potencializada pelos índices mais elevados de precipitação. O inverno de 2008, a perda de solos foi de 7,8 g/m<sup>2</sup> com uma precipitação em torno de 545 mm (28,3% do total). Já o período de inverno de 2009, apresentou uma perda de solos de 4,5g/m<sup>2</sup> e uma precipitação de 720 mm (31,8%) (tabela 19).

Tabela 19- Perda de solos e pluviosidade sazonal de 2008 e 2009 no Faxinal.

Estações	2008				2009			
	Perda de solo (g/m <sup>2</sup> )	Total Período em (%)	Chuva (mm)	Chuva (%)	Perda de solo (g/m <sup>2</sup> )	Total Período em (%)	Chuva (mm)	Chuva (%)
verão	2,4	12,5	325	16,9	2,6	18,7	508	22,4
outono	6,8	35,4	600	30,6	2,5	18,1	205	9,0
inverno	7,8	40,6	545	28,3	4,5	32,5	722	31,8
primavera	2,2	11,4	468	24,3	4,3	31,1	836	36,8
Total	19,2	99,9	1938	100,1	13,9	100	2271	100

**Nota** - foram encontradas as médias entre as parcelas somando os valores de cada mês e agrupadas por estação.

Org. Antoneli, V. (2010)

O verão e a primavera de 2008 apresentaram valores próximos de perda de solo, com uma concentração de 2,4 g/m<sup>2</sup> e 2,2 g/m<sup>2</sup> respectivamente, apesar de que a primavera apresentou um índice maior de pluviosidade em torno de 60%. Neste caso, o volume de precipitação não foi fator predominante nas perdas de solo.

Se agruparmos os dois períodos (outono e inverno), teríamos uma perda total de solo em torno de 14,6 g/m<sup>2</sup> no ano de 2008, ou seja, cerca de 76,9% da perda de solos ocorre nestes dois períodos. A precipitação nessas duas estações, também é superior a primavera e verão, ocorrendo uma precipitação de 1145 mm (59,1%).

No ano de 2009, também há um aumento nos índices de perda de solo no período de inverno em relação as demais estações e uma redução nas perdas no período de inverno, com uma estimativa de perda de solo em torno de 4,5g/m<sup>2</sup>, 37,8% do total anual. A redução nas perdas de solo do outono quando comparado ao mesmo período de 2008, pode ser explicada pela diminuição no índice de chuva, que no ano de 2009 foi de apenas 9%, já o mesmo período em 2008 o percentual foi 30,1%.

Portanto, a perda média de solos estimada ao longo do ano de 2008 foi de 0,166 t/ha/ano. Já no ano de 2009 a perda média de solo foi de 0,122 t/ha/ano. Estimando uma média de perda de solos ao longo do período (24 meses), tem-se um valor em torno de 0,144 t/ha/ano. Estes valores estão dentro da faixa de perda tolerável encontrado por Young (1997), que foi de 2,0 t/ha/ano em sistemas agroflorestais multiestratificados.

O valor encontrado por esta pesquisa condiz com aqueles encontrados por Ribaski *et al.* (2005), que em um estudo realizado em Alegrete-RS, no período de julho a setembro de 2004, verificou perdas de solo em torno 0,032 t/ha e 0,018 t/ha

nos sistemas silvipastoris, com pinus e com eucalipto, respectivamente. Aguiar *et al.* (2006), encontraram valores de 0,150 t/ha/ano. Thomaz (2005), em pesquisas em área de faxinal com existência de pastoreio em Guarapuava- PR encontrou valores médios de perdas de solo em torno de 0,211t/ha. Morgan (2005) corrobora com esta questão, afirmando que em condições naturais a perda de solo há uma variação de 0,0045 t/ha em área de relevo pouco declivoso, e 0,45 t/ha de perdas de solo para áreas de relevo mais declivoso. Dechen *et al.* (1981) avaliaram o efeito de gramíneas no controle de erosão identificando perdas de solo de 0,100 t/ha/ano.

Em caminhamentos na área de Faxinal ao longo do monitoramento, nos permitiu concluir, que a perda de solo também sofre influência do manejo das áreas de Faxinal (roçada da vegetação herbácea), quantidade de animais e percentuais de área de Faxinal destinada à pastagem natural e áreas florestadas. Para uma melhor interpretação da dinâmica erosiva na área de Faxinal, foram correlacionados os dados de precipitação, com as perdas de água e solo, (Figura 32).

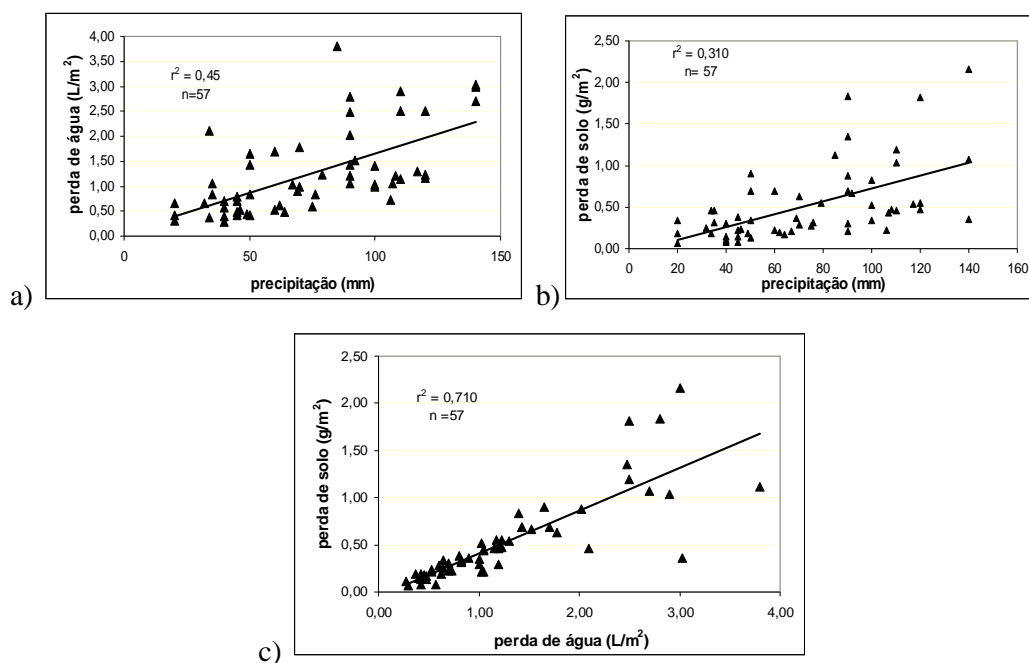


Figura 32– correlação entre a precipitação, a perda de água e perda de solos nas áreas de Faxinal. a) Correlação entre a precipitação e a perda de água; b) correlação entre precipitação e a perda de solo; c) correlação entre perda de água e perda de solo. Org. Antoneli, V. (2010)

Nota-se que há uma baixa correlação entre a precipitação e a perda de água nas áreas de Faxinal ( $r^2=0,450$ ), que pode ser atribuída à influência da vegetação na

redistribuição da água da chuva nas áreas de capões, além da intensidade e volume dessas precipitações. Deve-se levar em consideração também a dinâmica do uso do solo, que em determinados períodos sofrem menor influência dos animais e em outros maior pressão.

Outro fator que deve ser levado em consideração é a dinâmica de deposição de serrapilheira nas áreas de Faxinal, implicando em uma alteração no índice de exposição do solo influenciando na perda de água que chega ao solo. Essas peculiaridades também influenciam na baixa correlação entre a precipitação e as perdas de solo, havendo uma baixa correlação entre estas variáveis ( $r^2 = 0,315$ ).

Nota-se que uma alta correlação entre a perda de água e solo ( $r^2=0,719$ ), significa portanto que cerca de 71% da perda de solos é influenciada pelo escoamento superficial.

A unidade animal por hectare (UA/ha)<sup>16</sup> na área de Faxinal da bacia foi de 0,9, UA/ha, um valor acima (80%) daquele proposto por Boin (1986), que indica lotação 0,5 UA/ha em pastagens nativas.

Com relação ao número de animais por hectare, Veiga e Tourrand (2001), em pesquisas na Amazônia, desenvolveram uma classificação para avaliar a resposta das pastagens, manejadas extensivamente, à pressão de pastejo (lotação animal) nas condições regionais. Segundo essa classificação, se a lotação de animal por hectare for menor que 0,75, esta é considerada baixa. Valores entre 0,75 a 1,25 são considerados médios e, valores acima de 1,25 apresentam uma alta lotação de animal por hectare que promove alterações nas condições físicas do solo e na regeneração das pastagens. Portanto a lotação de animais na área de Faxinal na bacia é considerada média, promovendo alterações nas perdas de água e solo.

Destaca-se que as áreas de Faxinal na bacia, em sua maioria estão distribuídas (especializadas) nas áreas próximas aos corpos hídricos pois os animais utilizam esta água para a sedentação. Neste caso, grande parte das perdas de solo se conectam diretamente com os corpos hídricos.

### **5.6.2- Perda de água e perda de solo em Mata de Araucária**

A mata de araucária é representada por 13,5% da área (0, 88 km<sup>2</sup>) na Bacia do Arroio Boa Vista, esta pequena parcela está atrelada a alguns fatores que ao longo do

---

<sup>16</sup> UA/ha- Unidade animal por hectare que equivale ao número de animais de 450 kg de peso vivo.



tempo potencializaram esta redução. A exploração da madeira é a principal responsável, além do avanço das áreas de agricultura que aos poucos foram transformando áreas florestas em áreas destinadas ao cultivo principalmente do tabaco.

As áreas de Mata de Araucária na bacia estão atreladas àquelas áreas de piquetes (criação de animais de forma extensiva) com um valor de 0,7 UA/ha. Essa peculiaridade implica em alguns distúrbios na dinâmica superficial do solo.

A perda de água na área de Mata de Araucária se portou de forma parecida entre as parcelas, exceto a parcela P3 que no ano de 2009, apresentou menor índice de perda de água. A parcela P3, foi instalada em um local com pouco trânsito de animais, por não haver nenhum carreador (caminho preferencial) próximo e principalmente por não haver árvores frutíferas próximas das parcelas. Já as parcelas P1 e P2, apresentaram maiores perdas de água, que podem estar atreladas a maior mobilização dos animais, principalmente por estarem instaladas próximas de árvores frutíferas.

Outro fator observado é em relação a serrapilheira, a parcela P3 foi instalada em um local próximo a uma *Araucaria angustifolia*, a qual produz uma quantidade maior de acículas. Esta produção maior de acículas (folhas), foi evidenciada por Cunha *et al.* (1993), em uma Floresta Estacional Decidual, em Santa Maria, Rio Grande do Sul, onde 66% da serrapilheira era constituída por folhas. Figueiredo Filho *et al.* (2005), vem corroborar com esta questão, ao avaliar a produção anual de serrapilheira na Floresta Nacional de Irati- PR (FLONA), que é uma Floresta Ombrófila conclui também que maior parte da produção de serrapilheira é composta por folhas (57%). Isso mostra que a serrapilheira em mata de Araucária (Ombrófila mista) apresenta um grande percentual de folhas e as folhas da Araucária (acículas), devido sua estrutura acaba retendo mais água dificultando o escoamento superficial. Devido ao seu formato pontiagudo, as acículas dificultam a retirada da pastagem que se regenera junto delas, promovendo maior cobertura do solo e atuando na diminuição do escoamento superficial. Na seqüência foram apresentadas as perdas de água nas parcelas de mata de araucária no ano e 2008 e 2009. (Tabela 20)

Tabela 20- Perda de água mensal em Mata de Araucária no ano de 2008 e 2009

mes	Ano de 2008					Ano de 2009				
	P1 (L/m <sup>2</sup> )	P2 (L/m <sup>2</sup> )	P3 (L/m <sup>2</sup> )	Perda de água %*	Chu- va (mm)	P1 (L/m <sup>2</sup> )	P2 (L/m <sup>2</sup> )	P3 (L/m <sup>2</sup> )	Perda de água %*	Chu- va (mm)
jan	1,6	1,1	0,5	2,0	187	1,9	1,02	0,3	1,1	258
fev	1,7	1,9	1,7	1,8	101	1,3	1,61	2,6	1,8	158
mar	2,2	2,5	2,0	2,2	59	0,4	1,4	0,2	0,7	55
abr	3,8	4,0	4,0	3,9	353	0,4	1,5	0,3	0,7	45
mai	2,5	1,8	0,8	1,7	188	1,8	2,1	1,0	1,6	105
jun	1,6	1,1	0,6	1,1	183	1,0	1,2	0,2	0,8	226
jul	0,5	0,3	0,3	0,4	155	2,5	4,37	1,0	2,6	370
ago	1,3	1,1	0,8	1,1	207	1,0	3,0	0,6	1,5	126
set	0,4	0,7	0,2	0,4	102	1,4	3,9	1,5	2,3	408
out	1,7	2,9	1,1	1,9	306	3,8	1,3	1,3	2,1	266
nov	0,1	0,1	0,6	0,3	60	1,9	2	1,2	1,7	162
dez	0,2	0,3	0,2	0,2	37	0,5	1,2	0,5	0,7	92
Média (L/m <sup>2</sup> )	1,5	1,5	1,1	1,4	1938	1,5	2,1	0,9	1,5	2271
Desvio Padrão	0,23					-				
						0,57				
						-				

\* refere-se a porcentagem média de perda das parcelas de cada mês

**Nota** – O Desvio Padrão, refere-se a média entre as parcelas de cada área.

Org. Antoneli, V. (2010)

A perda de água se portou de forma diferenciada ao longo do ano quando correlacionado com os índices de precipitação. O mês de março de 2008 apresentou uma precipitação de 59 mm, com uma perda de água de 2,2% considerado o segundo maior valor de perda mensal, apesar da baixa pluviosidade. Já no mês de abril as perdas de água foram de 3,9% (maior perda), com uma precipitação de 353 mm (maior volume).

No ano de 2009, a perda de água se portou de forma parecida como no ano de 2008, alguns meses que apresentaram maiores índices de precipitação não condizem com aqueles que apresentaram maiores perdas de água como é o caso do mês de julho com 370 mm e o mês de setembro com 408 mm (variação de 10,2%), havendo apenas uma inversão nas perdas de água, onde o mês de julho apresentou uma perda maior (2,6%) o mês de setembro 2,3 (variação de 13%). Portanto, o mês de maior precipitação (setembro) apresentou menor perda de água que o mês de julho.

A perda média de água no ano de 2008 foi de 1,4%, e no ano de 2009 esta perda foi de 1,5%, ou seja, ao longo do período, a perda média de água foi 1,45%.

As perdas de água foram agrupadas sazonalmente, juntamente com a distribuição da precipitação, (Tabela 21). No ano de 2008 a precipitação não influenciou de forma significativa as perdas de água, o inverno e a primavera apresentaram maiores índices de pluviosidade, que o verão, no entanto, os índices de perda de água foram inferiores. Já o ano de 2009, os maiores índices de precipitação foram condizentes com os maiores índices de perda de água.

Tabela 21- Perda de água sazonal em área de Mata de Araucária no ano de 2008 e 2009.

estações	Ano de 2008				Ano de 2009			
	Perda de água (%)	Total Período em (%)	Chuva (mm)	Chuva (%)	Perda de água (%)	Total Período em (%)	Chuva (mm)	Chuva (%)
verão	4,0	23,5	325	16,9	3,6	20,3	508	22,4
outono	7,9	46,5	600	30,6	3,0	16,9	205	9,0
inverno	2,5	14,7	545	28,3	5,0	28,2	722	31,8
primavera	2,6	15,3	468	24,3	6,1	34,5	836	36,8
Total	17,0	100,0	1938	100	17,7	100,0	2271	100

Nota – Os valores de perda de água mensal foram somados e agrupados em suas respectivas estações, do qual se extraiu a percentual de perda de água de cada período. Org. Antoneli, V. (2010)

O outono de 2008 apresentou o maior índice de perda de água 7,9%, já o inverno, apresentou o menor índice 2,5%. Se correlacionado esses índices com os da precipitação, nota-se que no outono a perda de água foi 216% maior em relação ao inverno, no entanto a precipitação foi de apenas 8,2% superior. Esta discrepância pode estar atrelada à intensidade da precipitação e a intensidade do uso destas áreas pelos animais.

No ano de 2009, houve uma inversão nos índices de perda de águas, a primavera apresentou maior índice de perda (6,1%), seguida do inverno com 5,0%, estes valores podem ser atribuídos ao alto volume de precipitação dos períodos. O outono foi responsável por 3,0% (menor perda).

Conclui-se, portanto, que a quantidade de precipitação neste caso é um dos fatores determinantes para a perda de água. No caso de 2009, as maiores precipitações condizem com as maiores porcentagens de perda de água, mas o verão e outono apesar de apresentarem menores precipitações (exceto o outono de 2008), indicam perdas consideráveis de água.

Essas variâncias nas perdas de água implicam em alternâncias nas perdas de solo, que são potencializadas pela intensidade da precipitação e pelo manejo destas áreas.

Na sequência foram apresentados os dados de perda de solo mensal na área de Mata de Araucária ao longo do ano de 2008 e 2009 (Tabela 22). Com base nas estimativas de perda de solo nas três parcelas, nota-se que há uma pequena variação de perda entre ambas sendo que a parcela P2 apresentou menor índice no ano de 2008 (0,141 t/ha/ano), já a parcela P3, no ano de 2008, apresentou uma perda em torno de 0,172 t/ha, (maior índice de perda), um aumento em torno de 21,9%.

No ano de 2009, a dinâmica erosiva se portou de forma semelhante, havendo apenas alternâncias nas taxas de erosão entre as parcelas quando comparadas ao ano anterior (2008). Cita-se como exemplo a estimativa de perda da Parcela P2, onde no ano de 2008 apresentou menor valor (0,141 t/ha) e no ano de 2009 foi a que apresentou maior estimativa de perda com 0,164 t/ha, aumento de 16,3%.

Tabela 22- Perda de solo na área de Mata de Araucária no ano de 2008 e 2009.

meses	Ano de 2008					Ano de 2009				
	P1 (g/m <sup>2</sup> )	P2 (g/m <sup>2</sup> )	P3 (g/m <sup>2</sup> )	Média (g/m <sup>2</sup> )	Chu- va (mm)	P1 (g/m <sup>2</sup> )	P2 (g/m <sup>2</sup> )	P3 (g/m <sup>2</sup> )	Média (g/m <sup>2</sup> )	Chu- va (mm)
jan	1,06	1,06	1,2	1,1	187	0,7	0,56	0,67	0,6	258
fev	2,53	1,84	2,13	2,2	101	1,23	2,03	1,91	1,7	158
mar	2,38	1,8	2,24	2,1	59	0,4	0,6	0,7	0,6	55
abr	4,7	4,31	5,49	4,8	353	0,3	0,8	0,5	0,5	45
mai	1,4	1,21	1,34	1,3	188	2,01	1,25	1,4	1,6	105
jun	0,8	0,52	1,07	0,8	183	0,4	0,4	0,43	0,4	226
jul	0,5	0,2	0,41	0,4	155	1,54	2,3	1,84	1,9	370
ago	1,32	0,72	1,04	1,0	207	0,9	1	0,91	0,9	126
set	0,21	0,34	0,24	0,3	102	1,27	2,5	2,13	2,0	408
out	1,68	1,48	2,02	1,7	306	1,4	1,8	1,78	1,7	266
nov	0,06	0,21	0,08	0,1	60	1,1	2,3	1,37	1,6	162
dez	0,3	0,5	0,01	0,3	37	1,2	0,9	0,66	0,9	92
Total (g/m <sup>2</sup> )	16,9	14,1	17,2	16,0	1928	12,4	16,4	14,3	14,4	2271
Total (t/ha)	0,169	0,141	0,172	0,160	-	0,124	0,164	0,143	0,144	-
Desvio Padrão*	1,69					1,99				

\* O Desvio padrão refere-se ao total (t/ha) de cada parcela do referido ano.  
Org. Antoneli, V. (2010)

A parcela P1 foi a que apresentou maior variação entre os dois períodos monitorados, sendo que no ano de 2008, a estimativa foi de 0,169 t/ha e no ano de 2009 foi estimada em torno de 0,144 t/ha, uma redução em torno de 36,2%.

Estas variações podem ser atribuídas às condições climáticas e dinâmica da Mata de Araucária, apesar de os distúrbios promovidos pelos animais na dinâmica da Mata de Araucária serem considerados fatores importantes nas perdas de solos neste domínio. Ressalta-se que unidade animal da área monitorada foi de 0,7 UA/ha, estando dentro dos limites encontrados na literatura.

Portanto, a perda média anual de solos na Mata de Araucária foi de 0,152 t/ha/ano. Como a Mata de Araucária onde foi desenvolvido o monitoramento, pode ser considerado um sistema agrosilvapsotoril, por haver consorciamento entre vegetação e criação de animais, estes valores condizem com aqueles encontrados na literatura por Franco *et.al.* (2002), onde apresentaram perda média de solo de florestas com consorciamento de animais em torno de 0,217 t/ha/ano.

Os valores encontrados por esta pesquisa (0,152 t/ha/ano) estão acima do limite proposto por Lepsch (2002), que foi de 0,004 t/ha/ano, e Montagnini (1992), que encontrou valores em torno de 0,09 t/ha/ano em florestas tropicais. Destaca-se, que os referidos autores pesquisaram florestas com pouco distúrbio (sem presença de animais domésticos).

Para evidenciar a distribuição sazonal das perdas de solo na Mata de Araucária, os dados foram agrupados para avaliar a influência da precipitação e influência dos animais nas estimativas de perda de solo (Tabela 23).

Tabela 23- Perda de solo sazonal no ano de 2008 e 2009 na Mata de Araucária.

Estações	Ano de 2008				Ano de 2009			
	Perda de solo (g/m <sup>2</sup> )	período (%)	Chuva (mm)	Chuva (%)	Perda de solo (g/m <sup>2</sup> )	período (%)	Chuva (mm)	Chuva (%)
verão	3,5	22,0	325	16,9	3,3	22,8	508	22,4
outono	8,3	51,4	600	30,6	2,7	18,4	205	9,0
inverno	2,2	13,5	545	28,3	3,2	22,6	722	31,8
primavera	2,1	13,1	468	24,3	5,2	36,2	836	36,8
Total	16,1	100	1938	100,1	14,4	100	2271	100

**Nota-** foram encontradas as médias entre as parcelas e agrupadas sazonalmente.  
Org. Antoneli, V. (2010)

Através da tabela 23, se verifica uma alternância nas estimativas de perda de solos ao longo das estações nos dois períodos de monitoramento. No ano de 2008, a seqüência de perdas de solo foram: outono, verão, inverno e primavera. Em 2009, a seqüência foi; primavera, verão, inverno, outono. Em uma média dos dois períodos tem-se a seguinte seqüência: outono, primavera, verão, inverno.

As estações que apresentaram os maiores índices de perda de solo foram o verão de 2008 e a primavera de 2009, as quais condizem com os períodos de maior precipitação. No ano de 2008 a seqüência de perda de solo foi condizente com a precipitação. Esta questão é válida também para o ano de 2009, no entanto, as variações entre as perdas de solo e a precipitação entre as estações se portaram de forma distinta.

Cita-se como exemplo, um comparativo entre a precipitação e a perda de solo entre o verão e o outono de 2009. A precipitação do verão foi 148,8% superior ao outono, já a perda de solo foi 22,2% superior. Ou seja, há uma aumento considerável na precipitação e, no entanto este aumento não reflete diretamente nas perdas de solo. O mesmo caso pode ser evidenciado quando confrontados os dados de precipitação e perda de solo entre o verão e o inverno. A precipitação do inverno é 42,2% superior ao verão, no entanto, a perda de solo do inverno é de apenas 3,2% superior ao verão. Portanto, estas variações podem ser atribuídas as intensidades das precipitações e a dinâmica da vegetação, associada as formas de uso e ocupação.

Foi constatado ao longo do monitoramento, que além das áreas de Mata de Araucária, servirem com piquetes, há uma forma de manejo que potencializa as perdas de solo, em determinados períodos é realizada a roçada das herbáceas, assim como nas áreas de Faxinal, para que as pastagens naturais aumentem seu vigor, , isso implica em uma maior exposição do solo. Geralmente esta roçada é realizada no período de outono e/ou inverno, considerados períodos de “folga” pelos agricultores da região. Haja visto também que este período de folga condiz com o período de maior pressão dos animais nessas áreas, devido a redução das atividades agrícolas.

Portanto, essas peculiaridades influenciam nas correlações entre pluviosidade, a perda de água e solo (Figura 33). Cabe ressaltar que a dinâmica da mata de araucária exerce influência sobre estas estimativas. Foi constatado em campo que em períodos de produção de frutos da araucária (pinhão), há uma pressão maior dos animais por estes frutos servirem de alimento. Esta pressão acaba por compactar o solo e diminuir a camada da serrapilheira, potencializando as perdas de água e solo.

Outro fator que deve ser levado em consideração, é a intensidade das precipitações. Em chuvas com maiores volumes, há um aumento da estimativa de água que atinge o solo, já chuvas de menor volume a água que atinge o solo denominada PT (Precipitação Terminal) (Coelho Neto 1995) é menor, por sofrer influência da floresta.

Em chuvas de menor volume, há uma eficiência maior da interceptação da vegetação devido à morfologia das árvores de araucária, além de uma camada espessa de serrapilheira que armazena boa parte da água atravessada.

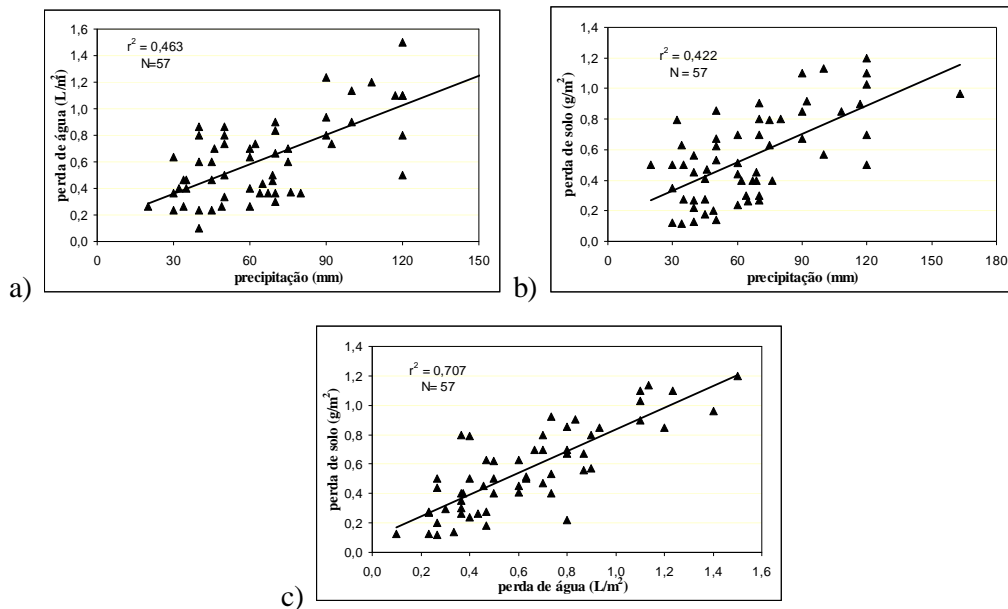


Figura 33– correlação entre a precipitação, a perda de água e perda de solos nas áreas de Mata de Araucária. a) Correlação entre a precipitação e a perda de água; b) correlação entre precipitação e a perda de solo; c) correlação entre perda de água e perda de solo.

Org. Antoneli, V. (2010)

Por meio da figura 32, nota-se que há uma correlação média entre a chuva e o perda de água ( $r^2 = 0,463$ ), que pode ser explicada pela dinâmica da floresta como alternância nos índices de atravessamento, períodos de maior contribuição de serrapilheira, intensificação e/ou redução do pastoreio, além das características sazonais das precipitações.

Assim como a precipitação exerce uma correlação média na perda de água, ela também vai exercer uma correlação média nas perdas de solo ( $r^2 = 0,422$ ), esta correlação média pode ser atribuída, além dos condicionantes supracitados, a importância das gramíneas e da serrapilheira que auxiliam a redistribuição de água no solo. Foi constatado em campo, que devido ao pisoteio dos animais há uma

compactação maior do solo na camada superficial, implicando de sobremaneira na perda de solo. As gramíneas (pastagem natural) e a serrapilheira acabam atuando como obstáculos para o fluxo de água e sedimentos, formando micro barragens, retendo solo.

Nota-se, que há uma alta correlação entre a perda de água e a perda de solos, ( $r^2 = 0,707$ ), em torno de 70% da produção de sedimentos é influenciada pelo escoamento superficial. Significa, portanto que o excedente de água no solo, exerce uma maior influência nas perdas de solo na Mata de Araucária.

As áreas de Mata de Araucária da bacia em sua maioria estão localizadas em áreas de topo e média vertente, principalmente no curso médio e inferior da bacia (local do antigo sistema de Faxinal). Estas áreas são “cortadas” por estradas secundárias, e que portanto parte dos sedimentos produzidos se conectam com estas estradas que têm incumbência de carregar estes sedimentos juntamente com aqueles produzidos pela própria estrada até os canais fluviais.

### **5.6.3 - Perda de água e perda de solo em área de Mata Secundária**

A mata secundária se caracteriza como uma floresta onde houve algum tipo de ação antrópica, seja para retirada seletiva de espécies arbóreas de valor comercial ou para realização das atividades agrícolas (roça de coivara). É uma vegetação que apresenta um estágio de regeneração em torno de 25 anos. Na área de estudos, ela se caracteriza como uma floresta, onde as árvores maiores (araucárias, imbúias, perobas dentre outras) foram extraídas para a indústria madeireira.

Como já mencionado anteriormente, todas as áreas de floresta na Bacia do Arroio Boa Vista, são utilizadas para os denominados “piquetes” (locais cercados onde os animais são criados de forma extensiva). Esses piquetes apresentam uma característica muito próxima do Antigo Sistema de Faxinal, onde os animais eram criados “a solta” (sem restrições de propriedades). No caso dos piquetes, os animais são criados a solta, mas com restrições de terras, ou seja, são criados apenas dentro dos limites da propriedade. Foi calculado o valor de 1,1 UA/ha na mata secundária, sendo considerado um valor médio de lotação de animais na área.

Essa dinâmica na forma de criação de animais influencia nas perdas de água e solo. Por não haver pastagem suficiente, esses animais acabam se deslocando com maior frequência mata adentro, propiciando o surgimento de caminhos preferenciais na mata, onde o fluxo de água acaba se concentrando. Outro fator que deve ser levado em consideração é o pisoteio constante desses animais sobre a serrapilheira, implicando na



compactação do solo e fracionamento da própria serrapilheira, diminuindo assim os espaços para armazenamento da água. Com a redução dos tamanhos da serrapilheira provocadas pelo pisoteio, estas ficam susceptíveis ao transporte. Portanto, estas características supra citadas, influenciam diretamente na perda total de água (Tabela 24).

A Mata Secundária assim como o Faxinal e a Mata de Araucária apresenta variações na perda de água ao longo do ano, com meses de precipitação menor, mas com maiores perdas de água e meses que apresentaram maiores índices de precipitação e, no entanto a perda de água foi menor. Essas variações podem estar atreladas a intensidade das precipitações, a dinâmica da floresta e a intensificação no pastoreio.

Tabela 24 –Perda de água mensal em Mata Secundária no ano de 2008 e 2009.

mes	Ano de 2008					Ano de 2009				
	P1 (L/m <sup>2</sup> )	P2 (L/m <sup>2</sup> )	P3 (L/m <sup>2</sup> )	Perda de água %*	Chu- va (mm)	P1 (L/m <sup>2</sup> )	P2 (L/m <sup>2</sup> )	P3 (L/m <sup>2</sup> )	Perda de água %*	Chu- va (mm)
jan	1,6	4,2	9,2	2,7	187	1,9	1,02	3	0,8	258
fev	1,7	3,7	8,5	4,6	101	1,6	2,01	2,8	1,4	158
mar	1,6	4,4	4,5	5,9	59	0,4	2,5	1,0	2,4	55
abr	3,4	3,9	6,1	1,3	353	0,4	1,5	0,7	1,9	45
mai	2,5	2,2	2,7	1,3	188	1,8	3,3	6,2	3,6	105
jun	1,6	1,1	1,9	0,8	183	1,0	2,8	2,4	0,9	226
jul	0,5	0,3	0,9	0,4	155	2,5	14,7	10	2,5	370
ago	1,0	1,1	2,3	0,7	207	1,0	6,9	2,1	2,6	126
set	0,8	0,7	0,6	0,7	102	1,4	21,8	6	2,4	408
out	2,2	2,9	3,3	0,9	306	3,8	12,6	4,1	2,6	266
nov	0,1	0,1	0,9	0,6	60	1,9	2	2	1,2	162
dez	0,2	0,3	0,5	0,9	37	1	2,4	1,8	1,9	92
Media (L/m <sup>2</sup> ),	1,4	2,1	3,5	1,7	1938	1,6	6,1	3,5	2,0	2271
Desvio Padrão	1,0					2,3				

\* porcentagem média de perda de água mensal das parcelas.

**Nota-** o Desvio Padrão, refere-se a média de perda de água das parcelas.  
Org. Antoneli, V. (2010)

No ano de 2008, alguns meses apresentaram maiores perdas de água, como os meses de fevereiro e março (4,6 % e 5,9% respectivamente), no entanto as precipitações dos referidos meses foram baixas em relação às demais (101 mm e 59

mm). Os meses de abril e outubro apresentaram as maiores precipitações (353 mm e 306 mm respectivamente), no entanto a perda de água foi de 1,3% e 0,9%.

Quando comparados os dados de precipitação e perda de água entre os meses de outubro e dezembro, tem-se uma discrepância entre os valores de precipitação, com uma variação em torno de 727,0%, já os índices de perda de água dos referidos meses são iguais (0,9%).

O ano de 2009 também apresentou algumas variações significativas entre as precipitações e a perda de água. Cita-se como exemplo um comparativo entre os meses de maio e outubro, sendo que em maio, a precipitação foi 153% menor que o mês de outubro, no entanto a perda de água foi 38,0% maior.

Quando comparadas às médias de perda de água das parcelas, nota-se que no ano de 2008, a variação entre as perdas de água foram menores (Desvio Padrão = 1,0), este valor pode estar atrelado a forma de manejo da área monitorada. No ano de 2008, a parcela P1, não foi utilizada como piquete, já as parcelas P2 e P3 estavam sob influência dos animais, sendo este um condicionante importante nas perdas de água.

A parcela P1 no ano de 2008, havia sido isolada no início do monitoramento, no entanto, as características da mata eram as mesmas das outras duas parcelas. Esse isolamento permaneceu até o final do monitoramento, implicando em variações nas perdas de água.

No ano de 2009, parcela P1 continuou sendo isolada, e com isso apresentou valores muito próximos aos de 2008, assim como a parcela P3, com os mesmos valores de perda de água do ano de 2008, já a Parcela P2, esta apresentou uma perda de água significativa quando comparados os dois períodos. No ano de 2009 a perda foi de 190,4% superior. Foi constatado no campo que no ano de 2009, os animais construíram um caminho preferencial na área de contribuição da referida parcela, potencializando a perda de água.

Mesmo com essa diferenciação no uso, as perdas de água médias das três parcelas no ano de 2008 foram de 1,7%. Já no ano de 2009 essas perdas foram de 2,0%, com uma média do período em torno de 1,85%, valor pouco abaixo daquele encontrado por Thomaz (2005) em mata secundária na região de Guarapuava (2,6%) e por BRITO *et.al.* (2005) que foi de 2,2%.

Os valores de perda de água foram classificados sazonalmente, para melhor avaliação de alguns condicionantes que atuam nessas perdas, (Tabela 25). Quando calculada uma média de escoamento nos períodos durante o monitoramento (24

meses), identificam-se dois períodos distintos, o verão e outono com maior perda de água, apesar da menor pluviosidade e o inverno e primavera com maior pluviosidade, mas com menor perda de água. Esta variação pode ser atribuída a dois fatores, a pluviosidade e o uso do solo.

No verão a região sofre influência das chuvas convectivas que potencializam o escoamento superficial, devido à intensidade das precipitações. Já no outono, o aumento no escoamento superficial, condiz com o calendário agrícola que neste período há uma diminuição nas atividades agrícolas que utilizam os animais e que, portanto, estes permanecem mais tempo nos piquetes de mata secundária.

Durante o inverno as precipitações tendem a serem de maior volume, mas de períodos prolongados, implicando em maior processo de interceptação, além de um aumento na serrapilheira, contribuindo com a menor exposição do solo conforme discutido anteriormente.

Tabela 25- Perda de água sazonal em área de Mata Secundária no ano de 2008 e 2009.

Estações	Ano de 2008				Ano de 2009			
	Perda de água (%)	Total Período em (%)	Chuva (mm)	Chuva (%)	Perda de água (%)	Total Período em (%)	Chuva (mm)	Chuva (%)
verão	8,2	39,4	325	16,9	4,1	16,9	508	22,4
outono	8,5	40,9	600	30,6	7,9	32,6	205	9,0
inverno	1,9	9,1	545	28,3	6,0	24,8	722	31,8
primavera	2,2	10,6	468	24,3	6,2	25,6	836	36,8
Total	20,8	100,0	1938	100	24,2	100,0	2271	100

Org. Antoneli, V. (2010)

Por meio da tabela 25, nota-se que o período de outono de 2008 apresentou a maior perda de água de 8,2% condizendo com o maior índice de pluviosidade. O verão apresentou 325 mm (16,9%), apesar de menor precipitação, a perda de água foi de 8,5%, que corresponde a 40,9% do total, sendo considerada a maior perda. Quando correlacionados os dados do verão com os de inverno e primavera, nota-se que há um aumento nos índices de precipitação nos referidos períodos (inverno e primavera), no entanto as perdas de água são inferiores. Portanto a precipitação não condiz com as perdas de solo, esta variação pode ser explicada pela intensidade das precipitações e a forma de uso e ocupação.

No ano de 2009, os maiores índices de precipitação não condizem também com as maiores perdas, como é o caso do inverno e primavera. O outono por exemplo

apresentou o menor volume de precipitação (205 mm), no entanto apresentou a maior perda (7,9%).

Cabe ressaltar, que as perdas de água no outono de 2008, podem ter sido potencializadas pelo maior índice de pluviosidade, no entanto outros fatores podem contribuir com esta perda, pois no ano de 2009, a precipitação foi a menor em relação as demais e, mesmo assim as perdas de água foram significativas quando comparada com as demais. Este maior perda de água no outono condiz com o período em que há uma redução nas atividades agrícolas na bacia, implicando em maior tempo de pastoreio dos animais (equinos) que são utilizados nas atividades agrícolas.

Quando elaborado por ordem de intensidade de perda de água, tem-se a seguinte ordem: outono, verão, primavera, inverno.

Na sequência foram apresentados os dados de perda de solo na área de Mata Secundária, sendo possível identificar períodos de maior e menor perda, a fim de identificar os condicionantes que potencializam as perdas (Tabela 26).

Tabela 26- Perda de solo na área de Mata Secundária no ano de 2008 e 2009.

meses	Ano de 2008					Ano de 2009				
	P1 (g/m <sup>2</sup> )	P2 (g/m <sup>2</sup> )	P3 (g/m <sup>2</sup> )	média (g/m <sup>2</sup> )	chuva (mm)	P1 (g/m <sup>2</sup> )	P2 (g/m <sup>2</sup> )	P3 (g/m <sup>2</sup> )	média (g/m <sup>2</sup> )	chuva (mm)
jan	0,4	1,6	4,3	2,1	187	0,5	0,2	0,6	0,4	258
fev	1,2	1,1	2,9	1,7	101	0,5	0,3	0,6	0,5	158
mar	0,9	2,5	2,5	0,5	59	0,1	0,6	0,2	0,3	55
abr	1,2	2,4	2,7	2,1	353	0,1	0,3	0,1	0,2	45
mai	0,6	2,0	1,1	1,3	188	0,6	0,6	2,7	1,3	105
jun	0,3	1,0	0,9	0,8	183	0,3	0,4	0,2	0,3	226
jul	0,1	0,3	0,7	2,0	155	0,9	4,5	11,3	5,6	370
ago	0,4	0,7	0,8	0,7	207	0,3	1,9	0,6	0,9	126
set	0,2	0,4	0,2	0,3	102	0,5	10,6	2,9	4,7	408
out	1,3	2,0	1,3	1,6	306	3,3	7,8	2,1	4,4	266
nov	0,1	0,1	0,2	0,1	60	0,6	0,4	0,7	0,6	162
dez	0,1	0,1	0,1	0,1	37	0,3	0,9	0,4	0,5	92
Total g/m <sup>2</sup>	6,9	14,2	17,8	13,0	1938	8,2	28,5	22,3	19,7	2271
Total t/ha	0,069	0,142	0,178	0,130	-	0,082	0,285	0,223	0,197	-
Desvio Padrão	5,5				-	10,4				

Nota – o Desvio Padrão, e referentes às médias das parcelas de cada área.  
Org. Antoneli, V. (2010)

Por meio da tabela 26, fica evidente que a produção de sedimentos na área de mata secundária está condicionada a forma de uso e ocupação. Nas estimativas de perda anual de solo das três parcelas, há uma variação significativa da parcela P1 em relação as parcelas P2 e P3, no ano de 2008. As parcelas P2 e P3, neste ano, foram utilizadas como piquetes, já a parcela P1, não sofreu influência do pisoteio constante dos animais ao longo do ano de 2008 e 2009. O percentual de redução foi 105,7% em relação à estimativa de perda de solo para a parcela P1 e, 157,9% em relação a parcela P3 (ano de 2008). Durante o monitoramento no ano de 2009 a parcela P1, permaneceu em forma de pousio (sem circulação de animais domésticos), implicando em uma redução nas perdas de solo.

A parcela 1 apresentou uma redução em torno de 247,5% em relação a parcela P2 e 171,9% em relação a parcela P3. Quando comparados os dados de produção de sedimentos da parcela P2 do ano de 2008 com os dados de 2009, conclui-se que houve um aumento em torno de 100,7% no ano de 2009, este fato pode ser atribuído a intensificação do pisoteio dos animais neste período, que culminou com a construção de um caminho preferencial na área de contribuição da referida parcela.

Levando em consideração essas especificidades de uso das áreas de Mata Secundária, conclui-se que a média da produção de sedimentos nesta área, foi de 0,130 t/ha no ano de 2008 e, 0,197 t/ha no ano de 2009, uma média, portanto de 0,163 t/ha, variando entre 0,069 t/ha a 0,285 t/ha.

Destaca-se, que estes valores foram estimados em uma Mata Secundária com presença de animais (piquetes) sob um latossolo com declividade média de 10%. Estes valores estimados na mata secundária condizem com aqueles encontrados na literatura.

Alguns autores pesquisando perdas de solos em florestas encontraram diversos valores de perda de solo. Dentre eles, destaca-se: Morgan, (2005), que indica perda de solo em ambientes florestados variando de 0,0045 t/ha (relevo pouco declivoso), a 0,45 t/ha em áreas com relevo declivoso; Fritsch (1981) na Guiana Francesa, o qual estimou valores em florestas primárias em torno de 0,642 t/ha; Casseti, (1983) com estimativa em torno de 0,021 t/ha/ano; Bertoni e Lombardi Neto, (2005) 0,004 t/ha/ano e Barbosa e Fearnside (2000), 0,150 t/ha/ano. Deve-se considerar, que estes autores realizaram pesquisas em ambientes florestados sem distúrbios (presença de animais). Já os valores estimados por Thomaz, (2005), em uma área de mata secundária com presença de animais foi de 0,212 t/ha/ano, sendo este um valor próximos daqueles encontrados no presente estudo.

As taxas de perda de solo do ano de 2009 foram superiores as do ano de 2008, este fato pode ser explicado pelo aumento na pluviosidade, sendo que no ano de 2009, esta variável apresentou um aumento em torno de 17,1% em relação ao ano anterior. Os meses de junho e setembro de 2009 apresentaram índices maiores de pluviosidade. Nestes dois meses a precipitação foi de 778 mm, cerca de 34,2% da precipitação anual, o que implicou em perdas maiores de solo.

Outro fator que influenciou nas perdas de solo foi a forma de uso e ocupação, na Parcela P3, houve uma redução significativa de perda em relação às demais, que, podem ser atribuídas a inexistência do pisoteio dos animais.

Os valores de perda anual de solos neste domínio foram agrupados sazonalmente, juntamente com o índice de pluviosidade (Tabela 27).

Tabela 27- Perda de solo sazonal no ano de 2008 e 2009 na Mata Secundária.

Estações	2008				2009			
	Perda de solo (g/m <sup>2</sup> )	período (%)	Chuva (mm)	Chuva (%)	Perda de solo (g/m <sup>2</sup> )	período (%)	Chuva (mm)	Chuva (%)
verão	3,9	29,9	325	16,9	1,5	7,5	508	22,4
outono	3,8	29,4	600	31,1	1,7	8,8	205	9,0
inverno	3,4	25,9	545	28,3	6,8	34,5	722	31,8
primavera	1,9	14,8	468	24,3	9,7	49,1	836	36,8
Total	13	100	1938	100	19,7	100	2271	100

Org. Antoneli, V. (2010)

No ano de 2008, o verão e o outono além de apresentaram os maiores índices de perda de solos, essas perdas foram muito próximas (29,9% e 29,4 respectivamente), no entanto a precipitação no período de outono foi 62,1% superior. Se comparadas as perdas entre o verão e inverno, conclui-se que o verão apresenta perdas de 15,4% superior, no entanto a precipitação do inverno foi 67,6% superior.

No ano de 2009, os períodos de maior perda condizem com aqueles de maior precipitação como é o caso da primavera que apresentou maior perda de solo em torno de 49,1% com uma precipitação de 36,8% do total.

Quando compararmos os dados de perda de solos na mata secundária com os períodos em que há menor pressão destes animais ao longo do monitoramento, conclui-se que nos meses de inverno, por haver uma redução nas atividades agrícolas na área de estudo há uma maior pressão desses animais nas áreas de piquetes. Já o período de verão, (colheita do tabaco), os animais (equinos) são utilizados diariamente

para o transporte da produção da lavoura até as estufas para cura (secagem) das folhas e, neste período nota-se que há uma redução significativa nas perdas de solo.

No verão, a média de perda de solos nos dois períodos foi de  $18,7 \text{ g/m}^2$ , já no inverno as perdas foram de  $30,2 \text{ g/m}^2$ , um aumento em torno de 61,4%. Mas cabe considerar que não é apenas a intensificação do uso que implica em maior perda de solo no período de inverno, há outros fatores que potencializam as perdas de solo, como a quantidade de precipitação, que no inverno e primavera foram superiores aos outros dois períodos. A dinâmica da produção da serrapilheira, também é um fator que pode contribuir para as variações de perda de solos.

Em caminhamentos pela área de Mata Secundária, percebeu-se que durante o inverno, os animais acabam adentrando nas áreas de mata com maior frequência, para se protegerem do frio e das chuvas que neste período se caracterizam como chuvas de duração maior. Este fato potencializa o pisoteio nestas áreas implicando em maiores perdas de solo neste período. Em uma seqüência de perda de solos dos períodos, tem-se: primavera, inverno, outono, verão.

A intensificação dos animais no inverno pode contribuir com a fragmentação da serrapilheira, promovendo alterações na exposição do solo, potencializando as perdas. Esta característica pode implicar em diferentes perdas de solo no período seguinte (primavera), mesmo que haja redução na intensificação dos animais na área. Neste caso, há variações na correlação entre as variáveis. (Figura 34). Para identificar a influência que uma variável exerce na outra, foram correlacionados os dados de pluviosidade, perda de água, perda de solo.

Grosso modo, as chuvas potencializam as perdas de água, mas não exercem a mesma influência na erosão. Ou seja, a perda de água sofre maior influência da chuva, já na perda de solos a influência é menos significativa. Estes condicionantes podem estar atrelados a influência de pequenos obstáculos na superfície como fragmentos de galhos e até mesmo as folhas que formam micros barreiras que acabam retendo parte dos sedimentos de granulometria maior. Mas quando essas micro barreiras se rompem, potencializam as perdas de solo pelo fluxo.

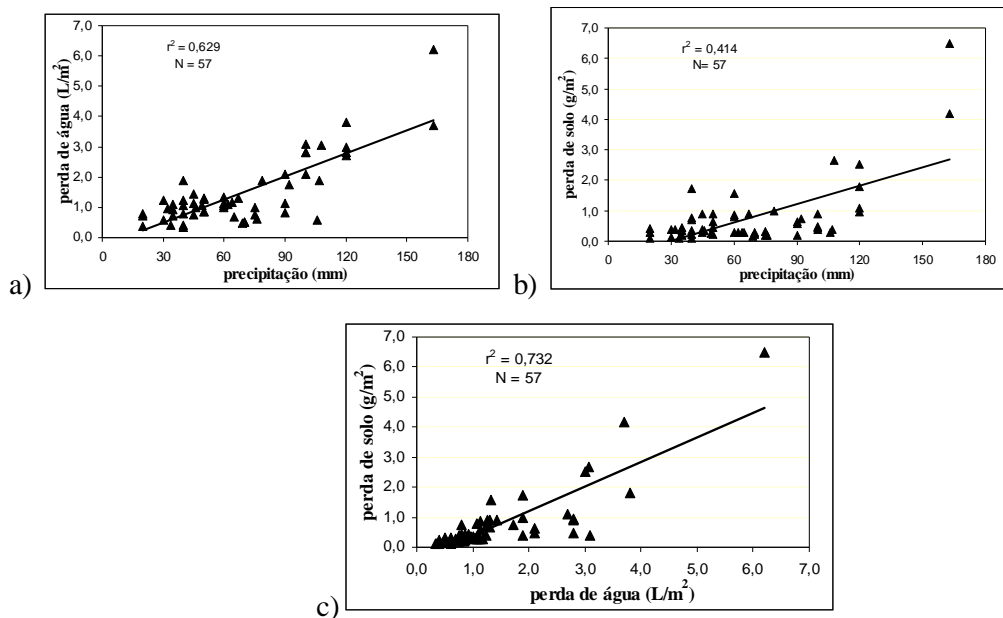


Figura 34– correlação entre a precipitação, a perda de água e perda de solos nas áreas de Mata Secundária. a) Correlação entre a precipitação e a perda de água; b) correlação entre precipitação e a perda de solo; c) correlação entre a perda de água e perda de solo.

Org. Antoneli, V. (2010)

A correlação entre a precipitação e a perda de água apresentou um valor  $r^2 = 0,629$ , ou seja, 62,9% da perda de água é influenciada pela chuva. Esta correlação, de média para alta, é influenciada pela dinâmica das chuvas na região associadas às características da vegetação e da forma de uso e ocupação ao longo do ano.

Quando confrontados os valores de precipitação com a perda de solo, conclui-se que há uma baixa correlação ( $r^2 = 0,414$ ), que pode ser atribuída a alguns fatores que acabam interferindo na perda de solo, como a estrutura da vegetação, a forma de manejo (uso), a serrapilheira e a intensidade das precipitações. Foi observado em campo que em determinadas chuvas, a água escoava sobre a serrapilheira sem que o fluxo esteja em contato com o solo.

Quando correlacionadas a perda de água e solo, conclui-se que há uma alta correlação entre ambos ( $r^2 = 0,732$ ), significa portanto, que cerca de 73% da perda de solos é influenciada pelo escoamento superficial, esta alta correlação pode ser atribuída à redução da rugosidade superficial, e a desestruturação da serrapilheira, que diminui sua capacidade de retenção de água em uma vegetação com distúrbios (remobilização do horizonte  $O_1$ ). Outro fator que pode ser atribuído a essa alta correlação é a quase inexistência de gramíneas nas áreas de Mata Secundária, que de



certa forma potencializam as perdas de solos com o aumento do escoamento superficial.

As áreas de Mata Secundária em sua maioria estão localizadas nas médias vertentes, principalmente no curso médio e curso inferior da bacia, geralmente não se conectam diretamente com os corpos hídricos, o que dificulta a conexão destes sedimentos com os canais fluviais. Foi observado que existem estradas abandonadas no interior dessas áreas que serviram para retirada da madeira ao longo do processo de exploração dessas áreas. Essas estradas contribuem com a conexão dos sedimentos com outras estradas secundárias que por conseguinte se conectam com os rios.

Destaca-se, que a Mata Secundária onde foram instaladas as parcelas se encontra em uma área (vertente) que possui em sua baixa vertente uma área agrícola. Portanto, os sedimentos liberados por este tipo de uso do solo, acaba contribuindo para o aumento de água e solo nas áreas agrícolas.

#### **5.6.4- Perda de água e perda de solo em Reflorestamento de Eucalipto**

Quando a fumicultura passou a ser atividade principal da área de estudos (início da década de 1980), a utilização da madeira para geração de energia na cura (secagem) das folhas de tabaco se intensificou e, até início da década de 1990, a grande maioria da madeira utilizada para a secagem do tabaco, era extraída das matas nativas (mata secundária, capoeiras e mata de araucária), mas as empresas fumageiras passam a exigir dos fumicultores áreas de reflorestamento. Neste contexto surge a inserção de plantas exóticas como o eucalipto, que tomou proporções maiores em meados da década de 1990 (ANTONELI 2004).

Na atualidade, o reflorestamento de eucalipto é um condicionante para que as empresas fumageiras forneçam os insumos para safra seguinte. Isso fez com que os fumicultores passassem a reflorestar suas respectivas propriedades. Como já mencionado, as propriedades são constituídas de pequenas glebas de terra, e isso dificulta o planejamento da própria propriedade, pois é preciso ter área para plantar, para edificações, para criação de animais (piquetes) e para reflorestamento. A solução encontrada é a transformação das áreas de Faxinal que são utilizadas para piquetes em áreas de reflorestamento de eucalipto. Quando o eucalipto atinge um certo estágio (2 a 3 anos), essa área que foi isolada pode voltar a fazer parte do piquete. Neste caso há um trânsito livre dos animais no reflorestamento de eucalipto, mesmo que não haja pastagem suficiente.

A área de eucalipto, onde as parcelas foram instaladas, apresentou uma variação maior nos índices de perda de solo devido ao estágio de crescimento e a utilização destas áreas de reflorestamento como piquetes.

A maioria das áreas de reflorestamento de eucalipto na área de estudos, apresenta a mesma dinâmica do uso e ocupação. Após o terceiro ou o quarto ano de plantio essas áreas tornam-se locais de criação de animais, mesmo que não haja pastagens naturais suficientes. Estes fatores acabam proporcionando diferentes respostas nas perdas de água e solo. Na sequência serão apresentados os valores de perda de água ao longo do monitoramento (Tabela 28).

Tabela 28- Perda de água no reflorestamento de eucalipto no ano de 2008 e 2009.

Mês	Ano de 2008							Ano de 2009								
	P1 (L/m <sup>2</sup> )	P2 (L/m <sup>2</sup> )	P3 (L/m <sup>2</sup> )	P4 (L/m <sup>2</sup> )	P5 (L/m <sup>2</sup> )	Perda de água em %*	Chuva (mm)	P1 (L/m <sup>2</sup> )	P2 (L/m <sup>2</sup> )	P3 (L/m <sup>2</sup> )	P4 (L/m <sup>2</sup> )	P5 (L/m <sup>2</sup> )	Perda de água em %*	Chuva (mm)		
jan	3,7	7,4	6,7	5,9	4,6	3,0	187	2,1	2,7	2,3	2,0	2,4	0,9	258		
fev	8,9	9,3	10,1	7,9	6,4	8,4	101	4,1	13,7	7,4	1,5	2,2	3,7	158		
mar	10,6	5,0	8,8	9,5	7,2	13,9	59	0,9	4,1	1,0	0,2	0,4	2,4	55		
abr	4,5	4,6	9,5	10,3	9,1	2,2	353	0,6	2,1	0,6	0,1	0,2	1,6	45		
mai	4,5	8,0	8,9	9,7	9,9	4,4	188	2,1	4,1	3,0	2,0	2,0	2,5	105		
jun	0,9	1,2	1,9	4,1	2,8	1,2	183	0,5	1,2	2,0	1,8	2,6	0,7	226		
jul	2,5	7,2	3,9	3,8	4,0	2,8	155	5,4	11,2	19,7	4,4	3,5	2,4	370		
ago	3,3	3,8	5,3	7,5	8,6	2,8	207	4,2	10,4	6,6	1,7	1,7	3,9	126		
set	0,5	3,4	2,2	2,1	2,8	2,2	102	15,8	22,4	44,9	3,8	3,8	4,4	408		
out	9,3	18	7,7	20,8	23,1	5,2	306	13,7	15,9	29,3	3,1	5,2	5,1	266		
nov	1,6	2,5	1,3	1,3	1,8	2,8	60	3,4	4,5	4,5	1,3	2,3	2,0	162		
dez	0,9	2,1	1,2	0,9	0,5	3,0	37	2,6	2,4	2,4	0,6	1,1	2,0	92		
média (L/m <sup>2</sup> )	4,3	6,0	5,6	7,0	6,7	4,3	1938	4,6	7,9	10,3	1,9	2,3	2,6	2271		
Desvio Padrão**	1,0						-	-	3,6						-	-

\* refere-se a porcentagem média da perda de água mensal das parcelas.

\*\* Refere-se ao Desvio Padrão da média de perda de água das parcelas.

Org. Antoneli, V. (2010)

Como discutido na metodologia, o monitoramento foi realizado em dois talhões com diferentes estágios de crescimentos e manejo, implicando em diferentes perdas de água entre os talhões.

Com base na tabela 28, nota-se que no ano de 2008, as perdas de água nas parcelas P4 e P5 foram superiores as perdas das parcelas P1, P2 e P3, este fato pode estar atribuído à característica do plantio das parcelas P4 e P5, que no ano de 2008 os pés apresentavam uma altura média em torno de 1 metro. Outra questão que deve ser levada em consideração é a forma de manejo do eucalipto no início do cultivo, onde é realizado o coroamento dos pés da planta para eliminar as plantas invasoras.

Se realizado uma média de perda de água nos dois talhões no ano de 2008, tem-se para as parcelas P1, P2 e P3 uma perda média de 3,3%, enquanto que as Parcelas P4 e P5 apresentam uma perda de 5,6%, um aumento em torno de 69,6%. Esta especificidade no manejo do eucalipto no início do plantio (coroamento), contribuiu para maior porcentagem de perda média ao longo do ano de 2008, cerca de 4,3%.

No ano de 2009, as perdas nas parcelas P1, P2 apresentaram valores pouco acima daqueles do ano de 2008, este aumento pode estar atribuído ao aumento nos índices de precipitações no ano de 2009, no entanto a parcela P3 apresentou uma perda de água 83,9% superior ao ano de 2008.

Em caminhamentos pela área ao longo do monitoramento, percebeu-se que houve uma maior concentração dos animais nas proximidades desta parcela onde a concentração de animal passou de 1,1 U/A/ha, para 1,8 U/A/ha. Já as parcelas P4 e P5, apresentaram uma redução maior em relação ao ano anterior, na Parcela P4, houve uma redução de 268,4% e na Parcela P5 uma redução de 191,3%. Esta redução considerável pode ser atribuída à forma de manejo, pois sem o coroamento, há uma menor exposição do solo, e a utilização de herbicidas contribui para a formação de uma camada morta na superfície do solo, que juntamente com a serrapilheira implicam em menor perda de água destas áreas.

A perda média de água do solo no ano de 2009 foi de 2,6%, se estimada a média ao longo do período de monitoramento (2008 e 2009), tem-se uma porcentagem de perda média de 3,4%. Este valor condiz com aqueles encontrados por Sato *et. al.* (2007), em pesquisas no médio vale do rio Paraíba do Sul, por Martins *et. al.* (2010), que encontraram perda de água de 2,30% e 4,33% segundo os mesmos autores estes valores formam muito próximos daqueles encontrados no mesmo estudo na Mata Atlântica variando de 2,2% a 2,4%. Já Brito *et.al* (2005), encontraram valores acima

daqueles encontrados por esta pesquisas, segundo os autores a perda de água em reflorestamento de Eucalipto no Centro Leste de Minas Gerais foi em torno de 8,2%.

Crock *et al.* (1999) indicam que a maior parte do escoamento superficial que ocorre em plantios de eucalipto não está localizada nas áreas de plantio propriamente dito, mas nas estradas de rodagem não-pavimentadas que cortam as áreas de reflorestamento de eucalipto, pois as mesmas apresentam baixa capacidade de infiltração. No entanto, esta afirmação refere-se a grandes áreas de reflorestamento de eucalipto, que não é o caso das áreas de reflorestamentos da bacia.

Os dados de perda de água foram agrupados em períodos, para melhor avaliação dos fatores que potencializam as perdas de água. Conforme discutido anteriormente, as Parcelas P1, P2 e P3, eram utilizadas como piquetes para a criação de animais, e, portanto apresentam dinâmica de uso parecida com aquelas apresentadas pelos outros tipos de uso do solo que serviam de piquetes. Já as Parcelas P4 e P5 no ano de 2008, potencializou as perdas de água ao longo dos outros períodos devido a maior exposição do solo, potencializada pelo coroamento. No ano de 2009, o fato de não ser efetuado o coroamento nas parcelas P4 e P5, implicou em uma menor perda média de água, (Tabela 29)

Tabela 29- Perda de água sazonal em área de Reflorestamento de Eucalipto no ano de 2008 e 2009.

Estações	Ano de 2008				Ano de 2009			
	Perda de água (%)	Total Período em (%)	Chuva (mm)	Chuva (%)	Perda de água (%)	Total Período em (%)	Chuva (mm)	Chuva (%)
verão	14,5	28,0	325	16,9	6,5	20,6	508	22,4
outono	20,4	39,5	600	31,1	6,5	20,6	205	9,0
inverno	6,7	13,0	545	28,3	7,0	22,2	722	31,8
primavera	10,1	19,5	468	24,3	11,5	36,5	836	36,8
total	51,7	100,0	1938	100	31,5	100,0	2271	100

Org. Antoneli, V. (2010)

Por meio da tabela 29, nota-se que o outono de 2008, apresentou maior perda de água (20,4%), condizendo com a maior pluviosidade. Já o verão de 2008, apesar da menor precipitação dentre os períodos, indicou uma perda de água de 14,5%, inferior apenas ao outono. O inverno também apresenta precipitação superior a primavera, no entanto as perdas de água são inferiores.

Quando agrupados os percentuais de precipitação e perda de água em dois períodos, têm-se um período de menor pluviosidade com maior perda de água (verão e

outono), onde a precipitação total foi de 925 mm com uma perda de água 34,9% e um período com maior pluviosidade (inverno e primavera) e, no entanto com menor perda de água. Ou seja, a soma das precipitações no inverno e primavera foram de 1013 mm (9,5% superior), já as perdas de água foram de 16,8% (167,2% inferior).

Esta variação no ano de 2008 pode estar atrelada à intensificação das precipitações e a forma de manejo das parcelas P4 e P5, que apresentaram índices maiores de perda de água ao longo do ano que podem estar associados a maior exposição do solo devido ao coroamento.

No ano de 2009, apesar de maior precipitação, houve uma redução nas perdas de água, principalmente no verão onde a precipitação foi superior em relação ao mesmo período de 2008 e, no entanto a perda de água foi menor. A precipitação do inverno e primavera foram superiores as demais precipitações sazonais de todo o período monitorado apesar de apresentarem as menores perdas de água

Em uma seqüência de perda média do período monitorado no reflorestamento de eucalipto, tem-se: outono, primavera, verão e inverno, esta seqüência não acompanha a pluviosidade que tem a seguinte seqüência: primavera, inverno, verão e outono, ou seja, os períodos de maior perda de água, são aqueles que apresentam os menores índices de precipitação.

Na seqüência, foram apresentados os valores de perda de solo em área de Reflorestamento de Eucalipto. Cabe considerar que as formas distintas de manejo nos dois talhões propiciaram perdas de solos diferenciadas, (Tabela 30)

A dinâmica de uso e ocupação do reflorestamento de eucalipto, fica evidente, quando comparados os dados de perda de solo entre os talhões. Na parcela P1, apesar de ser instalada no mesmo talhão da parcela P2 e P3, sofreu menor contagem dos animais ao longo do monitoramento, devido sua localização no talhão (área próxima do limite e um talhão com outro).

Em caminhamentos pela área de monitoramento, verificou-se que a parcela P1 apresentava poucos vestígios de pisoteio dos animais, isso pode explicar a redução nas perdas de solos nesta parcela em relação as parcelas P2 e P3. A redução estimada da Parcela P1 no ano de 2008 foi de 84,2% em relação as estimativas de perda de solo da Parcela P2 e, em torno de 101,7% em relação a parcela P3.

Tabela 30- Perda de solos na área de Reflorestamento de Eucalipto no ano de 2008 e 2009.

mês	Ano de 2008							Ano de 2009						
	P1 (g/m <sup>2</sup> )	P2 (g/m <sup>2</sup> )	P3 (g/m <sup>2</sup> )	P4 (g/m <sup>2</sup> )	P5 (g/m <sup>2</sup> )	Média (g/m <sup>2</sup> )	Chuva mm	P1 (g/m <sup>2</sup> )	P2 (g/m <sup>2</sup> )	P3 (g/m <sup>2</sup> )	P4 (g/m <sup>2</sup> )	P5 (g/m <sup>2</sup> )	Média (g/m <sup>2</sup> )	Chuva mm
jan	5,3	10,3	12,7	11,6	10,1	10,0	187	1,1	4,5	1,2	4,0	3,44	2,8	258
fev	12,7	12,9	19,4	13,6	13,9	14,5	101	2,5	24,2	5,8	3,0	2,28	7,6	158
mar	5,7	8,3	17,2	16,1	17,4	12,9	59	0,6	11,3	2,4	0,5	0,36	3,0	55
abr	3,9	7,4	15,5	13,8	11,7	10,4	353	1,1	1,5	0,4	0,2	0,04	0,6	45
mai	2,9	6,4	11,2	15,5	17,8	10,7	188	1,1	8,2	1,2	2,4	1,88	3,0	105
jun	3,6	2,2	4,8	19,0	21,1	10,1	183	0,5	1,3	0,6	1,5	0,86	1,0	226
jul	2,7	10,1	8,7	10,8	10,0	8,4	155	4,4	14,0	32,4	6,2	4,46	12,3	370
ago	3,1	3,2	9,0	20,7	19,2	11,0	207	4,7	16,1	10,4	1,4	0,74	6,7	126
set	0,4	4,2	3,2	4,9	5,2	3,5	102	41,3	42,1	145,4	5,3	5,18	47,9	408
out	15,6	25,8	11,1	93,6	82,7	45,7	306	33,4	22,0	63,9	3,5	2,9	25,1	266
nov	0,6	4,2	1,7	3,0	1,1	2,1	60	3,8	3,9	3,4	0,6	0,54	2,4	162
dez	0,8	3,1	1,2	2,6	0,6	1,6	37	2,8	1,4	1,9	0,4	0,1	1,3	92
Total g/m <sup>2</sup>	57,1	98,2	115,8	225,1	210,7	141,4	1938	97,3	150,6	269,0	29,1	28,5	114,9	2271
Total t/ha	0,57	0,98	1,15	2,25	2,10	1,41	-	0,97	1,50	2,69	0,29	0,28	1,14	-
Desvio Padrão*	29,9		10,1			-		8,7		4,6			-	

\* O Desvio Padrão, é referente ao total de perda de solo nas parcelas com o mesmo tipo de manejo.

Org. Antoneli, V. (2010)

A parcela P2 e P3, no ano de 2008, por sofrerem influência dos piquetes, apresentaram índices mais elevados de perda de solo em relação à parcela P1. Já para as parcelas P4 e P5, foram estimados valores maiores em relação as demais parcelas no ano de 2008. A parcela P4 (maior perda de solo) apresentou um aumento em torno de 94% em relação a parcela P3 e 129% em relação a parcela P2.

Este aumento considerável, está atrelado a idade do reflorestamento e a forma de manejo nos primeiros anos de reflorestamento. Para efetuar o plantio de eucalipto, os agricultores utilizam a queimada para eliminar a vegetação anterior. Nos dois primeiros anos foi efetuado o coroamento ao redor dos pés de eucalipto e utilizada a prática da roçada nas entrelinhas, para eliminar as espécies nativas que acaba brotando. Outra técnica para fazer a limpeza é a utilização de herbicida para eliminar a vegetação das entrelinhas.

No ano de 2009, as parcelas P4 e P5, apresentaram uma redução considerável de perda de solo em relação ao ano anterior. Ao confrontarmos as perdas de solo nestas duas parcelas, conclui-se que a parcela P4 apresentou uma redução em torno de 673% em relação ao ano de 2008. A parcela P5, também apresentou uma redução em torno de 639% quando comparados com as de perda de solo do ano de 2008.

Essa redução considerável, está pautada na forma de manejo do reflorestamento da área monitorada, durante os dois primeiros anos era efetuado o coroamento ao redor dos pés de eucalipto. Já no terceiro ano de plantio (2009) essa técnica foi deixada de lado por os pés estarem mais altos que as ervas daninhas. Foi realizada a roçada das entrelinhas, e adicionado herbicida para eliminação das ervas daninhas, formando uma camada de cobertura morta, reduzindo a exposição do solo e, por conseguinte implicando na diminuição das perdas de solo.

Quando individualizadas as perdas totais de solo dos dois talhões tem-se as seguintes perdas: no ano de 2008, as perdas médias foram de 0,9 t/ha para as parcelas P1, P2 e P3, apesar da parcela P1 apresentar menor valor (0,57 t/ha). Este valor inferior as demais, pode ser justificado pela localização desta parcela, que foi instalada próximo ao topo da vertente em local com pouco pisoteio dos animais por estar também muito próxima de uma cerca que divide com outro talhão.

As parcelas P4 e P5, apresentaram valores médios de perdas em torno de 2,17 t/ha, no ano de 2008, este aumento pode estar atrelado, como discutido anteriormente, à forma de manejo do reflorestamento.



No ano de 2009, as perdas médias das parcelas P1,P2 e P3, foram de 1,72 t/h, (91,1% superior as perdas de 2008). Este aumento é em decorrência de uma maior perda de solos na parcela P3, que neste ano apresentou uma perda de 2,68 t/ha, 133,9% superior a perda de 2008. Nas investigações de campo, percebeu-se no ano de 2009, que houve uma maior concentração de animais no local onde a Parcela P3 estava localizada, por esta parcela estar próxima ao portão de acesso a uma área de Faxinal. Outro fator importante que pode ter potencializado às perdas de solo nesta parcela foi a instalação de uma caixa de água para sedentação dos animais, aumentando assim o trânsito de animais.

As parcelas P4 e P5 no ano de 2009 apresentaram valores médios de perda em torno de 0,285 t/ha, esta redução nas perdas comparadas com as perdas do ano de 2008, estão relacionadas ao manejo Lima (1996), vem corroborar com esta questão, ao observar que houve uma redução dos valores de perda de solo do primeiro para o quarto ano. Os valores obtidos no início variavam entre 1,0 e 6,5 t/ha, por ano, decrescendo para 0,01 a 0,14 t/ha por ano no quarto.

Zhou *et al.* (2002) em pesquisas no Sul da China, avaliaram as perdas de solo por erosão hídrica em plantios de eucalipto, reflorestamento misto com introdução de espécies nativas e solo descoberto em um período de dez anos. Segundo os autores, as perdas foram maiores nos solos descobertos, seguidos pelo coberto com eucalipto e reflorestamento misto com introdução de espécies exóticas. De acordo com os autores, o escoamento superficial e as perdas de solo diminuíram com o aumento da cobertura proporcionada pelo eucalipto, acúmulo da serrapilheira e aumento da vegetação rasteira do primeiro para o décimo ano.

Levando em consideração estas especificidades do reflorestamento de eucalipto a perda média de solos ao longo do monitoramento foi em 1,27 t/ha/ano. Este valor condiz com aqueles encontrados na literatura, dentre as quais destaca-se: Martins *et al.* (2003), que na região dos Tabuleiros Costeiros no Espírito Santo, após comparado três classes de solo sob cultivo de eucalipto, observaram que as perdas de solo variaram entre 0,21 e 3,20 t/ha. Pires *et.al* (2006), ao analisarem a perda de solo sob o eucalipto plantado em direção ao declive com a prática da queima dos restos vegetais encontrou valores de 0,85 t/ha. Já Ranzine e Lima (2002), em pesquisas em uma micro bacia com reflorestamento de eucalipto no Vale do Paraíba São Paulo, encontraram valores em torno 0,03 e 0,08 t/ha, sendo considerado valores baixos de perda de solo segundo os mesmos autores.

A perda de solo no reflorestamento de eucalipto sofre influência da dinâmica agrícola da bacia. Por serem utilizadas como piquetes, apresentam variações nas perdas de solo, influenciada pela intensidade do pastoreio. Neste sentido, os dados foram agrupados em estações, para identificação das possíveis variáveis que atuam na perda de solo nestas áreas (Tabela 31).

Tabela 31- Perda de solo sazonal nos anos de 2008 e 2009 no reflorestamento de eucalipto.

Estações	2008				2009			
	Perda de solo (g/m <sup>2</sup> )	período (%)	Chuva (mm)	Chuva (%)	Perda de solo (g/m <sup>2</sup> )	período (%)	Chuva (mm)	Chuva (%)
verão	26,1	18,5	325	16,6	11,9	10,4	508	22,4
outono	34,1	24,2	600	31,1	7,2	6,3	205	9,0
inverno	29,6	21,0	545	28,1	20,0	17,5	722	31,8
primavera	51,4	36,4	468	24,2	75,4	65,9	836	36,8
Total	141,2	100,1	1938	100	114,5	100,1	2271	100

Org. Antoneli, V. (2010).

No ano de 2008, o período de maior representatividade de perda foi a primavera com 36,4% do total. Já o período de verão apresentou o menor índice (18,5%). Quando correlacionados estes índices de perda de solo com a pluviosidade, conclui-se que ela em determinados períodos apresenta influência significativa nas estimativas de perda de solo, já outros períodos ela não exerce certa influência, cita-se como exemplo quando se confrontam os dados mensurados do inverno e primavera. A precipitação do inverno foi 2,9% superior a primavera, no entanto as perdas de solo da primavera foram 155,8% superior. Já em outros casos a precipitação foi determinante para as perdas, como é o caso que pode ser observado em uma correlação entre o outono e primavera, a precipitação do outono foi 61,9% inferior a primavera, e as perdas foram 207,7% superior.

Em caminhamentos pela área de reflorestamento em dias de chuvas, percebeu-se que nas parcelas P4 e P5 no ano de 2008, devido ao coroamento dos pés de eucalipto, as folhas mais próximas ao solo (10 a 20 cm de altura) apresentavam sinais de solo que foi arremessado devido ao salpicamento no local de coroamento onde o solo estava exposto. Esse solo desagregado potencializou as perdas,

O ano de 2009, a estimativa média de perda de solo foi de 1,14 t/ha. A primavera foi o período de maior índice de produção de sedimentos (65,8%), este percentual está atrelado aos totais de pluviosidade que giraram em torno de 36,8%.

Quando analisados os índices de precipitação e sua implicação nas estimativas de perda de solo do ano de 2008 e 2009, conclui-se que a precipitação no ano de 2009 foi 17,2% maior em relação ao ano anterior, no entanto as perdas de solo do referido ano mostraram uma redução em torno de 23,6%, em relação ao ano de 2008.

Para avaliar a influência de algumas variáveis nas perdas de solo, foram correlacionados os índices de precipitação com a perda de água e solo. (Figura 35)

Foi constatado ao longo do monitoramento que as áreas sem trânsito de animais, ou com redução de trânsito, praticamente não há remobilização da serrapilheira, formando-se uma camada de folhas e galhos de eucalipto, que devido ao formato dessas folhas, (estreita e comprida), acabam se sobrepondo umas as outras dando origem a uma camada uniforme recobrendo boa parte do solo, promovendo pequenos fluxos de água sobre a serrapilheira sem que este escoamento chegue até o solo que está na camada inferior deste horizonte. Esta questão foi observada quando da ocorrência de chuvas prolongadas (chuvas de pouca intensidade com longo período de duração), que a camada morta (horizonte O<sub>1</sub>).

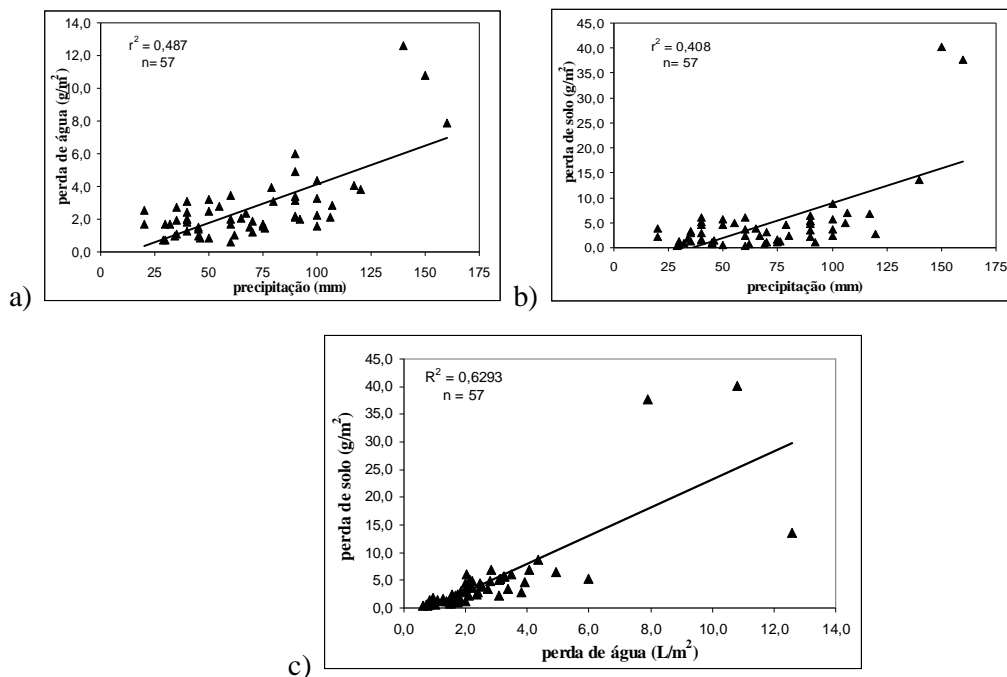


Figura 35- Correlação entre a precipitação, a perda de água e perda de solos nas áreas de Reflorestamento de eucalipto. a) Correlação entre a precipitação e a perda de água; b) correlação entre precipitação e a perda de solo; c) correlação entre perda de água e perda de solo.

Org. Antoneli, V. (2010)

Nota-se, que houve uma baixa correlação entre a precipitação e a perda de água ( $r^2 = 0,487$ ), ou seja, apenas 48% do escoamento é influenciado pela chuva. Esta baixa correlação pode sofrer influência também da forma de cultivo e do uso e ocupação.

A idade do reflorestamento se torna um condicionante importante nas perdas de água e solo nestas áreas. Plantios mais velhos (entre 5 e 10 anos), tendem a influenciar no atravessamento da água da chuva, além de uma camada maior de serrapilheira que implica na distribuição da água no solo. Já em reflorestamento novos (1 a 3 ano de idade), percebeu-se que a serrapilheira formada pelo próprio reflorestamento é muito pequena, e a exposição do solo é maior principalmente quando é efetuado o coroamento dos pés de eucalipto. As chuvas passam a exercer papel importante na desagregação do solo, devido à redução da interceptação. Estes condicionantes potencializam as perdas de solos nos reflorestamento mais jovens.

Por serem monitoradas duas áreas distintas (talhões), e cada uma com suas especificidades já mencionadas, onde a característica de cada área implica em diferentes perdas de solos, fica evidente que a chuva apresenta uma baixa influência nas perdas de solo ( $r^2 = 0,408$ ). Portanto esta baixa correlação pode ser atribuída também as características do reflorestamento e o manejo.

Já a correlação entre a perda de água e a perda de solo foi considerada alta ( $r^2 = 0,629$ ), onde cerca de 62% da perda de solo é influenciada pelo escoamento superficial. Este fato pode ser justificado devido ao manejo e a idade do reflorestamento.

Outro fator que pode potencializar a correlação entre a perda de água e a perda de solo é a forma de ocupação das áreas de reflorestamento de eucalipto. Como já mencionado, as áreas de reflorestamento de eucalipto, são utilizadas como piquetes e, a inserção de animais nessas áreas, implicam em variações nas perdas de água e solo, pois a intensificação do pastoreio depende da dinâmica agrícola da bacia, onde apresenta períodos de menor intensificação do pastoreio e outros maior intensificação.

Foi observado também, que há micro crateras deixadas no solo pelas pegadas dos animais devido ao pisoteio, que servem para o represamento da água e solo, mas à medida que essas micro crateras são preenchidas, há um aumento no fluxo que potencializa as perdas de solos.

### 5.6.5-Perda de água e perda de solo no cultivo de erva-mate

A erva mate pode ser explorada tanto *in natura* (extrativismo), quando cultivada. As áreas de exploração *in natura*, representam uma parcela muito pequena, (2%), da área de estudos, estas áreas estão consorciadas à Mata de Araucária e as áreas de Faxinal.

A maior parte da erva-mate da área de estudos atualmente é cultivada em áreas de Faxinal, onde já havia um predomínio de pés de erva-mate (*in natura*), foram transformadas em áreas de cultivo da erva-mate. Com o plantio da erva-mate, há um adensamento das áreas destinadas a esta prática, são cultivadas em entrelinhas com espaçamento de 2x3 m (1600 pés por hectare). Todas as parcelas monitoradas foram instaladas em área de cultivo de erva-mate, por ser mais representativa que a erva-mate *in natura*.

A forma de manejo do cultivo de erva-mate interfere na perda de água e nas perdas de solo, principalmente no período da colheita que ocorre em intervalos de três a quatro anos. Esta especificidade deve ser levada em consideração ao monitorar às perdas de água e solo, pois ervais mais velhos (próximo da colheita), tendem a interceptar mais água, além de apresentarem uma camada mais espessa de serrapilheira, influenciando nas perdas de água (Tabela 32). Já aquelas áreas recém cultivadas ou aquelas recém colhidas (poda rasa), contribuem para a maior exposição do solo, além dos índices de interceptação serem menores em relação aos ervais mais velhos. Vale ressaltar que no cultivo de erva-mate, assim como no reflorestamento de eucalipto, no início do cultivo é realizado o coroamento ao redor dos pés.

Conforme descrito na metodologia, o monitoramento nas áreas de erva mate, foi realizado em duas áreas, com diferenciação no manejo das plantas invasoras no ano de 2008. As parcelas P1, P2 e P3, no ano de 2008, foi efetuado o coroamento ao redor dos pés após a colheita, já as Parcelas P4 e P5 as plantas invasoras foram eliminadas com aplicação de herbicidas (sem coroamento). Estas variações no manejo implicaram em alternâncias na perda de água.

Tabela 32- Perda de água no cultivo de erva-mate no ano de 2008 e 2009

Meses	Ano de 2008							Ano de 2009								
	P1 (L/m <sup>2</sup> )	P2 (L/m <sup>2</sup> )	P3 (L/m <sup>2</sup> )	P4 (L/m <sup>2</sup> )	P5 (L/m <sup>2</sup> )	Perda de água em (%*)	Chuva (mm)	P1 (L/m <sup>2</sup> )	P2 (L/m <sup>2</sup> )	P3 (L/m <sup>2</sup> )	P4 (L/m <sup>2</sup> )	P5 (L/m <sup>2</sup> )	Perda de água em (%*)	Chuva (mm)		
jan	2,3	2,8	2,9	3,0	1,0	1,3	187	3,6	3,1	2,0	1,6	1,1	0,9	258		
fev	5,0	4,0	4,1	3,4	1,2	3,5	101	3,7	2,8	3,3	2,1	0,7	1,6	158		
mar	3,7	7,9	6,5	3,8	2,1	8,1	59	1,6	0,9	2,5	0,8	0,8	2,4	55		
abr	6,4	11,8	8,0	3,7	4,5	1,9	353	1,8	2,1	2,6	0,4	0,9	3,5	45		
mai	4,6	12,4	7,7	5,0	4,6	3,6	188	2,0	1,1	1,8	0,9	1,7	1,4	105		
jun	2,1	7,4	2,5	3,5	3,6	2,1	183	1,6	0,5	0,7	0,9	1,7	0,5	226		
jul	1,1	3,8	0,9	2,5	1,3	1,2	155	3,6	3,2	4,5	2,4	1,8	0,8	370		
ago	1,7	4,4	3,5	5,4	3,3	1,8	207	2	2,6	1,0	1,7	1,3	1,4	126		
set	1,0	2,1	1,0	1,0	1,0	1,2	102	6	5,8	3,5	3,8	4,0	1,1	408		
out	6,7	8,0	4,5	5,4	3,1	1,8	306	4,1	3,3	2,2	2,5	3,2	1,2	266		
nov	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,8	60	1,9	1,9	1,8	1,5	1,4	1,0	162		
dez	0,9	0,5	1,2	1,2	1,2	2,7	37	1,2	0,9	1,5	1,1	0,4	1,1	92		
Média (L/m <sup>2</sup> )	3,1	5,5	3,7	3,3	2,3	2,6	1938	2,8	2,4	2,3	1,6	1,6	1,4	2271		
Desvio Padrão**	1,1						-	-	0,5						-	-

\* Refere-se a porcentagem média de perda de água mensal das parcelas

\*\* O Desvio Padrão, refere-se ao total de perda de água das parcelas.

Org. Antoneli, V. (2010)

Por meio da tabela 32, conclui-se que o estágio de crescimento pode influenciar na perda de água, como já mencionado, por a erva mate ter seu ciclo de colheita entre três a quatro anos, implicando em variações na exposição anual do solo. No ano de 2008, a área monitorada estava no segundo ano pós-colheita, e havia sido realizado o coroamento.

No ano de 2008, a média de perda de água nas parcelas P1, P2 e P3 foi de 4,1 L/m<sup>2</sup>, (3,5%) enquanto que as Parcelas P4 e P5 apresentaram valor médio de 2,8 L/m<sup>2</sup>, (2,2%) uma redução em torno de 46,4% para as parcelas P4 e P5. Conclui-se que, esta redução pode ser atribuída ao manejo, pois com o coroamento dos pés há uma maior exposição do solo, com mais eficiência da energia cinética da chuva em desagregar solo, potencializando o selamento implicando na redução da infiltração.

No ano de 2009, a eliminação das plantas invasoras, foram realizadas com uso de herbicida, sem a necessidade de coroamento em nenhuma parcela. Esta forma de manejo implicou em uma redução da perda de água. Se comparadas às perdas de água no ano de 2008 com as perdas no ano de 2009, nas três primeiras parcelas, nota-se que há uma redução em torno de 64% no ano de 2009. Esta redução pode estar atrelada à forma de manejo, pois a eliminação das plantas invasoras através de herbicidas promove uma camada morta nas entrelinhas implicando em menores perdas de água.

Outro fator que pode estar atrelado a esta redução em relação ao aumento da serrapilheira proveniente da própria planta de erva mate, que no ano de 2009, apresentavam alturas em torno de 2,0 metros.

A média de perda de água no ano de 2008 foi de 2,6%, enquanto que no ano de 2009 a média foi de 1,4%. Com uma média de perda de água de 2,0%. As pesquisas relacionadas às perdas de água em cultivo de erva mate, ainda são incipientes no Brasil, isso dificulta a validação dos dados encontrados, mas se comparados a outros cultivos com características semelhantes, nota-se que este valor está dentro da perda tolerável, encontrado por outros pesquisadores em culturas que apresentam dinâmicas parecidas com a erva mate. Dentre eles destaca-se Bertoni e Lombardi Neto (2005), que pesquisaram as perdas de água em cafezal e encontraram valores de 1,1%. Leal da Silva *et. al* (1998), pesquisaram perdas de água em corte raso e deposição dos resíduos resultantes do corte de acácia negra em Santa Maria RS, encontraram perdas água 3,6%, logo após corte.

A perda média mensal foi agrupada sazonalmente, para identificar possíveis variáveis que influenciam ao longo do ano, (Tabela 33).

Como a erva mate é uma atividade complementar, ela é colhida no inverno, período de redução nas atividades fumageiras na bacia, pois a mão de obra empregada na colheita da erva mate em sua maioria são fumicultores que, ou tem pequenas áreas de cultivo de erva-mate em suas propriedades ou atuam na colheita para outros agricultores. Vale ressaltar também, que a limpeza dos ervais (eliminação das plantas invasoras) é realizada nos períodos em que há redução das atividades agrícolas na bacia (outono e inverno), sendo que estas atividades podem potencializar a perda de água.

Tabela 33- Perda de água sazonal no cultivo de erva-mate no ano de 2008 e 2009

estações	Perda de água (%)	Total Período em (%)	Chuva (mm)	Chuva (%)	Perda de água (%)	Total Período em (%)	Chuva (mm)	Chuva (%)
verão	7,5	24,1	325	16,9	3,6	21,3	508	22,4
outono	13,7	44,1	600	31,1	7,3	43,2	205	9,0
inverno	5,1	16,4	545	28,3	2,7	16,0	722	31,8
primavera	4,8	15,4	468	24,3	3,3	19,5	836	36,8
Total	31,1	100,0	1938	100	16,9	100,0	2271	100

Org. Antoneli, V. (2010)

No outono de 2008, ocorreu a maior média de perda de água com um somatório de 13,7%, o que representa um perda em torno de 44,1% do total, condizendo com a maior pluviosidade (31,1%). Já nos outros períodos a quantidade de precipitação não condiz com as perdas de água. O verão por exemplo apresentou a menor precipitação e, no entanto as perdas de água foram de 7,5% (segunda maior perda).

O inverno e primavera, apesar dos valores superiores de precipitação ao outono, (67,6% e 44% respectivamente), indicaram perdas de água inferior (47% e 52,2% respectivamente). Foi observado que no verão de 2008 (início do monitoramento) havia uma maior exposição do solo devido ao coroamento que fora realizado na primavera de 2007, fato este que pode ter potencializado as perdas de água no verão e outono de 2008.

No ano de 2009 o total de precipitação foi maior no inverno e primavera em relação ao ano anterior, no entanto a perda de água foi inferior. No outono de 2009, nas áreas de monitoramento foram realizadas as aplicações de herbicida para eliminação das plantas invasoras, percebeu-se neste período que à medida que as plantas foram dessecando, foram surgindo manchas de exposição do solo, fato este que pode ter contribuído com as maiores perdas de água, mesmo com uma pluviosidade inferior aos demais períodos.



No inverno e primavera, apesar dos índices maiores de precipitação a perda de água foi menor, esta questão pode ser entendida pelo aumento da camada morta promovida pela acúmulo de plantas invasoras dessecadas.

A redução nas perdas de água em 2009, pode ter sofrido influência também da estrutura da folhagem da erva mate, pois neste ano observou-se que houve um aumento nos galhos nas entrelinhas.

Estas especificidades que potencializam as perdas de água influenciam também nas perdas de solo (Tabela 34), a forma de manejo promove alterações na exposição do solo, principalmente no outono, quando geralmente é realizada a limpeza dos ervais, e no inverno (período de colheita).

Quando se faz a poda da erva-mate (colheita), na sequência é realizado o coroamento ao redor dos pés para eliminar as plantas invasoras e, nas entrelinhas estas ervas daninhas são eliminadas com a capina periódica ou com a aplicação de herbicidas. Este processo é realizado nos dois anos subsequentes à colheita da erva-mate, do terceiro ano em diante após a colheita, os galhos e as folhas acabam cobrindo boa parte do solo, além de produzir uma camada de serrapilheira que implica na redução das perdas de solo.

Tabela 34- Perda de solos no período de 2008 e 2009 no cultivo de erva-mate.

Meses	Ano de 2008							Ano de 2009							
	P1 (g/m <sup>2</sup> )	P2 (g/m <sup>2</sup> )	P3 (g/m <sup>2</sup> )	P4 (g/m <sup>2</sup> )	P5 (g/m <sup>2</sup> )	Média (g/m <sup>2</sup> )	Chuva (mm)	P1 (g/m <sup>2</sup> )	P2 (g/m <sup>2</sup> )	P3 (g/m <sup>2</sup> )	P4 (g/m <sup>2</sup> )	P5 (g/m <sup>2</sup> )	Média (g/m <sup>2</sup> )	Chuva (mm)	
jan	3,5	2,7	3,1	1,6	0,4	2,2	187	4,2	1,1	1,5	2,6	1,2	2,1	258	
fev	6,4	3,0	3,9	1,6	0,5	3,0	101	1,7	0,4	0,9	3,6	1,2	1,5	158	
mar	5	8,5	9,8	2,1	0,7	5,2	59	1,1	0,3	0,5	2,1	0,3	0,8	55	
abr	8,6	16,1	15,9	2,3	2,3	9,0	353	0,8	0,2	0,5	1,8	0,4	0,7	45	
mai	4,0	18,1	13,5	3,7	4,1	8,6	188	2,1	0,5	1,4	3,1	0,4	1,5	105	
jun	1,6	11,2	3,9	4,5	6,9	5,6	183	0,5	0,1	0,2	0,6	0,3	0,3	226	
jul	1,2	6,1	0,7	3,2	1,3	2,5	155	2,1	0,5	1,1	2,3	4,1	2,0	370	
ago	1,1	3,5	5,4	13,1	4,6	5,5	207	1,0	0,3	0,8	0,5	0,7	0,6	126	
set	0,5	1,4	0,7	1,8	0,8	1,0	102	4,9	1,2	2,9	1,6	2,4	2,6	408	
out	9,1	12,9	4,8	9,4	3,2	7,8	306	2,9	0,7	1,4	1,0	1,4	1,4	266	
nov	0,9	0,4	1,2	0,2	0,8	0,7	60	0,9	0,2	0,8	0,5	1,1	0,7	162	
dez	0,7	0,3	1,1	0,6	0,5	0,6	37	0,6	0,2	0,5	0,6	0,5	0,4	92	
Total (g/m <sup>2</sup> )	42,6	84,3	63,9	44,2	26,2	52,2	1938	22,9	5,7	12,5	20,3	13,8	15,0	2271	
Total (t/ha)	0,42	0,84	0,63	0,44	0,26	0,52		0,22	0,05	0,12	0,20	0,13	0,15	-	
Desvio Padrão*	0,22						-	-	0,06						-

\* O Desvio Padrão, refere-se ao total de perdas de solo das parcelas.

Org. Antoneli, V. (2010)

No ano de 2008, as parcelas P1 P2 e P3, haviam sido colhidas no ano anterior, portanto apresentando uma exposição maior do solo implicando na perda de solos. Considerando um valor médio dentre estas três parcelas, estima-se uma perda em torno de 0,63 t/ha, já as parcelas P4 e P5 apresentaram uma perda média de solos em torno de 0,35 t/ha, uma redução de 80,0%. Quando estimada a perda média anual tem-se um valor de 0,52 t/ha.

No ano de 2009, as perdas de solos apresentaram um valor médio de 0,15 t/ha, uma redução de 291%. Esta redução pode ser relacionada às formas de manejo do erval monitorado. Neste período não foi realizado coroamento e as plantas invasoras foram removidas com herbicida, promovendo uma maior concentração de camada morta nas entrelinhas, contribuindo com a infiltração de água no solo reduzindo as perdas de água e solo. Vale ressaltar que todas as parcelas no ano de 2009 estavam no terceiro ano de crescimento, sendo que no ano seguinte (2010) seria realizada a colheita novamente.

Levando em consideração o manejo dos ervais ao longo do período de monitoramento, tem-se uma estimativa média de perda de solo em torno de 0,336 t/ha. Estes valores estão dentro da faixa estimada por Philipovsky *et. al.* (2003), em uma fazenda experimental no município de Ivaí-PR, onde os autores monitoraram a produção de sedimentos em ervais com diferentes formas de manejo onde foi encontrada produção de sedimentos em torno de 0,521 t/ha/ano em áreas com capina periódica, 0,197 t/ha/ano para ervais sem capina, 0,025t/ha em ervais com cobertura vegetal nas entrelinhas e 0,008 t/ha em áreas onde se faz a utilização de herbicida para a eliminação das ervas daninhas. Os valores encontrados por esta pesquisa estão pouco acima daqueles encontrados por Leal da Silva *et. al* (1998), que em corte raso e deposição dos resíduos no reflorestamento de acácia negra, estimaram valores de 0,035 t/ha)

No intuito de identificar possíveis variáveis que interferem nas perdas de solos no cultivo de erva mate, os dados foram agrupados sazonalmente, (Tabela 35). Nesta tabela, verifica-se que independente do estágio de crescimento das plantas, e da forma de manejo dos ervais, a pluviosidade influencia nas taxas de perda de solo. Os períodos que apresentaram maiores índices de pluviosidade condizem com aqueles de maior taxa de perda de solos. No entanto como visto anteriormente, a pluviosidade não exerce a mesma influência na perda de água.

Tabela 35- Perda de solo sazonal no cultivo de erva-mate em 2008 e 2009

Estações	Ano de 2008				Ano de 2009			
	Perda de solo (g/m <sup>2</sup> )	período (%)	Chuva (mm)	Chuva (%)	Perda de solo (g/m <sup>2</sup> )	período (%)	Chuva (mm)	Chuva (%)
verão	5,9	11,5	325	16,9	4,1	27,6	508	22,4
outono	22,9	43,9	600	31,1	3,1	20,6	205	9,0
inverno	13,6	26,2	545	28,3	3,0	20,1	722	31,8
primavera	9,6	18,4	468	24,3	4,7	31,7	836	36,8
Total	52,0	100	1938	100	14,9	100	2271	100

Org. Antoneli, V. (2010)

As variações sazonais nas perdas de solo entre os anos de 2008 e 2009 são significativas, cita-se como exemplo o outono e o inverno de 2008, que juntos somaram 70,1% do total de perda de solo, condizendo com a maior pluviosidade (59,4%). Já no ano de 2009, as distribuições sazonais de perda de solo, foram mais equilibradas, o outono e inverno que no ano de 2008 apresentaram as maiores perdas, no ano de 2009, estas perdas foram reduzidas em torno de 73,3%.

O verão, que no ano de 2008, indicou uma perda de 11,5%, no ano de 2009 esta perda foi de 27,6% do total (aumento de 140,0%). Mas o período que apresentou a maior variação, foi a primavera, que no ano de 2008, foi superior apenas ao verão com 18,4%, já no ano de 2009, este período (primavera) foi a que apresentou a maior perda de solo 31,7% de perdas, mas vale ressaltar que este aumento refere-se apenas a porcentagem anual, pois se confrontadas as perdas totais de solo em cada período, nota-se que o ano de 2008, apresentou uma perda 291,0% superior as perdas médias de 2009.

Corroborando com esta informação, nota-se que o verão de 2008, apresentou menor perda do período (5,9 g/m<sup>2</sup>), no entanto esta perda foi 25,5% superior a maior perda registrada no ano de 2009, que foi de 4,7 g/m<sup>2</sup> na primavera.

Portanto as perdas de solo, apesar de no ano de 2008 condizerem com os índices de precipitação, no ano de 2009, não fica claro a significância da precipitação. Neste caso, o manejo do solo e a características das plantas de erva mate podem ser fatores determinantes nas perdas de solo.

Para uma melhor avaliação das perdas de água e solo no cultivo de erva mate, foram correlacionados, a pluviosidade, a perda de água e a perda de solo, na tentativa de evidenciar possíveis interferências que estas variáveis exercem nas demais. (Figura 36).

Vale ressaltar que a dinâmica do cultivo da erva mate, torna-se o fator de maior significância na correlação entre a precipitação, o escoamento e a perda de solos, pois dependendo do estágio da brota após a colheita e da forma de manejo ao longo do cultivo, são fatores importantes que devem ser levados em consideração ao monitorar as perdas de água e solo neste tipo de cultivo.

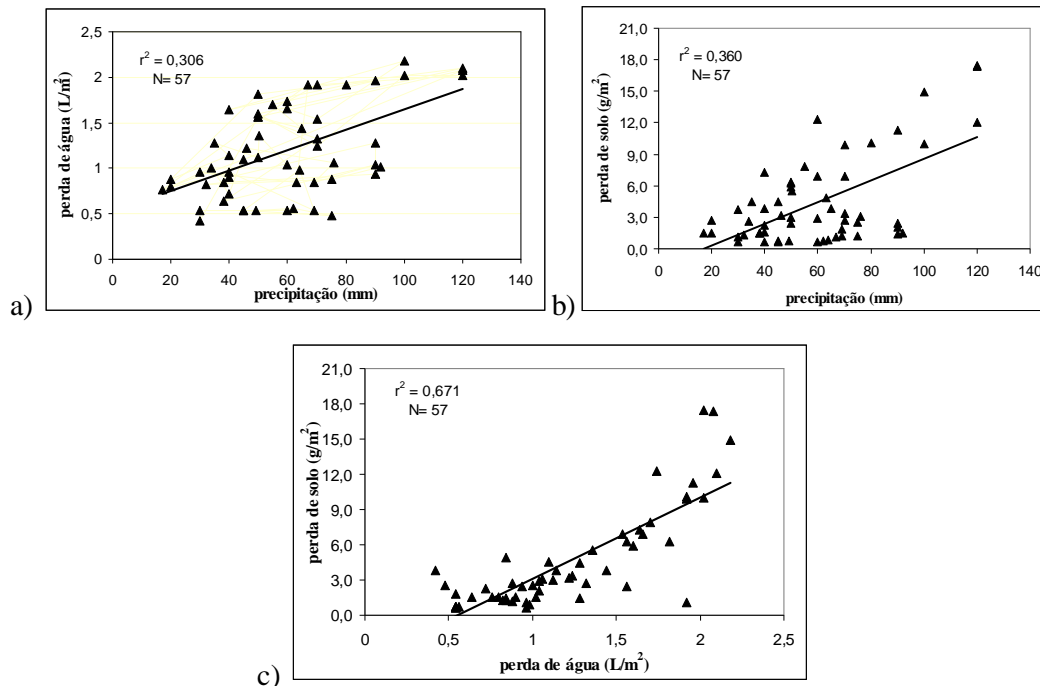


Figura 36- Correlação entre a precipitação, a perda de água e a perda de solos nas áreas de cultivo de erva mate. a) Correlação entre a precipitação e a perda de água; b) correlação entre precipitação e a perda de solo; c) correlação entre perda de água e perda de solo.

Org. Antoneli, V. (2010)

Com base nas informações extraídas figura 35, verifica-se que há uma baixa correlação existente entre a chuva e a perda de solo ( $r^2 = 0,303$ ), esta baixa correlação pode ser atribuída à intensidade das chuvas, ao manejo do cultivo da erva mata e do estágio de crescimento da planta. Estas especificidades também contribuem para que haja uma baixa correlação entre a precipitação e a perda de solos no cultivo de erva mate ( $r^2 = 0,360$ ). Em caminhamentos pela área de monitoramento em dias de chuvas, observou-se, que quando há uma maior concentração de serrapilheira ao redor da planta formada pelas folhas da própria erva mate que caíram, há um escoamento superficial sob estas folhas, sem contato direto com o solo propriamente dito.

Esta questão pode ser explicada pela forma de manejo da cultura, quando se remove as ervas daninhas, forma-se nas entrelinhas uma camada morta que atua como

agente redutor da perda de água. Quando esta camada começa a ser decomposta, o escoamento superficial passa a transportar pequenos fragmentos de vegetais que se acumulam nas micro-depressões, formando pequenas poças (micro represas) e que ao se romperem aumentam o poder de transporte do fluxo implicando assim em uma maior remoção de solo.

Quando correlacionada a perda de água e solo, verifica-se que há uma alta correlação ( $r^2 = 0,671$ ). Significa, portanto que, 67,1% da erosão de solos é influenciada pelo escoamento superficial. Apesar desta alta correlação, quando confrontados os dados sazonais de perda de água e perda de solo, nota-se que não há uma variação onde alguns períodos de maior perda de água não condiz com aqueles de maior perda de solo. Esta variação pode ser explicada pela alternância de exposição do solo, promovido pelo manejo e pela própria estrutura da planta.

A correlação entre a perda de água e a perda de solo na erva mate, apresenta uma questão bastante peculiar. Valores inferiores  $1,8 \text{ L/m}^2$ , apresentam uma menor variação de perda de solo, já valores superiores que  $1,8 \text{ L/m}^2$ , indicam maior variação nas perdas de solo, esta variação pode estar condicionada a exposição do solo e a intensidade das chuvas.

#### **5.6.6 – Perda de água e perda de solo na área de pastagem**

A pecuária é pouco desenvolvida da bacia por serem constituídas de pequenas propriedades, portanto as áreas destinadas a pastagens na bacia correspondem a 8,2% do uso do solo. Destaca-se que as áreas de pastagens que se faz menção aqui, estão relacionadas aquelas áreas onde a pastagem foi adicionada (plantada), não sendo considerada aquelas pastagens naturais (Faxinal).

Algumas áreas de pastagens da bacia servem como piquetes para os animais (equinos) que são utilizados nas atividades agrícolas e pequenos rebanhos de gado para consumo (carne e leite). Neste caso, pode-se considerar que há uma criação extensiva de animais nestas áreas.

Quando monitorada a perda de água e a perda de solos em pastagens, deve-se levar em consideração diversos fatores que podem influenciar, tais como: características físicas da área, percentual de cobertura, unidade animais por hectare (UA/ha), intensidade do pastoreio, periodicidade de rotação e como no caso das pastagens da bacia, a dinâmica agrícola. Estas características podem influenciar nos índices de perda de água e solo.

As áreas de pastagens da bacia são influenciadas pelo calendário agrícola, pois nos períodos de entre safra, há uma intensificação dos animais (equínos) nas pastagens.

Esta forma de uso e ocupação das pastagens na bacia, implica em alternâncias nas perdas de água ao longo do ano, (Tabela 36). Os meses de fevereiro e dezembro de 2008 apresentaram uma perda de água relativamente baixa nas três parcelas quando analisado o escoamento em  $L/m^2$ , mas quando relacionados com a precipitação para encontrar a porcentagem das perdas de água, estes valores se tornam significativos (9,0 % e 7,0% respectivamente). Este fato também foi percebido no ano de 2009, onde as precipitações menores apresentaram porcentagem média de perda de água maiores em relação à boa parte dos outros meses de maior precipitação como é o caso dos meses de março e abril.

Tabela 36- perda de água no cultivo de erva-mate no ano de 2008 e 2009

mes	Ano de 2008					Ano de 2009				
	P1 ( $L/m^2$ )	P2 ( $L/m^2$ )	P3 ( $L/m^2$ )	Perda de água em %*	Chu- va (mm)	P1 ( $L/m^2$ )	P2 ( $L/m^2$ )	P3 ( $L/m^2$ )	Perda de água em %*	Chu- va (mm)
jan	4,6	5,9	2,9	2,4	187	6,1	4,8	4,4	2,0	258
fev	7	4,6	5,1	5,5	101	5,8	11,1	7,5	5,1	158
mar	5,8	9,8	11,8	9,0	59	1,9	3,6	2,2	4,7	55
abr	8,9	35,5	27,9	6,8	353	1,3	2,9	2,1	4,7	45
mai	6,5	12,2	9,8	5,1	188	6,2	5,1	3,2	4,6	105
jun	1,7	4,5	3,9	1,8	183	0,7	1,3	0,9	0,4	226
jul	1,7	3,5	3,4	1,8	155	10,1	15,2	17,1	3,8	370
ago	1,7	7,7	8,7	2,9	207	4,6	9,3	6,8	5,5	126
set	0,5	1,5	0,7	0,9	102	30,4	23,7	18,6	8,3	408
out	4,6	8,8	11,6	2,7	306	11,7	18,2	15,8	5,7	266
nov	2,5	1,1	1,5	2,9	60	3,7	10	5,9	4,0	162
dez	2,1	2,6	3,1	7,0	37	2,5	5,6	4,2	4,5	92
Média ( $L/m^2$ )	3,9	8,1	7,5	4,1	1938	6,1	4,8	4,4	4,4	2271
Desv. Padrão	2,3		-	-	-	1,6		-	-	-

\* refere-se a porcentagem média de perda de água mensal das parcelas.

**Nota-** O Desvio Padrão, refere-se ao total das parcelas.

Org. Antoneli, V. (2010)

No ano de 2009, a perda de água em alguns meses apresentaram discrepâncias consideráveis entre a perda de água e a precipitação, exemplo disso é o mês de junho, com um escoamento de  $0,4 L/m^2$ , e com uma precipitação 226 mm, em contra partida o mês de janeiro com uma precipitação muito próxima (258 mm), apresentou uma perda de água de 2,0%, (aumento de 400%).

A perda média em 2008, foi de 4,1%, já no ano de 2009 foi de 4,4%, com uma média de 4,25% para o período monitorado. Estes valores condizem com aqueles encontrados por Eltz *et al.* (1977) de 5,4%, por Barbosa e Fearnside (2000), que foi de 3,18%, Sendo superior a aqueles valores obtidos por Bertoni e Lombardi Neto (2005), com 0,7% de perdas de água.

Os valores mensais de perda de água foram agrupados sazonalmente para identificar possíveis variáveis que interferem nestes valores, (Tabela 37).

O verão e outono apresentam os maiores valores de perda de água, mesmo com menor índice de precipitação em relação aos demais períodos. As maiores precipitações acumuladas durante os períodos não condizem com as maiores perdas de água, esta questão pode ser explicada pelas características das chuvas, características das pastagens e principalmente pela intensidade do pastoreio em determinados períodos.

Tabela 37- Perda de água na área de pastagem no de 2008 e 2009.

estações	Ano de 2008				Ano de 2009			
	Perda de água (%)	Total Período em (%)	Chuva (mm)	Chuva (%)	Perda de água (%)	Total Período em (%)	Chuva (mm)	Chuva (%)
verão	14,9	35,7	325	16,9	11,6	21,7	508	22,4
outono	13,7	32,9	600	31,1	13,9	26,1	205	9,0
inverno	6,6	15,8	545	28,3	9,7	18,2	722	31,8
primavera	6,5	15,6	468	24,3	18,1	34,0	836	36,8
Total	41,7	100,0	1938	100	53,3	100,0	2271	100

Org. Antoneli, V. (2010)

O verão de 2008, apesar de apresentar o menor índice de pluviosidade (16,9%), foi o período de maior perda de água com um somatório de 14,9%, o que representa 35,7% do total de perda. Quando confrontado os dados entre os períodos de verão e outono, nota-se que a precipitação no verão foi 84,6% menor que outono, no entanto as perdas de água do verão foram 8,7% superiores.

No ano de 2009, o verão e o outono também apresentaram valores muito próximos daqueles do ano anterior apesar dos menores índices de pluviosidade. A primavera de 2009 apresentou a maior perda em torno de 18,1%, este aumento significativo em relação aos demais períodos, pode estar relacionado ao maior índice de precipitação (36,8% do total anual).

Na sequência foram apresentados os dados de perda de solo nas áreas de pastagem (Tabela 38), onde em uma avaliação mensal, nota-se que os meses de maior



precipitação condizem com aqueles de maior perda de solo, como é o caso do mês de abril de 2008, que apresentou uma perda média de 35,7g/m<sup>2</sup>, com uma precipitação de 353 mm. Caso semelhante, ocorreu com o mês de setembro com 26,3 g/m<sup>2</sup> e uma precipitação de 408 mm. Mas vale ressaltar que esta questão não pode ser considerada como regra geral para as perdas de solos nas pastagens. Alguns meses apesar da precipitação significativa, as perdas de solo foram menores em relação aos demais meses, assim como meses de menor precipitação em relação aos demais meses indicaram perdas maiores com é o caso do mês de março de 2008.

Tabela 38 - Perda de solo na área de pastagem no ano de 2008 e 2009.

meses	Ano de 2008					Ano de 2009				
	P1 (g/m <sup>2</sup> )	P2 (g/m <sup>2</sup> )	P3 (g/m <sup>2</sup> )	média (g/m <sup>2</sup> )	chuva (mm)	P1 (g/m <sup>2</sup> )	P2 (g/m <sup>2</sup> )	P3 (g/m <sup>2</sup> )	média (g/m <sup>2</sup> )	chuva (mm)
jan	5,2	6,9	9,7	7,3	187	7,6	3,7	3,5	4,9	258
fev	7,8	4,7	5,5	6,0	101	5,3	8,0	7,4	6,9	158
mar	13,5	20,8	21,0	18,4	59	2,2	3,6	3,2	3,0	55
abr	20,0	47,7	39,3	35,7	353	1,9	3,2	3,5	2,9	45
mai	8,3	12,1	10,3	10,2	188	3,6	4,0	3,2	3,6	105
jun	2,1	6,7	5,3	4,7	183	0,4	1,1	0,7	0,7	226
jul	2,7	6,9	4,0	4,5	155	2,1	15,4	14,3	10,6	370
ago	1,9	13,2	11,9	9,0	207	8,0	6,4	6,3	6,9	126
set	0,4	0,9	0,5	0,6	102	38,9	20,7	19,4	26,3	408
out	4,7	12,6	12,9	10,0	306	9,0	18,5	17,1	14,8	266
nov	2,7	1,1	1,1	1,6	60	3,4	7,7	6,1	5,7	162
dez	2,1	1,6	2,5	2,0	37	1,5	5,7	6,6	4,6	92
Total (g/m <sup>2</sup> )	71,4	134,9	123,9	110,1	1938	83,8	97,9	91,1	90,9	2271
Total (t/ha)	0,71	1,34	1,23	1,10	-	0,83	0,97	0,91	0,90	-
Desvio Padrão	3,4		-		-	0,7		-		-

**Nota** – O Desvio Padrão, refere-se a a média de perda de solo das parcela em cada período.

Org. Antoneli, V. (2010)

A parcela P1, tanto no ano de 2008, quanto 2009, apresentou a menor perda de solos (0,71 t/ha e 0,83 t/ha respectivamente), esta menor perda ocorreu por estar condicionada a sua localização. Esta parcela foi instalada próxima do divisor de água em uma área de menor declividade em relação às outras parcelas.

No ano de 2008, alguns meses apresentaram variações significativas quando comparadas às perdas de solos com a precipitação, como é o caso dos meses de maio e junho, onde as precipitações foram praticamente as mesmas (188 mm e 183 mm

respectivamente), no entanto a perda de solo do mês de maio foi 117% superior ao mês de junho. No ano de 2009, também ocorreram meses que apresentaram variações parecidas, cita-se como exemplo o mês de janeiro com uma perda média de solos de 4,9 (g/m<sup>2</sup>) e uma precipitação de 258, mas quando correlacionado com as perdas de solo e precipitação do mês de fevereiro, nota-se que a precipitação de janeiro foi 63,2% superior, no entanto as perdas de solos foram 40,8% menores. Estas variações podem ser atribuídas a algumas variáveis como a intensidade das chuvas, e a intensificação do pastoreio.

A média de perda de solo no ano de 2008, foi de 1,10 t/ha, já no ano de 2009 a perda foi de 0,90 t/ha, variando de 0,71t/ha a 1,34 t/ha com uma perda média de 1,0 t/ha. Estes valores condizem com aqueles encontrados na literatura por alguns pesquisadores como Thomaz (2007), que encontrou valores de perda de solo entre 0,93 t/ha a 1,17 em Guarapuava PR. Dedecek *et al.* (1986), em ambiente controlado, observaram que as perdas de solo na pastagem de *B. decumbens*, sem animais, foram de somente 0,15 t/ha; Barbosa e Fearnside (2000), com perdas em torno de 1,1 t/ha em Roraima; eltz *et al.* (1977) 0,06 t/ha no Cerrado Brasileiro, Bertoni e Lombardi Neto (2005) com perdas de 0,4 t/ha, em São Paulo; Sorrenson e Montoya (1989), 1,8 t/ha em Campo Mourão PR.

Portanto a perda média de solo desta pesquisa condiz com valores encontrados em pastagens em diversos ambientes.

Estes dados foram agrupados sazonalmente para avaliar a influência da precipitação e a dinâmica do manejo na estimativa de perda de solos, (Tabela 39). Com o agrupamento das perdas de solo e precipitação, evidencia-se que os períodos de maior precipitação condizem com aqueles de maior perda de solo, como é o caso do outono de 2008 e a primavera de 2009, mas alguns períodos fogem essa regra, pois a intensificação do pastoreio em determinados períodos potencializam as perdas de solo.

Tabela 39- Média sazonal de perda de solo em 2008 e 2009 na área de pastagem.

Estações	2008				2009			
	Perda de solo (g/m <sup>2</sup> )	período (%)	Chuva (mm)	Chuva (%)	Perda de solo (g/m <sup>2</sup> )	período (%)	Chu-va (mm)	Chu-va (%)
verão	15,3	13,9	325	16,6	16,4	18,0	508	22,4
outono	64,4	58,4	600	31,1	9,4	10,4	205	9,0
inverno	18,2	16,5	545	28,1	18,2	20,0	722	31,8
primavera	12,2	11,1	468	24,2	46,9	51,6	836	36,8
Total	110,1	99,9	1938	100	90,9	100	2271	100

Org. Antoneli, V. (2010)

Em determinados períodos houve uma intensificação no pastoreio e outros uma redução dos animais (rotação de pastos). No início do mês de julho de 2008, os animais (bovinos) foram remanejados para outra área de pastagem, restando apenas equinos que eram utilizados nas atividades diárias na lavoura. A Unidade Animal por hectare (UA/ha) que era de 1,8 com todos os animais, passou a ser de 0,6 UA/ha, após o remanejamento dos bovinos. Esta diminuição no número de animais associados a outras características, podem influenciar na redução de perda de solo.

A perda de solo nos períodos em que se intensificou o uso (sem rotação de pastagem), foi responsável por 72,3% da produção total do ano de 2008. A intensificação potencializa as perdas de solo devido à redução da própria pastagem e aumento na compactação provocada pelo pisoteio. Este aumento significativo nas perdas durante o verão e outono, pode ter ocorrido devido ao aumento da precipitação no outono, e da possível intensidade dessas precipitações.

Quando correlacionado estas perdas com a dinâmica agrícola da bacia, concluiu-se que no verão, os equinos utilizavam as pastagens apenas para pernoite, pois durante o dia boa parte deles eram utilizados nas atividades agrícolas da fumicultura. Esta questão pode contribuir para a redução das perdas de solo devido a redução do pastoreio. Já o outono, é um período em que há uma redução das atividades agrícolas que utilizam a tração animal, aumentando o tempo de permanência desses nas pastagens.

Com a diminuição no número dos animais, as taxas de perda de solo, reduziram significativamente nos dois períodos subsequentes (inverno e primavera), ficando em torno de 27,7% do total anual. Sousa *et al.* (1998), vem corroborar com esta questão com pesquisas em pastagens no estado de Pernambuco onde concluem que a pressão exercida pelos bovinos em pastejo pelos cascos é 106% maiores do que um trator de pneus. Os autores ainda que outras espécies, como caprinos, ovinos e eqüinos, causam maior compactação do que o trator, porém um pouco inferior aos bovinos.

No ano de 2009, as estimativas de perda de solos se portaram de forma diferenciada em relação ao ano anterior. Durante o verão e o outono, a área permaneceu sem a presença de animais (bovinos), sendo utilizada apenas pelos eqüinos. As taxas de perda de solos reduziram consideravelmente, cerca de 28,4% de total de perdas nestes dois períodos. No final do outono (início de junho), a pastagem havia se regenerado, os animais (bovinos) foram inseridos novamente na área de

pastagem monitorada. A intensificação do pisoteio dos animais potencializou as perdas de solo, onde os dois períodos subsequentes (inverno e primavera) contribuíram com 71,6% das perdas totais de solo.

Deve ser levado em consideração que nestes dois períodos houve um aumento na precipitação em relação aos outros dois períodos. Mas na primavera, apesar da pluviosidade significativa, as perdas de solo foram inferiores, esta redução pode ser explicada pelo crescimento dos pastos nos períodos em que houve redução no pastoreio.

Foi observado em caminhamentos na área de pastagem que no final do outono e início da primavera de 2009, quando os animais foram inseridos novamente, as pastagens apresentavam uma altura em torno de 10 a 20 cm (dados estimados através da observação após os caminhamentos). Esta característica da pastagem pode ter influenciado nas perdas de solo, pois com o pisoteio formou-se uma camada de pasto que grosso modo, foi derrubada pelos próprios animais com o pastoreio implicando em menor exposição do solo.

Outra questão observada em campo nos períodos de maior pluviosidade é a exposição do solo nos locais onde os animais pisam, formando “micro depressões” que acumulam água e quando se rompem potencializam o fluxo de água implicando em uma maior remoção de solo. Além dos caminhos preferenciais que estes constroem nas pastagens, tornando-se importantes fontes conectoras de sedimentos oriundos das vertentes com os corpos hídricos. Essas particularidades acabam influenciando a correlação entre a precipitação, perda de água e perda de solo (Figura 37).

Foi observado em caminhamentos nas pastagens durante os eventos, que nos períodos de maior intensificação do pastoreio, há uma fragmentação da própria pastagem que compõe a camada morta, (detritos de gramíneas), deixados pelos animais. Estes fragmentos acabam formando micro barreiras retendo sedimentos quando o fluxo não consegue arrastar esses fragmentos. Mas vale ressaltar que estas barreiras só foram encontradas em locais onde se inicia o escoamento superficial e/ou em locais de baixa declividade onde não concentração de fluxo.

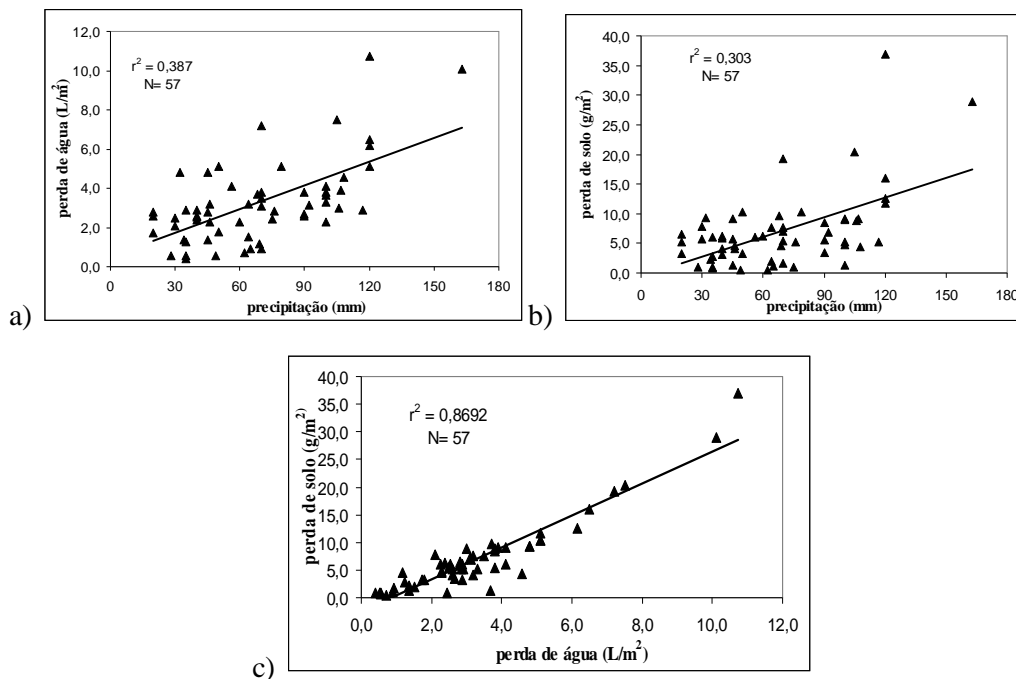


Figura 37- Correlação entre a precipitação, a perda de água e perda de solos nas áreas de pastagem. a) Correlação entre a precipitação e a perda de água; b) correlação entre precipitação e a perda de solo; c) correlação entre perda de água e perda de solo. Org. Antoneli, V. (2010)

Por meio das informações extraídas da figura 36, nota-se que há uma baixa correlação entre a precipitação e a perda de água, ( $r^2 = 0,387$ ), esta baixa correlação pode estar condicionada a intensidade das chuvas, assim como na forma de uso e ocupação das pastagens (intensificação de animais e estrutura das pastagens).

Foi observado em campo, que nos períodos em que os animais foram retirados da área de monitoramento, houve um revigoramento na pastagem, implicando em maior cobertura do solo, reduzindo as perdas de água e solo. Esta especificidade pode ter contribuído para uma baixa correlação também entre a precipitação e a perda de solo ( $R^2 = 0,303$ ).

Verifica-se também, que há uma alta correlação entre a perda de água e a perda de solos ( $r^2=0,869$ ), esta alta correlação pode ser explicada por alguns fatores tais como a compactação do solo que reduz a infiltração da água no solo, potencializando o escoamento superficial que, por conseguinte exerce influência na remoção do solo. Outro condicionante que pode contribuir para essa alta correlação e a diminuição na rugosidade superficial através do pisoteio, que potencializa o fluxo de água.

Em caminhamentos pela área de pastagem ao longo do monitoramento, percebeu-se que os animais promovem caminhos preferenciais nas áreas de pastagens,

geralmente estes caminhos dão acesso aos locais de sedimentação (caixas de água, açudes ou corpos hídricos). Esses caminhos acabam concentrando o fluxo de água contribuindo para uma perda maior de solo.

Corroborando com esta observação, verifica-se que a maior parte das áreas de pastagens estão localizadas próximas aos corpos hídricos, este condicionante contribui com a conectividade dos sedimentos oriundos das pastagens com os corpos hídricos.

#### 6.6.7- Sintetização das perdas de água e solo dos tipos de usos.

Os dados de perdas de água e solos que foram analisados de forma individual, anteriormente, neste sub item, confrontou-se os valores para identificar as áreas e maior perda, além de possíveis fatores que auxiliam nestas perdas (Tabela 40)

Tabela 40- comparativo das perdas de água e solo nos diferentes tipos de uso.

Tipo de uso	Perda de Água em (%)	Perda de solo em (t/ha)
Faxinal	1,9	0,144
Mata de Araucária	1,4	0,152
Mata Secundária	1,8	0,163
Refl. Eucalipto	3,4	1,410
Erva Mate	1,9	0,336
Pastagem	4,2	1,050

Org. Antoneli, V. (2010)

Por meio da tabela 40, nota-se que alguns tipos de uso do solo, apresentaram menor perda de água e, no entanto, as perdas de solos foram maiores. Cita-se como exemplo, a perda de água entre o Faxinal e a Erva Mate onde os valores foram os mesmos (1,9%), no entanto as perdas de solo entre esses dois tipos de usos foram consideráveis, sendo a perda do Faxinal 133% inferior a perda de solo da Erva-mate. Esta variação pode estar atrelada as condições de exposição do solo de cada uso e a influência da vegetação das áreas de Faxinal.

O coroamento ao redor dos pés de Erva Mate, o período antecedente da colheita, acabam contribuindo para uma maior remoção do solo, além do efeito splash que auxilia a perda de solo. Já nas áreas de Faxinal, observou-se que as áreas vegetadas (capões) a própria vegetação auxilia na retenção dos sedimentos, além da menor exposição do solo, tanto nas áreas vegetadas como nas áreas de clareiras

(pastagens). As gramíneas das áreas de pastagens, assim com a própria serrapilheira nas áreas vegetadas acabam formando micro barreiras, que contribuem para a retenção dos sedimentos se são transportados pelo arraste de fundo do fluxo da água, contribuindo para uma menor remoção de solo.

Quando confrontados os dados de perda de água e solo entre a Mata de Araucária e a Mata Secundária, nota-se que as perdas foram próximas, sendo que a Mata de Araucária apresentou um valor pouco menor. Esta redução pode ser atribuída a influência da vegetação em discipar e reter parte da chuva, além da característica da serrapilheira, pois as acículas da *Araucaria angustifolia* devido ao seu formato (espinhento), acabam contribuindo para a regeneração das gramíneas, pois os animais encontram certa dificuldade em se eliminar dessas gramíneas por causa das acículas, promovendo assim uma menor exposição do solo.

Se confrontados os dados de perda de água e solo entre o Reflorestamento de Eucalipto e a Pastagem, nota-se que a perda de água do Reflorestamento de Eucalipto foi 23,5% inferior a Pastagens, no entanto, as perdas de solo do Reflorestamento de Eucalipto foram 34,2% superiores a Pastagens. Significa portanto, que apesar da menor perda de água, o Reflorestamento de Eucalipto apresentou maior perda de solo.

Este aumento pode estar atrelado a maior compactação do solo da pastagem, que acaba reduzindo a infiltração da água, potencializando o escoamento superficial, que devido cobertura do solo pelas gramíneas, acaba removendo uma menor quantidade do solo, principalmente pela menor exposição do mesmo. Ressalta-se, também a importância das microrepresas formadas nos fluxos pelas próprias gramíneas que acabam retendo o material mais pesado que se desloca por arraste de fundo dentro do fluxo, liberando assim a água para o escoamento.

Outro fator importante, é a falta de gramíneas nas áreas de Reflorestamento de eucalipto, e mesmo assim são utilizadas como piquetes. Esse constante pisoteio sobre a serrapilheira auxilia na fragmentação da mesma, influenciando na exposição do solo.

Na sequência, foram apresentados e discutidos os dados de perda de água e solo da fumicultura, que conforme discutido anteriormente mereceu um capítulo a parte devido sua importância na área de estudos.

## CAPÍTULO VI

### 6- ANÁLISE DOS DADOS REFERENTES A FUMICULTURA

A fumicultura, por ser uma cultura anual, promove alternâncias na forma de manejo da terra, implicando em diferentes estágios de exposição do solo. A forma de manejo e os diferentes estágios da cultura, promovem diferentes respostas nas perdas de água e solo.

Antoneli e Thomaz (2010), avaliaram os percentuais de produção de sedimentos tanto de fundo quanto suspenso na bacia do arroio Boa Vista durante o ano (2003) e correlacionaram com a dinâmica do uso e ocupação agrícola. Segundo os autores, quando se relaciona o calendário agrícola com os percentuais de chuva, da bacia, nota-se que há um índice acentuado de chuva no período em que a área está sobre a influência do cultivo do tabaco. Assim, durante os seis meses em que o uso do solo esteve sob influência da fumicultura (setembro a março), ocorreu uma precipitação total de 1309 mm, 63,2% do total de precipitação ao longo do monitoramento que foi de 2071 mm (pluviosidade referente ao ano de 2003).

O aumento na produção de sedimentos segundo Antoneli e Thomaz (2010), entre outubro a fevereiro não pode ser explicado apenas pelo padrão das chuvas. Apesar de o período entre outubro a fevereiro ser mais úmido (12,4% a mais de chuva) do que o período anterior. O aumento de produção de sedimento coincide com a fase do calendário agrícola (outubro e dezembro) quando o manejo da fumicultura por meio de constante revolvimento do solo disponibiliza material para ser erodido. Apenas nesta fase do calendário agrícola a produção de sedimento suspenso foi de 51,6% do total do período.

No entanto, os autores trabalharam com um sistema “caixa preta”, não sendo possível identificar a proveniência dos sedimentos, nem tão pouco quantificar as perdas de solos da fumicultura e das outras áreas fontes de sedimentos. Reside neste contexto a intensificação do monitoramento nas áreas de cultivo do tabaco, por perceber sua importância na liberação (perda) de água e solo ao longo do cultivo.

Neste capítulo foram abordados o calendário agrícola da fumicultura, a exposição do solo ao longo do cultivo (safra) e nos períodos de entre safra e, na sequência foram discutidas as perdas de água e solo nos períodos de safra e entre safra em diferentes formas de manejo.



### **6-1 Calendário agrícola da fumicultura**

Apesar do calendário agrícola da fumicultura exercer influência nas demais atividades da bacia, conforme mencionado anteriormente, viu-se a necessidade de elaborar um calendário agrícola para a fumicultura devido a sua importância. Algumas atividades referentes a fumicultura já foram discutidas anteriormente no calendário agrícola da bacia, mas o calendário agrícola da fumicultura que foi discutido na sequência faz-se menção apenas às atividades referentes ao cultivo do tabaco.

O calendário agrícola da fumicultura fez-se necessário também, devido a forma de manejo do solo (uso da terra) ser alternada durante o monitoramento, onde foram avaliados o Sistema de Plantio Convencional (SPC) e Sistema de Plantio Direto Com Camalhão (SPDC), por entender-se que a atividade fumageira exerce influência nas demais atividades, além de promover uma dinâmica peculiar no uso e ocupação do solo, (Quadro 2).

O cultivo do tabaco é efetuado de setembro (período do plantio) a março (término da colheita). Desde o plantio até o início da colheita (de setembro a dezembro), no plantio convencional, o solo é revolvido constantemente para a limpeza das ervas daninhas e para aumentar a zona de aeração das raízes. Após o início da colheita em dezembro o solo não é mais revolvido. Deste modo, o solo sofre uma maior compactação devido ao trânsito de animais e dos agricultores sobre as entrelinhas no período de colheita, conseqüentemente, ocorre maior concentração de água na superfície promovendo fluxos concentrados com poder maior de remoção de solo.

Quadro 2 – Calendário agrícola da fumicultura.

	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev
Cultivo do tabaco	Término da colheita do tabaco solo exposto											
	Preparo do solo; construção dos camalhões (SPDCC); semeadura da cobertura vegetal de inverno (SPC e SPDCC)											
					Aragem do solo (SPC); dessecagem da cobertura vegetal (SPDCC)							
						Construção dos camalhões (SPC)						
							Início do plantio (SPC) e (SPDC)					
								Remobilização do solo; limpeza (SPC); aplicação de herbicidas (SPDCC)				
										Término da remobilização (SPC) e colheita (SPC e SPDCC)		
	Precipitação mensal*	218	136,5	57	194,5	69,5	149,5	251,5	158,5	248,5	306	139,5
Precipitação Acumulada* *	354,5		321			401		407		583,5		

**Nota:** \* a Precipitação mensal refere-se a média mensal ao longo do período de monitoramento (2008 e 2009).

\*\*Refere-se aos totais de precipitação do período em que a bacia apresenta uma homogeneidade no uso do solo.

Org. Antoneli, V. (2010)

No Sistema de Plantio Direto Com Camalhão (SPDCC), o solo é revolvido apenas no período de construção do camalhão (abril e maio), e no restante da atividade este solo não é mais revolvido, exceto na colheita onde é utilizada a zorra<sup>17</sup> com tração animal que é colocada nas entrelinhas para retirada da produção. Neste sistema, é

<sup>17</sup> Zorra – Caixas de madeiras que servem para carregar as folhas de tabaco das áreas de cultivo do tabaco até as estufas para secagem. Essas caixas não possuem rodas, portado quando puxadas pelos animais (equinos) elas, vão deslizando na superfície do solo, promovendo atrito entre as madeiras e o solo.

preciso fazer camalhões (murundus) de aproximadamente 30 cm de altura para o plantio com intervalos de aproximadamente 1,3 metros entre as leiras (Figura 38).



Figura 38 – Cultivo de tabaco em sistema convencional a) destaque ao solo exposto, os murundus na linha de cultivo e os sulcos em desnível no centro das entre linhas, além das marcas da concentração da água nas entrelinhas após um evento chuvoso; b) cobertura do solo devido a morfologia das folhas que atuam com calhas coletoras de água.

Foto Antoneli, V. (2010).

Estes camalhões são removidos através de capina para eliminar as ervas daninhas e logo em seguida são reconstruídos e assim sucessivamente, até a planta atingir o estágio de maturação de suas folhas que ocorre em torno de três a quatro meses após o plantio. Os camalhões tornam-se canais efêmeros concentrando água da chuva e promovendo fluxo com maior poder de remoção de partículas.

O tabaco apresenta um crescimento rápido, no estágio de maturação, chega a atingir em média 1,5 m de altura, com aproximadamente 25 folhas em cada planta. As folhas apresentam em média um comprimento de 60 cm e largura de 40 cm. as entrelinhas são construídas à uma largura de aproximadamente 1,3 m. Isso significa que no estágio de maturação (colheita) da planta, o solo fica coberto, porém a morfologia das folhas pode potencializar a erosão.

As folhas tornam-se coletoras de água da chuva que se concentram nas entrelinhas. O escoamento da água nas entrelinhas tem forte potencial erosivo que é agravado pelo desnível que o camalhão apresenta. A finalidade da construção do camalhão em desnível é drenar a água do interior da lavoura, principalmente em solos argilosos, pois a argila se expande com a umidade contribuindo para a diminuição da aeração do solo.

Segundo Antoneli e Thomaz (2010), o conjunto de sulcos de uma área de cultivo conecta-se com os carregadores dentro da própria área agrícola que serve como

via de circulação e transporte da produção. Em sequência, esses carreadores internos se conectam com as estradas principais de circulação entre as propriedades. Neste contexto, o excedente de água das entrelinhas que atingem as estradas, acaba se conectando aos canais fluviais, aumentando a entrada de sedimento nos corpos hídricos.

Entre os meses de dezembro a março (período da colheita), são realizadas entre 8 e 10 colheitas das folhas por safra (em torno de uma colheita a cada 15 dias). No período de maturação, há um constante pisoteio nas entrelinhas da plantação, pois com o início da colheita o solo não é revolvido mais como no período de crescimento. É utilizada a tração animal para fazer o transporte das folhas coletadas das entrelinhas que também contribui para aumento do pisoteio. Após a colheita das folhas do tabaco, (final de fevereiro e início de março), o solo fica exposto até o mês de abril, quando este é revolvido para a semeadura da cobertura de inverno.

Em alguns casos, o agricultor utiliza os mesmos camalhões para plantar milho “safrinha”. Já outros, após colheita do tabaco, transformam as áreas agrícolas em locais de “engorda” de animais. Como não é efetuada a capina das ervas daninhas após o início da colheita (dezembro), ocorre o aparecimento de muitas ervas daninhas, que servem com pastagens para os animais. Dentre elas, destaca-se o capim papuã (*Brachiaria plantaginea*), capim-arroz (*Echinochloa crusgalli*) e capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica*).

Essas ervas daninhas crescem sob os camalhões e nas entrelinhas, contribuindo para uma redução nos fluxos de água e sedimentos. Mas quando estas áreas são transformadas em pastagens, os problemas de erosão se agravam, pois há uma compactação do solo devido ao pisoteio constante dos animais, além da remoção da vegetação pelos animais. Estes dois processos se associam à morfologia do cultivo de tabaco em camalhão, potencializando as perdas de solo.

Após a remoção da vegetação pelos animais, os solos são revolvidos (arados), para remover os camalhões da safra anterior e semear a cobertura vegetal de inverno. Nos meses de maio, junho e julho, os solos das áreas agricultáveis estão sob o cultivo de cobertura vegetal de inverno como: aveia, ervilhaca, tremoço, crotalária, mucuna, etc.

O cultivo destas espécies de inverno contempla algumas utilidades, serve como alimento para os animais e como matéria orgânica que será incorporada no solo na próxima safra, além de não permitir que o solo fique exposto aos efeitos

pluvioerosivos. Em alguns casos esta cobertura é utilizada para o plantio direto, sendo que na fumicultura é pouco utilizado este sistema, apenas em áreas de cultivo de milho, feijão e soja. Culturas estas que são pouco representativas no âmbito da bacia.

Uma nova forma de plantio direto está sendo desenvolvida no âmbito da bacia. Vale ressaltar que o Sistema de Plantio Direto (SPD) não se adaptou ao cultivo do tabaco, por alguns motivos, dentre eles destaca-se a falta de camalhão e o revolvimento constante do solo para o aumento da zona de aeração. Mas na tentativa de amenizar estes problemas esta sendo implantada uma nova forma de plantio direto, a qual consiste na aração do solo (revolvimento), construção dos camalhões (murundus) e na seqüência efetua-se a semeadura da cobertura de inverno (geralmente no mês de abril). Na época de plantio do tabaco (setembro), faz-se a dessecagem da cobertura de inverno e inicia-se o plantio. O diferencial é que estes camalhões não são revolvidos e reconstruídos constantemente durante o estágio de crescimento das plantas.

#### **6-2- Exposição do solo nas áreas de fumicultura**

A exposição do solo na área de cultivo do tabaco foi diferenciada dos demais tipos de uso. Neste tipo de uso foram identificados os índices de cobertura mensal, para evidenciar a dinâmica da cobertura do solo nos períodos de safra e entre safra (Tabela 41). Este tipo de cultura apresenta alternâncias significativas ao longo do ano em relação à forma de manejo. Portanto optou-se em elaborar um calendário mensal de exposição do solo associado ao tipo de manejo. Foi monitorado o uso do solo em duas situações de manejo do tabaco; uma área de plantio convencional e outra com plantio direto com camalhões.

Ressalta-se, que foi mensurada a apenas a safra 2009/2010, por ser a única safra ao longo do monitoramento em que foi cultivado o tabaco na forma de plantio direto com camalhões nas Áreas A1 e A2.

Tabela 41- comparativo da cobertura mensal do solo sob duas formas de cultivo (safra 2009-2010).

Plantio convencional				Plantio direto com camalhão		
mês	solo exposto (%)	Desvio Padrão	tipo de uso do solo	solo exposto (%)	Desvio Padrão	tipo de uso do solo
abr	100,0	0,5	Aração do solo	100,0	0,8	Aração do solo
mai	88,4	1,4	Início da semeadura da Cobertura de inverno	92,1	1,6	Construção dos camalhões e semeadura de inverno
jun	70,2	1,9	Cobertura de inverno	74,1	2,1	Cobertura de inverno
jul	52,0	2,4	Cobertura de inverno	50,1	3,1	Cobertura de inverno
ago	25,0	1,7	Cobertura de inverno	26,0	2,5	Cobertura de inverno
set	100,0	0,8	Preparo do solo e plantio do tabaco	2,0	2,2	Dessecagem da cobertura de inverno com herbicida
out	87,0	1,3	Revolvimento constante	5,0	1,5	Uso de herbicida para eliminar a erva daninha
nov	65,0	1,8	Revolvimento constante	15,2	2,1	Uso de herbicida para eliminar erva daninha
dez	48,0	2,1	Fim do revolvimento colheita do tabaco	22,6	1,7	Início da colheita do tabaco
jan	24	1,2	Colheita do tabaco	26,9	1,5	Colheita do tabaco
fev	10,1	0,8	Colheita do tabaco	28,9	1,4	Colheita do tabaco
mar	65,8	2,1	Término da colheita	35,1	1,5	Término da colheita

**Nota 1-** (n=10).

**Nota 2-** a avaliação da cobertura do solo iniciou no mês de abril, por ser este mês em que se remove os camalhões da safra anterior e inicia-se o manejo para a safra seguinte.

**Nota 3-** a cobertura do solo inclui a cobertura exercida pela própria planta do tabaco. Org. Antoneli, V. (2010)

Quando confrontados os percentuais de cobertura do solo das duas formas distintas de manejo da área de agricultura, se verifica que dependendo do manejo há uma maior ou menor exposição do solo. As maiores variações se apresentam no período de preparo do solo (setembro), pois no plantio convencional há a necessidade de arar toda a cobertura vegetal para a construção dos camalhões. Este processo faz com que o solo fique totalmente exposto aos efeitos pluvioerosivos. Neste mesmo período na área onde o camalhão já havia sido construído (maio), o agricultor realiza a dessecagem da cobertura vegetal de inverno a qual propicia uma cobertura total do solo.

A cobertura vegetal de inverno onde foi realizado o monitoramento o agricultor utilizou a aveia preta para cobertura vegetal de inverno. Segundo Floss (2002), a aveia preta se destaca dentre as culturas de inverno em produção de matéria seca para

formação de palhada, ou seja, dentre algumas espécies utilizadas para a cobertura de inverno nas áreas de plantio direto, a aveia preta apresenta maior volume de biomassa.

Através dos caminhamentos pela área de plantio direto, foi observado que com o passar do tempo (período do cultivo) a camada morta passou a apresentar alguns locais de exposição de solo (manchas de exposição). Essas manchas estão associadas ao constante pisoteio do próprio agricultor na entrelinhas e da capina ao redor dos pés de tabaco para revolver algumas ervas daninhas. Esta capina é diferenciada daquela realizada no plantio convencional, aqui não se desestrutura o camalhão e nem se refaz novamente, simplesmente remove as ervas daninhas que não são removidas com herbicidas.

Outro fator importante no surgimento das manchas de exposição do solo está pautado na própria decomposição da camada morta e, para evidenciar este processo, foram realizadas coletas de camada morta em  $1 \times 1 \text{ m}^2$ , além de estimar o percentual de exposição do solo ao longo do cultivo do tabaco. (Tabela 42)

Tabela 42. Exposição de solo e estimativa de biomassa no cultivo de tabaco com Sistema de Plantio Direto Com Camalhão durante a safra 2009/2010.

mês	Exposição do solo (%)	Desvio Padrão	Total biomassa ( $\text{g/m}^2$ )	Estimativa de biomassa (t/ha)
Set	2,0	3,2	$401,8 \pm 2,8$	4,01
Out	5,0	2,5	$393,1 \pm 2,5$	3,93
Nov	15,7	2,4	$327,5 \pm 1,4$	3,27
Dez	22,9	1,9	$319,1 \pm 1,8$	3,19
Jan	26,6	2,9	$315,6 \pm 3,1$	3,15
Fev	28,9	3,2	$295,5 \pm 3,7$	2,95
Mar	35,1	4,5	$281,4 \pm 4,0$	2,81

**Nota** n=10 para todas as coletas.

Org. Antoneli, V. (2010)

A tabela 42 indica que há um aumento nos índices de exposição do solo ao longo do cultivo do tabaco no plantio direto com camalhão, e, por conseguinte, uma redução na quantidade de biomassa (camada morta). Nos meses de setembro e outubro, os índices de exposição são inferiores a 5%, neste período a camada morta apresenta um volume maior de palhada, além desta palhada não sofrer ainda impacto dos efeitos climáticos. Com o passar dos meses de plantio do tabaco, há um trânsito maior dos agricultores nas entrelinhas, promovendo assim uma alteração e/ou redução da palhada (camada morta).

No início da colheita, há uma intensificação no trânsito nas entrelinhas tanto dos agricultores quanto dos animais (equinos), que removem as folhas coletadas em caixas de madeiras propiciando maior grau de exposição do solo que serão amostradas adiante.

A biomassa no início do plantio (setembro) apresentou um valor em torno de 4,01 t/ha, este valor foi sendo reduzindo ao longo do cultivo, sendo que no mês de março (término da colheita) o valor médio estimado foi de 2,81 t/ha, uma redução em torno de 42,7%. Estes valores influenciam diretamente na taxa de exposição do solo, além de contribuir com dados apresentados por Lopes *et al.* (1987) que 1, 2 e 4 t/ha de matéria seca de resíduo vegetal cobrem cerca de 20%, 40% e 60-70% da superfície do solo, respectivamente. Segundo os mesmos autores é necessário, pelo menos, 7 t/ha de matéria seca de palhada, uniformemente distribuída, para a cobertura plena da superfície do solo (100%).

### **6.3- Dinâmica da remobilização do solo nas entrelinhas e nos camalhões**

No Sistema de Plantio Convencional, boa parte do solo que compõe os camalhões é desestruturada através da utilização de implementos rudimentares como capinadeiras e cultivadores de tração animal para eliminar as ervas daninhas semanalmente e, por conseguinte aumentar a zona de aeração da camada superficial do solo. Em seguida estes camalhões são reconstruídos com um equipamento chamado “búfalo” que consiste em um chapa de ferro transversal presa em uma haste que tem a finalidade de remover todo o solo “solto” desagregado do camalhão que se encontra na entrelinha e que antes da remobilização pertencia ao próprio camalhão.

Na seqüência, foi apresentada uma figura representativa da morfologia dos camalhões em diferentes estágios durante o período de remobilização do solo para eliminar as plantas invasoras, (Figura 39).

Ressalta-se que os estágios representados na figura 39, não se referem aos estágios do cultivo e sim aos estágios de desestruturação e construção dos camalhões no período em que o solo é revolvido semanalmente. Destaca-se também que foram realizadas 20 mensurações das quais estimou-se uma média para a construção do perfil transversal representativo. As medidas foram realizadas durante o período de remobilização do solo na safra de 2008/2009 (setembro a novembro).



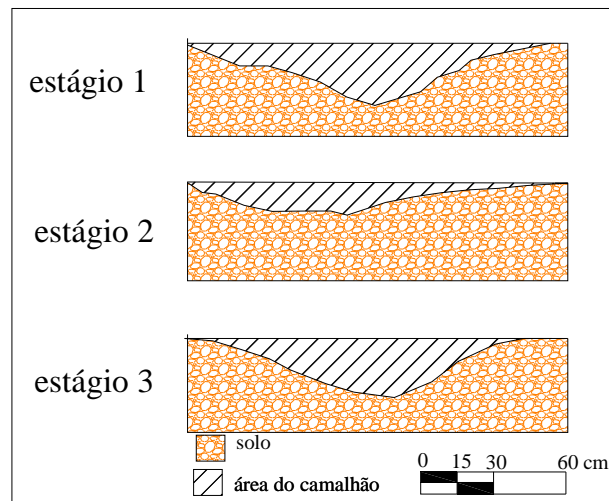


Figura 39- perfis transversais representativos de uma entrelinha, apresentado a morfologia da mesma em três estágios.

Org. Antoneli, V. (2010)

A figura 39, representa a morfologia média das entrelinhas nos dias em que foram realizadas a remobilização do solo para a eliminação da erva daninha e para o rompimento da camada superficial do solo. O processo de remobilização do solo não é efetuado apenas para a remoção da erva daninha, mas serve para romper a camada superficial do solo que acaba encrostando com as chuvas e que dificulta o processo de infiltração de água no solo nas próximas chuvas. A figura 38, indica três estágios que representam a morfologia da entrelinha antes do processo de revolvimento do solo para eliminação da erva daninha e rompimento da camada superficial (estágio 1). O estágio 2, representa a morfologia logo após a remobilização do solo através da utilização de uma capinadeira de tração animal e o estágio 3, onde o camalhão é reconstruído com a utilização do “búfalo” (equipamento de tração animal).

Após a descompactação da camada superficial do solo das entrelinhas e de boa parte dos camalhões (estágio 2), o solo é deslocado (empurrado) para a reconstrução do camalhão novamente. Este processo acaba deixando sob a entrelinha um solo compactado, o que dificulta a infiltração da água nestes locais e conseqüentemente aumento do fluxo concentrado na entrelinha. Esta compactação pôde ser evidenciada adiante, onde foi discutida a compactação das entrelinhas e camalhões.

Em alguns casos não há tempo hábil para a reconstrução do camalhão que foi remobilizado para a eliminação das plantas invasoras, antes da ocorrência de um evento, o que implica na transposição da água nas entrelinhas formando uma erosão transversal das próprias entrelinhas, implicando na remobilização de grandes

quantidades de solo, (Figura 40). A concentração do fluxo remove toda a camada descompactada até chegar ao pé-de-grade (camada limite de remobilização pelos implementos agrícolas utilizados para preparo do solo).



Figura 40. a) ravina aberta transversalmente em uma área onde o camalhão havia sido desestruturado antes da chuva (estágio 2). b) ravina aberta pela erosão transversal no início do plantio. Nota-se o limite de trabalho do implemento utilizado no preparo do solo em torno de 30 a 40 cm de profundidade.

**Nota 1** - a ravina apresentada na figura b), foi construída apenas em um evento chuvoso de 75 mm com 2 horas de duração.

**Nota 2** – A perda de solo, apresentada por esta ravina, não foram computada nas perdas de solos da fumicultura, por este fenômeno ser considerado aqui como isolado. Org. Antoneli, V. (2010)

Foi estimada a perda total de solo desta ravina, através se sua dimensão e da densidade aparente do solo que foi calculada através das coletas nos barrancos da ravina. A abertura da ravina “escavou” uma área de  $24,12 \text{ m}^3$ , e a densidade aparente do solo foi de  $1,30 \text{ g/cm}^3$ , multiplicando estes valores, tem-se uma erosão de 31,3 toneladas de solo que foi erodido em apenas um evento. Vale ressaltar que este valor estimado refere-se apenas a erosão da abertura da ravina, não sendo levado em consideração as perdas de solos das entrelinhas na área durante a referida chuva. Essa vertente possui uma área de 1,5 (ha) com uma declividade média de 12%. Esta erosão expressiva foi condicionada apenas a um evento chuvoso que pode ser considerado excepcional com uma pluviosidade de 75 mm em aproximadamente 2 horas. A área onde surgiu esta ravina, o solo não havia sofrido remobilização, pois o plantio tinha sido efetuado a apenas 5 dias antes.

Cabe considerar, que a abertura de uma ravina com dimensões parecidas a esta apresentada pela figura 40, não são frequentes nas áreas de cultivo do tabaco, pois para a ocorrência destas ravinas é necessário uma combinação de fatores, tais como chuva excessiva e solo remobilizando poucos dias antes do evento chuvoso. O estágio do

cultivo também contribui para a formação dessas ravinas, pois a maioria das ravinas abertas<sup>18</sup> em áreas de fumicultura surgiram no primeiro estágio do cultivo (observação em campo). Neste estágio o solo é revolvido com maior frequência deixando a camada superficial do camalhão susceptível a remoção do solo, promovendo uma erosão transversal nas entrelinhas.

A erosão transversal promove uma série de problemas não só pela grande quantidade de solo removido, mas pelos prejuízos causados através da remoção dos pés de tabaco, além dos defensivos agrícolas e fertilizantes aplicados no início do plantio que a erosão acaba carregando. A abertura dessas ravinas promove uma micro depressão na vertente, por onde o fluxo passa a atuar com maior intensidade. Quando da ocorrência dessas ravinas nas lavouras, os agricultores logo remobilizam o solo das entrelinhas e camalhões para obstruir o fluxo de água transversal. Mas o material (solo) que é preenchida a ravina é um material inconsolidado, o que promove uma nova abertura de ravina quando da ocorrência de precipitações mais intensas.

Analisando a abertura desta ravina (figura 40), concluiu-se que as entrelinhas apresentaram, baixa declividade o que contribuiu com o acúmulo de água nas entrelinhas, e a partir do instante em que a água transborda um camalhão, inicia-se o processo de acúmulo de água nas entrelinhas a jusante, implicando em um percentual maior de remoção de solo. A erosão em sulco só se estabiliza quando o fluxo da água remove todo o solo “cultivável”. Cerca de 30 cm de profundidade nas áreas agricultáveis, encontra-se uma camada de solo compactada (pé de grade). Esta camada não é revolvida durante o preparo e nem durante o cultivo, o que potencializa tal compactação.

Quando o camalhão é reconstruído, a profundidade da entrelinha gira em torno de 25 cm, significa portanto, que o solo no centro da entrelinha após a reconstrução do camalhão chega até esta camada compactada (pé-de-grade), o que aumenta os índices de perda de água. Na sequência foram analisadas a compactação do solo nas formas de plantio convencional e plantio direto com camalhões. Sendo discutido também a compactação do solo nas camadas de 0 a 30 cm de profundidade no início e no término do cultivo, no intuito de tecer algumas considerações a respeito da influência de alguns condicionantes ao longo do cultivo que contribuem para a compactação do solo.

---

<sup>18</sup> Ravinas abertas- refere-se a ravinas que foram observados em outras áreas de cultivo do tabaco e não especificamente na área de monitoramento.

#### 6-4- Compactação do solo nas áreas de fumicultura

A avaliação da compactação do solo na área de cultivo de tabaco foi analisada separadamente, pois foram realizadas campanhas de coletas nas entrelinhas e nos camalhões durante a safra de 2009/2010, nas áreas com manejo de Plantio Direto com Camalhão e Plantio Convencional através de um penetrômetro manual de impacto, que avalia a profundidade de 0 a 50 cm, (Tabela 43).

Tabela 43- Avaliação da compactação do solo no plantio direto com camalhão em MPa

Profundidade (cm)	Plantio direto com camalhão					
	início do cultivo			Término do cultivo		
	camalhão	entrelinha	umidade (%)	camalhão	entrelinha	umidade (%)
0 a 5	0,20	0,22	25,1	0,20	0,95	23,4
5 a 10	0,20	0,31	26,5	0,22	1,40	25,1
10 a 15	0,50	0,55	26,2	0,56	1,17	25,4
15 a 20	0,94	0,90	26,1	1,00	1,17	26,4
20 a 25	1,01	1,05	25,4	1,00	1,01	26,1
25 a 30	0,98	1,05	25,1	1,10	1,02	25,7
30 a 35	0,92	1,15	25,1	1,10	0,93	25,0
35 a 40	0,84	0,88	25,0	0,95	0,86	25,9
40 a 45	0,84	0,79	25,6	0,95	0,85	25,9
45 a 50	0,85	0,85	24,9	0,90	0,82	26,1

**Nota-** os valores apresentados nesta tabela foram o resultado gerado pelo modelo PENETRON' (Stolf, 1991), não sendo possível avaliar o desvio padrão entre as mensurações.

Org. Antoneli, V. (2010).

Por meio da tabela 43, nota-se que a resistência do solo no início do cultivo apresentou pequena variação, apenas as profundidades entre 25 cm e 35 cm apresentaram maior resistência na entrelinha em relação ao camalhão. Esta pequena variação constatada entre os camalhões e as entrelinhas são decorrentes do pouco trânsito até o início do cultivo nas entrelinhas. Destaca-se, que os camalhões foram construídos antes do plantio da cobertura vegetal de inverno.

Ao término da safra, a resistência do solo do camalhão, apresentou pequena variação em relação aos valores apresentados no início do cultivo, já nas entrelinhas os valores de resistência quando comparados aos valores apresentados pelas entrelinhas no início do cultivo, se portaram de forma diferenciada. Nota-se que houve um aumento na resistência do solo desde a camada superficial até 25 cm de profundidade.

Este aumento pode ser atribuído ao manejo, pois nas entrelinhas há um constante pisoteio tanto dos agricultores quando dos animais ao longo da colheita.

Quando confrontado alguns dados de compactação entre as dois períodos (início e término da safra), nota-se que em algumas profundidades houve uma compactação considerável. Cita-se como exemplo a compactação do solo na superfície das entrelinhas, onde no início de cultivo a resistência era de 0,22 MPa, e, ao término do cultivo a resistência foi de 0,95 MPa, um aumento em torno de 331,8%. O mesmo caso, é apresentado na camada de 05 a 10 cm, onde no início do cultivo a resistência era de 0,31 MPa e, ao término do cultivo, esta resistência foi de 1,40 MPa, um aumento em torno de 351,8%.

Os valores encontrados por esta pesquisa em solos com plantio direto condizem com aqueles encontrados por Baldissera *et al.* (1994), em Latossolo Vermelho eutroférico distrófico, onde verificaram a resistência do solo à penetração no do plantio direto em torno de 0,93 e 0,99 MPa, para as profundidades de 0 -0,15 e 0,15-0,30 m, respectivamente.

Na sequência foram analisados os dados de resistência do solo no Sistema de Plantio Convencional, na entrelinha e no camalhão. (Tabela 44).

Tabela 44- compactação nos camalhões e entrelinhas no plantio convencional em MPa

Profundidade (cm)	Plantio convencional					
	Início do cultivo			Término do cultivo		
	camalhão	entrelinha	umidade (%)	camalhão	entrelinha	umidade (%)
0 a 5	0,22	0,22	23,1	0,25	1,02	24,6
5 a 10	0,22	0,25	23,8	0,31	1,05	24,8
10 a 15	0,33	0,43	23,5	0,33	1,14	25,1
15 a 20	0,94	1,05	23	1,01	1,01	24,6
20 a 25	1,01	1,11	22,8	1,02	1,25	24,5
25 a 30	1,06	1,08	22,7	1,06	1,25	24,8
30 a 35	1,04	1,04	22,8	1,06	1,38	24,3
35 a 40	1,01	1,05	22,4	1,02	1,40	23,9
40 a 45	1,11	1,16	21,9	1,12	1,26	23,9
45 a 50	1,12	1,15	22,1	1,15	1,19	23,8

Org. Antoneli, V. (2010).

Na área de plantio convencional, a resistência do solo no camalhão no início do cultivo, foi muito parecida com os valores apresentados pelas entrelinhas, na camada entre 0 e 10 cm, praticamente não houve diferenciação de resistência com uma média de 0,22MPa. Esta baixa variação na camada superficial, pode ser resultado da

construção do camalhão no início do cultivo, pois o preparo do solo é efetuado dias antes do plantio. Nas demais profundidades, também verificou-se uma baixa variação da resistência entre a entrelinha e o camalhão.

Já ao término do cultivo os valores de resistência das entrelinhas foram maiores, no entanto, os valores apresentados pelos camalhões foram muito próximos daqueles apresentados pelos próprios camalhões no início do cultivo. Esta baixa variação pode ser explicada pelo revolvimento do solo durante a fase de crescimento das plantas de tabaco, onde o camalhão é destruído parcialmente e reconstruído logo em seguida com um solo descompactado. Já nas entrelinhas, as camadas de 0 a 15 cm de profundidade, apresentaram os maiores valores, sendo que de 0 a 5 cm a variação foi de 363,6% e nas camadas de 5 a 10 cm de profundidade a variação foi de 320,0%.

Este aumento na resistência do solo nestas camadas podem ser explicados pelo pisoteio constante nas entrelinhas e pela própria dinâmica erosiva, que acaba removendo o solo menos compactado da entrelinha. Nota-se também, que nas profundidades entre 25 e 40 cm, houve um aumento na compactação do solo nas entrelinhas em relação aos valores apresentados no início do cultivo.

O valor encontrado por esta pesquisa encontra-se pouco abaixo daqueles estimados por Araújo (2007), que em pesquisas em áreas de cultivo convencional na área de cerrado, encontraram valores de 0,49 MPa na camada de 0 a 5 cm de profundidade e 0,61 MPa na camada entre 10 a 20 cm de profundidade.

Foram realizadas análises de compactação do solo nas camadas de 0 a 10 cm; 10 a 20 cm e 20 a 30 cm de profundidade nos camalhões e das entrelinhas no início do cultivo de tabaco no Sistema de Plantio Convencional (SPC), e no final da colheita através de um penetrômetro de bolso. Este procedimento serviu de base para uma avaliação esporádica da compactação do solo ao longo do cultivo a cada 10 cm de distância.

Destaca-se, que esta avaliação da resistência do solo, procedeu-se de forma diferenciada daquela apresenta anteriormente, pois agora buscou-se uma avaliação da resistência do solo no perfil entre um camalhão e outro, perpassando pela entrelinha. Não foi possível elaborar um acompanhamento da compactação do solo nas diferentes fases do cultivo, por a camada superficial do camalhão e da entrelinha ser revolvida semanalmente no estágio inicial do cultivo (plantio até início da colheita). O que implica em alternâncias de compactação.

Foram realizados ensaios de compactação do solo no início do plantio, (setembro) e no final da colheita (março). (Figura 41).

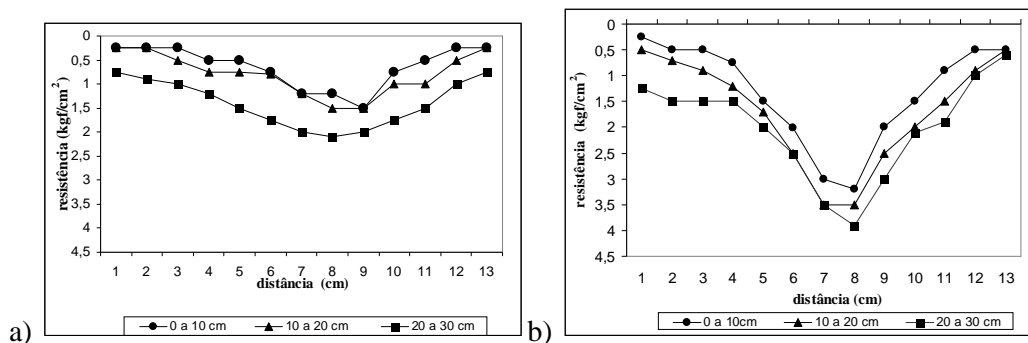


Figura 41 - a) dados de compactação em diferentes profundidades no início do cultivo. b) dados da compactação em diferentes profundidades ao término do cultivo.

**Nota 1-** N= 20

**Nota 2-** Para melhor entendimento do gráfico faz-se necessário retornar a figura 12 na página 93.

**Nota 3-** os valores apresentados por esta figura estão em  $\text{kgf/cm}^2$ , sendo esta a unidade que o penetrômetro de bolso apresenta os resultados. Para transformar em MPa é preciso multiplicar o valor pela constante 0,098.

Org. Antoneli, V. (2010)

Elaborando um comparativo entre os percentuais de compactação no início do cultivo e no final da colheita, conclui-se que no início do cultivo as duas primeiras camadas (0 a 10 e 10 a 20 cm de profundidade), apresenta uma menor compactação em relação à camada de 20 a 30 cm de profundidade. Este processo pode ser explicado por duas maneiras. No início do cultivo o solo é revolvido com arado de disco que revolve o solo até 30 cm de profundidade aproximadamente. Na sequência este solo é gradeado para a redução dos torrões e, por conseguinte o nivelamento da superfície para que seja construído o camalhão. Esta forma de manejo potencializa a descompactação da camada superficial do solo.

Outra questão a ser levada em consideração é a construção dos camalhões, pois o solo descompactado (solto) da camada superficial é “amontado” para a construção dos murundus (camalhão), estes murundus apresentam uma altura em torno de 25 a 30 cm. Significa, portanto que a parte central da entrelinha fica muito próxima da camada que não foi remobilizada durante a aração (pé de grade).

Na figura 41- a) o meio da entrelinha (local mais baixo da entrelinha), a compactação média foi em torno de  $2,2 \text{ kgf/cm}^2$  ( $0,21 \text{ MPa}$ ), na camada entre 20 a 30 cm de profundidade com uma umidade média em torno de 27,1%, já no topo dos camalhões, a média de compactação foi de  $0,25 \text{ kgf/cm}^2$  ( $0,024 \text{ MPa}$ ) nas duas

primeiras camadas (0 a 10 e de 10 a 20 cm de profundidade), com uma umidade de 22,1% e 24,0% respectivamente. Nota-se que houve uma maior diferenciação na compactação entre as camadas 10 a 20 e 20 a 30 cm de profundidade, esta variação pode ser explicada pelo revolvimento do solo na camada de 10 a 20 cm. Já a camada de 20 a 30 é uma profundidade onde os implementos de tração animal não alcançam, e que portanto é removido apenas durante o preparo do solo através de um sulcador, ou até mesmo de um arado de disco.

No término da colheita, o solo apresentou uma compactação maior, além de uma proximidade entre os valores nas diferentes camadas. Esta compactação pode ser atribuída à falta de remobilização da superfície que deixa de ser realizada no início da colheita (dezembro) até o término da colheita. O trânsito constante dos agricultores e dos animais que são utilizados para a retirada da produção, contribui para uma compactação maior da camada superficial.

Nota-se na figura 41 – b), que o meio da entrelinha, local de maior pisoteio, a compactação girou em torno de  $4,0 \text{ kgf/cm}^2$  (0,39 MPa), na profundidade de 20 a 30 cm com uma umidade de 29,0%. Nota-se que os valores de compactação foram muito próximos neste local (meio da entrelinha), variando de  $3,3 \text{ kgf/cm}^2$  (0,32 MPa) a  $4,0 \text{ kgf/cm}^2$  (0,39 MPa) (camada 0 a 10 e 20 a 30 cm profundidade respectivamente), valor acima daquele encontrado no início do cultivo. Já no topo dos camalhões, a compactação girou em torno de  $0,5 \text{ kgf/cm}^2$  (0,05 MPa). Nestes locais (topo dos camalhões), não há pisoteio dos animais e nem dos agricultores, portanto este aumento na compactação pode ter ocorrido devido a redução da umidade.

A cada coleta da compactação foram estimadas as umidades de cada entrelinha, e ao término do monitoramento foi encontrada uma média para que fosse possível correlacionar com a compactação, (Tabela 45).

Foi verificado em campo que ao construir o camalhão, o solo descompactado e amontoado e isso implica em maior espaço entre os grumos, (maior aeração) das duas primeiras camadas, este processo pode reduzir a umidade existente nessas camadas, devido a maior circulação do ar. Esta questão pode ser verificada nos índices médios de umidade nas três camadas.



Tabela 45- umidade média das coletas de compactação no início e término do cultivo.

Profundidade (cm)	Umidade no início do plantio (%)	Umidade ao término da colheita (%)
0 a 10	22,1 ( $\pm 2,4$ )	19,5 ( $\pm 3,9$ )
10 a 20	24,0 ( $\pm 2,8$ )	27,2 ( $\pm 3,5$ )
20 a 30	27,1 ( $\pm 2,3$ )	29,0 ( $\pm 2,1$ )

N = 20 em cada camada.

Org. Antoneli, V. (2010)

### 6.5- Análise de perda de água e solo na fumicultura

Dentre as diversas áreas fontes de sedimentos da Bacia do arroio Boa Vista, a fumicultura mereceu uma maior atenção, sendo instalados um número maior de parcelas para o monitoramento, além de a fumicultura representar cerca de 85% da área agrícola da bacia (ANTONELI e THOMAZ 2007).

Outra característica deste tipo de uso do solo que contribuiu para uma investigação mais aprofundada foi a dinâmica do uso do solo neste tipo de cultura, onde as áreas destinadas a esta atividade, apresentam constantes fases de revolvimento do solo. Foram monitorados 30 meses (três safras) desde setembro de 2007 a março de 2010. Durante essas três safras, a forma de plantio foi modificada em algumas parcelas, no início do monitoramento o tabaco era cultivado no Sistema de Plantio Convencional (SPC) e depois passou a ser cultivado no Sistema de Plantio Direto Com Camalhões (SPDC) e plantio direto sem camalhões

Ao longo das três safras monitoradas, foram alteradas as formas de cultivo, esta alternância permitiu avaliar a produção de sedimentos nas diferentes formas de plantio. Destaca-se que não houve influência do pesquisador nas modificações da forma de manejo, ou seja, os agricultores não foram induzidos a modificar a forma de cultivo no decorrer das pesquisas para que fosse possível avaliar as perdas de água e solo em diferentes formas de manejo. As modificações foram sendo realizadas pelos agricultores na tentativa de encontrar a melhor forma de cultivo.

Foram apresentados na sequência os resultados das 4 (quatro) áreas denominadas A1, A2, A3 e A4. Os dados de perda de água e perda de solo serão apresentados em períodos (safras e entre safras). Os valores de perda de solo foram apresentados em toneladas por hectare (t/ha), diferentes dos valores apresentados nos outros tipos de uso do solo, que eram em gramas por metro quadrado ( $g/m^2$ ). Esta alteração na forma de apresentação dos dados é em decorrência da quantidade de solos erodidos ao longo dos períodos monitorados.

### **6.5.1- Perda de água e perda de solo no cultivo do tabaco durante a safra de 2007/2008**

O período da safra 2007/2008, que será analisado, corresponde ao período de setembro 2007 (início do plantio) a março 2008 (término da colheita). Durante esta safra, o cultivo do tabaco foi realizado de 2 formas distintas, as áreas A1, A2 e A3, o tabaco foi cultivado na forma do sistema de plantio convencional (SPC) que é caracterizado pelo revolvimento constante do solo. Já a área A4, o cultivo foi realizado no Sistema de Plantio Direto sem Camalhão (SPDSC). Utilizou-se este termo para diferenciar do Sistema de Plantio Direto Com Camalhão (SPDC), no qual os murundus são construídos antes da sementeira da cobertura de inverno.

Na sequência foram apresentados os dados de perda de água da safra 2007/2008, (Tabela 46). Conforme citado na metodologia, foram monitoradas 11 (onze) calhas na fumicultura, subdivididas em 4 (quatro) áreas. Destaca-se, que nas tabelas das perdas de água das áreas de fumicultura, os valores de perdas não serão apresentados em litros por metro quadrado ( $L/m^2$ ), e sim em porcentagens de perda de água, por entender-se que esta informação adicional sobrecarregaria as tabelas.

Tabela 46- Perda de água na fumicultura na safra 2007/2008.

Mês	Área 1( SPC)				Área 2 (SPC)			Área 3 (SPC)		Área 4 (PDSC)		Chuva (mm)
	Perda de água F1( %)	Perda de água F2 ( %)	Perda de água F3( %)	Perda de água F4( %)	Perda de água F5 ( %)	Perda de água F6 ( %)	Perda de água F7 ( %)	Perda de água F8 ( %)	Perda de água F9 ( %)	Perda de água F10 ( %)	% Perda de água F11( %)	
set/07	2,9	1,9	1,5	2,8	1,4	1,8	2,1	6,4	3,8	1,9	2,6	25
out/07	5,7	6,7	7,1	5,4	3,5	2,5	3,8	5,7	6,5	2,8	1,4	133
nov/07	9,7	10,1	13,1	15,4	5,9	4,8	5,4	16,4	35,1	3,4	3,1	262
dez/07	45,4	25,4	19,8	22,1	21,7	25,4	16,4	38,8	45,7	2,4	2,9	218
jan/08	16,4	51,2	10,3	13,4	19,8	13,4	21,8	35,7	13,9	7,5	5,1	187
fev/08	19,8	23,4	25,1	29,8	15,4	15,9	25,4	51,4	40,1	5,1	5,4	101
mar/08	7,0	10,1	3,5	2,8	4,5	2,8	4,1	22,6	19,3	2,6	3,5	49
média	15,3	18,4	11,5	13,1	10,3	9,5	11,3	25,4	23,5	3,7	3,4	975
Desvio Padrão*	2,9				0,8			1,2		0,1		-

\* O Desvio Padrão, refere-se as médias de perda de cada parcelas que foram instaladas nas respectivas áreas.

**Nota** - SPC (Sistema de Plantio Convencional); SPDC (Sistema de Plantio Direto Sem Camalhão).

Org. Antoneli, V. (2010).

As perdas de água no plantio convencional (A1, A2 e A3) na safra 2007/ 2008, apresentaram valores muito acima daquelas apresentados pela área A4, esta variação deve-se principalmente a forma de cultivo, pois na Área 4 (parcelas F10 e F11) o cultivo foi efetuado no Sistema de Plantio Direto Sem Camalhão (SPDSC). Segundo Cogo, (1981); Bertol *et al.*, (1997), o preparo convencional aumenta a rugosidade e favorece a armazenagem de água na superfície em relação ao solo sem preparo. Esta questão influencia de forma direta nas perdas de água no solo no início do cultivo onde o solo é revolvido constantemente.

Por meio da tabela 46, nota-se que a forma de cultivo é a principal responsável pelas perdas de água no cultivo do tabaco, mas há outras variáveis que também contribuem com essas perdas. Toma-se como exemplo, as Áreas A1 (parcelas F1, F2, F3 e F4); A2 (parcelas F5, F6 e F7); A3 (parcelas F8 e F9), onde a forma de cultivo foi a mesma (SPC), e no entanto as perdas de água foram diferenciadas.

Nas Áreas A1, A2, por o tipo de solo ser o mesmo, as perdas de água apresentaram uma menor variação. A parcela F2 apresentou maior percentual de perda de água (18,4%) e a parcela F6 menor perda (9,5%). Estas variações podem ser atribuídas às características dos camalhões como declividade e rugosidade superficial da entrelinha, além das características da cobertura do solo, promovidas pela própria morfologia da planta de tabaco.

Quando estimada uma média de perda de água nestas áreas, tem-se um valor médio de 12,8% de perda. Os valores encontrados por esta pesquisa condizem com aqueles encontrados por Leite *et al.* (2004), que em pesquisas no Planalto Sul Catarinense em um Nitossolo Háplico com plantio convencional encontraram perdas de 11%. Já Castro *et al.* (1999), analisando perdas de água em plantio convencional de soja encontraram valores acima em torno de 16%

A Área 3 (parcelas F8 e F9), apresentaram valores de perda de água de 25,4% e 23,5% respectivamente. Apesar da mesma forma de cultivo (Sistema de Plantio Convencional), estes valores foram superiores às áreas A1 e A2, este aumento pode estar ligado à declividade das entrelinhas e do tipo de solo.

A Área 4 (parcelas F10 e F11), apresentaram valores muito baixos de perda de água em relação às demais (3,7% e 3,4% respectivamente). Esta redução considerável, está pautada na forma de cultivo, do Sistema de Plantio Direto Sem Camalhão (SPDSC). A baixa perda de água pode ser justificada pela elevada cobertura do solo que acabou por proteger a superfície contra o impacto das gotas de chuva e, ainda,

dificultar o escoamento facilitando a infiltração da água, concordando com Cogo *et al.* (1984), Bertol *et al.* (1997). Outro fator que deve ser levado em consideração é a inexistência da remobilização do solo para eliminar as plantas invasoras. O valor encontrado por esta pesquisa na Área A4, foi de 3,55%, sendo pouco inferior daquele encontrado por Castro (1999), em plantio direto com soja onde encontraram valor de 6,0%.

Quando comparados os índices de pluviosidade mensal com as perdas de água na Área A4, nota-se que nos meses de janeiro e fevereiro apesar das precipitações serem inferiores a alguns meses, as perdas foram maiores. Este aumento pode estar atrelado a morfologia das plantas que convergem a água para o centro das entrelinhas, além da redução da cobertura morta que ao longo do cultivo vai sendo reduzida promovendo “manchas” de exposição do solo.

Em caminhamento pela área de cultivo do tabaco durante o monitoramento, percebeu-se que no início do plantio, (setembro), o solo apresenta uma maior irregularidade superficial na entrelinha, devido ao preparo do solo e logo, que o solo começa ser revolvido para a eliminação das plantas invasoras e descompactação da camada superficial, essas irregularidades vão sendo reduzidas, contribuindo com a perda de água.

Esta questão pode ser exemplificada pelo índice de precipitação no período em que o solo é revolvido constantemente (setembro a novembro) que em determinados meses é maior em relação aos demais meses e, no entanto as perdas de água são inferiores. Cita-se como exemplo a precipitação do mês de novembro (262 mm), no entanto as perdas de água nas áreas A1, A2 e A3, foram inferiores às perdas de água nos meses seguintes (dezembro e janeiro), onde as precipitações foram inferiores (218 mm e 187 mm respectivamente).

Esta questão pode ser entendida, levando em consideração alguns fatores importantes. No mês de novembro o solo ainda está sendo revolvido para eliminar a erva daninha, portanto os camalhões eram reconstruídos com solo desagregado (solto), esse solo potencializa a infiltração no camalhão, diminuindo o excesso de água na entrelinha.

Outra questão é a morfologia das plantas do tabaco, durante o período em que o solo está sendo revolvido, a cobertura do solo promovida pelas plantas é pequena, no entanto a água que atinge a planta acaba se concentrando no próprio camalhão, pois

folhas no estágio de crescimento da planta tendem a convergir a água para que ocorra o fluxo de tronco.

Corroborando com esta questão, Leite *et. al* (2004), analisando as perdas de água e solo entre as culturas de milho e feijão, levando em consideração a diferença de arquitetura entre as plantas de milho e feijão, observou-se, durante as chuvas simuladas, expressivo fluxo de água pelos colmos no milho, o que contribuiu para que a água atingisse a superfície do solo com mínima energia de impacto, facilitando, assim, a infiltração no solo nessa cultura, ou seja, a morfologia da planta de milho, convergia a água para o tronco.

Quando o solo deixa de ser revolvido (início da colheita do tabaco), notou-se que há um aumento nas perdas de água. Essas perdas foram influenciadas pela redução da rugosidade topográfica que apesar de não ser mensurada nesta pesquisa, observou-se em caminhamentos pela área ao longo do monitoramento, por ser visível a redução dos torrões e das micro-saliências formadas com o revolvimento constante. A morfologia da planta também potencializa as perdas de água no período da colheita. Quando as folhas estão na fase de maturação acabam direcionando suas pontas para o solo da entrelinha, devido ao seu formado côncavo, elas acabam se tornando calhas coletoras de água direcionando para a entrelinha, havendo um acúmulo de água neste local, (Figura 42).

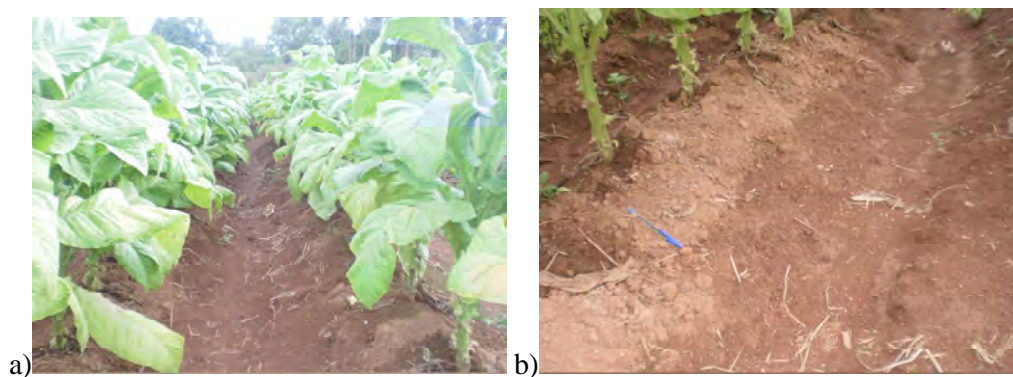


Figura 42. a)- morfologia das folhas direcionando a água para a entrelinha.  
b) Fluxo concentrado na entrelinha e locais sem umidade devido a cobertura do solo promovido pelas folhas.

Foto Antoneli, V. (2010).

Na figura 41, percebe-se a influência da cobertura do solo neste tipo de cultura. Nota-se que há locais sob os camalhões onde não houve contato da água da chuva com o solo. Outro fator que deve ser levado em consideração é a concentração de água nas estrelinhas, promovido pelo fluxo de água que escoar da folha. Este fluxo promove

micro crateras no solo, através do gotejamento concentrado. Esta dinâmica da morfologia associada à forma de cultivo implica nas perdas de solo (Tabela 47).

Vale ressaltar que as áreas A1, A2 e A3 foram utilizadas a mesma forma de cultivo, mas durante a preparação do solo para o cultivo foram utilizadas diferentes técnicas e, este fator pode ter contribuído para a variação dos índices de perda de solos.

Tabela 47 – Perda de solo na fumicultura com diferentes manejo na safra 2007/2008.

meses	Área 1(SPC)				Área 2 (SPC)			Área 3 (SPC)		Área 4 (SPDSC)		Chuva mm
	Perda de solo F1 (t/ha)	Perda de solo F2 (t/ha)	Perda de solo F3 (t/ha)	Perda de solo F4 (t/ha)	Perda de solo F5 (t/ha)	Perda de solo F6 (t/ha)	Perda de solo F7 (t/ha)	Perda de solo F8 (t/ha)	Perda de solo F9 (t/ha)	Perda de solo F10 (t/ha)	Perda de solo F11 (t/ha)	
	set/07	0,03	0,06	0,08	0,1	0,09	0,07	0,05	0,1	0,08	0,01	
out/07	0,5	0,4	0,6	1,0	0,5	0,3	0,4	0,2	0,2	0,03	0,02	133
nov/07	2,51	2,4	2,1	2,1	1,7	1,3	1,2	1,2	13,6	0,04	0,05	262
dez/07	32,0	14,4	6,1	8,9	5,6	6,8	9,3	18,7	21,6	0,04	0,03	218
jan/08	5,3	31,3	3,3	3,8	4,9	4,1	11,0	13,4	1,3	0,1	0,08	187
fev/08	7,3	4,4	6,9	14,9	3,8	2,9	0,7	22,2	19,0	0,1	0,11	101
mar/08	1,6	3,9	0,9	2,3	0,3	0,6	0,5	3,8	2,8	0,04	0,04	49
Total t/ha	49,4	57,1	20,3	33,3	17,2	16,3	23,4	60,0	58,3	0,42	0,37	975
Média	40,0				19,0			59,1		0,39		-
Desvio Padrão*	16,4				3,8			1,1		0,03		-
Tipo de solo	Latossolo				Nitossolo			Neossolo		Cambissolo		-

\* O Desvio Padrão, refere-se ao total de perda de solo em cada área e sua respectiva forma de manejo.

**Nota 1** - SPC – Sistema de Plantio Convencional – SPDSC – Sistema de Plantio Direto Sem Camalhão.

**Nota 2**- não foram calculadas as médias mensais de cada área, conforme havia sido feito nos outros tipos de usos.

A média que se faz menção aqui é em relação ao total de perda de cada parcela em sua respectiva área.

Org. Antoneli, V. (2010)



A partir das informações extraídas da tabela 47, conclui-se que a perda de solos no sistema de plantio convencional (Área A1, A2 e A3) não segue uma tendência erosiva influenciada pela pluviosidade. Nos primeiros meses do cultivo (setembro e outubro) o solo é revolvido semanalmente e os índices de cobertura do solo são inferiores a 20%, no entanto, as taxas de perda de solo são muito baixas (<1% do total). Isso porque no preparo do solo (aração e escarificação), surgem algumas saliências na superfície do solo e diversos torrões promovendo uma rugosidade maior da parte superficial do solo. Essa rugosidade superficial associada a uma camada superficial descompactada contribui para o aumento da infiltração e retenção do escoamento superficial.

Com relação a remobilização do solo e da capina para eliminação da erva daninha, ela atua como fator responsável pela diminuição dos índices de perda de água e de solo. Esta etapa do cultivo (remobilização semanal do solo), é realizada até o final do mês de novembro, quando se inicia a colheita. A redução nas perdas de solo durante a remobilização semanal, fica evidente quando comparado os dados de precipitação e perda de solo entre os meses de setembro, outubro e novembro com os meses de dezembro, janeiro e fevereiro.

A precipitação nos três primeiros meses de cultivo foi equivalente a 43,1% do total de chuva para o período. Já os meses subsequentes (dezembro janeiro e fevereiro), o percentual de precipitação foi de 51,9%, ou seja, houve um aumento nos índices de pluviosidade em torno de 8,8%. Mas quando estimadas as perdas de solo dos dois períodos, verifica-se que nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro há um aumento 65,7% em relação aos meses do início do cultivo.

Em caminhamentos pela área de cultivo do tabaco ao longo do monitoramento, observou-se que durante a fase de revolvimento constante do solo a rugosidade superficial é maior devido a algumas micro-saliências e torrões deixados após a utilização de alguns implementos agrícolas de tração animal. Estes torrões vão se desestruturando pelo salpico, pelo manejo do solo, onde as micro-saliências vão sendo “entupidas” pelas primeiras incisões erosivas com o término do revolvimento.

Analisando as perdas de solo mensal (Tabela 47), é possível avaliar a importância da remobilização constante do solo na redução dessas perdas. Cita-se como exemplo, o mês de novembro, onde a precipitação foi de 262 mm, já o mês de dezembro apresentou uma precipitação de 218 mm, ou seja, houve uma redução em

torno de 20% neste índice. Mas quando estimada a perda média de solo dos referidos meses, há um aumento em torno de 331% no mês de dezembro em relação ao mês de novembro.

Durante o mês de novembro, há uma diminuição no revolvimento do solo e, como as precipitações durante este mês se apresentaram de forma significativa, conclui-se que estes dois fatores contribuíram, para a diminuição da rugosidade superficial. Como o mês de janeiro a precipitação se portou de forma parecida ao mês anterior, a diminuição na rugosidade superficial associada ao índice de cobertura do solo, podem ter promovido este aumento significativo nos índices de perda de solo.

As colheitas geralmente se encerram no final do mês de fevereiro, exceto algumas áreas que sofreram um atraso no plantio. Durante o mês de março, o solo fica exposto aos efeitos pluvioerosivos, devido o término da colheita. No entanto, os índices de perda de solo foram menores em relação aos demais estágios de crescimento das plantas.

Esta questão pode estar associada a alguns condicionantes importantes, como por exemplo, o solo não sofre influência da concentração de água nas entrelinhas propiciada pelas formas côncavas das folhas, pois estas já foram colhidas.

Outro condicionante importante que pode influenciar esta redução nas perdas mesmo com um aumento na exposição do solo, é a “lavagem” onde os materiais mais susceptíveis a erosão vão sendo transportados restando uma camada superficial mais encrostada, aumentando o escoamento sem aumento significativo nas perdas de solo.

Os camalhões só serão desmontados no início do mês de abril quando se faz a semeadura da cobertura vegetal de inverno. O mês de março apresenta uma taxa de 100% de exposição do solo, devido ao término da colheita, no entanto apresenta uma redução nas taxas de perda de solo, por a entrelinha não estar sofrendo influência da concentração de água proporcionada pela morfologia das folhas (Figura 43).



Figura 43. Exposição do solo na última colheita das folhas do tabaco, final do mês de fevereiro.

Foto. Antoneli, V. (2010)

Apesar da forma de cultivo do tabaco na Área A 1 (Parcelas F1, F2, F3 e F4) ser a mesma da Área A 2 (parcelas F5, F6 e F7) e da área A3 (parcela F8 e F9), os índices de perdas de solos se portaram de forma diferenciada. Os meses em que o solo foi revolvido constantemente, as perdas de solos se mantiverem muito próximas, havendo variações mais significativas nos meses em que não houve remobilização do solo.

Quando comparada a média total das duas áreas, nota-se que na Área A1, a média de perda de solos foi estimada em 40,0 t/ha. Já a área A2, a perda média de solo foi de 19,0 t/ha, uma redução portanto de 110,5%. Esta variação pode estar associada à forma de preparo do solo para o início do cultivo.

Quando confrontado os índices de perda de solo da Área A3, com as outras duas áreas anteriores, verifica-se que há um aumento significativo de perda de solos na referida área em relação às outras duas (A1 e A2). Estima-se que há um aumento de 211% na taxa média de perda da Área 3 em relação a Área 2 e, um aumento de 47,5% em relação a Área 1.

Apesar de as áreas A1, A2 e A3 apresentarem a mesma forma de cultivo, as perdas de solos se portaram de maneira diferenciada, o que nos leva a concluir que não é só tipo de cultivo que influencia na dinâmica erosiva das áreas de cultivo do tabaco. Alguns fatores devem ser levados em consideração como o tipo de implemento agrícola utilizado no preparo do solo para o início do cultivo, a umidade antecedente do solo na hora de realizar o revolvimento do solo, a vegetação que se

regenera nas estrelinhas durante a colheita, propriedades físicas do solo, dentre outras.

Na área 4, (parcela F10 e F11), foi utilizado o cultivo no Sistema de Plantio Direto Sem Camalhão (SPDSC). As características físicas desta área condizem com aquelas apresentadas nas áreas A1 e A2.

Nota-se a importância do plantio direto na diminuição das perdas de solos que podem estar condicionadas a influência da palhada (cobertura morta) e, por não haver revolvimento do solo.

As perdas de solo, foram muito baixas em relação às outras parcelas com cultivo convencional, apresentando perdas médias entre as duas parcelas de 0,39 t/ha. Os meses de janeiro e fevereiro apresentaram as maiores perdas de solos sendo que 55,8% do total ocorreram neste período, este aumento nas perdas no plantio direto nos referidos meses, pode estar condicionado a redução da eficiência da palhada e, por conseguinte um aumento na exposição do solo.

Após caminhamentos na área durante algumas chuvas, constatou-se que grande parte do solo erodido no plantio direto sem camalhão está associada ao efeito splash. A camada morta impede a concentração de água nos sulcos, além de auxiliar na infiltração de água no solo. Percebeu-se que existem algumas “manchas” de exposição na camada morta que potencializa a desagregação do solo pelo impacto da gota da água da chuva.

Ao longo da safra, a cobertura morta acaba sendo remobilizada em alguns locais, devido o trânsito dos agricultores durante o cultivo e principalmente durante a colheita, por haver o trânsito de animais (equinos) nas entrelinhas para escoar a produção (colheita). Ao longo da safra, esta camada morta também se decompõe, contribuindo assim com esses locais de exposição do solo.

Avaliando, pela redução considerável de perda de solo, esta forma de manejo seria ideal, mas a ausência do camalhão para escoamento da água da lavoura e para aumento na zona de aeração do solo, mas, segundo conversas informais com agricultores e técnicos das empresas fumageiras, esta forma de plantio proporciona uma menor rentabilidade.

No que se refere ao tipo de implemento utilizado no preparo do solo na área A1 (parcelas F1, F2, F3 e F4) e a Área 3 (A3) (parcelas F8 e F9), estes foram efetuado utilizando apenas um escarificador para desestruturar os camalhões da safra anterior, sendo semeado na seqüência a cobertura vegetal de inverno e na hora do

preparo do solo, foi utilizado um escarificador (gradão 8 discos). A utilização deste equipamento, acaba compactando o solo nas camadas inferiores e promovendo na superfície uma camada de solo desagregada (destorroada), o que facilita o transporte de sedimentos ao longo das chuvas.

Cabe considerar, que no preparo do solo para o cultivo geralmente é utilizado implementos agrícolas mecanizados e os implementos rudimentares de tração animal são utilizados apenas nas atividades de cultivo do tabaco.

Nas áreas A2 e A4, após o término da safra anterior, o solo foi revolvido com arado de disco a uma profundidade média de 30 cm. Na sequência foi semeada a cobertura vegetal de inverno, e no início do preparo do solo (agosto), este foi revolvido novamente com um equipamento de haste (sulcador) que revolve o solo há uma profundidade média de 45 cm. Este revolvimento promove uma irregularidade na superfície, sendo preciso utilizar em seguida um escarificador para o nivelamento do solo.

O índice de cobertura do solo é outro fator que deve ser levado em consideração quando se propõe avaliar a perda de solo no cultivo do tabaco. Este índice de cobertura do solo não se refere ao índice da matéria orgânica na camada superficial, e sim à cobertura produzida pelos estágios de crescimento da planta.

O aumento na porcentagem da cobertura do solo sobre as entrelinhas, promovido pela própria planta, contribui para um aumento significativo nas perdas de solo. O aumento tanto da largura quanto do comprimento das folhas, aumentam o percentual de cobertura do solo, mas devido a morfologia das folhas do tabaco, estas atuam como coletoras de água, promovendo uma concentração maior de água nas entrelinhas.

Para evidenciar a influência dos diferentes estágios de crescimento da planta do tabaco, foi estimado o índice de cobertura do solo mensal (setembro a fevereiro). Este índice foi estimado, correlacionando o raio da planta projetado sobre a entrelinha com a largura da entrelinha. (Tabela 48).

Ressalta-se que no mês de março, algumas áreas já haviam sido colhidas, portanto, optou-se por apresentar os valores das variáveis somente até o mês de fevereiro.

Tabela 48- Correlação da morfologia da planta com a área de cobertura do solo no plantio convencional na safra 2007/2008.

Meses	Altura (cm)	Raio (cm)	Comprimento folha (cm)	Largura folha (cm)	% cobertura	Erosão (g/m <sup>2</sup> )	Chuva (mm)
set	15,3 ±1,5	14,0 ±3,0	10,2 ±4,5	11,3 ±2,2	8,2 ±3,8	0,07	25
out	42,3 ±3,5	25,2 ±2,6	19,5 ±6,0	12,2 ±2,4	21,7±8,4	0,5	133
nov	75,9 ±2,5	35,5 ±2,1	31,2 ±6,8	15,8 ±3,4	50,0±3,5	1,8	262
dez	76,9 ±1,8	49,3 ±1,7	39,1 ±7,1	20,3 ±3,5	60,3±7,8	11,3	218
jan	65,3 ±0,9	55,9 ±2,3	54,5±10,0	26,2 ±3,5	89,5±2,8	8,8	187
fev	63,1 ±1,1	36,0 ±4,2	64,7 ±9,4	30,9 ±3,3	49,2±3,5	5,4	101

N= 55 (sendo 5 amostragens em cada parcela).

**Nota 1-** valor médio estimado nas Áreas A1, A2 e A3.

Org. Antoneli, V. (2010)

Por meio da tabela 48, verifica-se que a morfologia das plantas apresenta valores crescentes tanto em relação à altura quanto ao raio desde setembro até o mês de dezembro. No início da colheita (mês de dezembro), o agricultor efetua a poda dos pés de tabaco, inibindo o surgimento de novas folhas. Este processo implica no crescimento das folhas que permaneceram. Este crescimento se torna responsável pelo aumento do índice de cobertura do solo, mas quando estas folhas estão em fase de maturação, devido ao seu peso elas envergam-se em torno do tronco, reduzindo o índice de cobertura do solo, transformando-se em áreas coletoras de água que são direcionadas para o centro das entrelinhas.

Quando correlacionados os valores da cobertura do solo com os índices de perda de solo, verifica-se que no período de maior cobertura do solo (dezembro e janeiro) há um maior índice de perda de solos, sendo este condicionado pela concentração de água na entrelinha e principalmente pela falta de revolvimento da camada superficial. Estas características influenciam as correlações entre a pluviosidade e as perdas de água e solo (Figura 44).

Com relação a perda de água, esta também apresentou variações que foram influenciadas pelas características tanto do solo quanto da cobertura vegetal supra citadas. Foram correlacionadas a precipitação com as médias de perda de água e solo das parcelas de cada área.

Na sequência foram apresentadas às correlações entre a precipitação e as perdas de água e de solo nas Áreas A1, A2 e A3, sendo estimada uma média entre as

três Áreas por estas apresentarem a mesma forma de cultivo (Sistema de Plantio Convencional).

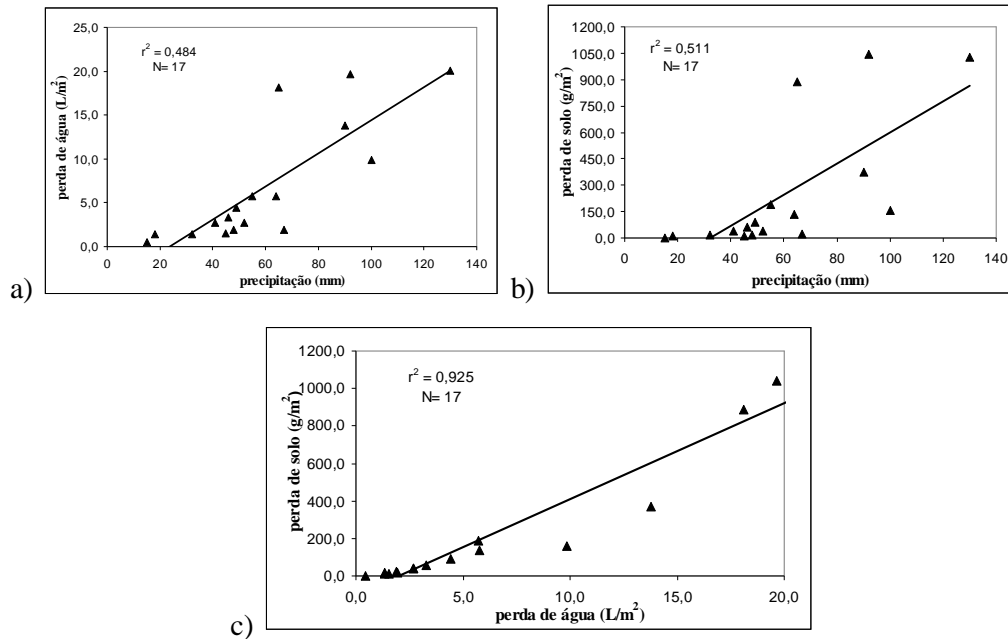


Figura 44- Correlação entre a precipitação, a perda de água e perda de solos na safra de tabaco 2007/2008 das Áreas com plantio convencional (A1, A2 e A3). a) Correlação entre a precipitação o perda de água; b) correlação entre precipitação e a perda de solo; c) correlação entre perda de água e perda de solo.

**Nota 1-** A área A4 foi analisada separadamente devido a diferente forma de manejo.

**Nota 2-** os valores de perda de solo foram transformados em  $g/m^2$  para melhor visualização da correlação.

Org. Antoneli, V. (2010)

Por meio da figura 44, verifica-se que há uma baixa correlação ( $r^2 = 0,484$ ) entre a precipitação e a perda de água na área de plantio convencional. Esta baixa correlação pode estar atrelada à intensidade das precipitações e principalmente pelas condições em que se encontram as entrelinhas e os camalhões no momento da chuva.

Foi observado em campo, que em eventos chuvosos onde o solo havia sido revolvido poucos dias antes, as perdas de água foram menores, principalmente naquelas chuvas de menor volume. Esta questão pode ser explicada pela condição da entrelinha após o revolvimento, onde se forma na superfície uma camada desagregada, e que em chuvas de menor volume potencializa a infiltração. O problema é quando ocorre precipitação maior (acima de 60 mm), onde o excedente de água na entrelinha passa a escoar de forma mais intensa, implicando em maior perda de água e solo.

Nota-se que há uma correlação média entre as precipitações e a perda de solo ( $r^2 = 0,511$ ), a qual pode ser influenciada pela morfologia da planta, umidade antecedente, condições das entrelinhas antes das chuvas e estágio do cultivo.

Já a correlação entre a perda de solo e a perda de água foi alta ( $r^2 = 0,925$ ), esta alta correlação pode ser atribuída à falta de cobertura do solo por cobertura morta, e pela concentração de água nas entrelinhas que é influenciada pela morfologia da planta.

A correlação entre a pluviosidade e as perdas de água e solo da Área A4 foram analisadas separadas, por esta ser desenvolvida em outra forma de cultivo (SP DSC). A dinâmica erosiva da área de plantio direto sem camalhão, foi bastante diferente das outras áreas de plantio convencional, principalmente pela influência da cobertura morta na redução do impacto da gota da água da chuva no solo e a falta de remobilização do solo no início do cultivo, (Figura 45).

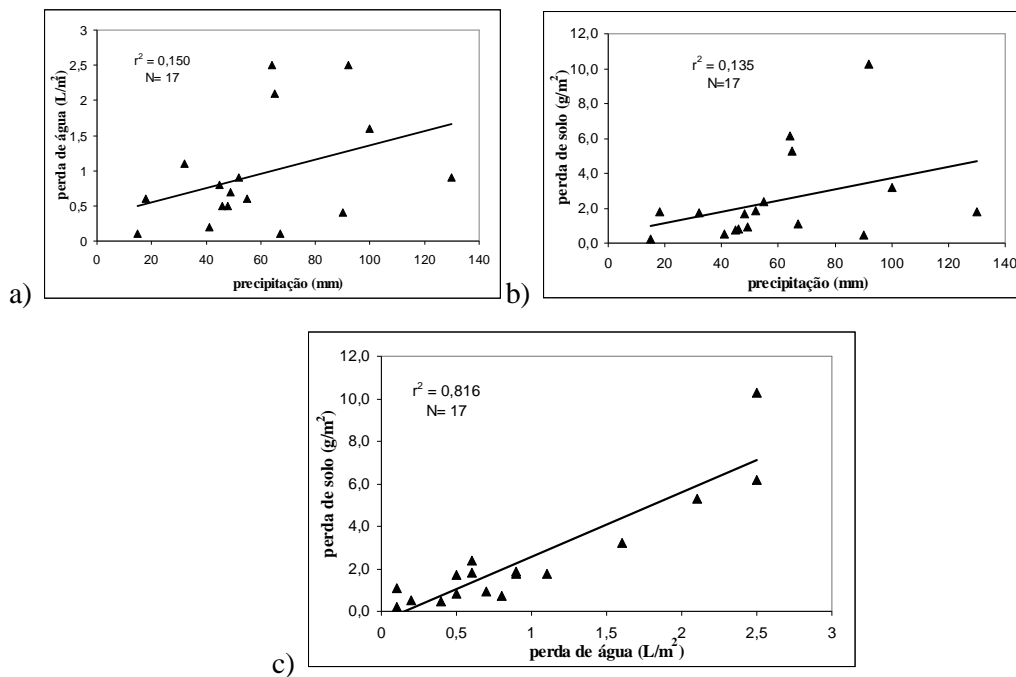


Figura 45- Correlação entre a precipitação, perda de água e perda de solos na safra de tabaco 2007/2008 na Área com plantio direto sem camalhão (A4); a) correlação entre a precipitação e a perda de água; b) correlação entre precipitação e a perda de solo; c) correlação entre a perda de água e a perda de solo.

**Nota-** os valores de perda de solo foram transformados em  $g/m^2$  para melhor visualização da correlação.

Org. Antoneli, V. (2010)

Por meio da figura 45, nota-se que há uma correlação muito baixa entre a precipitação e a perda de água ( $r^2 = 0,150$ ), e a precipitação e perda de solo ( $r^2 = 0,135$ ).



Estas correlações muito baixas podem ser atribuídas a forma de cultivo, cobertura morta, a inexistência de fluxo concentrado de água na entrelinha por não haver camalhão, e por o solo não ser revolvido ao longo do cultivo.

Tanto na correlação entre a precipitação com a perda de água, quanto da precipitação com as perdas de solo, verifica-se que as chuvas de menor quantidade (inferiores a 60 mm), apresentam menor variação, já as chuvas acima de 60 mm, nota-se que há uma variação maior. Esta variação pode estar atrelada ao acúmulo de água no solo que potencializa o escoamento superficial mesmo com a camada morta.

Em contra partida, nota-se que há uma alta correlação entre a perda de água e a perda de solo ( $r^2$  0,816). Esta alta correlação, pode ser atribuída a redução da rugosidade superficial, o que potencializa a perda de água e solo.

Foi constatado em caminhamentos pela área A4, que ao longo do cultivo a camada morta vai perdendo sua eficiência na cobertura e proteção do solo, devido ao pisoteio tanto dos agricultores ao longo do cultivo quanto dos animais na retirada da produção, além da decomposição da própria camada morta. Essas características vão dando origem à “manchas” de exposição do solo (locais sem palhada), que passam a sofrer os efeitos pluvioerosivos, potencializando assim as perdas de água e solo, principalmente em eventos chuvosos de maior quantidade.

#### **6.5.2- Perda de água e perda de solo no cultivo do tabaco no período de entre safra 2008/2009**

No mês de abril, faz-se a escarificação (remobilização dos camalhões), em determinadas áreas, já em outras a remobilização foi realizada através da utilização de um arado de disco. Na seqüência foi semeada a cobertura vegetal de inverno. Esta forma de manejo (semeadura de inverno) foi introduzida aproximadamente há duas décadas, antes o solo só era revolvido (remobilização dos camalhões) no final do mês de agosto quando se iniciava o preparo do solo para a safra seguinte.

Uma prática comum entre os agricultores era cercar as áreas de plantio de tabaco, transformando essas áreas em pastagem para os animais entre os meses de abril a agosto. Esta forma de utilização das áreas agrícolas em pastagens era uma alternativa para manter a alimentação dos animais durante o inverno, pois estes se alimentavam das ervas daninhas que se regeneravam com o término do revolvimento do solo (outubro). A utilização dessas áreas em pastagem acarretava em alguns problemas, havia uma compactação maior do solo devido o pisoteio dos animais, o

que implicava no aumento da disponibilidade de material para o transporte, além dos restos da cultura do tabaco que serviam para a proliferação de algumas pragas que viriam a prejudicar a lavoura subsequente.

Com o surgimento de algumas espécies de cobertura vegetal de inverno, esta técnica foi sendo substituída. Foram sendo cultivadas espécies como aveia preta (*Avena atrigosa*), ervilhaca (*Vicia sativa*), nabo forrageiro (*Raphanus-sativus*), dentre outras, que além de recompor a matéria orgânica, servem para minimizar as perdas de água e solo no período de entre safra. Na seqüência será analisada a perda de água no período de entre safra 2008/2009, (Tabela 49).

Ressalta-se que as espécies de cobertura de inverno foram semeadas nas áreas sem a intervenção do pesquisador, pois é uma prática corriqueira, os agricultores semeariam espécies diferentes de cobertura vegetal nas áreas de cultivo do tabaco.

Tabela 49- Perda de água no período de entre safra 2008/2009 na área de cultivo de tabaco.

Mês	Área 1 (plantio de aveia)				Área A2 (plantio de aveia)			Área A3 (plantio nabo forrageiro)		Área A4 (plantio de ervilhaca)		Chuva (mm)
	Perda de água F1 (%)	Perda de água F2 (%)	Perda de água F3 (%)	Perda de água F4 (%)	Perda de água F5 (%)	Perda de água F6 (%)	Perda de água F7 (%)	Perda de água F8 (%)	Perda de água F9 (%)	Perda de água F10 (%)	Perda de água F11 (%)	
Abr/08	4,5	5,4	3,5	3,6	3,5	4,7	3,0	3,9	2,9	2,4	2,8	353
Mai/08	7,0	8,1	9,3	7,6	8,0	11,4	12,5	15,0	19,0	6,1	5,1	188
Jun/08	6,0	3,4	5,8	3,7	2,6	8,4	5,7	16,6	19,8	5,2	3,9	183
Jul/08	2,9	2,7	2,7	2,5	2,5	3,2	2,5	5,4	5,1	3,7	2,9	155
Ago/08	1,8	2,0	1,5	0,7	1,0	0,6	0,8	17,4	16,2	2,2	1,5	207
Média	4,5	4,3	4,6	3,6	3,5	5,7	4,9	11,7	12,6	3,9	3,2	1086
Desvio Padrão*	0,4				1,1			0,7		0,5		

\* O Desvio Padrão, refere-se a média de perda de água de cada área.

Org: Antoneli, V. (2010)

Por meio da tabela 49, nota-se que as perdas de água nas Áreas A1 e A2 foram muito próximas, com uma média de 4,4% de perda, com perda mínima de 3,5% da parcela F6 e perda máxima de 5,7% na parcela F6.

Quando correlacionadas as perdas de água mensais com a precipitação, das áreas A1 e A2, com o mesmo tipo de cobertura vegetal, nota-se que a quantidade de precipitação não exerce influência significativa na perda de água no início do cultivo da cobertura vegetal de inverno. Esta característica está atribuída ao revolvimento do solo após o cultivo do tabaco (remobilização dos camalhões), que conforme já discutido anteriormente, pode ser realizada através da escarificação ou revolvimento através do arado de disco.

Com a utilização destes implementos para remoção do resto da cultura e remobilização dos camalhões da safra anterior, há um aumento na rugosidade superficial, com o surgimento de micro-saliências, e torrões que dificultam o escoamento superficial. Destaca-se também, que quando o solo é revolvido a camada superficial vai apresentar um solo descompactado, implicando em uma maior infiltração de água.

Estas condições podem influenciar nas perdas de água logo no início do cultivo da cobertura vegetal de inverno. Cita-se como exemplo o mês de abril, onde a pluviosidade foi de 353 mm, no entanto as perdas de água foram menores em relação ao mês de maio que apresentou uma pluviosidade de 188 mm (87,7% superior). Quando estabelecido um comparativo de perda de água entre os dois referidos meses nas Áreas A1 e A2, tem-se um aumento médio em torno de 116,1% do mês de maio em relação ao mês de abril.

Nos meses seguintes, a vegetação foi aumento gradativamente a cobertura do solo, o que implicou em redução nas perdas de água, cita-se como exemplo o mês de agosto com uma precipitação de 207 mm e uma perda média nas Áreas A1 e A2 em torno de 1,2%.

Na área A4 (parcelas F10 e F11), as perdas de água foram muito próximas àquelas apresentadas pelas Áreas A1 e A2, apesar de ser utilizada a ervilhaca como cobertura de inverno. A perda média de água desta área foi de 3,5%, sendo pouco inferior a média das Áreas A1 e A2.

Na área A3, as perdas foram maiores em relação as demais áreas, com uma média de 12,1%, este aumento pode ser atribuído as condições físicas da área (solo

mais raso, declividade maior em relação as demais áreas), como pode também ser potencializado pelo tipo de cobertura de inverno (nabo forrageiro).

Em caminhamentos pela área A3, notou-se que o nabo forrageiro, devido sua estrutura, promove locais de exposição maior do solo que nas áreas A1, A2, além de promover um fluxo de água pelo tronco, que pode potencializar o escoamento através da concentração de água (Figura 46).

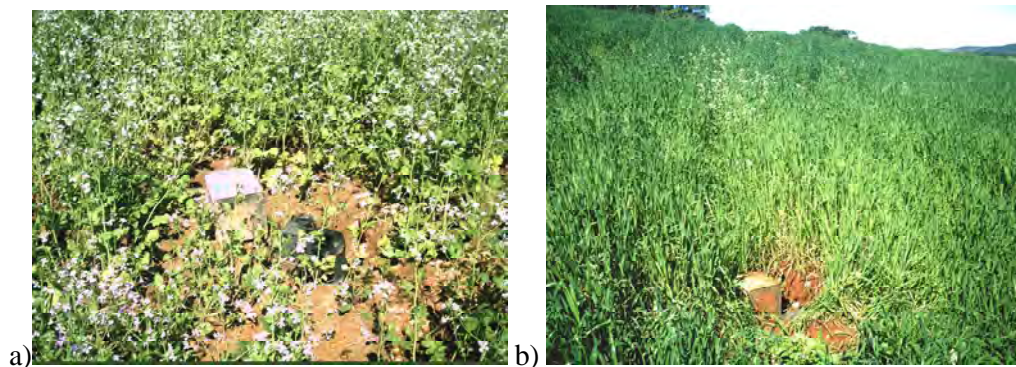


Figura 46- a) solo coberto com nabo forrageiro na área A3; b) solo coberto por aveia preta nas áreas A1 e A2.

**Nota-** as figuras mostram as parcelas de monitoramento de perda de água e solo na entre safra. Fotos Antoneli, V. (2009).

Por meio da figura 45, nota-se que há “manchas” de exposição do solo no cultivo de nabo forrageiro, que potencializam as perdas de água. Foi observado em campo durante algumas chuvas, que a estrutura da aveia, acaba retendo mais água nas próprias folhas, já o nabo forrageiro devido ao formato de suas folhas não consegue reter água implicando em uma maior quantidade de água que chega até o solo. Estas especificidades potencializam as perdas de solo nas áreas com diferentes tipos de cobertura vegetal na entre safra (Tabela 50).

Destaca-se, que é opção dos próprios agricultores escolherem o tipo de cobertura vegetal de inverno, há quem prefira a ervilhaca o tremoço branco a mucuna e o feijão grandú. Já outros agricultores preferem o nabo forrageiro e aveia por apresentar maior volume de palha na composição da camada morta. Vale ressaltar que boa parte dessas espécies, são utilizadas, por serem fixadoras de nitrogênio no solo (leguminosas).

Os diferentes tipos de cobertura vegetal de inverno adotadas nas áreas de monitoramento foram opções dos próprios agricultores, sem indução da parte do pesquisador.

Tabela 50- Perda de solo mensal no período de entre safra 2008/ 2009 sob o cultivo do tabaco.

meses	Área 1 (plantio de aveia)				Área 2 (plantio de aveia)			Área 3 (plantio nabo forrageiro)		Área 4 (plantio de ervilhaca)		chuva (mm)
	Perda de solo F1 (t/ha)	Perda de solo F2 (t/ha)	Perda de solo F3 (t/ha)	Perda de solo F4 (t/ha)	Perda de solo F5 (t/ha)	Perda de solo F6 (t/ha)	Perda de solo F7 (t/ha)	Perda de solo F8 (t/ha)	Perda de solo F9 (t/ha)	Perda de solo F10 (t/ha)	Perda de solo F11 (t/ha)	
Abr/08	0,61	0,63	0,41	0,36	0,36	0,47	0,36	0,46	0,43	0,38	0,41	353
Mai/08	0,45	0,32	0,99	0,45	0,56	1,02	1,59	1,44	1,47	0,16	0,18	188
Jun/08	0,44	0,9	0,76	0,37	0,26	1,98	2,02	1,45	1,57	0,25	0,24	183
Jul/08	0,18	0,17	0,23	0,24	0,22	0,2	0,28	0,29	0,23	0,16	0,17	155
Ago/08	0,5	0,34	0,4	0,33	0,52	1,04	1,15	3,3	2,47	0,22	0,21	207
Total erosão (t/ha)	2,2	2,38	2,8	1,75	1,93	4,73	5,42	6,96	6,19	1,2	1,22	x
Média (t/ha)	2,2				4,0			6,5		1,2		
Desvio P*	0,44				1,85			0,54		0,01		x
Tipo de solo	Latossolo				Nitossolo			Neossolo		Cambissolo		-

\* O Desvio Padrão, refere-se a média de perda de água de cada área.

Org. Antoneli, V. (2010).

A característica de cada cobertura potencializa ou reduz as perdas de solo, cita-se como exemplo a utilização da ervilhaca que diminuiu as taxas de perda de solo em torno de 88% em relação à Área 1 e 232 % em relação a Área 2, ambas com plantio de aveia, e um percentual em torno de 342% em relação a Área 3 (nabo forrageiro).

As perdas de solo nas áreas com diferentes tipos de cobertura vegetal variam conforme o tipo de cobertura, cabe ressaltar que as características das áreas (tipo de solo, declividade e forma de preparo do solo) também influenciam nessas perdas.

Outro fator que deve ser levado em consideração é a morfologia das diferentes plantas e o hábito de crescimento das mesmas. A ervilhaca, por exemplo, apresenta um hábito de crescimento decumbente (deitado), formando uma cobertura maior do solo na sua fase de maturação (julho e agosto). Já a aveia preta apresenta um hábito de crescimento em forma de touceira ereta, o que diminui a taxa de cobertura nos primeiros estágios de crescimento (abril e maio), sendo que estas características acabam influenciando as perdas de solo,

Com relação as perdas de solos mensais, conclui-se que no mês de abril, as taxas são inferiores aos outros meses, isso se deve a rugosidade superficial promovida pelo revolvimento do solo ao término da colheita do tabaco. Já o mês de maio, há um aumento nos índices médio de perda de solo, este fato decorre dentre outros fatores, ao baixo índice de cobertura do solo e a diminuição da rugosidade superficial.

No estágio de maturação da cobertura vegetal, (agosto) há uma perda média maior em relação aos demais estágios, apesar da cobertura vegetal apresentar índices mais elevados de cobertura do solo (> 65%). Em uma análise comparativa entre as áreas monitoradas, nota-se que a Área 3 onde a cobertura de inverno, foi realizada com o cultivo do nabo forrageiro, ocorreu um aumento significativo nas perdas de solo. A média de perda de solo no mês de agosto na Área A3, foi de 2,88 (t/ha), enquanto que a média total da Área 1 foi de 2,28, ou seja em um mês a erosão foi 26% maior que a erosão total da Área 1.

Na sequência foram apresentadas às correlações existentes entre a precipitação, a perda de água e a perda de solo no período de entre safra 2008/2009. ( Figura 47). Ressalta-se que os valores de perda de solo foram transformados em  $g/m^2$  para melhor visualização da correlação.

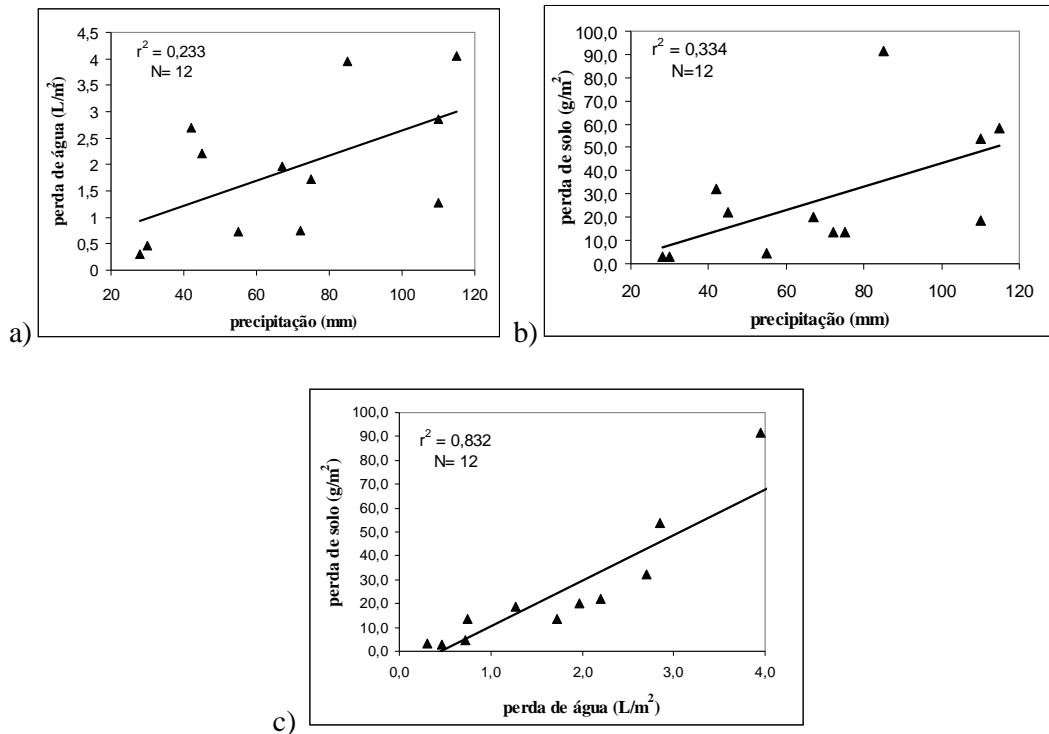


Figura 47- Correlação entre precipitação, perda de água e perda de solos no período de entre safra de tabaco 2008/2009; a) correlação entre a precipitação e a perda de água; b) correlação entre precipitação e a perda de solo; c) correlação entre a perda de água e a perda de solo.

Org. Antoneli, V. (2010).

Verifica-se que há uma correlação muito baixa entre a precipitação e a perda de água ( $r^2$  0,233), sendo baixa também a correlação entre a precipitação e a perda de solo ( $r^2$  0,334). Esta baixa correlação entre estas variáveis pode ser atribuída as condições do solo (descompactado) que com a remobilização dos camalhões facilitam a infiltração de água, e as condições de cobertura do solo que reduzem o impacto da gota da água da chuva, além das características das chuvas citadas anteriormente.

Observou-se, que as perdas de água e solo, sofrem influência da rugosidade superficial no início do cultivo da semeadura de inverno, promovida pela aradura e/ou escarificação para remover os camalhões da safra anterior. Em um outro momento, quando a cobertura vegetal apresenta uma menor exposição do solo, notou-se que a perda de água e solo sofrem a influência dessa cobertura vegetal, que acaba reduzindo o impacto da gota da água da chuva no solo.



Apesar da baixa correlação entre a precipitação e as perdas de água e solo, quando correlacionada a perda de água e solo nota-se que há uma alta correlação ( $r^2$  0,832), ou seja a perda de água influencia de forma significativa nas perdas de solo.

No final do mês de agosto e início de setembro as Áreas A1, A2 e A3 foram revolvidas para a preparação do solo para o início do cultivo do tabaco, pois estas áreas foram cultivadas na forma de Sistema de Plantio Convencional (SPC). O revolvimento do solo é realizado com implementos agrícolas (gradões de disco e/ou arado), não há como utilizar a tração animal para revolver a cobertura vegetal devido ao grande volume da cobertura vegetal inverno.

A Área A4, a cobertura de inverno foi dessecada com herbicida, pois nesta área o cultivo foi realizado no Sistema de Plantio Direto Sem Camalhão (SPDSC).

Logo após a remobilização da cobertura de inverno, (A1, A2 e A3), construiu-se os camalhões para o plantio. No início do plantio, o solo apesar da maior exposição, nota-se que há uma redução das perdas de solo e água devido a rugosidade superficial deixada pelo revolvimento do solo.

### **6.5.3- Perda de água e perda de solo no cultivo do tabaco durante a safra 2008/2009**

O período da safra 2008/2009 corresponde ao período de setembro 2008 (início do plantio) a março 2009 (término da colheita). Durante esta safra, o cultivo do tabaco foi realizado nos mesmos moldes da safra 2007/2008, ou seja, nas duas formas diferentes de manejo, sendo que as áreas A1, A2 e A3, o tabaco foi cultivado sob a forma do Sistema de Plantio Convencional (SPC), e Área 4 no Sistema Plantio Direto Sem Camalhão (SPDSC).

Na sequência foram apresentadas as perdas de água nas áreas com as duas formas de manejo. (Tabela 51)

Tabela 51- Perda de água mensal no período da safra 2008/ 2009 no cultivo do tabaco.

meses	Área 1 (SPC)				Área 2 (SPC)			Área 3 (SPC)		Área 4 (SPDSC)		Chuva (mm)
	Perda de água F1(%)	Perda de água F2 (%)	Perda de água F3(%)	Perda de água F4(%)	Perda de água F5 (%)	Perda de água F6 (%)	Perda de água F7 (%)	Perda de água F8 (%)	Perda de água F9 (%)	Perda de água F10 (%)	Perda de água F11(%)	
set/08	1,0	6,7	6,0	5,4	2,1	2,3	2,3	12,5	9,8	1,7	1,7	102
out/08	48,0	53,0	49,0	46,1	35,7	44,7	61,2	55,0	59,1	3,5	3,8	306
nov/08	1,2	4,0	1,9	1,0	1,5	0,6	1,0	3,5	3,1	0,4	0,8	60
dez/08	5,0	7,5	3,8	1,3	1,3	1,6	2,8	8,1	5,6	0,6	0,9	37
jan/09	5,1	12,2	7,2	2,2	2,6	1,7	1,2	13,4	6,2	3,3	2,9	258
fev/09	56,0	47,0	38,0	15,5	37,6	57,0	53,0	71,0	66,0	1,4	1,8	158
mar/09	17,0	3,8	2,6	2,2	11,9	11,9	12,1	4,2	5,5	0,4	0,4	55
Média (%)	19,0	19,2	15,5	10,5	13,2	17,1	19,1	24,0	22,2	1,6	1,8	973
Desvio Padrão*	4,1				3,1			1,3		0,1		-

\* O Desvio Padrão, refere-se a média de perda de água de cada área.

Nota - SPC (Sistema de Plantio Convencional) – SPDSC (Sistema de Plantio Direto Sem Camalhão)  
Org. Antoneli, V. (2010).

Por meio da tabela 51, nota-se que a precipitação excessiva do mês de outubro (306 mm) em relação aos demais meses, foi uma das principais responsáveis pelas perdas de água ao longo do cultivo. No referido mês, o solo das áreas A1, A2, e A3, estavam sendo revolvido constantemente, e essa remobilização auxilia na descompactação da camada superficial e aumenta a rugosidade superficial, que ao ocorrer precipitações de menor volumes reduzem as perdas de água e solo, mas que com chuvas superior a 60 mm potencializam as perdas de água e solo.

Cita-se como exemplo o dia 04/10/2008, que em 6 horas choveu 175 mm (considerada chuva excessiva). Neste evento, grande parte dos camalhões se rompeu promovendo um escoamento transversal às entrelinhas, implicando em uma perda considerável de água nas áreas A1, A2 e A3 com plantio convencional.

Em caminhamentos pelas áreas, notou-se que as chuvas excessivas acabaram removendo grande parte do solo nas entrelinhas e em alguns casos chegou ao “pé de grade”, formando ravinas de até 50 cm de profundidade. Logo na sequência, os agricultores revolveram novamente o solo para obstruir as ravinas deixadas pela concentração do fluxo na própria entrelinha. Esta atividade acabou potencializando as perdas tanto de água e solo nas chuvas seguintes, pois este solo desestruturado era fácil de ser removido pelo fluxo concentrado na entrelinha.

Com a redução na precipitação nos meses de novembro e dezembro, houve também uma redução na perda de água. Já o mês de janeiro apesar de uma precipitação maior em relação a mês de fevereiro, houve uma perda menor. Esta redução pode estar atrelada à morfologia da planta do tabaco, que no mês de janeiro grande parte da água captada pelas folhas converge para o seu tronco, atingindo o solo do camalhão, que por ser menos compactado apresenta maior infiltração desta água. Neste caso, há uma redução do acúmulo de água na entrelinha, implicando em menor escoamento.

Já no mês de fevereiro, as folhas se encontram maiores e mais pesadas, direcionando suas pontas para o meio da entrelinha, e aquela água coletada pelas próprias folhas que antes convergia para o camalhão, agora converge para o centro da entrelinha implicando em maior concentração de água neste local potencializando o escoamento superficial. (Figura 48)



Figura 48- Detalhe das folhas de tabaco direcionando suas pontas para o solo da entrelinha, potencializando a concentração de água nestes locais.

**Nota** - esta foto refere-se ao plantio do tabaco no sistema convencional no mês de fevereiro.

Foto. Antoneli, V. (2010).

Apesar das variações significativas nas perdas de água mensal, a média de perda entre as áreas A1 e A2, foi de 16,1% valor pouco inferior a média apresentada pela Área A3 (23%) que apesar da mesma forma de cultivo apresenta características diferenciadas de declividade e tipo de solo. Estes valores condizem com daqueles descritos por Beutler *et. al.* (2003), que em preparo convencional executado uma vez por ano encontraram valores médios em torno de 19,9% de perda de água.

Na área A4, as perdas de água foram menores mesmo com as precipitações mais intensas, principalmente pela ação da camada morta que auxiliou nas reduções e a forma de cultivo (Plantio direto sem camalhão), que não permitiu a concentração do fluxo por não haver camalhão. Vale ressaltar, que com o aumento da precipitação houve um aumento nas perdas de água nesta área, significa portanto, que a precipitação exerce influência maior no escoamento na área de plantio direto sem camalhão. As variações nas perdas de água influenciadas pela dinâmica das precipitações, pelas condições de manejo e pelas características físicas da área, implicam nas perdas de solo, (Tabela 52).

Foi observado em campo que no início do cultivo em que o solo é revolvido constantemente, a camada superficial se torna mais descompactada implicando em uma maior infiltração de água no solo, quando ocorrem precipitações de menor intensidade.

Tabela 52- Perda de solo mensal no período da safra 2008/ 2009 sob o cultivo do tabaco

meses	Área 1(SPC)				Área 2 (SPC)			Área 3 (SPC)		Área 4 (SPDSC)		Chuva mm
	Perda de solo F1 (t/ha)	Perda de solo F2 (t/ha)	Perda de solo F3 (t/ha)	Perda de solo F4 (t/ha)	Perda de solo F5 (t/ha)	Perda de solo F6 (t/ha)	Perda de solo F7 (t/ha)	Perda de solo F8 (t/ha)	Perda de solo F9 (t/ha)	Perda de solo F10 (t/ha)	Perda de solo F11 (t/ha)	
Set/08	0,02	0,1	0,3	0,2	0,1	0,1	0,09	0,8	0,5	0,031	0,024	102
Out/08	12,6	26,1	24,1	20,4	13,3	25,2	28,0	37,2	34,3	0,393	0,337	306
Nov08	0,03	0,1	0,05	0,05	0,05	0,03	0,03	0,09	0,1	0,002	0,005	60
Dez/08	0,06	0,06	0,08	0,06	0,06	0,02	0,04	0,1	0,08	0,002	0,003	37
Jan/09	0,1	0,2	0,3	0,5	0,14	0,1	0,1	0,4	0,5	0,024	0,024	258
Fev/09	5,9	5,1	14,2	1,8	2,8	19,2	13,1	12,5	16,5	0,009	0,013	158
Mar/09	0,2	0,4	0,6	0,03	0,6	2,8	3,5	0,6	0,8	0,005	0,007	55
Total (t/ha)	19,1	32,1	39,7	23,2	17,2	47,6	44,9	51,9	52,9	0,465	0,411	973
Média	28,5				36,4			52,4		0,43		
Desvio P*	9,2				16,8			0,70		0,03		-
Tipo de solo	Latossolo				Nitossolo			Neossolo		Cambissolo		

\* O Desvio Padrão, refere-se a média de perda de solo de cada área.

**Nota-** SPC (Sistema de Plantio Convencional); SPDSC (plantio direto sem camalhão)

Org. Antoneli, V. (2010).

Por meio da tabela 52, nota-se que o mês de outubro apresentou maior perda média de solos ao longo do cultivo em todas as áreas. Este aumento pode estar atrelado ao aumento no índice de precipitação, pois o referido mês apresentou uma precipitação de 302 mm (31,4% do total). As perdas médias de solo do referido mês nas áreas A1 e A2 que apresentam características físicas semelhantes foram responsáveis por 66,7% das perdas ao longo do cultivo. Este aumento significativo pode ser atribuído a pluviosidade significativa do mês de outubro. A área A3 apesar do mesmo tipo de manejo (Plantio Convencional), as perdas médias no mês de outubro foram de 35,7 (t/ha) (68,1%). Já a área A4 (plantio direto sem camalhão), as perdas de solo no mês de outubro foram de 0,36 (t/ha), (83,7% do total).

Com relação às perdas de solo do mês de outubro, cita-se como exemplo um evento que ocorreu no dia 04/10/08, em que choveu 175 mm em aproximadamente 6 horas. Este evento excepcional promoveu uma perda média em torno de 12 (t/ha) nas áreas A1 e A2 e 23,5 (t/ha) na Área A3. Ressalta-se que no mês de outubro ocorreram cinco eventos chuvosos com volume entre 40 e 60 mm, que associados aos solos descompactados devido a remobilização, podem ter contribuído para o aumento significativo de perda de solo no referido mês.

O mês de fevereiro, apesar de menor precipitação em relação ao mês de janeiro, as perdas de solos foram maiores sendo que nas áreas A1 e A2 houve perda em torno de 27,7% do total no mês de fevereiro, enquanto que o mês de janeiro a perda representou 0,64% do total. Na área A3, a perda média do mês de fevereiro foi de 27,6% do total, já o mês de janeiro as perdas médias foram de 0,85%. No entanto, na área A4, com SPDSC, as perdas de solo foram maiores com o aumento na precipitação. O mês de janeiro com maior precipitação em relação ao mês de fevereiro, apresentou uma perda em torno de 5,58%, já o mês de fevereiro as perdas médias foram de 2,5%.

A perda média total de solos da Área A1 foi de 28,5 (t/ha), já a área A2 foi 36,6 (t/ha) e, a área A 3 a perda foi de 52,4 (t/ha) se estimada uma média entre as três áreas com mesmo manejo, tem-se uma perda em torno de 39,1 (t/ha), enquanto que as perdas totais de solo no plantio direto sem camalhão foram de 0,43 (t/ha).

Na sequência foram apresentadas as correlações entre a precipitação, perda de água e solo no período da safra 2008/2009 das Áreas A1, A2 e A3, por estas apresentarem a mesma forma de manejo (plantio convencional), (Figura 49).

Nota-se, que a correlação entre as variáveis foram maiores que as correlações encontradas na safra 2007/2008, este fato pode ser atribuído as precipitações que em determinadas chuvas foram de maior volume.

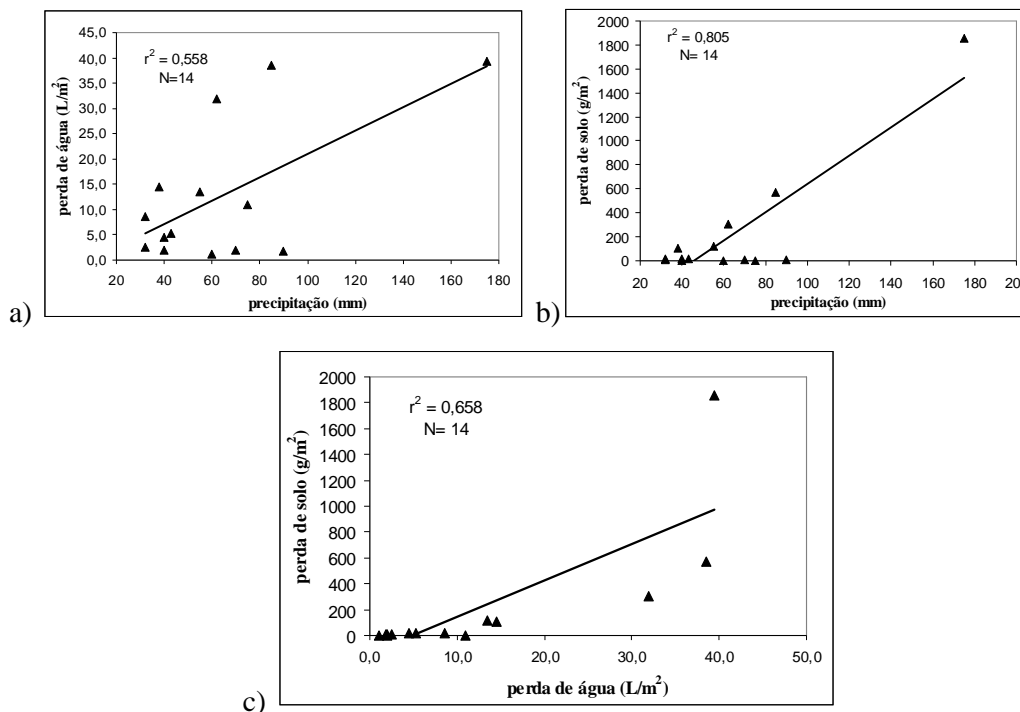


Figura 49- Correlação entre precipitação, e perda de água e perda de solos na safra de tabaco 2008/2009 das Áreas com plantio convencional (A1, A2 e A3). a) correlação entre precipitação e a perda de água; b) correlação entre a precipitação e a perda de solo; c) correlação entre a perda de água e a perda de solo.

**Nota-** os valores de perda de solo foram transformados em  $g/m^2$  para melhor visualização da correlação.

Org. Antoneli, V. (2010).

Por meio das informações extraídas da figura 48, nota-se que no plantio convencional, quando correlacionadas a precipitação e a perda de água há uma correlação média ( $r^2$  0,558), que podem estar atreladas às intensidades das precipitações e a fase do cultivo. Já a correlação entre a precipitação e a perda de solo, foi alta ( $R^2$  0,805). Neste caso conclui-se que a precipitação influencia de forma significativa nas perdas de solo, principalmente pela concentração da água nas entrelinhas no estágio de colheita do tabaco

Quando correlacionada a perda de água e a perda de solo, nota-se que há uma correlação de média para alta ( $r^2$  0,658) Esta correlação foi cerca de 24,6% inferior a correlação existente nestas áreas na safra anterior (2007/2008). Esta redução pode estar

atrelada as precipitações de maior volume em determinados eventos chuvosos, que potencializam as perdas de solo formando ravinas nas entrelinhas.

Verifica-se também, na correlação entre a perda de água e perda de solo que em dois eventos onde a perda de água foi de  $40 \text{ L/m}^2$ , ocorreram perdas distintas de solo. Em um evento chuvoso, com este mesmo valor de perda de água, as perdas de solo foram estimadas em torno de  $1700 \text{ g/m}^2$ , sendo considerada a maior erosão ao longo de todo o período monitorado.

Destaca-se, que este evento ocorreu no mês de outubro, no estágio de revolvimento do solo. Já, o outro evento chuvoso em que a perda de água girou também em torno de  $40 \text{ L/m}^2$ , ocorreu no mês de fevereiro, no entanto as perdas médias de solo giraram em torno de  $600 \text{ g/m}^2$ . Esta variação pode ser atribuída a intensidade das precipitações e a remoção ao longo do período do material de granulometria menor que é mais susceptível a erosão, havendo um seleção das partículas de solo de granulometria maior. Neste caso há uma lavagem da camada superficial após o estágio de revolvimento constante do solo, que vai deixando na entrelinha um solo com granulometria maior que acaba sendo menos susceptível a erosão.

A correlação existente entre a precipitação, a perda de água e solo na área A4 com Sistema de Plantio Direto Sem Camalhão (SPDSC), foram analisadas separadamente das demais áreas devido a possível influência da cobertura morta nas perdas de água e solo nos eventos chuvosos. (Figura 50).

Nos caminhamentos na área do Sistema de Plantio Direto Sem Camalhão (SPDSC), ao longo do monitoramento, foi observado que a camada morta (aveia dessecada), além de auxiliar na redução da erosão por salpico, acaba também formando pequenas barragens na superfície do solo (embaixo da camada morta) formando pequenos bancos de sedimentos.

Ressalta-se que os valores de perda de solo foram transformados em  $\text{g/m}^2$  para melhor visualização da correlação.



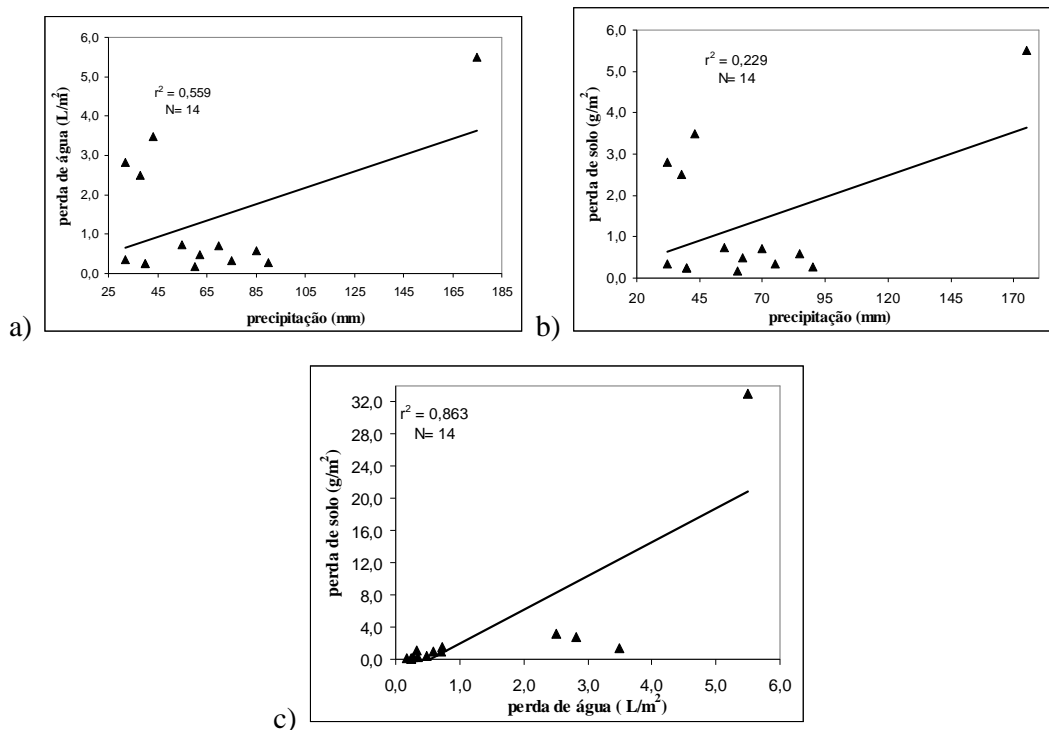


Figura 50- Correlação entre precipitação, perda de água e perda de solos na safra de tabaco 2008/2009 da Área A4 com Sistema de Plantio Direto Sem Camalhão; a) Correlação entre a precipitação e a perda de água; b) correlação entre precipitação e a perda de solo; c) correlação entre a perda de água e a perda de solo. Org. Antoneli, V. (2010).

Por meio da figura 49, nota-se que há uma correlação média entre a precipitação e a perda de água ( $r^2=0,558$ ), e uma correlação muito baixa entre a precipitação e a perda de solo ( $r^2=0,229$ ). Esta variação nas correlações entre as variáveis analisadas, podem estar atreladas a influência da camada morta na redução da exposição do solo, além da intensidade das precipitações. Já a correlação entre a perda de água e perda de solo foi alta ( $r^2=0,863$ ).

Como o escoamento superficial em uma área do Sistema de Plantio Direto Sem Camalhão é relativamente pequeno, quando comparado com o escoamento superficial em uma área com Sistema de Plantio Convencional. O fluxo de água não tem força suficiente para remover e/ou transportar pequenos obstáculos construídos pela própria camada morta, isso implica na construção de pequenas barragens que associadas as microdepressões (saliências) na superfície do solo, contribuem para a retenção de sedimentos que estão sendo transportados, (Figura 51).

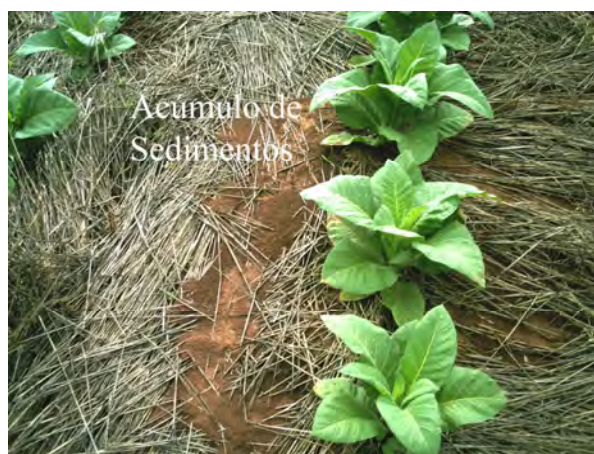


Figura 51- acúmulo de sedimentos retidos pela camada morta no cultivo do tabaco com Sistema de Plantio Direto Sem Camalhão.  
Foto. Antoneli, V. (2010).

Foi observado ainda que ao término da colheita do tabaco, a camada morta se encontra desestruturada, perdendo sua eficiência na redução dos processos erosivos. Esta redução está pautada no caminhamento dos agricultores e dos animais que pisoteiam as entrelinhas no escoamento da produção. Outra questão que deve ser levada em consideração é a decomposição da própria camada morta que implica no surgimento de manchas de exposição.

No mês de abril os camalhões das áreas A1, A2 e A3 foram removidos através da utilização de um arado de disco e o solo da área A4 foi remobilizado com a utilização de uma grade de discos para a semeadura da cobertura vegetal de inverno. Vale ressaltar que foi modificada a forma de manejo nas áreas A1, A2, que passaram a ser desenvolvidas na forma do Sistema de Plantio Direto Com Camalhão (SPDCC) e a área A3 continuou sendo desenvolvida no Sistema de Plantio Convencional (SPC). Já a área A4, passou a ser cultivado no Sistema de Plantio Convencional (SPC), depois do cultivo de duas safras no Sistema de Plantio Direto Sem Camalhão (SPDSC).

#### **6.5.4- Perda de água e perda de solo no cultivo do tabaco durante a entre safra 2009/2010**

Esta fase, corresponde ao período entre os meses de abril a agosto de 2009, neste período houve uma nova forma de cultivar o tabaco. Em algumas safras anteriores, alguns agricultores influenciados pelos técnicos das empresas fumageiras, desenvolveram esta nova técnica de cultivo, que consiste na construção de camalhões

no início da semeadura de inverno, (abril). Com essa nova técnica, não se efetua o revolvimento constante do solo desde o início do cultivo (setembro) até o início da colheita (dezembro), a eliminação das ervas daninhas é realizada através do uso de herbicidas. Apesar de que a cobertura morta impede a germinação de grande parte dessas ervas daninhas.

No período de plantio do tabaco (setembro), a cobertura vegetal de inverno é dessecada, formando uma camada morta sob o solo, que implica em algumas vantagens para o desenvolvimento da atividade fumageira. Esta cobertura morta ameniza o impacto das gotas da água da chuva no solo (erosão por salpicamento), contribui para maior retenção de água no solo, proporcionando uma redução nos índices de escoamento, além de atuar no aumento da concentração de matéria orgânica no solo.

No entanto, a construção dos camalhões antes da semeadura da cobertura de inverno, potencializa a concentração de água na entrelinha, que pode refletir nas perdas de solo e água no período de entre safra, apesar de que a própria cobertura vegetal auxilia na redução dessas perdas. (Tabela 53).

Tabela 53- Perda de água no cultivo do tabaco na entre safra 2009/2010.

Meses	Semeadura da cobertura vegetal após a construção dos camalhões							Semeadura para o manejo do cultivo convencional				Chuva mm
	A1				A2			A3		A4		
	Perda de água F1(%)	Perda de água F2 (%)	Perda de água F3(%)	Perda de água F4(%)	Perda de água F5 (%)	Perda de água F6 (%)	Perda de água F7 (%)	Perda de água F8 (%)	Perda de água F9 (%)	Perda de água F10 (%)	Perda de água F11(%)	
Abr/2009	2,8	0,9	1,1	1,2	0,6	2,1	3,4	12,0	7,0	3,1	2,4	45
Mai/2009	6,1	2,1	2,4	1,9	1,5	3,5	4,1	10,8	9,4	2,5	3,1	105
Jun/2009	7,5	2,9	5,0	3,0	2,5	5,6	4,7	16,9	13,1	4,2	5,0	226
Jul/2009	29,4	22,9	15,6	16,9	12,3	15,6	19	49,2	42,3	14,2	18,5	370
Ago/2009	5,6	3,4	3,4	5,2	3,3	6,2	6,6	12,1	12,3	5,4	5,4	126
Média (%)	10,2	6,4	5,5	5,6	4,0	6,6	7,5	20,2	16,8	5,8	6,8	872
Desvio Padrão*	2,25				1,8			2,3		0,7		-

\* O Desvio Padrão, refere-se a média de perda de água de cada área.  
Org. Antoneli, V. (2010).

Por meio da tabela 53, nota-se que a média de perda de água nas áreas A1 e A2, foram de 6,6%, enquanto as perdas médias da Área A3 (semeadura para plantio convencional), a média de perda foi de 18,5%, cabe ressaltar que as Áreas A3 apresenta um solo raso com uma declividade maior, essas características contribuem para o surgimento de micro ravinas por onde o fluxo de água passa a se concentrar ao longo das precipitações.

A área A4, apesar da mesma forma de manejo que a área A3 apresentou uma média de perda de solo em torno de 6,3%, sendo 193,6% inferior a área A3, esta redução pode ser atribuída as características físicas de cada área além do tipo de cobertura utilizada.

A cobertura vegetal apresentou certa eficiência nas perdas de água nas áreas A1 e A2, mesmo com a construção dos camalhões antes da semeadura de inverno. Observou-se em campo que ao construir o camalhão, a camada superficial da entrelinha apresenta uma rugosidade maior em relação a área onde a semeadura de inverno é realizada após a escarificação (Figura 52).



Figura 52- rugosidade superficial com a construção dos camalhões antes da semeadura da cobertura vegetal de inverno.

Foto Antoneli, V. (2010).

Esta rugosidade é promovida pelo acúmulo de torrões no centro das entrelinhas, e pelas saliências que vão surgindo quando o solo é revolvido para formar o próprio camalhão. Neste caso mesmo com o solo totalmente exposto, as perdas de água são menores. Cita-se como exemplo os meses de abril e maio, que apresentaram perdas menores nas Áreas A1 e A2 em relação aos demais meses. Cabe considerar que as precipitações nos referidos meses foram inferiores aos outros meses. Percebeu-se em

campo que quando ocorre a precipitação no solo descoberto, inicia-se a desestruturação dos torrões que tendem a “nivelar” o centro das entrelinhas, preenchendo as saliências existentes. Esta característica permite que ao longo das precipitações o fluxo de água concentrada nas estrelinhas passe a fluir com menos atrito, potencializando as perdas de água e solo.

O mês de junho, promoveu uma perda maior de água em todas as áreas. Este aumento pode estar atrelado ao aumento considerável no volume da precipitação (370 mm), que corresponde 42,4% do total do período. No mês de agosto a precipitação foi menor (126 mm) quando comparada com o mês de junho (226mm), nota-se que há um aumento em torno de 79,3%, no entanto as perdas de água foram maiores no mês de agosto mesmo com menor precipitação.

Se estimada uma média de perda de água para as Áreas A1 e A2 (com mesmo manejo) tem-se um valor de perda em torno de 4,4% no mês de julho e 4,8% no mês de agosto (aumento de 9%). Nas áreas A4, as perdas do mês de junho foram em torno de 4,4% e no mês de agosto 5,4%, um aumento de 17,3%, cabe ressaltar que a Área A4 foi semeada a ervilhaca como cobertura vegetal que devido as características na sua morfologia reduz a exposição do solo. Já a A3, a perda média no mês de junho foi de 15% enquanto que no mês de agosto foi de 12% uma redução 25%, ou seja, a área A3 foi a única em que as perdas de água acompanharam as precipitações.

Observou-se em campo, que as Áreas A1 e A2, devido ao índice elevado de precipitação no mês de julho, promoveu uma redução na rugosidade superficial, potencializando o escoamento superficial na entrelinha, mesmo com o aumento da cobertura do solo pela vegetação. Estas características propiciadas pela distribuição das chuvas e pela forma de manejo das áreas implicaram em perdas diferenciadas de solo. (Tabela 54).

Conforme discutido anteriormente, nas áreas A1 e A2, foram modificadas a forma de cultivo do tabaco. No mês de abril, período em que os agricultores remobilizam o solo (aração) para plantio de cobertura morta de inverno, foram construídos os camalhões e na seqüência semeada a cobertura de inverno para efetuar o cultivo do tabaco no Sistema de Plantio Com Camalhão (SPDCC). Esta nova forma de manejo acabou interferindo na dinâmica do manejo do solo.

Tabela 54- Perda de solos no período de entre safra 2009/2010.

meses	Plantio direto com camalhão – cobertura de inverno - aveia							Plantio convencional Nabo forrageiro		Plantio convencional ervilhaca		Chuva (mm)
	A1				A2			A3		A4		
	Perda de solo F1 (t/ha)	Perda de solo F2 (t/ha)	Perda de solo F3 (t/ha)	Perda de solo F4 (t/ha)	Perda de solo F5 (t/ha)	Perda de solo F6 (t/ha)	Perda de solo F7 (t/ha)	Perda de solo F8 (t/ha)	Perda de solo F9 (t/ha)	Perda de solo F10 (t/ha)	Perda de solo F11 (t/ha)	
Abr/2009	0,03	0,05	0,03	0,03	0,03	0,04	0,02	0,08	0,06	0,04	0,01	45
Mai/2009	0,15	0,03	0,01	0,01	0,02	0,02	0,009	0,38	0,05	0,09	0,03	105
Jun/2009	0,61	0,01	0,01	0,07	0,01	0,01	0,008	0,04	0,01	0,03	0,02	226
Jul/2009	2,40	0,77	0,45	1,14	2,02	3,56	3,37	5,17	9,29	3,43	1,61	370
Ago/2009	0,28	0,58	0,14	0,23	0,37	1,45	1,47	3,69	0,42	2,27	0,71	126
Total (t/ha)	3,48	1,46	0,65	1,49	2,46	5,10	4,88	9,37	9,84	5,88	2,40	-
Média(t/ha)	1,7				4,1			9,6		4,1		
Desvio P	1,3							0,3		2,4		
Tipo de solo	Latossolo				Nitossolo			Neossolo		Cambissolo		-

\* O Desvio Padrão, refere-se a média de perda de solo de cada tipo de manejo.  
Org. Antoneli, V. (2010).

Apesar das variações do manejo do solo, as perdas se portaram de forma parecida quando comparados os dados das áreas onde foram construídos os camalhões antes da semeadura da cobertura vegetal de inverno as outras duas áreas onde foi semeada a cobertura de inverno do modo convencional (sem construção de camalhão).

No mês abril, as perdas de solo apresentaram valores aproximados entre as duas formas de cultivo, sendo encontrado um valor médio de 0,46 t/ha (área com camalhão) e 0,43t/ha áreas sem camalhão. Estes valores próximos podem ser atribuídos a rugosidade superficial. Apesar do formato do camalhão (canal escoadouro), a rugosidade superficial impede o fluxo de água e sedimentos, portanto as perdas de solos são influenciadas pelo impacto da gota da água da chuva no solo e que com as precipitações esta rugosidade tende a diminuir potencializando o escoamento.

Ao longo de período, a Área 3 (parcelas F8 e F9 ), apresentou taxas diferenciadas das demais, com uma perda média de 9,60 t/ha. Esta área apresenta declividades mais acentuadas com um solo raso e, como houve uma intensificação nos índices de pluviosidade em determinados meses, surgiram algumas micro ravinas que passaram a concentrar os fluxos.

Cita –se como exemplo, o mês de julho, onde a precipitação foi de 370 mm implicando em uma perda de solos de 7,23 t/ha. Quando comparado este índice de precipitação com o mês de julho do ano anterior, verifica-se que houve um aumento de 138,7%. Este aumento contribuiu para a formação das micro-ravinas que potencializam as perdas de solo, mesmo quando coberto por uma camada vegetal de inverno.

As áreas com camalhão, não apresentaram variações significativas, nas perdas médias de solos, as quais foram de 2,7 t/ha, sendo que na safra anterior as perdas médias nestas áreas mesmo sem a construção de camalhões foram de 3,0 t/ha. Significa portanto que apesar da concentração da água na entrelinha devido ao formato do camalhão, as perdas foram inferior ao mesmo período do ano anterior sem camalhão. Esta situação pode ser explicada pela contribuição considerável da cobertura vegetal de inverno na frenagem das perdas de solo e água, mesmo com a construção dos camalhões.

Outro fato evidenciado nas áreas de semeadura de inverno com camalhão é a rugosidade superficial que se forma com a construção dos camalhões. Boa parte dos torrões que se formam com a construção destes, são desestruturados com as precipitações, aqueles de maior granulometria que não são desestruturados logo no início da semeadura de inverno, permanecem como obstáculos para o fluxo da água.



Quando a vegetação aumenta a cobertura do solo, esses torrões não ficam mais expostos aos efeitos da chuva, retardando assim o seu tempo de desestruturação.

Estas peculiaridades implicam em variações nas correlações entre a precipitação e a perda de água e solo no período de entre safra. Na sequência serão analisadas estas correlações nas áreas com cobertura vegetal com camalhões, para possível identificação de alguns fatores que influenciam nestas correlações (Figura 53).

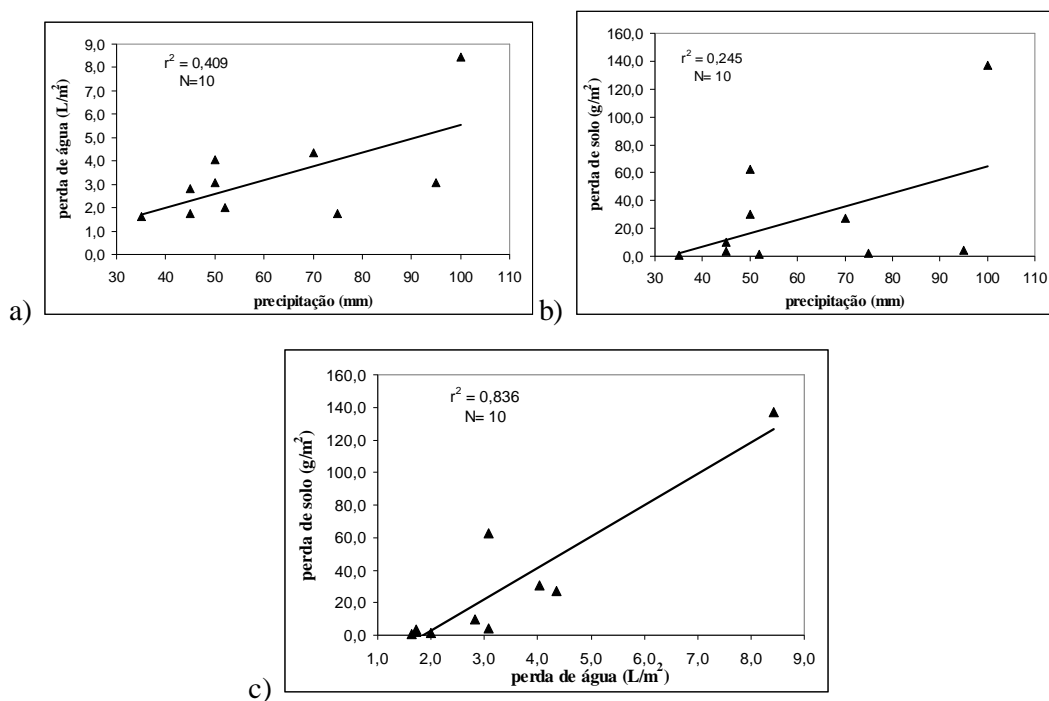


Figura 53- Correlação entre precipitação, perda de água e perda de solos na entre safra de tabaco 2009/2010 das Áreas A1 e A2, com plantio direto com camalhão; a) Correlação entre precipitação e perda de água; b) correlação entre precipitação e a perda de solo; c) correlação entre a perda de água e a perda de solo.

**Nota-** os valores de perda de solo foram transformados em  $g/m^2$  para melhor visualização da correlação.

Org. Antoneli, V. (2010).

Por meio da figura 52, nota-se que a correlação entre a precipitação e a perda de água foi considerada baixa ( $r^2=0,409$ ). Esta baixa correlação pode estar atrelada as precipitações que apesar de grandes volumes em determinados meses, se portam de forma geral como chuvas frontais com períodos de maior duração e menor intensidade. A rugosidade superficial deixada pela construção dos camalhões e a redução da exposição do solo devido ao crescimento da vegetação, são fatores que podem contribuir também para esta baixa correlação.

Quando avaliada a correlação existente entre a precipitação e perda de solo nota-se que há um valor muito baixo ( $r^2=0,245$ ). Esta correlação pode ser influenciada pela própria rugosidade que acaba retendo sedimentos de granulometria maior que estão sendo transportados pelo arraste de fundo e, que acabam preenchendo as saliências existentes no solo. Outro condicionante que pode influenciar nesta baixa correlação é a própria vegetação que ao “cair” na superfície de solo, acaba propiciando micro represas que acabam retendo parte dos solos que estão sendo carregados pelo fluxo de água.

Quando comparados os dados de perda de água e perda de solo, nota-se que há uma alta correlação entre ambos ( $r^2=0,836$ ), ou seja, grande parte da perda de solos é influenciada pela perda de água. Foi observado ao longo do monitoramento, que a rugosidade superficial deixada pela construção do camalhão acaba se mantendo por um período maior de tempo, mesmo após o plantio do tabaco, pois o solo não é revolvido com implementos rudimentares de tração animal no período de cultivo do tabaco.

Este valor pode estar atrelado à forma de cultivo desta área nas safras anteriores. Durante duas safras, o cultivo foi realizado com Sistema de Plantio Direto Sem Camalhão, formando uma camada de matéria orgânica associada a pequenos fragmentos desta cobertura morta que ainda não se decompuseram. Estes fragmentos implicam na formação de pequenas barragens na superfície do solo, contribuindo para a retenção de sedimentos que podem influenciar as correlações entre as precipitações e as perdas de água e solo, tanto nas áreas onde o camalhão foi construído antes da semeadura quanto àquelas áreas onde a semeadura foi realizada sem a construção prévia dos camalhões.

Na sequência foram apresentadas as correlações existentes entre a precipitação e a perda de água e a perda de solo nas áreas A3 e A4, na entre safra 2009/2010. Estes valores foram agrupados, por estas duas áreas apresentarem a mesma forma de manejo (semeadura sem camalhão), (Figura 54).

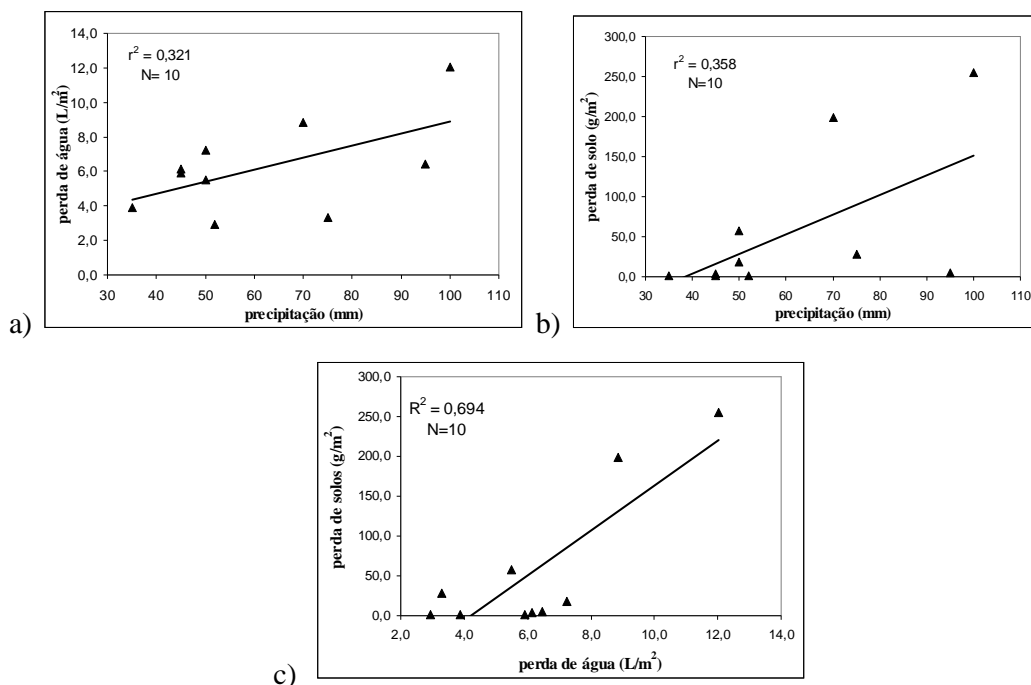


Figura 54- Correlação entre precipitação, perda de água e perda de solos na entre safra de tabaco 2009/2010 das Áreas A3 e A4, com plantio direto com camalhão; a) correlação entre precipitação e perda de água; b) correlação entre precipitação e perda de solo; c) correlação entre a perda de água e a perda de solo.

**Nota-** os valores de perda de solo foram transformados em g/m<sup>2</sup> para melhor visualização da correlação.

Org. Antoneli, V. (2010).

As correlações existentes entre a precipitação e a perda de água e a precipitação e a perda de solo se portaram de forma parecida ( $r^2=0,321$  e  $r^2=0,358$  respectivamente). Esta baixa correlação pode estar atrelada a intensidade das precipitações e a redução da exposição do solo devido ao crescimento da vegetação. Foi constatado também que não há fluxo concentrado de escoamento, apenas algumas micro ravinas “desordenadas” que geralmente acabam se conectando com pequenas depressões devido a remoção do solo antes da semeadura da cobertura vegetal.

Quando comparados os dados de perda de água e perda de solo, nota-se que há uma correlação de média para alta entre ambas ( $r^2=0,694$ ). No entanto esta correlação é 20,2% inferior a correlação existente entre estas variáveis nas áreas A1 e A2 (cobertura vegetal com camalhão). Esta redução pode estar atrelada a forma de manejo, pois os camalhões apesar de apresentarem maior rugosidade, acabam concentrando o excedente de água, e com precipitações de maior volume, acabam transpondo esses obstáculos implicando em maior remoção.

Foi observado também em caminhamentos pela área de cultivo do tabaco ao longo do monitoramento que as micro-depressões se formam em dois diferentes estágios do cultivo nas entrelinhas.

O primeiro estágio de formação tem início na construção dos camalhões, pois ao revolver o solo das entrelinhas para formar os próprios camalhões afloram blocos (torrões) maiores de solo e estes tendem a formar pequenas depressões nos locais de onde foram removidos, além de os próprios blocos servirem de barragem para a água e o sedimento disponível para o transporte.

O segundo estágio de formação das micro-depressões está relacionado ao pisoteio dos animais nas entrelinhas, principalmente após o início da colheita, onde a camada superficial da entrelinha não é mais revolvida. A pegada dos animais (pisoteio), promove uma micro-cratera entre 2 e 4 cm de profundidade e um raio de aproximadamente 10 cm. Como o pisoteio é intensificado devido a utilização da tração animal para retirada da produção, há uma intensificação desse pisoteio o que implica em certos distúrbios na superfície do solo.

O pisoteio promove uma compactação nestas microcrateras, influenciando na redução da infiltração neste local, proporcionando assim um acúmulo de água (poças) que tendem a transbordar com o aumento da precipitação.

Destaca-se, que em chuvas de menor volume estas microcrateras, auxiliam na retenção de água no solo. Foi observado em campo também que em chuvas de volumes menores, que o excesso de água da superfície não conseguiu transbordar as microdepressões formando poças. Ao término da precipitação, esse acúmulo de água nas poças foi sendo infiltrado lentamente, proporcionando uma retenção maior de água no solo.

Os camalhões que são construídos antes da semeadura de inverno apresentam uma rugosidade superficial que só será reduzida com as precipitações e com o trânsito dos agricultores e animais nas entrelinhas ao longo do cultivo, pois não há remobilização de solo e nem capina que poderiam interferir na desestabilização destes blocos. Já os camalhões que são construídos para o Sistema de Plantio Convencional (SPC), a rugosidade será reduzida devido o revolvimento constante do solo no início do cultivo para eliminação das ervas daninhas.

### 6.5.5-Perda de água e perda de solos no cultivo do tabaco na safra 2009/2010

Este período de monitoramento corresponde desde setembro de 2009 a março de 2010, neste período, houve a mudança na forma de cultivo do tabaco nas áreas A1 e A2 com o manejo do Sistema de Plantio Direto com Camalhão (SPDCC) e na área A4 que passou a ser efetuado o Sistema de Plantio Convencional (SPC), estas alternâncias no manejo propiciaram deferentes respostas erosivas nestas áreas.

Antes de discutir as perdas de água e solo nas duas formas de cultivo do tabaco (Plantio Convencional e Plantio Direto Com Camalhão, foram confrontadas duas figuras dessas áreas. (Figura 55).



Figura 55- a) cultivo do tabaco no Sistema de Plantio Direto e Sistema de Plantio Convencional. - a) panorama do cultivo de tabaco sob uma camada morta da Área A1. b) cultivo de tabaco convencional com canal efêmero na entrelinha A3 (safra 2009/2010).

**Nota-** o cultivo que é apresentado nas duas figuras estão com aproximadamente um mês de cultivo (outubro).

Org. Antoneli, V. (2010).

Por meio da figura 55, nota-se a concentração de água no centro da entrelinha após uma chuva no plantio convencional, já no plantio direto com camalhão, fica evidente a importância da camada morta na proteção do solo contra os efeitos pluvioerosivos. Destaca-se que o solo da entrelinha no plantio convencional, havia sido remobilizada dias antes da chuva, sendo este um fator que pode ter potencializado a perda de solo.

Na Área 3 (parcelas F8 e F9) foi semeada a cobertura vegetal de inverno, entretanto no preparo do solo, (início de setembro), não efetuou-se a aração para revolver a cobertura vegetal como havia sido realizada nas safras anteriores. Apenas utilizou-se um terraceador (arado de dois discos) para construção dos camalhões.

Este procedimento acabou abrindo uma fenda na entrelinha (valas), onde o solo foi acumulado sobre a cobertura vegetal construindo assim os camalhões. (Figura 56).

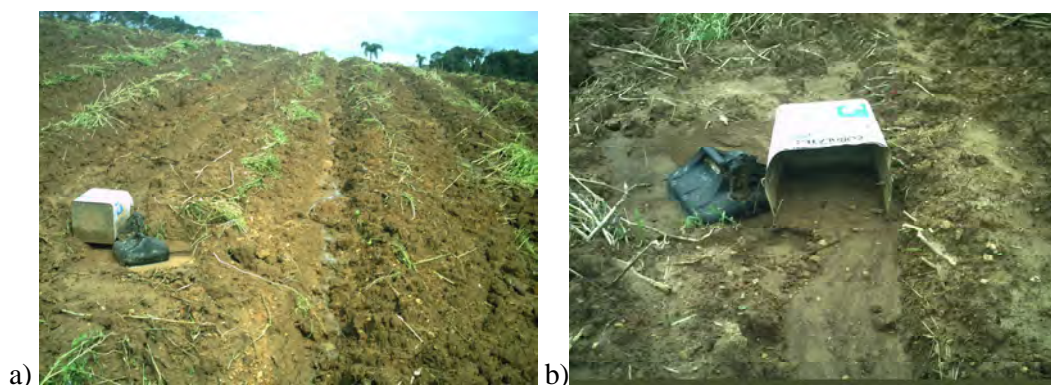


Figura 56- a) camalhão construído na área A3 na safra de 2009/2010, apresentando fluxo concentrado após a precipitação; b) concentração de sedimentos transportados extrapolando a capacidade da calha.

**Nota** - as duas fotos representam a mesma parcela, durante um evento chuvoso. Foto Antoneli, V. (2010).

Através da figura 56, nota-se que a construção de camalhão neste forma, implica na abertura de um canal efêmero que acaba concentrando o excedente de água. A área A3 como já mencionada, apresenta um solo raso, onde foram construídos os camalhões através da utilização de um arado de 2 discos (terraceador), que deu origem a uma vala na entrelinha de aproximadamente 25 cm, ou seja, a partir desta profundidade, o solo apresenta algumas restrições nos processos de infiltração, o que potencializa o escoamento.

Cabe considerar também, o volume de precipitação logo após a construção dos camalhões (mês de setembro), que apresentou um total de 408 mm, isso implicou na abertura de ravinas em praticamente todas as entrelinhas, e mesmo que o agricultor promovesse a remobilização do solo para obstruir essas ravinas, elas seriam abertas com as precipitações mais intensas que ocorreriam na sequência.

Esta forma de cultivo até então, não utilizada pelos agricultores potencializou as perdas de solo de forma considerável, pois os sulcos que foram abertos para formar os camalhões, funcionaram como canais efêmeros ao longo do cultivo e, como o solo não foi revolvido, estas valas permaneceram potencializando o fluxo de água e a perda de solos até o término da safra. (Tabela 55). A área A4, apesar do cultivo ser na forma do Sistema de Plantio Convencional (SPC), o solo foi revolvido com um gradão de disco para eliminar a cobertura vegetal de inverno e, na sequência construiu-se os camalhões para o início do plantio. Já as áreas A1 e A2, por o cultivo ser efetuado sobre a camada morta, as perdas de água foram menores, em relação as outras parcelas com sistema de Plantio Convencional.

Tabela 55- Perda de água na cultivo do tabaco na safra 2009/2010.

Meses	Sistema de Plantio direto com camalhões							Plantio convencional				Chuva (mm)
	A1				A2			A3		A4		
	Perda de água F1(%)	Perda de água F2 (%)	Perda de água F3(%)	Perda de água F4(%)	Perda de água F5 (%)	Perda de água F6 (%)	Perda de água F7 (%)	Perda de água F8 (%)	Perda de água F9 (%)	Perda de água F10 (%)	Perda de água F11(%)	
Set/2009	10,9	6,3	5,8	2,6	2,4	2,3	2,9	35,7	32,0	26,1	22,1	408
Out/2009	9,5	6,8	5,4	4,9	5,8	4,9	5,1	39,0	35,3	21,6	20,0	266
Nov/2009	4,8	3,5	5,0	3,0	4,7	4,1	4,0	18,1	12,9	10,4	11,0	162
Dez/2009	1,8	1,3	2,2	1,9	1,1	0,7	1,0	5,3	6,4	3,9	4,7	92
Jan/2010	4,0	3,4	4,2	5,5	4,0	4,8	4,3	8,5	8,0	7,8	7,8	125
Fev/2010	5,3	4,3	3,0	2,9	3,6	4,0	5,2	13,1	11,8	10,9	10,2	136
Mar/2010	5,4	4,9	3,7	3,5	4,2	4,9	4,2	12,5	15,6	11,8	10,4	80
Média	6,0	4,3	4,2	3,5	3,7	3,7	3,8	18,9	17,4	13,2	12,3	1269
Desvio P*	0,8							3,1				

\* O Desvio Padrão, refere-se a média de perda de água de cada forma de cultivo.  
Org. Antoneli, V. (2010).

Por meio da tabela 55, nota-se que a camada morta reduz a perda de água, a média de perda de água entre as parcelas das Áreas A1 e A2, foi de 4,2%, com perda máxima de 6,0% da parcela F1, e perda mínima da parcela F4 com 3,5%. Já a perda média da área A3 foi de 18,1% enquanto que a média da área A4, a perda média foi de 11,1%. Nota-se, que apesar do mesmo manejo de cultivo das áreas A3 e A4, houve uma redução de 27,0% nas perdas da área A4 para a área A3. Esta variação nas perdas pode ser justificada por alguns condicionantes que potencializaram as perdas na área A3.

Cita-se como exemplo a forma do manejo na construção dos camalhões que foram construídos sem o revolvimento prévio do solo para a eliminação da cobertura vegetal de inverno. Outro fator que deve ser levado em consideração foi a confecção dos camalhões morro abaixo, além das características físicas da área como declividade tipo de solo, conforme discutido anteriormente.

De modo geral, as áreas A1 e A2 apresentaram perdas de água de forma parecida mesmo com o aumento da cobertura do solo pela planta do tabaco. Esta questão foi evidenciada naqueles meses de maior volume de precipitação como é o caso do mês de setembro, que apresentou um volume de precipitação de 408 mm. No entanto, as perdas de água nas Áreas A1 e A2 neste mês foram de 4,7% (11,9% superior a média geral).

Se comparada a perda média de precipitação de água do mês de setembro com as médias do mês de fevereiro (término da colheita), tem-se uma redução em torno de 200% do mês de fevereiro para o mês de setembro, enquanto que a média de perda de água entre os referidos meses é de 17,5 superior do mês de setembro em relação ao mês de fevereiro.

Nota-se portanto, que apesar do volume maior de precipitação do mês de setembro em relação ao mês de fevereiro, as perdas de água são próximas. Esta questão, pode ser explicada pela variação na cobertura do solo, que no mês de setembro, se apresenta de forma mais efetiva (maior cobertura), já no mês de fevereiro, devido o trânsito nas entrelinhas ao longo do cultivo e principalmente pela decomposição da própria camada morta, há uma exposição maior de solo que potencializa as perdas de água.

As áreas A3 e A4 no mês de setembro, devido ao maior volume de precipitação, apresentaram maiores perdas de água com uma média de 33,8% de perda na área A3 e 24,1% na áreas A4. A maior quantidade de chuva contribuiu para a diminuição da rugosidade topográfica desestruturando os blocos (torrões), e preenchendo as micro depressões nas entrelinhas.



Foi constatado em campo, que na Área A3 devido a forma de construção dos camalhões houve um aumento nas perdas de água, pois o fluxo encontrou menor rugosidade superficial, além de um solo sem revolvimento prévio com uma compactação maior. Notou-se também que boa parte dos torrões foram desestruturados no mês de setembro, implicando em uma maior perda de água no mês seguinte, mesmo com uma redução em torno de 53,4% no volume da precipitação.

Devido ao volume considerável de precipitação no mês de setembro, as áreas A3 e A4, apresentaram um ravinamento nas entrelinhas, principalmente na área A3 pois a construção dos camalhões com um terraceador proporcionou o surgimento de uma vala, onde o fluxo passou a se concentrar. Estas ravinas ao longo do primeiro estágio de cultivo (revolvimento constante do solo), foram sendo obstruídas pelo revolvimento do solo da própria entrelinha e dos camalhões através da utilização de implementos rudimentares de tração animal.

Este solo desagregado que obstruiu a ravina se torna susceptível a erosão, sendo transportado com maior facilidade com a ocorrência de precipitação de maior volume. Estas especificidades contribuem com as perdas de água e solo nas diferentes áreas de cultivo do tabaco.

Na sequência foram apresentadas perdas de solo nas áreas com diferentes manejos (Tabela 56). A forma de manejo das áreas monitoradas implicaram em perdas diferenciadas de solo, a média das Áreas A1 e A2 foram de 1,9 t/ha, com perda máxima de 2,8 t/ha (parcela F1) e perda mínima de 1,1 t/ha (parcelas F2 e F4). Este fato pode ser atribuído a alguns fatores que devem ser levados em consideração como por exemplo, a redução da exposição do solo nas entrelinhas e no próprio camalhão, além da camada morta que atua na retenção maior de água, proporcionando maior infiltração de água no solo. Esta camada morta vai recompor a matéria orgânica no solo que auxiliará na estabilidade dos agregados.

Devido a redução do revolvimento do solo há um aporte maior de resíduos orgânicos na camada superficial, esta característica tem-se mostrado eficiente no aumento da estabilidade de agregados (ALVARENGA *et al.*, 1986; CARPENEDO e MIELNICZUK, 1990).

Tabela 56- Perda de solos na safra de tabaco de 2009/2010

Meses	Plantio direto com camalhões							Plantio convencional				Chuva mm
	A1				A2			A3		A4		
	Erosão F1 t/ha	Erosão F2 tha	Erosão F3 t/ha	Erosão F4 tha	Erosão F5 t/ha	Erosão F6 tha	Erosão F7 t/ha	Erosão F8 t/ha	Erosão F9 t/ha	Erosão F10 t/ha	Erosão F11 t/ha	
Set/2009	1,68	0,61	1,36	0,41	1,21	1,15	1,5	45,7	50,8	23,2	21,6	408
Out/2009	0,79	0,35	0,32	0,48	0,70	0,81	0,6	55,2	47,4	37,7	34,0	266
Nov/2009	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,9	2,5	7,7	2,3	162
Dez/2009	0,03	0,004	0,01	0,06	0,01	0,006	0,01	7,5	17,0	4,7	2,4	92
Jan/2010	0,21	0,04	0,04	0,03	0,04	0,05	0,05	1,5	1,7	1,5	0,9	125
Fev/2010	0,02	0,01	0,01	0,03	0,07	0,04	0,04	0,3	0,07	0,01	0,01	136
Mar/2010	0,05	0,03	0,04	0,08	0,05	0,03	0,03	0,2	0,6	0,02	0,02	80
Total t/ha	2,8	1,1	1,8	1,1	2,1	2,1	2,4	111,4	120,2	75,0	62,5	1269
Média (t/ha)	1,9							115,8		68,6		
Desvio P*	0,6							6,2		9,05		-
Tipo de solo	Latossolo				Nitossolo			Neossolo		Cambissolo		-

\* O Desvio Padrão, refere-se a média de perda de água de cada forma de cultivo.

Org. Antoneli, V. (2010)

As Áreas A3 e A4 apesar de serem cultivadas com a mesma forma de manejo (Sistema de Plantio Convencional), as perdas de solos foram variadas. Na Área A3 as perdas médias de solo foram de 115,8 t/ha, enquanto que na área A4 a perda média foi de 68,6 t/ha, uma redução de 68,8%. Esta variação pode ser atribuída às características físicas de cada área, além da forma do manejo adotada para cada área.

Foi constatado que a forma de construção dos camalhões na área A3, potencializou de forma considerável as perdas de água, principalmente no início do cultivo do tabaco onde o volume de precipitação foi maior em relação aos demais meses, formando ravinhas nas entrelinhas que potencializaram o fluxo nas precipitações seguintes. Se comparado o volume de precipitação dos meses de setembro e outubro, verifica-se que 53,1% do total ocorreu nos dois referidos meses, esses volume considerável de chuva nos dois meses proporcionou uma perda média em torno de 85% do total na áreas A3 e 85,9% na área A4.

Na sequência foram analisadas as correlações existentes entre a precipitação e a perda água e de solo nas duas áreas com as mesmas formas de manejo (A1 e A2), para possível identificação de fatores que interferem nas correlações. (Figura 57).

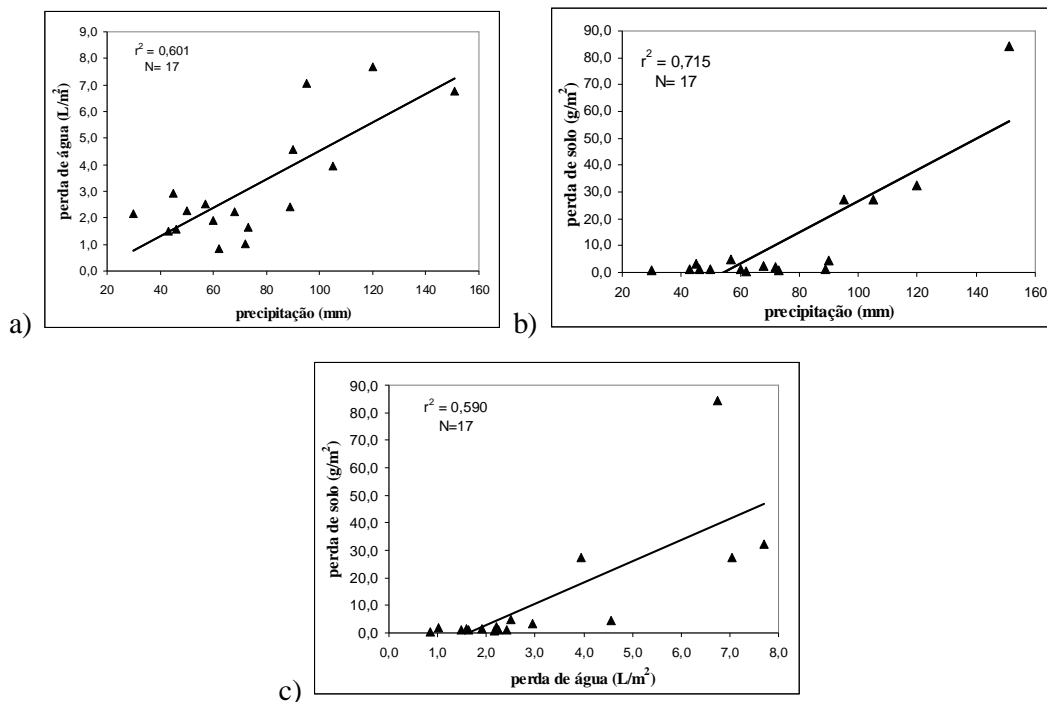


Figura 57- Correlação entre precipitação, perda de água e perda de solos na safra de tabaco 2009/2010 das Áreas A1 e A2, com plantio direto com camalhão; a) Correlação entre precipitação e perda de água; b) correlação entre precipitação e perda de solo; c) correlação entre perda de água e perda de solo.

Org. Antoneli, V. (2010).

Por meio da figura 57, nota-se que houve uma correlação de média para alta entre a precipitação e a perda de água ( $r^2 = 0,601$ ), sendo considerada uma das maiores correlações entre estas duas variáveis no cultivo de tabaco. A correlação entre a precipitação e a perda de solos também foi considerada alta ( $r^2 = 0,715$ ). Vale ressaltar que este valor pode ser atribuído a eficiência da camada morta que protege o solo da desagregação proporcionada pelo efeito *splash*, apesar de não ficar nítida esta questão.

Foi observado em campo, que na área de plantio direto com camalhão, o solo apresenta uma rugosidade superficial menos visível durante a safra, sendo esta uma questão que também pode contribuir para alta correlação entre as variáveis.

Nota-se também que há uma correlação média entre a perda de água e a perda de solo ( $r^2 = 0,509$ ), significa portanto que a perda de solo sofre uma influência média de perda de água. Este valor pode ser atribuído a dinâmica da camada morta que no início do cultivo exerce uma influência maior na retenção da água e que ao longo do tempo do cultivo, esta camada vai se decompondo, perdendo assim sua eficiência na retenção de água e solo.

Observou-se também, que ao longo do cultivo, a camada morta acaba diminuindo o volume e “acamando” na superfície do solo. Esta característica implica na formação de micro represas retendo sedimentos. Identificou-se também o surgimento de manchas de exposição do solo que pode contribuir para a erosão por salpico, mesmo sem formação de fluxo de água.

Na sequência foram analisadas as correlações existentes entre a precipitação e as perdas de água e solo nas áreas A3 e A4 com Sistema de Plantio Convencional (SPC). (Figura 58).

Foi observado em campo, que aquelas precipitações que ocorreram logo após a obstrução das ravinas pelos agricultores, não promoveram escoamento superficial concentrado na entrelinha. No entanto com a ocorrência de chuvas de volume maior na sequência, este solo acabou sendo erodido devido a concentração do fluxo de água nos locais onde foi preenchido com solo desagregado. Estas características influenciaram as correlações entre a precipitação e as perdas de água e solo.

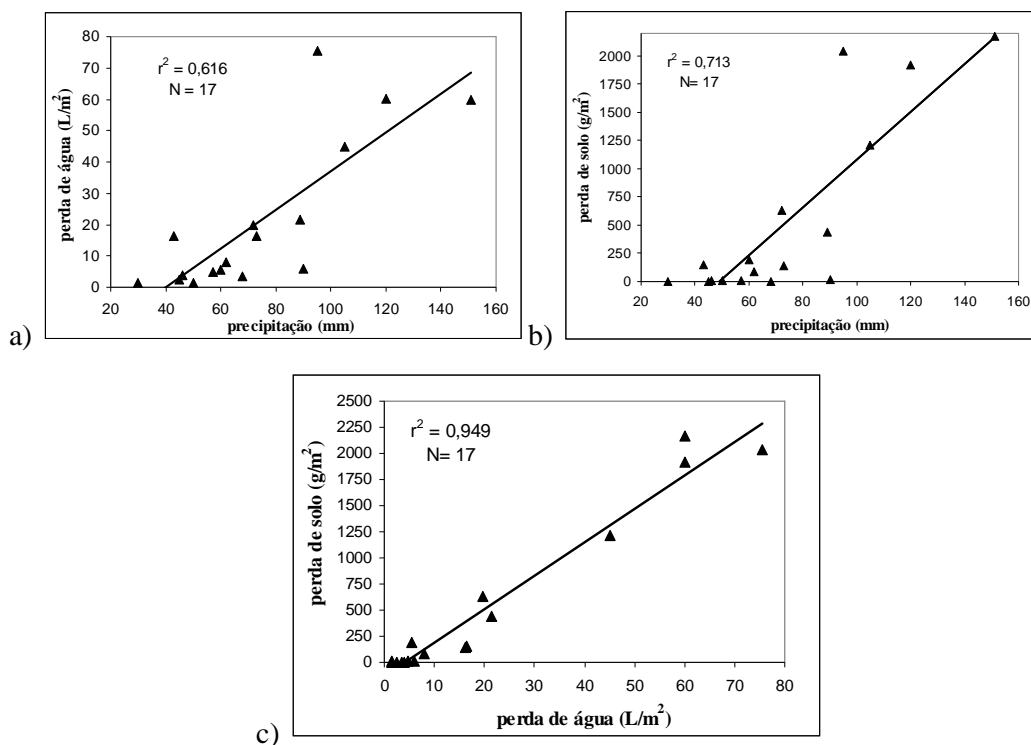


Figura 58- Correlação entre precipitação, perda de água e a perda de solos na safra de tabaco 2009/2010 das Áreas A3 e A4, com plantio convencional; a) Correlação entre a precipitação e a perda de água; b) correlação entre precipitação e a perda de solo; c) correlação entre perda de água e a perda de solo.

Org. Antoneli, V. (2010).

Por meio da figura 58, nota-se que a correlação entre a precipitação e a perda de água foi de  $r^2 = 0,601$ , enquanto a correlação entre a precipitação e a perda de solo foi de  $r^2 = 0,713$ , sendo considerada uma alta correlação. Estas altas correlações podem ser explicadas pela diminuição da rugosidade superficial observada ao longo do monitoramento, devido as chuvas de maior intensidade no início do cultivo.

Nota-se também, que há uma alta correlação entre a perda de água e a perda de solo ( $r^2 = 0,949$ ), ou seja cerca de 94% da perda de solo é influenciada pela perda de água. Esta alta correlação pode estar relacionada ao alto índice de pluviosidade no primeiro estágio do cultivo do tabaco (setembro e outubro), esta precipitação elevada potencializou as perdas de água e solo no início do cultivo, dando origem a ravinas em quase todas as entrelinhas. Estas ravinas potencializam a concentração do fluxo nas chuvas subsequentes, mesmo quando os agricultores obstruem essas ravinas.

Devido as alternâncias na forma de manejo das áreas de cultivo de tabaco ao longo das três safras monitoradas, na sequência serão confrontadas algumas

informações referentes às perdas médias de solo e água entre as safras e entre safras nos diversos tipos de manejo.

#### **5.6- Comparativo de perda de solo ao longo do monitoramento no cultivo do tabaco nos diferentes manejos.**

O cultivo do tabaco, deve ser analisado em períodos, devido a sua alternância tanto no decorrer da atividade quanto no período de entre safra, além das formas de cultivo que influenciam nas perdas de solo nas áreas. Na sequência foram apresentados alguns comparativos entre determinados períodos para um melhor entendimento da dinâmica de perda de solos no cultivo do tabaco.

Em uma análise comparativa das Áreas A1 e A2, ao longo das três safras monitoradas, se verifica a importância da camada morta para a redução das perdas de solo. Por não haver remobilização do solo, a camada superficial da entrelinha ao longo do cultivo vai se compactando, devido ao trânsito constante dos agricultores e animais no período de colheita. Verificou-se que o escoamento é menor nas áreas com manejo do Sistema de Plantio Direto Com Camalhão (SPDCC), pois a camada morta impede a erosão por salpico implicando diretamente na redução do selamento da parte superficial do solo. (Tabela 57)

Tabela 57- Comparativo de perdas de solo entre as três safras nas áreas A1 e A2 com diferente forma de manejo.

meses	safra 2007/2008 plantio convencional				Saфра 2008/2009 Plantio convencional				Saфра 2009/2010 Plantio Direto Com Camalhão			
	Perda de solo A1 (t/ha)	Perda de solo A2 (t/ha)	Desvio Padrão	Chuva (mm)	Perda de solo A1 (t/ha)	Perda de solo A2(t/ha)	Desvio Padrão	Chuva (mm)	Perda de solo A1 (t/ha)	Perda de solo A2 (t/ha)	Desvio Padrão	Chuva (mm)
set	0,07	0,07	0,0	25	0,1	0,1	0,02	102	1,01	1,31	0,2	408
out	0,66	0,4	0,1	133	20,8	22,1	0,9	306	0,4	0,72	0,1	266
nov	2,3	1,4	0,5	262	0,06	0,03	0,02	60	0,01	0,01	0,0	162
dez	15,39	7,2	5,7	218	0,06	0,04	0,01	37	0,02	0,009	0,01	92
jan	10,98	6,7	3,0	187	0,3	0,1	0,1	258	0,08	0,04	0,03	125
fev	8,41	2,5	4,1	101	6,7	11,7	3,4	158	0,01	0,05	0,03	136
mar	2,22	0,4	1,2	49	0,3	2,3	1,4	55	0,05	0,03	0,01	80
Total (t/ha)	40,05	19,0	14,8	975	28,5	36,6	5,6	976	1,7	2,21	0,3	1269
Média (t/ha)	29,5		-	-	32,58		-	-	1,96		-	-

**Nota-** o Desvio Padrão, refere-se a variação entre as perdas médias mensais das áreas.  
Org. Antoneli, V. (2010).

Com base na tabela 57, verifica-se a importância do plantio direto com camalhão, mesmo com uma precipitação 30% superior as safras anteriores. A safra 2009/2010 apresentou uma perda de solo na área do plantio direto que foi muito inferior as duas safras anteriores com cultivo convencional. Apresentando uma média de perda em torno de 1,92 (t/ha), enquanto as safras de 2007/2009 e 2008/2009 apresentaram perdas médias de 32,5 t/ha e 29,5 t/ha respectivamente

Esta redução está pautada na importância da camada morta que vai se decompondo ao longo do cultivo do tabaco, isso implica em um acúmulo de fragmentos de palha na superfície. Esses fragmentos acabam retendo boa parte do fluxo de água.

Em relação as safras com manejo de plantio convencional, o solo é revolvido constantemente no início do cultivo que em determinados eventos chuvosos potencializam as perdas de solo.

Foi elaborado um comparativo entre as três safras na área A3, que apesar de ser utilizado o mesmo manejo de cultivo (plantio convencional), apresentou perdas diferenciadas de solos. (Tabela 58).

Tabela 58- Análise comparativa da produção de sedimentos das três safras da Área 3 (parcelas F8 e F9).

meses	safra 2007/2008		Saфра 2008/2009		Saфра 2009/2010	
	Plantio Convencional Com remobilização*		Plantio convencional Com remobilização*		Plantio Convencional sem remobilização**	
	Perda de solo A3 (t/ha)	Chuva (mm)	Perda de solo A3 (t/ha)	Chuva (mm)	Perda de solo A3 (t/ha)	Chuva (mm)
set/07	0,09 ±0,01	25	0,7 ± 0,2	102	48,2 ±3,6	408
out/07	0,2 ±0,0	133	35,7±2,0	306	51,3 ±5,5	266
nov/07	7,4 ± 8,7	262	0,09 ± 0,01	60	1,7 ±1,1	162
dez/07	20,1 ± 2,0	218	0,09 ±0,01	37	12,2 ±6,7	92
jan/08	7,3 ±8,5	187	0,4 ±0,07	258	1,6 ±0,1	125
fev/08	20,6 ±2,6	101	14,5 ±2,8	158	0,18 ±0,2	136
mar/08	3,3 ± 0,7	49	0,7 ±0,1	55	0,4 ±0,3	80
Média(t/ha)	59,1 ±1,1	975	52,4 ±0,7	973	115,8 ±6,2	1269

\* Plantio convencional com remobilização, refere-se a aração e/ou escarificação da cobertura vegetal de inverno para a construção dos camalhões no início do plantio.

\*\* Plantio Convencional sem remobilização, refere-se a construção dos camalhões sem aração e/ou escarificação da camada vegetal de inverno, sendo construído o camalhão através da abertura de valas com um terraceador.

**Nota-** o Desvio Padrão refere-se ao coeficiente de variação entre as perdas de solo das parcelas de cada área na sua respectiva safra.

Org. Antoneli, V. (2010).



Vale ressaltar, que a precipitação da safra 2009/2010 foi 30% superior as safras anteriores, já as perdas de solo foram estimadas em um aumento de 95,9% em relação a safra 2007/2008 e 120,9% em relação a safra 2008/2009. Este aumento considerável não incide, portanto apenas ao aumento dos índices de precipitação, mas na forma de cultivo, apesar de serem considerados cultivos convencionais. A falta de revolvimento do solo durante o estágio de crescimento do tabaco (setembro a novembro), potencializa o selamento do solo implicando em uma maior concentração de água na superfície das entrelinhas. Além da influência das folhas do tabaco no período da colheita que promove uma concentração de água na entrelinha.

Na seqüência foram confrontadas as perdas de solo na área A4 (parcelas F10 e F11) (Tabela 59). Como já mencionado anteriormente na área A4, as safras 2007/2008 e 2008/2009, foram cultivadas com manejo do Sistema Plantio Direto Sem Camalhão (SPDSC) e a safra 2009/2010 foi cultivada no Sistema de Plantio Convencional (SPC). Esta variação na forma de manejo implicou em uma diferenciação considerável de perdas de solo entre as safras.

Tabela 59- Comparativo médio de perda de solo entres as três safras na área A4.

meses	Safra 2007/ 2008		Safra 2008/2009		Safra 2009/2010	
	Plantio Direto Sem Camalhão		Plantio Direto Sem Camalhão		Plantio Convencional	
	Perda de solo A4 (t/ha)	Chuva (mm)	Perda de solo A4 (t/ha)	Chuva (mm)	Perda de solo A4 (t/ha)	Chuva (mm)
Set	0,01	25	0,02	102	22,4 ± 1,1	408
Out	0,02	133	0,36	306	35,8 ±2,6	266
Nov	0,04	262	0,003	60	5,0 ±3,8	162
Dez	0,03	218	0,002	37	3,5 ±1,6	92
Jan	0,09	187	0,02	258	1,2 ±0,4	125
Fev	0,10	101	0,01	158	0,01 ±0,0	136
Mar	0,04	49	0,006	55	0,02 ±0,0	80
Média (t/ha)	0,39	975	0,43	973	68,7 ± 8,8	1269

**Nota** – Desvio Padrão das parcelas na safra de 2007/2008 e 2008/ 2009, foram inferiores a 0,01 (baixo coeficiente de variação) neste caso optou-se por não apresentá-los na tabela, 58, por entendermos que dificultaria a interpretação dos dados de perdas de solo, devido ao número de casas decimais que o Desvio Padrão apresentaria.

Org. Antoneli, V. (2010).

Por meio da tabela 59, nota-se a importância da camada morta no solo, pois nas safras 2007/2008 e 2008/2009, as perdas foram muito baixas quando comparadas com a safra 2009/2010. A média de perda de solos nas safras com manejo do Sistema de Plantio direto, ficaram muito próximas das perdas de solo das áreas vegetadas (Faxinal, Mata Secundária e Mata de Araucária).

Outro fator que contribuiu para a redução das perdas nas duas primeiras safras, foi a falta dos camalhões. Sem camalhão, praticamente não houve fluxo concentrado nas entrelinhas, implicando diretamente nas perdas de solo. Já a safra 2009/2010, com o Sistema de Plantio Convencional, houve um aumento significativo de perda de solo ao longo da safra. Este aumento resultou da maior exposição do solo, do revolvimento no primeiro estágio do cultivo, e principalmente a construção dos camalhões que potencializa a concentração do fluxo nas entrelinhas.

Na sequência foram apresentadas as perdas de solo no período de entre safra de 2008/2009 e 2009/2010 nas áreas A1 e A2, sendo que entre estes dois períodos foi modificada a forma de semeadura da cobertura de inverno (Tabela 60).

Tabela 60- Comparativo médio de perda de solo no período de entre safra de 2008/2009 e 2009/2010 nas Áreas A1 e A2.

Entre safra 2008/2009					Entre safra 2009/2010			
Semeadura da cobertura inverno sem camalhão					Semeadura da cobertura inverno com camalhão			
Meses	Perda de solo A1 (t/ha)	Perda de solo A2 (t/ha)	Desvio Padrão	Chuva (mm)	Perda de solo A1 (t/ha)	Perda de solo A2 (t/ha)	Desvio Padrão	Chuva (mm)
Abr	0,5	0,4	0,1	353	0,04	0,03	0,01	45
Mai	0,55	1,06	0,4	188	0,05	0,02	0,02	105
Jun	0,62	1,42	0,6	183	0,18	0,01	0,12	226
Jul	0,21	0,23	0,01	155	1,19	2,98	1,27	370
Ago	0,39	0,9	0,4	207	0,31	1,1	0,56	126
Média (t/ha)	2,28	4,03	1,2	1086	1,77	4,15	1,68	872

Org. Antoneli, V. (2010).

Por meio da tabela 60, nota-se que a variação entre as perdas, apesar da diferenciação do manejo não são significativas. Nota-se, na Área A1 que na entre safra 2008/2009, onde a semeadura de inverno foi realizada sem a construção dos camalhões apresentou valor médio de perda de solo pouco acima em relação a safra 2009/2010

(28,8% superior). Já a área A2, as perdas de solos da safra 2008/2009 foram menores em relação a safra 2009/2010 (2,9% inferior).

Portanto, mesmo com a construção dos camalhões antes da semeadura de inverno, as perdas são muito próximas entre as duas formas de cultivo. Vale ressaltar que apesar do camalhão potencializar a concentração da água na entrelinha, a cobertura vegetal apresenta efeito importante na erosão em entressulcos.

Mannering e Meyer, (1963), vem corroborar com esta questão, afirmando que os resíduos vegetais na superfície do solo interceptam as gotas de chuva e dissipam a sua energia, evitando a desagregação das partículas e a formação do selamento superficial. Além disso, há uma redução na velocidade da enxurrada e, conseqüentemente, redução na sua capacidade de desagregação e transporte de partículas do solo.

Braida e Cassol (1999), em suas pesquisas determinaram redução exponencial da erosão em entressulcos com o aumento da cobertura do solo por resíduos de milho e de trigo, não observando diferenças na eficiência dessa redução pelos diferentes tipos de palha na superfície do solo. West *et al.* (1991), contribuem com esta questão em pesquisas realizadas na Georgia, onde constataram a redução de 70% na perda de solo por erosão, em entressulcos, no sistema sem preparo em relação aos submetidos ao preparo convencional. Segundo os autores essa diferença foi atribuída ao teor de carbono orgânico e agregados estáveis em água, em maior quantidade no sistema sem preparo do solo.

Quando estimada a perda média de solo ao longo das três safras na área de plantio convencional desconsiderando as características de cada área, tem-se um valor de 55,3 (t/ha/safra). Esta perda pode ser considerada uma perda severa de solo se levarmos em consideração que esta perda refere-se ao período de safra (setembro a março). Já no restante do ano (período entre safra) a perda média de solos foi estimada em 3,7 (t/ha). Se somarmos os períodos de cultivo com o período de pousio (entre safra), teríamos uma estimativa de perda em torno de 59,1 (t/ha/ano) em cultivo de tabaco no Sistema de Plantio Convencional.

Corroborando com esta questão, Morgan (2005), conclui que a erosão de solos entre 10 e 50 toneladas por hectare é considerada alta e de 50 a 100 (t/ha/ano) é considerada severa e de 100 a 500 (t/ha/ano) é considerada muito severa.

Na nova forma de manejo do solo agrícola para o plantio de tabaco (plantio direto com camalhão), as perdas de solo foram estimadas em torno de 1,9 (t/ha/safra) ao longo dos sete meses de cultivo. Os valores estimados durante a entre safra de

2009/2010 nas áreas A1 e A2 com plantio da cobertura vegetal de inverno após a construção dos camalhões foram de 2,7 (t/ha/safra). Significa portanto que ocorreu maior perda de solos no período de entre safra, principalmente pela construção dos camalhões e semeadura da cobertura vegetal de inverno do que durante o cultivo do tabaco nas Áreas A1 e A2.

Quando somados os valores para estimar a perda média de solo, na forma de plantio direto com camalhões, encontra-se uma estimativa de 4,7 (t/ha/ano). Verifica-se, portanto, a importância da cobertura do solo ao longo do cultivo.

### **5.7- Perda de solos nas estradas**

As estradas são importantes canais de conexão entre os sedimentos oriundos das vertentes com os corpos hídricos. Mas além de serem conectoras de sedimentos dos locais que circunscvem, elas atuam como fonte de produção de sedimentos. Principalmente as estradas rurais sem pavimentação, onde a fluxo de carroças é constante.

Segundo Baesso e Gonçalves (2003), por mais eficazes e bem executadas as obras de drenagem superficial das estradas nem sempre os problemas de trafegabilidade são solucionados. Alguns trechos se tornam com o tempo escorregadios nos períodos chuvosos ao apresentar problemas na capacidade de suporte, neste sentido a execução de uma camada de revestimento primário é a única alternativa capaz de garantir trafegabilidade sob qualquer condição climática. Na área de estudo, é adicionada uma camada de cascalho (folhelho da Formação Irati) de 10 a 20 cm de espessura. Essa camada facilita o tráfego em dias de chuvas, por impedir a formação de lama e atoleiros. Vale ressaltar que apenas as estradas consideradas principais recebem esta camada de material.

As estradas das áreas rurais, de maneira geral, são construídas sem que haja um planejamento adequado básico de conservação e alocação. A ocorrência de estradas mal planejadas (em áreas declivosas sem terraplanagem) e sem conservação (caixas de contenção, etc.), são algumas das características importantes das estradas da área de estudo. As estradas são meio de conexão entre o material erodido da vertente para os cursos de água.

Para evidenciar a importância das estradas e sua representatividade no âmbito da bacia, calculou-se a densidade das estradas que apresentou um valor de 3,16 (km/km<sup>2</sup>). As estradas apresentam uma extensão de 20,744 km. Neste caso foram calculadas as

estradas principais, e aquelas que levam até as residências dos agricultores. Não foram computadas as estradas que dividem as áreas de lavouras e aquelas que margeiam as divisas das propriedades, por estas serem consideradas estradas temporárias. Estradas temporárias (carreadores entre as propriedades) são aquelas utilizadas apenas nos períodos em que há atividade agrícola.

Quando se estabelece uma correlação entre a densidade de drenagem com a densidade das estradas, nota-se que a densidade das estradas ( $3,16 \text{ km/km}^2$ ), é maior em relação a densidade de drenagem ( $1,834 \text{ km/km}^2$ ). Isso significa que há uma maior quantidade de quilômetros de estradas por  $\text{km}^2$ , participando do processo de drenagem e transferência de sedimentos.

Segundo Politano *et al.* (1989), as estradas localizadas em propriedades rurais usadas para escoamento da produção agrícola são preferencialmente construídas na mesma cota altimétrica, para não causar formação de barrancos que afetam a segurança da movimentação das máquinas agrícolas e favorecem a erosão. Desta forma as estradas secundárias e as estradas que cortam as áreas agrícolas são revolvidas quando se inicia a preparação do solo para o cultivo.

Apesar de não fazer parte do monitoramento, os carreadores rurais merecem destaque na transferência de solo para as outras estradas e/ou para os cursos de água. Estes carreadores são revolvidos a medida em que o solo é arado para a preparo do solo. Quando revolvido este solo através da utilização de um arado ou um escarificador, forma-se uma camada desagregada na superfície de aproximadamente 20 cm, que se sobrepõe a uma camada compactada. Quando da ocorrência de chuvas de intensidade e volume maiores, há um transporte considerável deste material, potencializando assim a liberação de material para o transporte, sendo visível o aparecimento de ravinas no leito dessas estradas.

Na maioria dos casos, esses carreadores (estradas que margeiam as lavouras), acabam sendo importantes fontes de contribuição de material para as estradas principais, aumentando assim o poder de desagregação e transporte de material. Outro fator agravante dessas estradas é a falta de planejamento no momento da abertura. Normalmente para a construção destas estradas, leva-se em consideração dois aspectos importantes que influenciam em seu traçado, um deles é a estrutura fundiária da região, (pequenas propriedades). Os limites entre as propriedades geralmente há uma estrada, mesmo que seja apenas de escoamento da produção da própria propriedade (sem tráfego contínuo).

Quando o fluxo excede a capacidade das margens das estradas (valas ou valetas), a água acaba invadindo o leito da estrada promovendo uma erosão em lençol. As saliências e obstáculos que a água encontra sobre o leito das estradas, aceleram a turbulência do fluxo, promovendo assim escavações no leito (Figura 59)



Figura 59- Fluxo de água nos margens das estradas a) Acúmulo de sedimentos nas margens das estradas após um evento. b) Processo de erosão em lençol sobre o leito da estrada, promovido devido ao acúmulo de sedimentos nas margens (valetas). Foto. Antoneli, V. (2010).

As estradas rurais, são construídas sem um planejamento adequado, geralmente não são feitas adequações de “abaulamento” (declividade no leito da estrada em relação a lateral) para que a água escoe apenas pelas valas das margens. As valas das margens são construídas apenas pelo próprio fluxo de água ao longo das chuvas. Este fato propicia o acúmulo de água e sedimentos em algumas partes de menor declividade das margens, o que potencializa o fluxo de água nas estradas, promovendo algumas ravinas sobre o leito das mesmas.

Em caminhamentos ao longo das estradas durante e após os eventos chuvosos, foi constatado que as irregularidades existentes dentro das microravinas resultantes do processo de sedimentação tanto no leito das estradas quanto na margem (lateral), por onde o fluxo se concentra tendem a se ampliar. Ao mesmo tempo que aumentam em volume, ficam mais instáveis, fazendo com que o fluxo se torne cada vez mais turbulento. Esta observação condiz com a afirmação de Guerra (1999), na qual conclui que o aumento na rugosidade no fundo das ravinas e pequenos canais efêmeros causa uma turbulência localizada aumentando a erosão, potencializando o surgimento de pequenas cabeceiras dentro da própria ravina.

O fluxo laminar sobre o leito das estradas promove uma erosão em lençol, potencializando as perdas de solo de granulometria mais fina. O leque de água que se forma sobre o leito da estrada devido ao fluxo laminar, não apresenta um potencial elevado de desagregação de material, apenas transporta material inconsolidado (sedimentos finos) que se desagregaram através do trânsito de veículos automotivos e principalmente carroças de tração animal. Após a “varredura” do material desagregado da estrada, o fluxo de água passa a apresentar uma redução na carga de sedimentos.

Ressalta-se que o material removido do leito das estradas em sua maioria é direcionado para a margem da mesma, concentrando-se nas “valetas” que o próprio fluxo construiu ao longo das chuvas.

Corroborando com esta questão, Megahn (1974), após medir a produção e a liberação de sedimentos de estradas florestais submetidas às condições de chuvas naturais, usando um sifão de sedimentos depositado nos córregos situados abaixo das estradas, concluiu que com o decorrer do tempo, o sedimento desses sifões decrescia ao longo de uma curva exponencial.

O poder público é responsável pela manutenção das estradas vicinais (estradas principais da bacia). De tempos em tempos, (entre 2 e 3 anos), é realizado uma adequação dessas estradas, através da utilização de maquinários. Quando as estradas estão em péssimas condições de tráfego, recebem uma camada de cascalho (folhelho), este processo potencializa o poder de remoção das margens, os blocos maiores de folhelhos em sua maioria são arrastados para a margem das estradas (valas). Esses blocos acabam servindo de obstáculo para o fluxo da água além de aumentar sua velocidade devido ao turbilhonamento promovido pelo choque do fluxo de água com estes blocos.

Ao longo das estradas principais são construídas áreas de contenção para dissipar energia e reter o material transportado pelo fluxo, mas o tempo de vida útil dessas áreas de contenção é muito pequeno em relação ao tempo que o poder público leva para reformá-los. De acordo com Rodrigues dos Santos *et. al.* (1988), existe a necessidade de se reduzir a velocidade e se dissipar a energia da água até uma sanga<sup>19</sup> (cursos d'água de primeira ordem) ou bueiro mais próximo, o que se faz com pequenas barragens de estacas e pedra, escadas ou caixas de dissipação. Quanto menor o espaço

---

<sup>19</sup> Sanga- Denominação regional para rio de primeira ordem ou nascente.

entre os dissipadores, mais eficiente será o sistema de retenção de água e sedimentos. O grande problema é avaliar o tempo de vida útil de uma área de dissipação de energia.

Durante um certo período o material transportado é acumulado nesta área de contenção, mas em um determinado tempo essas áreas de contenção excedem sua capacidade de armazenamento de sedimentos, potencializando as perdas de solo além de um aumento de sedimentos que vão se conectar com os corpos hídricos.

Através do monitoramento das descargas de sedimentos retidas na área de contenção, foi possível estimar a produção de sedimentos através da mensuração trimestral da retenção do material (Tabela 61)

Tabela 61- Média das mensurações trimestrais das áreas de contenção (C1, C2 e C3)

Datas de coleta	Área de contenção 1 (C1)		Área de contenção 2 (C2)		Área de contenção 3 (C3)		Média da perda das três áreas (kg/m <sup>2</sup> )
	Acúmulo de sedimentos em (m <sup>3</sup> )	Perda de solo (kg/m <sup>2</sup> )**	Acúmulo de sedimentos em (m <sup>3</sup> )	Perda de solo (kg/m <sup>2</sup> )	Acúmulo de sedimentos em (m <sup>3</sup> )	Perda de solo (kg/m <sup>2</sup> )	
15/01/08*	0,0	0,0	0,0	0,0	0,,0	0,0	0,0
28/708	1,2	2,6	1,2	2,7	1,1	2,9	2,7 (± 0,1)
15/10/08	1,3	2,8	1,3	3,2	1,4	3,4	3,2 (± 0,2)
20/1/09	1,5	3,6	1,2	2,7	1,3	3,4	3,2 (± 0,5)
10/4/09	1,4	3,3	1,8	4,0	1,2	3,2	3,5 (± 0,4)
15/7/09	1,2	2,6	2,0	5,3	1,6	3,5	3,8 (± 1,3)
10/11/09	1,9	4,5	2,5	5,6	2,2	4,6	4,9 (± 0,5)
10/2/10	2,0	4,8	2,8	7,5	2,0	5,3	5,9 (± 1,4)
Total	10,1	24,4	12,8	30,9	10,8	26,5	27,3(±2,1)

\* Início do monitoramento.

\*\* Perda de solo m<sup>2</sup>- foi estimada através do total de retenção associado a área de contribuição da cada área de contenção.

**Nota 1** - A densidade aparente foi realizada em diversas profundidades nos sedimentos retidos (3 repetições) e o valor médio encontrado foi de 1,15 g/cm<sup>3</sup>.

**Nota 2**- a cada mensuração o material retido na área de contenção era removido para avaliação apenas da deposição subsequente.

Org. Antoneli, V. (2010).

Por meio das mensurações ao longo de 24 meses, foi possível estimar uma média de acúmulo de material, levando em consideração a taxa de deposição de sedimentos nas áreas de contenção. A deposição de material nas áreas de contenção C1, C2 e C3 apresentaram uma certa homogeneidade, o que diferencia as taxas de deposição são as intensidades dos eventos, e a trafegabilidade.

Ao estimar a deposição média de solo nas três áreas de contenção, foram encontrados valores de 27,3 kg/m<sup>2</sup> ao longo do período monitorado (2 anos), se não



forem levados em consideração alguns fatores como a trafegabilidade, e a variação da pluviosidade ao longo do período de monitoramento teríamos uma média de perda de solo em torno de  $13,6 \text{ kg/m}^2/\text{ano}$ . Extrapolando estes valores para calcular a perda total de solo das estradas, estimaria-se um valor em torno de  $130,6 \text{ t/ha/ano}$ . Este valor está dentro da margem de erosão de estradas encontrado por Bley Jr. (2004), que é de 100 a  $200 \text{ ton/ha/ano}$  e, Antonangelo e Fenner (2005), que encontraram valores de  $130 \text{ ton/ha}$  em 10 meses de monitoramento em estradas florestais no estado de São Paulo.

Nos períodos de primavera e verão há uma intensificação nos eventos, não só em quantidades mas em intensidade, pois a bacia passa a sofrer influência das chuvas convectivas que se caracterizam por chuvas rápidas de intensidades maiores. Nos períodos de primavera e verão há também uma intensificação do tráfego de carroças de tração animal. Estes períodos coincidem com o início do cultivo da tabaco (primavera) e colheita (verão). Sendo que a maioria da produção do tabaco é escoada das lavouras até as estufas (locais de processamento das folhas para cura), através da utilização das carroças.

Quando as lavouras estão situadas próximas as estufas, o escoamento da produção é realizado através da utilização de uma caixa de madeira de  $1,5\text{m}^3$  chamadas “zorras” (Figura 60). Essas caixas da madeira são puxadas por animais (equinos) e, por não possuírem rodas, vão deslizando sobre o solo. Esse atrito, acaba promovendo uma desagregação e uma redução na granulometria do solo sob o leito das estradas.

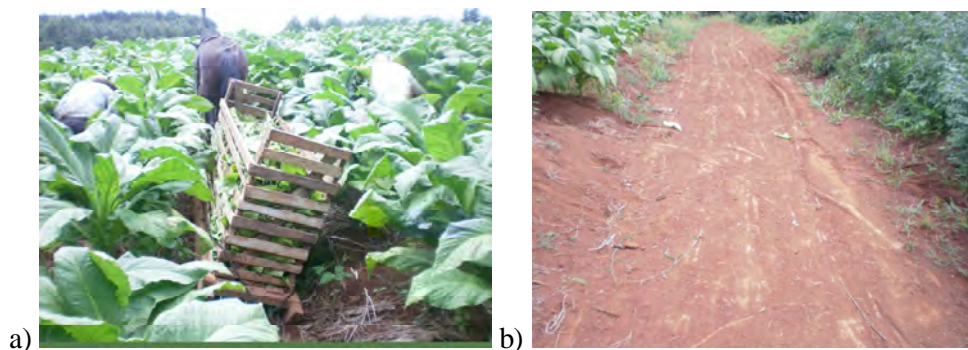


Figura 60- a) Utilização da “zorra” para a coleta das folhas maduras de tabaco para encaminhá-las à estufa para o processo de secagem; b) marcas deixadas no leito das estradas através do atrito da madeira da “zorra”.

Foto. Antonlei, V. (2010).

Ressalta-se, que estas zorras além de promover atrito no leito das estradas, acabam desestruturando o camalhão onde o tabaco é cultivado. O rastro deixado pelo

atrito da madeira com o solo, dá origem a micro caminhos preferenciais no solo, onde haverá uma concentração do fluxo que potencializará a remoção e transporte de material, tanto no leito das estradas, quanto nas entrelinhas do cultivo do tabaco. Destaca-se, que este atrito da madeira destas zorras com o solo, atua na redução da rugosidade superficial do solo, tanto no leito das estradas.

Ao longo de 24 meses (período de monitoramento da estrada), não foi realizada nenhuma adequação por parte do poder público. Portanto as condições de trafegabilidade ao término do monitoramento eram precárias. As caixas de contenção transbordaram, e o acúmulo de blocos de rochas nas margens (laterais), direcionam o fluxo de água para o leito da estrada, contribuindo para a formação de ravinas.

Na tentativa de evidenciar a formação dessas ravinas, foram construídos perfis topográficos transversais do leito das estradas considerando duas situações (início do monitoramento e término do monitoramento), sendo calculada uma média de rebaixamento em três locais da mensuração das seções transversais. (Figura 61)

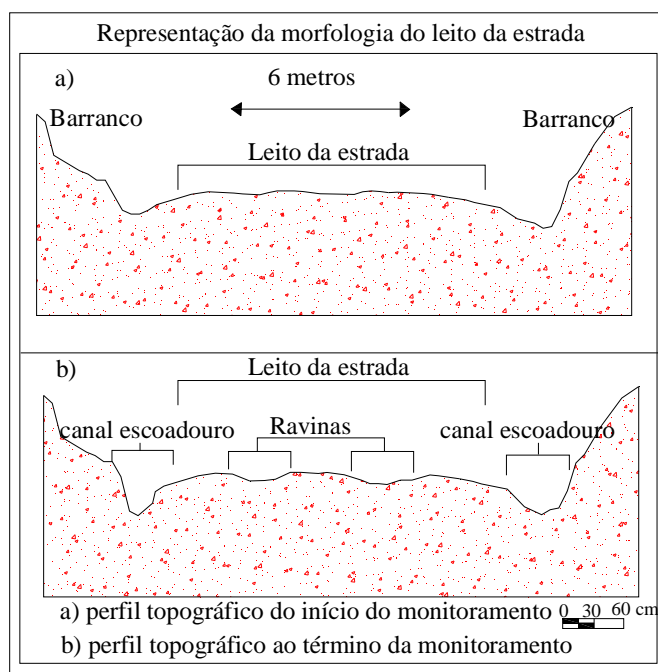


Figura 61 - Representação do perfil topográfico médio das estradas.  
Org. Antoneli, V. (2010).

Nota-se que, onde houve a formação de ravinas no leito da estrada, naqueles locais onde o trânsito é maior, ou seja, são os “trilhos” que se formam com o tráfego. Estas peculiaridades das estradas rurais devem ser analisadas por dois vieses. Primeiro,

há um fluxo considerável de maquinários agrícolas (tratores), e caminhões que promovem uma compactação maior devido ao seu peso.

Uma outra situação que deve ser levada em consideração é o fluxo intenso de carroças de tração animal, que são mais leves em relação as máquinas agrícolas, mas suas rodas são construídas por uma chapa de ferro de 8 cm de largura, as quais potencializam a compactação de solo no trilho, além de abrirem pequenos caminhos preferenciais devido o seu rastro. Esses rastros atuam como canais efêmeros por concentrarem a água do escoamento superficial do leito das estradas. A medida em que aumenta a declividade e comprimento da rampa, o fluxo se intensifica, promovendo uma taxa maior de remoção.

Quando ocorre a readequação das estradas, as motoniveladoras cortam uma camada fina de solo do leito das estradas em torno de 10 cm. Essa remobilização acaba preenchendo as ravinas existentes no próprio leito da estrada, mas esse material que preenche a ravina, é composto de uma pequena parcela de solo sendo o restante de material de granulometria maior (>8 mm). Este material inconsolidado dificulta a trafegabilidade, além de ser susceptível ao transporte durante os eventos, promovendo uma lavagem do leito da estrada, aumentando assim as taxas de remobilização do solo THOMAZ *et. al.* (2008).

Outra fonte de produção de sedimentos em uma estrada é a remoção de solo dos barrancos. Esses barrancos contribuem com sedimentos que incorporam diretamente no fluxo concentrado das margens.

Segundo Thomaz *et. al.* (2007), os barrancos expostos sofrem a ação de salpico e, especialmente, a constantes ciclos de umedecimento e ressecamento, causando contração do material. A expansão/contração provoca o colapso do material sob ação da gravidade. Ao longo de 800 metros de extensão da estrada, foram instalados 140 pinos. Para análise dos dados foram extraídas as médias de cada parcela (14 parcelas) por período de coleta. (Tabela 62)

Tabela 61- Estimativa de remoção/acúmulo de sedimentos nas parcelas de pinos de erosão.

Parcelas	Coleta 17/7/08 cm*	Coleta 10/1/09 cm	Coleta 15/7/09 cm	Coleta 16/2/10 cm	Total remoção de solo (cm)	Área da parcela (m <sup>2</sup> )	Perda de solo (kg/m <sup>2</sup> )
P1 (n=12)	1	0,6	0,9	1,3	1,5	2,5	1,8
P2 (n=12)	0,6	0,9	0,9	1,2	1,2	3	1,4
P3 (n=10)	1	0,5	0,3	0,3	1,5	1,4	1,8
P4 (n=10)	0,5	0,2	0,5	0,3	1,0	1,5	1,2
P5 (n=6)	0,2	0,2	0,2	0,3	0,9	1,0	1,1
P6 (n=10)	1,0	0,7	0,6	1,0	1,1	2,9	1,4
P7 (n=10)	-0,2	0,5	0,2	0,3	0,5	1,6	0,6
P8 (n=14)	1,0	1,2	0,8	1,2	1,4	3	1,7
P9 (n=14)	0,6	0,9	0,8	1,2	1,4	2,5	1,7
P10 (n=8)	0,2	0,4	0,6	0,4	1,1	1,4	1,4
P11(n=8)	0,4	0,4	0,6	0,4	1,1	1,6	1,4
P12(n=10)	0,4	1,1	1,1	1,4	1,3	3,2	1,5
P13 (n=8)	0,1	0,3	0,1	0,4	0,6	1,4	0,8
P14 (n=8)	0,2	0,2	0,0	0,3	0,6	1,1	0,8
Média	0,5	0,6	0,5	0,7	2,0	1,1	1,3

\* as parcelas de monitoramento foram implantadas em 25/01/2008, sendo que em 17/07/2008, foi realizada a primeira campanha de coleta.

**Nota 1-** a densidade aparente dos barrancos apresentaram uma média de 1,2 g/cm<sup>3</sup> (n = 8).

**Nota 2-** o número que se encontra à frente das parcelas (Pn<sup>o</sup>), referem-se ao número de pinos existentes nas referidas parcelas.

Org. Antoneli, V. (2010).

Algumas parcelas se portaram de maneira distinta em determinadas coletas, apresentando valores muito baixo como é o caso da parcela P7, com uma média de rebaixamento de 0,5 cm (em torno de 0,6 kg/m<sup>2</sup>) e até valores negativos como é o caso da parcela “P7” na coleta de 17/01/2008 que apresentou uma média de 0,2 cm de acúmulo de solo na parcela (0,6 kg/m<sup>2</sup> de acúmulo de solo). O baixo percentual de remoção deve-se as características da parcela em relação ao grau de exposição do solo do barranco, e a estrutura do próprio barranco, além da declividade. Conclui-se que barrancos com declividades inferiores a 60% acabam formando locais de acúmulo de solo na parte inferior, próximo ao fluxo concentrado de água (valas).

Este acúmulo se forma devido a vegetação que se adapta neste local e atua com fator de contenção dos sedimentos que se desprendem da parte superior do barranco. Outro fator que atua na contenção destes sedimentos são os blocos de rochas que são empurrados e empilhados nas margens das estradas quando é realizada a adição de uma camada de cascalho (folhelho) para melhoramento na trafegabilidade.

Durante os meses de verão há um aumento da cobertura vegetal devido à regeneração da vegetação (gramíneas). Nos meses de inverno, algumas espécies de vegetais que são susceptíveis ao frio, contribuem para uma camada morta que impede a ação das gotas da água da chuva. Outro fator que deve ser levado em consideração é em relação ao período em que são realizadas readequações nestas estradas. Geralmente é removida a vegetação dos barrancos e isso implica em uma maior remobilização de solo devido a maior exposição aos efeitos pluvioerosivos.

A declividade dos barrancos também são condicionantes importantes na avaliação das taxas de perda de solo. Foi constatado que quanto menor a declividade, maior o grau de regeneração de vegetação nos barrancos, o que implica na redução das perdas de solo.

Foram correlacionadas as declividades e a altura dos barrancos com as perdas de solos ao longo do período monitorado. Na tentativa de evidenciar possíveis influências destas variáveis nas perdas de solo (Figura 62).

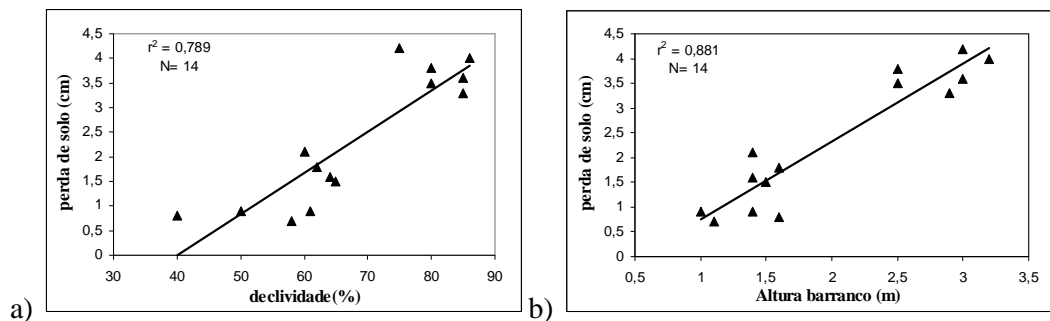


Figura 62- Correlação entre as características dos barrancos com a perda de solo.

a) correlação entre a declividade do barranco e a perda de solo

b) correlação entre altura do barranco e a perda de solo.

**Nota-** o número 14, refere-se as quatorze parcelas.

Org. Antoneli, V. (2010).

Por meio da figura 62, verifica-se que a declividade e a altura exercem influência significativa nas perdas de solo dos barrancos. Nota-se que há uma alta correlação entre a declividade e a perda de solo ( $r^2=0,789$ ), a declividade influencia cerca de 78,9% nos totais de remoção de solo dos barrancos. Significa portanto, que quanto maior for o percentual de declividade do barranco, maior será a remoção, pois praticamente todo o solo removido ao longo do barranco irá se conectar com a drenagem na lateral da estrada.

Há também uma alta correlação entre a altura do barranco com as perdas de solo ( $r^2=0,881$ ). Neste caso, quanto mais alto o barranco, maior é a influência nas perdas de

solo. Foi observado em campo que o material que desagrega das partes mais altas dos barrancos acaba influenciando na remoção das partes inferiores.

Verificou-se na figura 61, que as maiores perdas de solo condizem com as maiores declividade condizendo também com as maiores alturas dos barrancos.

Para evidenciar a remoção nos três setores dos barrancos (parte superior média e inferior), foram identificados os percentuais de remoção/acúmulo dos pinos que compõem tais setores. Vale ressaltar que para identificação dos três setores, foram levados em consideração a altura do barranco (Figura 63)

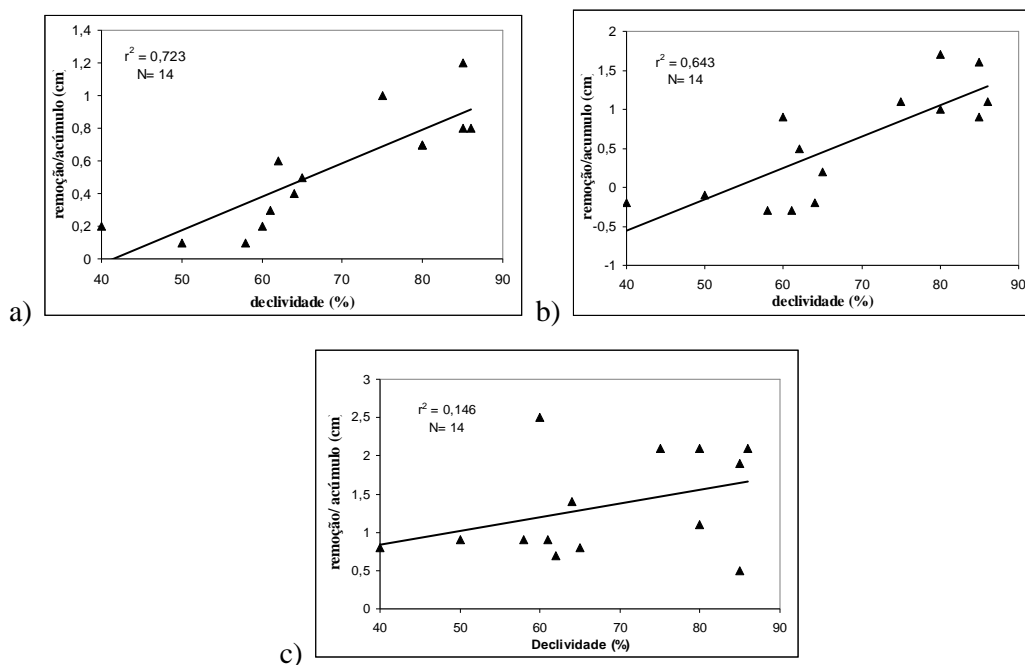


Figura 63- Relação entre declividade média com a perda de solo nos três setores do barranco.

- a) correlação entre a declividade e a perda de solo da parte superior do barranco
- b) correlação entre a declividade e a perda de solo da parte média do barranco
- c) correlação entre a declividade e a perda de solo da parte inferior do barranco

**Nota-** o número 14, refere-se as quatorze parcelas.

Org. Antoneli, V. (2010).

Por meio da figura 63, nota-se, que há uma alta correlação entre a declividade e perda de solo na parte superior do barranco ( $r^2=0,723$ ). Foi verificado no campo que a remoção de solo da parte superior acaba sendo influenciada também pelo ciclo de expansão e contração do solo (umedecimento e ressecamento). Este processo promove uma desagregação maior no início do período de maior umidade. Com a contração do material, abrem-se fendas na parte superior do barranco, no início do umedecimento, a água acaba adentrando nestas fendas desestruturando-as, promovendo assim um

desmoronamento. Além disso, o ressecamento do solo, contribui para a desagregação das partículas através do efeito *splash*.

Há também a influência do sistema radicular das gramíneas que contribuem na estabilidade da parte superior do barranco. Quando o solo está exposto aos efeitos de remoção e contração, as raízes atuam na contenção da desagregação. Mas nos locais onde as gramíneas não atuam acaba ocorrendo um “solapamento.” Quando este solapamento toma dimensões maiores e as gramíneas não conseguem mais reter este solo, ocorre o desmoronamento da superfície do barranco. Este processo desencadeia uma série de questões nas partes inferiores dos barrancos e até mesmo na obstrução do fluxo de água nas margens das estradas. Esta obstrução direciona o fluxo de água e sedimentos para o leito das estradas, potencializando o poder de desagregação do material de leito, contribuindo para o surgimento das ravinas.

Na parte média (setor médio) do barranco, os dados de correlação apresentaram uma redução na correlação entre a declividade e a produção de sedimentos, o valor encontrado foi de  $r^2=0,643$ , ou seja cerca de 64% das perdas de solo nesta parte do barranco é influenciada pela declividade. Ao longo do monitoramento, foram identificadas algumas micro ravinas (saliência com fluxo convergente), possibilitando uma concentração de água que escoar do barranco.

Outro fator atrelado a redução da correlação, quando comparada com a parte superior do barranco é a vegetação que se regenera atuando com fator controlador da remoção e transporte de material. O setor intermediário do barranco sofre maior influência da erosão por salpico, por esta parte estar mais exposta. Principalmente barrancos com declividades inferiores a 50% de declividade. Foi constatado que declividades próximas de 90%, o efeito *splash* atua apenas nas partes inferiores do barranco (exceto em locais onde há vegetação).

Foi estimada a correlação entre a declividade e a taxa de remoção/acúmulo de material na parte inferior do barranco, com valor e ( $r^2=0,146$ ), nota-se que há uma correlação muito baixa entre a declividade e a taxa de remoção de solo na parte inferior do barranco. Esta baixa correlação pode estar associada à dinâmica de erosão e deposição do material nesta parte do barranco. O material que desagrega das partes superiores do barranco, acabam sendo depositados (retidos) pela vegetação que se regenera neste local, ou por blocos de rochas que são depositadas nas margens das estradas reduzindo as perdas de solo. Esta questão é evidenciada por Albaladejo *et al.* (2000) em experimento na Estação Experimental do Cabril Espanha, aplicando USLE

para mensurar as perdas de solo de taludes rodoviários com introdução de substâncias húmicas e hidrossemeadura a perda de solo foi 0,09 e 0,03 t/ha/ano respectivamente.

O acúmulo de material na parte inferior do barranco propicia regeneração de algumas espécies de gramíneas que se tornam locais de contenção de solo desagregado das partes superiores do barranco. Mas quando há um evento chuvoso considerado aqui um volume excepcional (>100 mm), o fluxo das margens acaba removendo a base desse local de acúmulo de sedimentos (solapamento), desestabilizando este banco de sedimentos, contribuindo para o desmoronamento do próprio barranco. Neste processo inicia-se um novo ciclo de acúmulo de material e regeneração subsequente.

Outro fator que deve ser levado em consideração é o direcionamento do barranco. Constatou-se que barrancos com a “face” voltada para o leste, apresentam uma menor remoção em torno de 15% em média. Já os barrancos voltados para a face oeste apresentam um percentual maior de remoção. Esta variação pode ser atribuída a intensificação dos raios solares que atuam com maior intensidade nos barrancos de face oeste e principalmente pela maior intensidade do impacto das gotas de água da chuva. Vale ressaltar, que não foram monitorados barrancos de faces norte e sul.

#### **6.8- Conexão entre entrada e canal fluvial**

As estradas que margeiam as áreas agrícolas juntamente com aquelas que cortam as áreas agricultáveis são reconstruídas a cada safra, pois é comum na área de estudo o agricultor revolver o solo sob as estradas e, na época do plantio construí-las novamente.

Este processo, acaba liberando um percentual maior de solo para o transporte, principalmente daquelas estradas abertas em áreas sob o domínio da fumicultura, onde os camalhões são construídos com um certo grau de declive para que não haja acúmulo de água nas entrelinhas. O escoamento das entrelinhas contribui para o aumento do fluxo laminar das estradas que margeiam a área agrícola, que, por conseguinte, irão se conectar com outras estradas secundárias, que por sua vez vão transferir o sedimento para os corpos hídricos.

Em alguns casos as estradas que margeiam as áreas agrícolas se conectam diretamente com os corpos hídricos. Já outras se conectam com outras estradas maiores (secundárias) que por sua vez irão se conectar com os corpos hídricos. Esta conectividade entre estradas menores (estradas marginais em áreas agrícolas e estradas sob o cultivo), promovem um aumento no fluxo que, por conseguinte promove um aumento no poder de desagregação e transporte de material. Este aumento no fluxo



concentrado nas margens (laterais das estradas), auxilia no poder de desagregação dos materiais, principalmente se o fluxo se chocar com algum obstáculo nas laterais das estradas. Este choque contribui para o aumento da turbulência deste fluxo, o que acarreta um percentual maior de remoção de solo.

Como as estradas acabam se conectando com os canais fluviais, elas servem portanto, como importantes conectoras entre os sedimentos liberados pelas vertentes com os corpos hídricos. Vale ressaltar que não há estradas que se conectam com o rio a montante do ponto de coleta, portanto, a água que se conectou com o rio a montante, era proveniente de outros tipos de uso que margeiam a rede de drenagem, como mata secundária e pastagem, onde o percentual de transporte de sedimentos é menor em relação às áreas agricultáveis.

Na sequência, foram apresentadas as variações de concentração de sedimentos entre a montante jusante estrada (Tabela 63).

Tabela 63- Totais de concentração de sedimentos à montante, jusante e nas estradas.

Eventos chuvosos	Montante da conexão estrada -rio			Jusante da conexão estrada -rio			estradas			contribuição sedimentos das estradas (%)	Chuva (mm)
	Concentração sedimentos em (g/L)	Vazão em (m <sup>3</sup> /s)	Total de Sedimentos em (kg/s)	Concentração sedimentos (g/L)	Vazão m <sup>3</sup> /s	Total de Sedimento (kg/s)	Concentração Sedimentos (g/L)	Vazão m <sup>3</sup> /s	Total sedimentos (kg/s)		
9/09/08	1,3	2,9	3,7	1,4	3,3	4,6	3,8	0,2	0,9	19,6	70
4/10/08	0,8	3,5	3,0	1,5	3,5	5,3	2,9	0,8	2,3	43,4	90
5/12/08	0,8	2,2	1,9	1,1	2,5	2,9	1,8	0,6	1	34,5	42
26/02/09	0,8	1,1	0,9	0,9	1,1	1,0	0,9	0,1	0,1	10,0	65
2/04/09	0,2	0,9	0,2	0,6	0,9	0,6	1	0,4	0,4	66,7	38
9/05/09	0,1	0,8	0,3	0,7	0,8	0,6	0,8	0,4	0,3	50,0	31
22/06/09	0,5	1,6	0,9	0,6	1,1	0,6	0,6	0,2	0,1	10,0	54
22/07/09	0,3	1,9	0,5	1,5	2,5	3,9	2,3	1,5	3,4	87,2	100
27/08/09	0,2	1,1	0,2	0,2	0,9	0,2	0,6	0,01	0,01	0,01	30
18/09/09	0,2	0,8	0,1	0,2	0,8	0,2	1,3	0,1	0,1	50,0	50
19/10/09	0,1	0,5	0,1	0,3	0,7	0,2	0,9	0,1	0,1	50,0	35
28/11/09	2,5	4,2	10,7	3,6	4,3	15,7	17,2	0,3	5	31,8	102
24/12/09	0,6	3,1	2,0	1,3	3,2	4,1	1	2,1	2,1	51,2	75
Desvio P	0,6	1,2	2,9	0,9	1,2	4,2	4,4	0,3	1,3	31,0	0,6

Org. Antoneli ,V. (2010).

Por meio da tabela 63, nota-se que as estradas atuam como vias de conexão entre os sedimentos das vertentes próximas as estradas com a rede de drenagem. Grande parte dos sedimentos que são transportados pelos rios são fornecidos pelas estradas. Verificou-se também que na maioria dos casos as chuvas inferiores a 40 mm, a estrada apresentou maior percentual de contribuição de sedimentos, já alguns eventos chuvosos acima de 80 mm, houve uma redução da contribuição das estradas. Cabe ressaltar que esta questão não é uma regra geral, pois tem que ser levado em consideração a intensidade da precipitação, as condições das estradas, e as chuvas antecedentes.

Foi observado que em precipitações de menor volume, que não promovem aumento considerável da vazão, as estradas contribuem com um percentual maior de sedimentos. Se não há aumento considerável na vazão, o fluxo não consegue colocar em movimento alguns bancos de sedimentos que existem no leito do rio. Sem o aumento significativo da vazão, a remoção das margens também são reduzidas (Figura 64)



Figura 64- conexão de sedimentos oriundo das estradas com o canal fluvial.

**Nota** - a conexão dos sedimentos das estradas com o rio está na margem esquerda.

Foto. Antoneli, V. (2010).

Por meio da figura 63, percebe-se que há um banco de sedimentos na margem esquerda do rio, que só será colocado em movimentos com o aumento da vazão.

Vale ressaltar que o aumento da vazão, não acontece apenas pela conexão da água das estradas e sim pela liberação de água dos diferentes tipos de uso que estão ao entorno do rio, além da contribuição do lençol freático.

A periodicidade da trafegabilidade também é um fator importante na liberação de sedimentos para os corpos hídricos. Por se tratar de estradas rurais, onde a fomicultura “dita” o ritmo das atividades na bacia, nota-se que em períodos de entre

safra há uma redução no tráfego de carroças de tração animal, que podem influenciar na dinâmica de perda de solo.

Foi observado também que nas margens das estradas (locais de concentração do fluxo), existem blocos de rochas que foram colocados juntamente com o cascalho para melhoria da própria trafegabilidade. Estes blocos auxiliam na formação de um turbilhonamento do fluxo, que potencializa a remoção das margens do barranco, propiciando um solopamento do barranco que, em alguns casos culmina com o deslizamento do barranco.

Portanto as estradas, são importantes vias de ligação dos sedimentos das vertentes com os canais fluviais, principalmente quando estas estradas “cortam” áreas de diferentes tipos de uso do solo, pois cada tipo de uso contribui de forma diferenciada com as perdas de solo e água.

## CAPÍTULO VII

### 7.1- SISTEMATIZAÇÃO DOS DADOS

Quando analisada a dinâmica de uso e ocupação da bacia do Arroio Boa Vista em três períodos distintos (1981,2003 e 2009), nota-se a fragmentação das propriedades que constituíam o Sistema de Faxinal, inicia-se quando a fumicultura passa a ser uma forma de geração de renda em pequenas propriedades, com um lucro maior que as outras atividades tanto agrícolas (roça de coivara), quanto a criação de animais (criadouro comunitário).

Esta atividade agrícola, passou a ser predominante na área, devido a alguns fatores tanto de ordem social quanto de ordem ambiental. A inserção da fumicultura, aos poucos foi promovendo um novo arranjo na estrutura agrária na bacia culminando com uma nova estrutura paisagística, onde a própria fumicultura passa a “ditar” as regras da dinâmica agrícola da bacia.

Ao analisar a perda de água e solo de cada tipo de uso da bacia do Arroio Boa Vista, percebeu-se que algumas variações tanto físicas (climáticas e morfopedológicas), quanto nas características do manejo do uso do solo ao longo do ano, contribuem de forma diferenciada para a liberação de material.

As condições climáticas da região apresentam uma certa regularidade nas distribuições das chuvas, com temperaturas amenas e ocorrência de geadas no período de inverno. Estas características, não só influenciam os processos de desenvolvimento do solo, como potencializam a dinâmica do uso e ocupação da bacia.

No verão a bacia está sujeita a ocorrência de chuvas convectivas que se caracterizam como chuvas de intensidades maiores em menor espaço de tempo. Estas chuvas coincidem com os períodos em que nas áreas agricultáveis estão sendo desenvolvidas as atividades agrícolas. A distribuição das chuvas ao longo do período de monitoramento, apresentou um número maior de eventos na primavera com 33,1%, sendo que boa parte destas precipitações, cerca de 14,5% ocorreram com volume entre 41 a 60 mm. Analisando-se o número de chuvas desta classe ao longo do período, conclui-se que 50% ocorreram na primavera.

Quando relacionada esta questão com o calendário agrícola, conclui-se que o períodos de maior número de chuvas (primavera e verão), incidem com o período de cultivo do tabaco, o que pode potencializar as perdas de solo na fumicultura, principalmente por ser nesta época do ano que o solo das áreas de fumicultura são constantemente revolvidos.

Como já se afirmou anteriormente, tais áreas agrícolas em sua maioria são destinadas a fumicultura com o sistema de camalhões ou murundus. Estes são construídos com certa declividade para que água possa ser escoada da própria lavoura. Este procedimento acelera o escoamento superficial, com efeito, não apenas local, onde ocorrer o escoamento, mas em toda a dinâmica erosiva da bacia. Os materiais sólidos oriundos deste processo conectam-se com os carregadores rurais construídos nos limites das áreas de lavoura e estes as estradas, ou diretamente nos corpos hídricos. O sistema como um todo potencializa as conexões entre as perdas de solos das vertentes com o assoreamento dos corpos hídricos.

Por haver uma maior concentração de pequenas propriedades e boa parte delas estar localizada em solos mais rasos e encostas mais íngremes, o uso do solo é organizado acompanhando a dinâmica produtiva dessas propriedades. Assim as propriedades com áreas maiores de 15 ha, nota-se que já há um planejamento, mesmo que insipiente. As áreas de menor declividade são utilizadas para agricultura e aquelas com algumas restrições de uso são utilizadas para reflorestamento de eucalipto, pastagens erva mate e mata nativa.

Essas peculiaridades permitem que os mesmos tipos de uso do solo sejam responsáveis por diferentes perdas do mesmo, pois sofrem pressões diferentes na forma de manejo e ocupação. Na seqüência serão apresentadas algumas conclusões a respeito das perdas de solo nos diferentes tipos de uso do solo, sendo levado em consideração alguns fatores que contribuem com tais perdas.

**Faxinal** - As áreas de Faxinal do Arroio Boa Vista, apesar de não pertencerem mais ao antigo sistema de Faxinal com criadouro comunitário, acabaram sendo consideradas como áreas de Faxinal devido às características da vegetação. Vale ressaltar que as áreas de Faxinal apresentam pastagem natural entremeada por capões de matas ralas, variações estas que caracterizam a vegetação dos faxinais e promovem diferentes perdas de água e solo.

No ano de 2008 as perdas de água nas áreas com pastagem natural foram de 2,8%, e no ano de 2009 de 2,5%, com uma média de 2,65% de perda. Enquanto que a perda de água nas áreas com vegetação foram de 1,6% no ano de 2008 e 1,0% no ano de 2009, com uma média de 1,3% de perda. Portanto, de forma geral as perdas de água nas áreas de Faxinais foram de 1,9%. Esta variação nas perdas de água é atribuída a influência da vegetação na dinâmica hídrica. As árvores exercem papel importante na redução do impacto das gotas da água da chuva, e na distribuição da própria água no

interior da floresta, fazendo com que haja uma baixa correlação entre a precipitação, a perda de água e a perda de solos.

Com relação às perdas de solos nas áreas de Faxinal o valor médio das áreas de pastagem natural foi de 0,236 t/ha em 2008 e 0,169 t/ha em 2009, uma perda média em torno de 0,202 t/ha. Já as áreas com capões de mata as perdas foram menores, sendo uma perda de 0,060 t/ha em 2008 e 0,047 t/ha em 2009. Destaca-se que estes valores foram obtidos em um Cambissolo em uma declividade média de 6,0%.

Portanto, a perda média de sedimentos estimada ao longo do ano de 2008 foi de 0,166 t/ha/ano e em 2009 de 0,122 t/ha/ano. Portanto se estimada uma média de perda de solos ao longo do período de 24 meses, tem-se um valor em torno de 0,144 t/ha/ano.

Vale ressaltar que a exposição do solo no inverno é maior em relação aos outros períodos, por haver uma redução de gramíneas. Redução esta que pode ser atribuída as condições climáticas com a presença de geadas, bem como a pressão exercida pelos animais, pois na área de Faxinal não há rodízio de pastagens. A redução das gramíneas acaba produzindo algumas manchas de exposição do solo, fator este que potencializa a produção de sedimentos.

A maior perda do outono, condiz com o período calendário agrícola de poucas atividades para os animais (equinos). Este período é chamado de “período de folga” de entre safra, havendo uma redução nas atividades agrícolas da bacia, isso faz com que os animais permaneçam mais tempo nas áreas de Faxinais (piquetes) exercendo maior pressão nas perdas de água e solo.

**Mata de Araucária** - As áreas ocupadas pela mata de araucária na bacia também servem como piquetes de animais, o que implica em alguns distúrbios no processo pluvioerosivos, pois depende do número de animais, tamanho da área, características internas da vegetação e período do ano. Estes condicionantes atuam na variação das perdas de água e solo.

A perda média de água no ano de 2008 foi de 1,4% escoamento, e no ano de 2009 esta perda foi de 1,5 % de escoamento, ou seja, ao longo do período a perda média foi de 1,45% , ou seja, o valor médio de perda muito próximo daquele encontrado nas áreas de vegetação do Faxinal.

Quando agrupados os valores de perda de água sazonal e correlacionado com a precipitação, foi possível concluir que apesar do volume da precipitação influenciar o escoamento superficial, outros fatores contribuem com o escoamento superficial. Cita-

se como exemplo o outono, onde há uma redução no volume médio de precipitação e, no entanto, o escoamento superficial foi maior em relação aos demais períodos. Ressalta-se que neste período há uma maior pressão dos animais neste tipo de uso do solo, por servir como área de piquete dos animais.

Estas variações nas perdas de água implicam de forma significativa nas perdas de solo nas áreas de Mata de Araucária da bacia que no ano de 2008 foi de 0,169 t/ha e no ano de 2009 foi de 0,144 t/ha, com uma média de perda ao longo do período de monitoramento foi de 0,152 t/ha/ano. Como a Mata de Araucária onde foi desenvolvido o monitoramento, pode ser considerado um sistema agrosilvapsotoril, por haver consorciamento entre vegetação e criação de animais, nota-se que o valor foi muito próximo daquele encontrado no Faxinal. Ressalta-se que estes valores foram encontrados em um Cambissolo com uma declividade média em torno de 8,3%.

Algumas formas de manejo da área de Faxinal potencializaram as perdas como, por exemplo, a roçada das herbáceas que é realizada em alguns casos, a fim de que as pastagens naturais aumentem seu vigor, implicando com isto em uma maior exposição do solo. Geralmente estas roçadas são realizadas no período de outono e/ou inverno, considerados períodos de “folga” pelos agricultores da região. Haja visto também, que este período de folga condiz com o período de maior pressão dos animais nessas áreas, devido à redução das atividades agrícolas.

A serrapilheira, formada por acículas, auxiliam na retenção de água e solo, no entanto, em período de produção de frutos da araucária (pinhão), há uma pressão maior dos animais por estes frutos servirem de alimento. Esta pressão acaba por compactar o solo e diminuir a camada da serrapilheira, potencializando as perdas de água e solo. Essas variações na exposição do solo e na pressão dos animais ao longo do ano, influenciam nas correlações existentes entre a precipitação, o escoamento superficial e a perda de solo.

**Mata Secundária** - A Mata Secundária, também serve de piquete para a criação de animais de forma extensiva. Esta característica influencia de forma significativa às perdas de água e solo nestas áreas.

A diferença é que na mata secundária são poucas as áreas de clareiras de pastagens, por isso os animais se deslocam por toda a extensão da área, porém ocorrem fluxos concentrados de água nos caminhos preferenciais dos animais.

Por outro lado, a movimentação maior dos animais proporciona maior compactação do solo pelo pisoteio, além do que contribui para o fracionamento da



serrapilheira, que é transportada com maior facilidade. Quando relacionados os valores de resistência do solo a penetração entre a mata de secundária e o Faxinal, nota-se que nas profundidades entre 0 e 10cm praticamente não há diferenciação, já nas profundidades entre 10 e 25 cm, há um aumento de resistência na área da Mata Secundária em torno de 36%, o que implica na redução da infiltração da água no solo.

Observando-se que em chuvas de menor volume, as perdas de água e solos não são significativas, na floresta e principalmente pela ação da serrapilheira que armazena boa parte da água que atravessa a floresta. Já as chuvas com maior volume, promoveram perdas maiores de água e solo nos carreadores formados pelo pisoteio dos animais, fracionam a serrapilheira e tornam-se mais susceptível ao transporte.

Estas características influenciam de forma significativa as perdas de água e solo que no ano de 2008, foram de 1,7% e, no ano de 2009, foram de 2,0%, com uma média de perda de 1,8% para a água. Foi constatado que devido à redução das pastagens, os animais acabam se alimentando de algumas folhas e frutos, isso implica em uma maior concentração de animais debaixo destas árvores frutíferas promovendo uma maior compactação do solo e uma redução considerável da serrapilheira, aumentando a perda de água e a perda de solo.

Portanto, a perda de solos na Mata Secundária em um Latossolo com declividade média de 6,7% no ano de 2008 foi de 0,130 t/ha e 0,197 t/ha em 2009, com uma média anual de 0,163 t/ha. Dentre as parcelas monitoradas, a parcela P3, apresentou uma maior variação de perda neste período. Em 2008, esta parcela não sofreu influência do pisoteio por não ser local de trânsito de animais. Já em 2009, os animais construíram um caminho preferencial na parte superior da parcela passando a canalizar o fluxo de água e solos. Esta questão fica evidente quando comparadas às perdas de solo no dois períodos já que no ano de 2008 a perda desta parcela foi de 0,142 t/ha e no ano de 2009 a perda foi de 0,223 t/ha, portanto, com um aumento em torno de 57%. Cabe ressaltar que o maior volume da precipitação no inverno e na primavera de 2009 potencializaram as perdas de solo.

**Reflorestamento de Eucalipto** - O plantio de eucalipto para utilização na cura do tabaco comporta-se de modo semelhante a mesma dinâmica do uso das demais áreas florestadas. Após o terceiro ou o quarto ano de plantio essas áreas tornam-se locais de criação de animais, mesmo que não haja pastagens naturais suficientes. Estes fatores acabam proporcionando diferentes respostas nas perdas de água e solo.

Outra questão que deve ser levada em consideração são as formas de manejo das áreas de reflorestamento. Para o plantio do eucalipto, as covas são abertas e ao redor delas faz-se à capina, chamada de coroamento, para eliminação das plantas invasoras. Esta forma de manejo é realizada desde o plantio até os dois anos de idade. Esta questão pode ser evidenciada quando comparadas às perdas entre os dois períodos de monitoramento das parcelas P4 e P5, que apresentaram uma redução no ano de 2009 em relação ao ano anterior, na Parcela P4, houve uma redução de 268,4% e na Parcela P5 uma redução de 191,3%.

Vale ressaltar que em 2008, nestas duas parcelas havia sido efetuado o coroamento e no ano de 2009, esta forma de manejo foi substituída pelo uso de herbicida para fazer a limpeza.

A perda média de água nas áreas de Reflorestamento de Eucalipto em um Latossolo com declividade média em torno 10,1%, foi de 4,3% no ano de 2008 e 2,6 no ano de 2009, com uma média de perda de água em torno de 3,4%. Já as perdas de solo foram de 1,41 t/ha em 2008 e 1,14 t/ha em 2009. Quando analisados os índices de precipitação e sua implicação nas estimativas de perda de solo nos anos de 2008 e 2009, conclui-se que a precipitação em 2009 foi 17,2% maior que a do ano anterior. Por outro lado, as perdas de solo do referido ano mostraram uma redução em torno de 23,6%, em relação ao ano de 2008. Esta redução pode ser atribuída ao manejo do eucalipto e a pressão exercida pelos animais nestas áreas.

Outro fator que influenciou as perdas de água e solo foram as variações na exposição do solo ao longo do ano, sendo que este tipo de uso foi o que apresentou maior exposição do solo dentre os tipos de usos destinados aos piquetes. Este aumento, pode ser atribuído a falta de áreas com pastagens naturais, implicando em uma maior movimentação dos animais. Esta questão pode ser comprovado, quando analisados os dados de compactação do solo, onde o reflorestamento de eucalipto, apresentou maior compactação do solo na camada superficial (0,42 MPa) dentre as áreas de piquetes.

**Erva mate** - O cultivo da erva mate é uma alternativa de renda para os agricultores, apesar de não ser uma cultura anual, pois a colheita é realizada a cada três ou quatro anos. A periodicidade da colheita é fator limitante para o desenvolvimento da cultura nas pequenas propriedades, neste caso as áreas destinadas ao cultivo da erva mate são aquelas que praticamente não são utilizadas para outros fins. Geralmente o cultivo da erva mate é desenvolvido por agricultores que possuem propriedades maiores de terras e que não utilizam toda a propriedade para cultivo e criação de animais.

A periodicidade do corte raso, (colheita da erva mate), implica em alternâncias de perdas de solo e água, devido à variação na exposição do solo e manejo da limpeza da área.

Logo após a colheita, faz-se o coroamento dos pés de erva mata, expondo o solo aos efeitos erosivos. Ervais mais velhos, próximos da colheita, tendem a interceptar mais água, além de apresentar uma camada mais espessa de serrapilheira, influenciando nos índices de perda de água e perda de solo. Já aquelas áreas recém cultivadas ou recém colhidas, poda rasa, contribuem para a maior exposição do solo, além dos índices de interceptação serem menores em relação aos ervais mais velhos.

Estas características influenciam as perdas de água e solo. A média de perda de água em 2008 foi de 2,3%, enquanto que no ano de 2009 a média foi de 1,6%, sendo que a média de perda de água no período foi de 1,95%. Esta variação deve-se ao porte dos ervais e da forma de manejo no ano de 2008. Vale ressaltar, que nas parcelas P1, P2 e P3, foi efetuado o coroamento ao redor dos pés após a colheita em 2008, já nas parcelas P4 e P5 as plantas invasoras foram eliminadas com aplicação de herbicidas sem coroamento. No ano de 2009, o coroamento também não foi efetuado devido ao porte das árvores de erva mate. Destaca-se também que as parcelas P1,P2 e P3 foram instaladas em um Cambissolo a uma declividade média em torno de 8,3%. Já as parcelas P4 e P5, foram instaladas em um Latossolo com 6,7% de declividade. Portanto as variações de perda de água e solo, também sofrem influência desses condicionantes.

Esta variação na forma de manejo contribuiu para as perdas de solos, que no ano de 2008 foram em torno de 0,520 t/ha e, no ano de 2009, de 0,15 t/ha, portanto uma redução de 291%. Apesar das especificidades, a perda média de solo ao longo do período foi de 0,336 t/ha. Cabe considerar, que todas as parcelas no ano de 2009 se encontravam no último estágio de crescimento, (terceiro ano de crescimento) e seriam colhidas no ano seguinte (2010). Neste estágio de crescimento os galhos se entrelaçam nas entrelinhas reduzindo a exposição do solo, além do acúmulo de restos vegetais dessecados pelos herbicidas e pelos próprios restos dos galhos deixados nas entrelinhas após a colheita que contribuem para a redução da exposição do solo.

**Pastagem** – Pelo fato da bacia em estudo ser constituída, em sua maioria, de pequenas propriedades, as áreas de pastagens são pequenas glebas de terra destinadas à criação de animais (equinos e bovinos) de forma extensiva. Existe certa sazonalidade na intensificação dos animais nestas áreas, principalmente pela utilização dos equinos nas

atividades agrícolas durante o cultivo do tabaco que contribuem para as perdas de água e solo.

O escoamento médio em 2008, foi de 4,1%, já no ano de 2009 foi de 4,4%, com uma média de 4,25% para o período monitorado. Foi observado que as maiores precipitações acumuladas durante os períodos não condizem com as maiores perdas de água. Este fato pode ser explicado pelas características das chuvas, características das pastagens e principalmente pela intensidade do pastoreio em determinados períodos. Estas características implicaram nas perdas de solo que ao longo do período apresentaram uma média de 1,0 t/ha, variando de 1,10 t/ha em 2008 e 0,90 t/ha, em 2009.

No período de monitoramento, foi realizado um rodízio de pastagens no início do mês de julho de 2008. Os bovinos foram remanejados para outra área de pastagem, ficando apenas os equinos que eram utilizados nas atividades diárias da lavoura. Houve uma redução de 1,8 UA/ha para 0,6 UA/ha com todos os animais. Esta diminuição promoveu uma redução nas perdas de água e solo. Já o período em que se intensificou o uso, sem rotação de pastagem, foi responsável por 72,3% da produção total de perdas no ano de 2008. A intensificação de uso potencializa as perdas de solo devido à redução da própria pastagem e o aumento da compactação provocada pelo pisoteio que apresentou o maior valor dentre os tipos de uso, desde a camada superficial até 25 cm de profundidade.

**Fumicultura** – A Fumicultura é uma atividade características das pequenas propriedades, por propiciar a geração de renda significativa em pequenas áreas de 2,5ha em média. Na bacia em análise, as pequenas propriedades, em sua maioria apresentam áreas com algumas restrições morfopedológicas que são utilizadas para o cultivo do tabaco.

Para analisar as perdas de água e solo no cultivo do tabaco, foi necessário monitorar os períodos de safra e entre safra, por haver diferentes dinâmicas no revolvimento e na sua exposição do solo. Estas alternâncias na forma do uso da terra, são responsáveis por diferentes perdas de água e solo ao longo do ano.

Outro condicionante das perdas de água e solo é a forma de manejo, visto que é realizado em diferentes sistemas como Sistema de Plantio Convencional (SPC), o Sistema de Plantio Direto Sem Camalhão (SPDSC) e o Sistema de Plantio Direto Com Camalhão (SPDCC). Cada uma dessas formas de manejo produz diferentes respostas erosivas.

O Sistema de Plantio Convencional (SPC), apresentou uma perda de água entre as três safras monitoradas de 16,3%. A perda de solo neste sistema foi considerável com uma média em torno de 51,6 t/ha/safra. Esta perda refere-se apenas durante o cultivo (setembro a março). Já na entre safra as perdas médias de solo foram de 5,1 t/ha entre os meses de abril a agosto. Se estimada a perda de solo anual das áreas de cultivo de tabaco, ter-se-ia uma perda em torno de 56,7 t/ha/ano. Vale ressaltar que para estimar esta média não foram levadas em consideração às especificidades de cada parcela, já que algumas parcelas apresentaram perdas muito acima desta média, como é o caso das parcelas P8 e P9 na safra de 2010, onde a perda média foi de 115,8 t/ha. Destaca-se que estas parcelas foram monitoradas sobre um Neossolo Litólico, que acaba potencializado as perdas de água e solo.

A construção de camalhões acaba concentrando o fluxo de água nas entrelinhas, além de, no início do cultivo, produzir uma rugosidade superficial maior devido aos blocos (torrões) acumulados para a formação do camalhão. Logo após o plantio, inicia-se o processo de revolvimento do solo para sua descompactação e eliminação das plantas invasoras. Ao revolver o solo com implementos agrícolas rudimentares de tração animal, há uma desestabilização do camalhão, deixando apenas a parte ao redor do pé do tabaco. Na sequência, o camalhão é reconstruído com o solo que foi revolvido. Quando o camalhão é reconstruído a profundidade da entrelinha gira em torno de 25 cm, portanto chega até a camada compactada, o que aumenta os índices de perda de água e solo.

À medida que o tabaco vai crescendo o revolvimento de terra na entrelinha vai diminuindo por haver um aumento na cobertura do solo, com isto reduz também o surgimento das plantas invasoras. No início da colheita em dezembro, não se revolve mais o solo dos camalhões e entrelinhas. Neste estágio o percentual elevado de cobertura nos camalhões é elevado, em torno de 90 a 100%. A morfologia do pé de tabaco também é um fator a se considerar, visto que a estrutura das folhas, largura e comprimento, direcionam a sua parte superior em direção a entrelinha. Em tais condições, as folhas atuam como pequenas calhas coletoras de água da chuva, que acabam concentrando-a nas entrelinhas, promovendo maior perda de água e perda de solo.

Foi observado que em determinadas chuvas de pouca duração, com volumes entre 10 e 30 mm, o solo do camalhão permanece seco após a chuva devido à retenção e direcionamento da água da chuva para a entrelinha. Esta característica potencializa as

perdas de solo devido a concentração da água e pelo “gotejamento” da água da chuva que foi coletada pela folha.

Outro fator que potencializa as perdas de solo durante a colheita do tabaco é a compactação do solo que no início do cultivo é menos compactado nas primeiras camadas de 0 a 10 e 10 a 20 cm de profundidade, em relação à camada de 20 a 30 cm de profundidade.

Portanto, ao se construir o camalhão, o solo descompactado ou “amontoad” fica com maior espaço entre os grumos, proporcionando uma maior aeração das duas primeiras camadas diminuindo a sua resistência. Ao longo do cultivo, o solo vai diminuindo sua rugosidade superficial, por meio do revolvimento e pela ação da chuva que vai desestabilizando os blocos maiores (torrões), reduzindo os agregados que contribuem para o selamento superficial reduzindo a infiltração e, por conseguinte, aumentando o excedente de água no solo.

O aumento da compactação do solo pode ser atribuído também ao trânsito dos agricultores e dos animais nas entrelinhas durante o cultivo. Este aumento na entrelinha foi percebido quando realizadas mensurações da resistência do solo nos camalhões e nas entrelinhas. Foi constatado que na camada entre 0 e 15 cm de profundidade, a resistência do solo é muito próxima, com um pequeno aumento na resistência do solo nas entrelinhas. Esta pequena variação deve-se ao revolvimento do solo no início do cultivo. Já nas profundidades entre 15 cm e 40 cm, o camalhão passou a apresentar um aumento na compactação em relação a entrelinha, que pode ser atribuído ao pisoteio dos animais e ao limite do revolvimento do solo (pé-de-grade).

Destaca-se, que estes valores foram encontrados após médias de compactação ao longo do cultivo, pois quando estimada a compactação no início do cultivo e ao término da colheita, nota-se que há uma compactação considerável das profundidades entre 0 e 20 cm.

Nas áreas com manejo do Sistema de Plantio Direto Sem Camalhão, as perdas de água e solo foram menores em relação as outras duas formas de cultivo, sendo que a perda média de água ao longo das safras foi de 1,2%, e a perda de solo em torno de 0,41t/ha/safra. Se somadas as perdas de solo que no período de entre safra foi de 3,5 t/ha, teríamos uma perda média em torno de 3,91 t/ha/ano. Portanto a perda média de solo da entre safra é 753,6% superior ao período de cultivo. Esta variação é atribuída ao preparo do solo para a semeadura de cobertura de inverno. O aumento nas perdas de solo pode-se atribuir a maior exposição do solo. Na medida em que a cobertura de

inverno vai reduzindo a exposição do solo, há uma redução das perdas. No mês de setembro quando esta cobertura é dessecada para início do plantio, forma-se uma camada morta de biomassa em torno de 4,01t/ha, que garante uma boa proteção para o solo contra o impacto das gotas de água da chuva, além de auxiliar na infiltração da água no solo.

Esta biomassa, ao longo do cultivo vai se reduzindo como consequência da própria decomposição e dos efeitos do trânsito dos agricultores e dos animais ao longo do ciclo do cultivo, portanto vai expondo o solo novamente.

Nos caminhamentos pela área, foi observado que não houve concentração de fluxo de água, por não haver camalhão e as incisões erosivas em forma de micro ravinas, não convergiam. Outro fato observado foi que a própria palhada da cobertura morta forma micro barragens, retendo sedimentos, inibindo a concentração do fluxo.

Ressalta-se, que apesar desta forma de cultivo ser a mais apropriada por apresentar menor perda de água e solo, ela não é difundida, por implicar na redução da produtividade. Apesar desta pesquisa não evidenciar esta redução, cabe considerar as informações extraídas dos próprios produtores em conversas informais ao longo da pesquisa.

As áreas onde foi desenvolvido o Sistema de Plantio Direto com Camalhão, as perdas médias de água foram de 2,7% durante o cultivo do tabaco e de 6,5% no período de entre safra, ou seja, um aumento de 140,7% de perda de água para o período de entre safra. Esta variação deve-se a construção dos camalhões antes da semeadura da cobertura de inverno, dado que o solo fica mais exposto com os camalhões construídos o que eleva o potencial das perdas de água e solo.

Foi observado que quando o camalhão é construído, a superfície apresenta rugosidade maior, que aos poucos vai sendo reduzida, principalmente pela desestruturação dos blocos (torrões), que são acumulados para a formação do próprio camalhão e pelo preenchimento das saliências que se formam na sua construção. Por outro lado, no período de plantio do tabaco, quando a cobertura vegetal de inverno é dessecada formando uma camada morta, apesar do camalhão, o escoamento é reduzido e diminui a perda de solo.

A perda de solo observado no período de safra do Sistema de Plantio Direto Com Camalhão foi de 1,93 t/ha/safra e, no período de entre safra (abril a agosto) a perda média foi de 2,7 t/ha, portanto um aumento de 28,5%, na entre safra. Já o escoamento superficial foi de 4,1% na safra e 6,5% na entre safra. Isso significa que a perda de água

é cerca de 60% maior no período de entre safra. Se somadas as perdas de água e solo desde a confecção dos camalhões (abril) até o término da colheita (março), a perda média de água seria de 10,6% e a perda de solo seria de 4,63 t/ha/ano.

Portanto, apesar da cobertura vegetal de inverno no período de entre safra, a perda de água entre a semeadura de inverno para o plantio convencional e a semeadura nos camalhões para o plantio direto com camalhão foi significativa. A perda de água na cobertura vegetal de inverno com camalhão foi de 6,5%, enquanto que a perda de água na semeadura sem camalhão foi de 5,7%, ou seja, uma redução de 14%. Grosso modo, pode se considerar que mesmo com a cobertura vegetal de inverno, o camalhão potencializou um aumento de 14% nas perdas de água no período de entre safra.

Quando confrontadas as perdas de água e solo no período da safra, entre o Sistema de Plantio Convencional e o Sistema de Plantio Direto Com Camalhão, conclui-se, que houve um aumento na perda de água em torno de 297,5% no plantio convencional. Isto se refletiu de forma significativa nas perdas de solo, dando um aumento em torno de 2.573,6% de perda de solo no plantio convencional.

Essa discrepância nas perdas é atribuída à forma de cultivo, onde o solo do plantio convencional é revolvido constantemente no primeiro estágio do cultivo, o que reduz a rugosidade superficial desestabilizando esta camada que em eventos chuvosos acima de 60 mm acaba produzindo grandes perdas de solo.

Outro fator que pode ser atribuído a este aumento nas perdas, é justamente a concentração da água nas entrelinhas, promovida, como já se observou, pelo direcionamento da água captada pela folha potencializando o escoamento superficial.

Conforme, se afirmou anteriormente, os camalhões são construídos com uma certa declividade para que a água seja escoada da área de lavoura, esse escoamento atinge os caminhos nas divisas das áreas agrícolas com outros tipos de uso, que por sua vez se conectam com as estradas no interior da propriedade, que tendem a desaguar nas estradas principais e, por conseguinte, atingir os corpos hídricos.

**Estradas** - As estradas são importantes conectoras de sedimentos entre as vertentes e os corpos hídricos, além disso, atuam também como fonte de produção de sedimentos. Verificou-se que apesar de ocupar uma área pequena neste tipo de uso, ela se constituiu numa fonte de sedimento importante e uma das principais responsáveis pela entrada de sedimentos nos canais fluviais oriundos das vertentes.

A densidade de estradas nesta área é 3,16 (km/km<sup>2</sup>), enquanto que a densidade de drenagem da bacia é de 1,83 (km/km<sup>2</sup>), ou seja, as estradas apresentam uma



densidade em torno de 72,6% superior a densidade de drenagem. Isto dá uma medida da sua importância na conectividade entre os sedimentos oriundos das vertentes e da própria estrada com os canais fluviais.

As perdas de solo estimadas por caixas de contenção, foi de 13,6 kg/m<sup>2</sup>. Se não fosse considerado o papel dos segmentos das estradas da bacia, teríamos uma perda média em torno de 130,6 (t/ha/ano).

Foi constatado que a contribuição do barranco é muito pequena (2,5%) em relação ao total de solo transportado pela estrada. A contribuição dos barrancos depende de uma série de fatores que podem influenciar nas perdas de solo, cita-se como exemplo, a altura do barranco, a sua declividade, o tipo de solo, a vegetação que pode se regenerar nos próprios barrancos, o tipo de uso que a estrada “corta” e a manutenção desses barrancos. Conclui-se, portanto que as maiores perdas de solo estão relacionadas com as maiores declividades e com as maiores alturas dos barrancos. Destaca-se que as perdas totais de solos dos barrancos foram incluídas nas perdas totais das estradas.

O material transportado quer pelo fluxo concentrado nas laterais das estradas, quer pelo leito das estradas, tendem a drenar para os corpos hídricos, tornando-se grandes conectoras entre os sedimentos das vertentes com preenchimento dos canais fluviais. Conclui-se que as precipitações de menor volume, que não promovem aumento considerável da vazão, mas que promovem escoamento superficial nas estradas são as responsáveis pela maior parte dos sedimentos produzidos nos corpos hídricos.

Quando não há aumento considerável na vazão, o fluxo não consegue colocar em movimento alguns bancos de sedimentos pré-existent no leito do rio. Nesta situação também a remoção do material das margens dos rios, ficam reduzidas.

Outra constatação foi de que as chuvas antecedentes às chuvas em que foram coletadas amostras contribuem para uma redução nos índices de produção de sedimentos. Geralmente as chuvas promovem uma “lavagem” superficial da estrada carregando boa parte dos materiais que, pela trafegabilidade, são desagregados e carregados para os canais fluviais. Neste sentido, o escoamento da próxima chuva, se não houver tempo hábil para que a trafegabilidade desagregue material, este escoamento apresentará uma redução nas perdas de solo.

Na figura 65, observam-se das áreas fontes de sedimentos e suas respectivas contribuições para a perda total de solo na bacia.

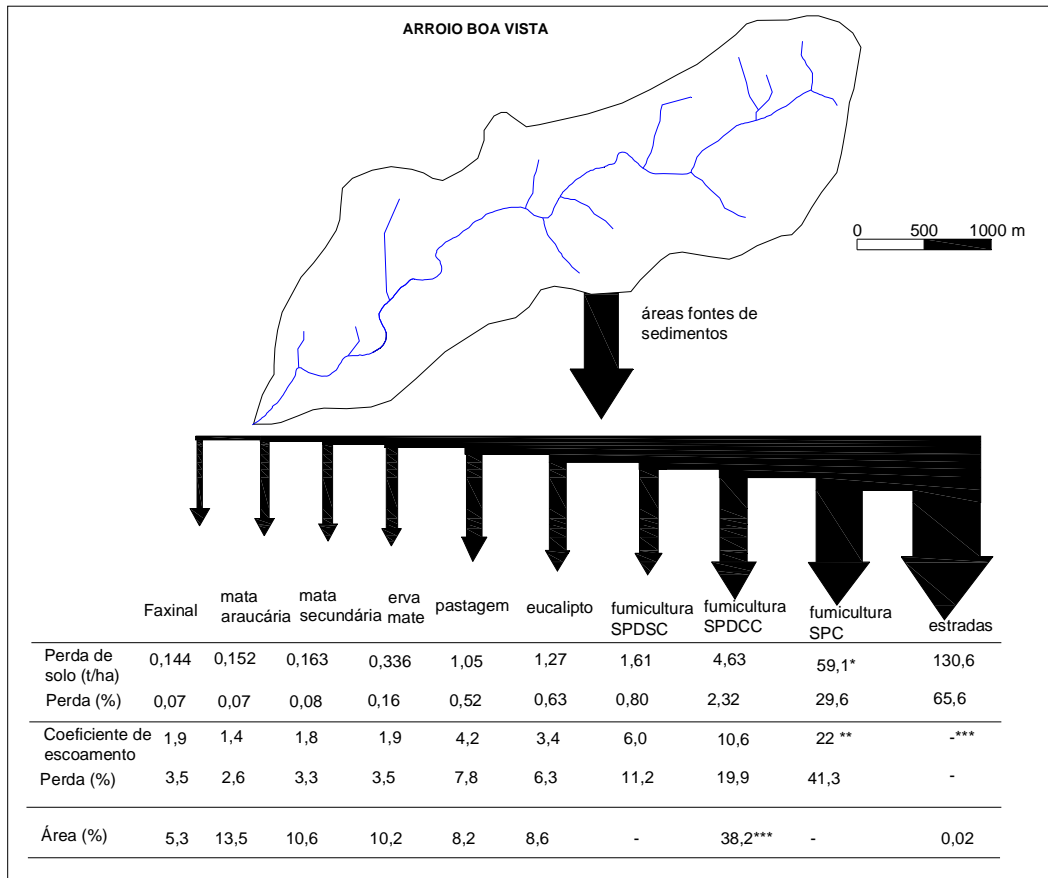


Figura 65- Perda de solo e água de cada tipo de uso do solo.

\* valor de perda de solo da área de cultivo do tabaco incluindo o período de entre safra.

\*\* Valor de escoamento superficial da área de cultivo do tabaco, incluindo o período de entre safra.

\*\*\* A porcentagem da área da bacia destinada a fumicultura, refere-se a porcentagem total, por não ser possível identificar neste estudo a porcentagem de cada manejo de cultivo do tabaco.

Org. Antoneli, V. (2010).

Por meio da figura 65, é possível tecer algumas considerações, como por exemplo, o Faxinal apesar de apresentar a menor perda de solo dentre as áreas consideradas silvipastoris (Mata de araucária e Mata Secundária), foi o que apresentou a maior perda de água. Este aumento pode ser atribuído à redução da vegetação que nos outros dois tipos de usos citados anteriormente, funcionam com reguladores da água da chuva e a compactação no Faxinal que reduz a infiltração e, por conseguinte aumenta o escoamento.

A menor perda de solo dos faxinais pode ser atribuída a influência das gramíneas na formação de micro represas que acabam se formando nos locais onde se inicia o fluxo de água, além da menor exposição do solo.

A pastagem também apresenta uma dinâmica parecida com a do Faxinal onde as perdas de água são maiores que a área de eucalipto por exemplo, e no entanto, as perdas de solo são menores.

Após algumas considerações de cada uso do solo, fica claro que os usos do solo sofrem influência do calendário agrícola, pois no período considerado pelos agricultores como “período de folga”, a perda de água e solo foram maiores na maioria dos usos em que há um consorciamento entre vegetação, pastagem natural e criação de animais de forma extensiva. As estradas também sofrem influência do calendário agrícola, pois nos períodos de entre safra, há uma redução no trânsito de carroças de tração animal, já no período de cultivo do tabaco, esse tráfego aumenta implicando em maiores perdas.

Foram mensuradas 71 chuvas ao longo do período no cultivo do tabaco, sendo que estas, foram suficientes para o acompanhamento das perdas de solo e de água ao longo de três safras, onde foi possível avaliar as perdas em três tipos de manejo do tabaco. Já nos outros tipos de uso, foram mensurados 60 eventos chuvosos, sendo que estes possibilitaram avaliar a perda de solo em diferentes manejos de usos, pois alguns tipos apresentam variações na forma e na exposição do solo devido ao manejo.

## **7.2. Recomendações**

Nas pequenas propriedades da bacia, conclui-se que não há muita alternativa para o desenvolvimento de práticas conservacionistas, mas algumas podem ser implantadas para amenizar as perdas em diferentes tipos de uso do solo.

Foi identificado, que grande parte das pequenas propriedades possui uma pequena parcela da área destinada ao reflorestamento de eucalipto e que em alguns casos estes reflorestamentos são realizados em fundo de vale, ou em áreas de relevo mais plano, que poderiam ser utilizadas para a prática da agricultura.

As áreas destinadas à criação de animais (piquetes), são realizadas a roçada da vegetação herbácea, sendo removida as novas espécies que estão se regenerando. Este manejo implica em uma redução do surgimento de novas espécies e com o passar do tempo a vegetação vai envelhecendo, se tornando cada vez mais, menos densa, devido ao desaparecimento de algumas árvores. Portanto, recomenda-se, que se for necessária a roçada, para a limpeza do terreno, que algumas espécies as quais estão se regenerando sejam preservadas.

Nas áreas de erva mate e reflorestamento de eucalipto, onde o manejo do coroamento é utilizado, recomenda-se, que as plantas invasoras sejam deixadas no local

onde foram revolvidas para diminuir a exposição do solo. Recomenda-se também, a semeadura de algumas espécies de cobertura vegetal de inverno nas entrelinhas, como a aveia preta, a ervilhaca dentre outras, pois essa vegetação vai incorporar a matéria orgânica na entrelinha, juntamente com os restos vegetais da própria cultura e das plantas invasoras que foram removidas ao longo da limpeza da área.

Nas estradas, recomenda-se a construção de áreas de contenção e principalmente a limpeza periódica destas. Já nas áreas agrícolas, com cultivo de tabaco, recomenda-se o manejo do Sistema de Plantio Direto Com Camalhões, pois este evita a perda excessiva de solo e água como a que ocorre no Sistema de Plantio Convencional.

Destaca-se, por não haver revolvimento do solo durante o cultivo nas áreas de Plantio Direto com Camalhão, um aumento no uso de herbicidas para a eliminação das plantas invasoras, e isso requer alguns cuidados especiais por parte dos agricultores como por exemplo, não abastecer o maquinário nos corpos hídricos (prática muito comum na bacia). Tomar os devidos cuidados com o manuseio dos agrotóxicos, pois em grande parte das áreas agrícolas, estes agrotóxicos são aplicados com máquinas manuais que são carregadas nas costas dos agricultores, por isso denominam-se máquinas costais com capacidade para 20 litros de agrotóxico.

Recomenda-se, preservar as áreas de nascentes e mata ciliar, pois o que se percebe é que, boa parte das áreas agrícolas é margeada por corpos hídricos, pois os sedimentos removidos das entre linhas do fumicultura, se conectam diretamente com a rede de drenagem.

Na Colônia Boa Vista, onde está inserida a Bacia do Arroio Boa Vista, existe uma associação de pequenos agricultores a qual este pesquisador faz parte. Ao longo do monitoramento das perdas de água e solos dos diversos tipos de uso do solo e, principalmente nas áreas agrícolas, foram sendo realizadas conversas informais e práticas de campo com os agricultores, onde foram discutidas e apresentadas alternativas de práticas conservacionistas para a redução das perdas de solo.

O resultado vem sendo satisfatório, pois boa parte dos fumicultores deixou de cultivar o tabaco no Sistema de Plantio Convencional e passaram a cultivar no Sistema de Plantio Direto Com Camalhão. Portanto, esta pesquisa não serviu apenas para a identificação das áreas fontes de sedimentos, como também serviu para mostrar para os pequenos agricultores a importância da utilização das práticas conservacionistas. Pois a erosão, aos olhos dos agricultores parecia ser quase que insignificante e esta pesquisa mostrou a agressividade e a dimensão dos processos erosivos.

### 7.3- Conclusão

Conclui-se que o calendário agrícola exerce influência significativa nas perdas de solo e água nos diversos tipos de uso, pois em períodos de menor volume de precipitação, identificou-se em alguns tipos de usos, maiores perdas, que podem ser atribuídas a intensificação do pastoreio. Conclui-se portanto, que as perdas de água e solo na Matade Araucária, Mata Secundária e Faxinal, sofrem influência da dinâmica agrícola por esta área ser utilizada como piquete. Esta afirmação pode ser evidenciada nas áreas de Faxinal, onde há dois períodos distintos de perdas de água e solo, inverno e outono com maiores perdas (maior pressão dos animais), e o verão e primavera, com menores perdas (menor pressão).

Outros tipos de uso como o cultivo de erva mate e o reflorestamento de eucalipto, sofrem influência da forma de manejo, cita-se como exemplo, o coroamento ao redor das plantas que expõe o solo aos processos erosivos. Conclui-se que, para se avaliar as perdas de solo no cultivo de erva mate, deve-se levar em consideração o estágio de crescimento, idade do erval e forma de manejo das entrelinhas, pois cada variável dessa influencia nas perdas de solo.

O mesmo caso acontece ao avaliar as perdas de água e solo nas áreas de reflorestamento de eucalipto, onde deve-se levar em consideração alguns fatores que influenciam diretamente nestes percentuais. Cita-se como exemplo, a altura e o espaçamento das árvores, a forma de limpeza anual da área, a circulação de animais, além dos fatores como atravessamento da água das chuvas, a produção de serrapilheira, o tipo de solo, o grau de declividade do terreno e exposição do solo dentre outros. Estes condicionantes acabam por influenciar as correlações entre a precipitação e as perdas de solo e água.

Após a avaliação das perdas de água e solos nestes dois tipos de uso, conclui-se, que o coroamento facilita a maior exposição do solo, formando “manchas” de solo exposto, o que favorece a ação dos processos pluvioerosivos. Já na utilização de herbicidas, forma-se uma camada morta na superfície do solo, que juntamente com a serrapilheira, contribui para uma menor perda de solo e água nestas áreas.

Verificou-se, que as áreas de cultivo do tabaco tornam-se uma importante fonte produtora de sedimentos, devido sua especificidade na forma de manejo e por ser uma cultura anual, onde há um revolvimento do solo, tanto no preparo para o cultivo quanto ao longo do próprio cultivo. A localização das áreas de fumicultura na bacia acabam

influenciando as conexões do material disponível com os corpos hídricos, devido sua conectividade com as estradas.

Quanto ao manejo do cultivo do tabaco, fica evidente que o Sistema de Plantio Convencional, é uma das principais fontes produtoras de sedimentos na bacia. A forma como é realizado o cultivo neste sistema, contribui significativamente na perda de solo e água, principalmente por não haver cobertura do solo, além do revolvimento constante do solo no primeiro estágio de cultivo (desenvolvimento da planta). Já o Sistema de Plantio Direto Com Camalhão, apresentou redução significativa de perda de água e solo, devido a inexistência do revolvimento do solo, além da influência da cobertura morta na redução dessas perdas. Foi constatado que ao longo do cultivo a eficiência desta cobertura morta vai diminuindo, promovendo maior exposição do solo, que culmina com maiores perdas, principalmente nos estágio da colheita do tabaco.

Conclui-se também, que a morfologia das folhas do tabaco, auxiliam a concentração do fluxo da água no centro das entrelinhas, potencializando as perdas.

Quanto aos métodos e técnicas empírico experimental utilizado, se mostraram satisfatórios, para a condução e conclusão desta pesquisa. As calhas de Gerlach foram importantes ferramentas no monitoramento das perdas de água e solo, nos diverso tipos de uso do solo, auxiliando no entendimento da dinâmica hidro-erosiva dos diferentes tipos de usos.

Algumas técnicas de coleta de dados que foram adaptadas e/ou construídas se mostraram satisfatórias para este tipo de levantamento. Dentre elas destaca-se o quadro de  $1 \times 1 \text{m}^2$  para avaliar a exposição do solo; a confecção de áreas de contenção no fluxo nas laterais em um segmento de estrada. A adaptação de calhas coletoras nas entrelinhas da fumicultura foi importante, já que as calhas de Gerlach não comportavam o acúmulo de sedimentos em determinados eventos chuvosos, além da largura e do formato da entrelinha não ser compatível com as características destas calhas.

A adaptação e a confecção de alguns métodos, foram realizadas para suprir algumas necessidades de mensuração que foi observado em campo e que os métodos disponíveis no momento, não eram suficientes para a coleta dos dados de determinadas variáveis.

Constatou-se que, nem todo o material desagregado e liberado pelos tipos de uso do solo atinge aos corpos hídricos. Boa parte dos sedimentos são depositados em saliências no próprio tipo de uso, ou se conectam com outros tipos de uso, que devido suas características acabam retendo estes sedimentos. Cita-se como exemplo, algumas

áreas agrícolas na bacia que direcionam o fluxo de água e sedimentos em uma mata secundária existente na jusante da vertente. Esta Mata Secundária acaba retendo a água e os sedimentos. Já outros tipos de usos, mesmo distantes dos corpos hídricos, acabam se conectando com as estradas e, por conseguinte, se conectam com os corpos hídricos.

Foram identificados casos em que as águas e os sedimentos carregados pelas estradas se conectam com outros tipos de uso do solo, sem haver conexão com os corpos hídricos. Alguns tipos de uso de solo se conectam diretamente com os corpos hídricos como é o caso das áreas de Faxinal da bacia, em que boa parte margeia os corpos hídricos, assim também ocorre nas áreas de pastagens.

Estas observações nos levam a reforçar a ideia de que as conexões entre o material erodido das vertentes e estradas com o material transportado ou depositado nos canais fluviais, é muito complexa, e não se pode estabelecer uma relação direta e simples entre eles.

O presente estudo atingiu os objetivos propostos, além de confirmar a hipótese de que a fumicultura cultivada no Sistema de Plantio Convencional, é a principal fonte produtora de sedimentos na bacia e, que os outros tipos de usos acabam apresentando diferentes perdas de solo ao longo do ano, sofrendo influência do calendário agrícola.

Porém algumas lacunas se abriram para futuras pesquisas na bacia, além de outras que a própria pesquisa não se propôs a investigar.

Dentre as lacunas que necessitam de pesquisas mais aprofundadas destaca-se:

Monitoramento da pluviosidade, pois esta pesquisa se limitou apenas a identificar o volume das precipitações, sendo que esta é uma variável importante na mensuração das perdas de água e solo.

Aprofundamento nas pesquisas hidro-erosivas nas áreas de mata entendida aqui como as áreas de Faxinais, Mata de Araucária, Mata Secundária, para avaliar dinâmica hídrica no interior da floresta, bem como a deposição da serrapilheira. Individualizar pequenas parcelas sem interferência de animais para avaliar a influência desses animais nas perdas de solo e água.

Aprofundar as pesquisas nas áreas de cultivo de erva mate, elaborar um calendário de evolução das atividades e manejos desenvolvidos, ao longo do ciclo do cultivo monitorando as perdas de solos e água ao longo de cada estágio de crescimento e em diferentes manejos. Viu-se a necessidade de identificar a contribuição da própria planta de erva mate na deposição de serrapilheira e avaliar também a interceptação de água da chuva em diferentes estágios do crescimento.

Outras lacunas surgiram para futuras pesquisas na área de fumicultura para buscar respostas às seguintes questões:

Qual a contribuição efetiva dos camalhões nas perdas de solo? Qual a contribuição da morfologia das folhas para a concentração de água na entrelinha? O revolvimento do solo é o maior responsável pelas perdas de solo? O efeito splash é causado pelo impacto da água da chuva ou pelo gotejamento das folhas do tabaco?

Com relação às estradas, algumas lacunas foram abertas, e que podem dar conta de algumas questões, tais como: contribuição efetiva das estradas na produção de sedimentos. Avaliar se o tipo de uso do solo que margeia as estradas influencia o transporte de sedimentos, e principalmente, se todo material transportado pela estrada se conecta com os corpos hídricos.

Portanto essas são algumas questões que esta pesquisa apontou como possíveis fontes de investigações futuras, para um melhor entendimento da dinâmica das áreas fontes de sedimentos.



#### 7.4- Referências Bibliográficas

AGUIAR, M. I. de; MAIA, S. M. F.; OLIVEIRA, T. S. de; MENDONÇA E. S.; ARAUJO FILHO, J.A. Perdas de solo, água e nutrientes em sistemas agroflorestais no município de Sobral, CE. **Revista Ciência Agrônômica**, v.37, n.3, p.270-278, 2006

ALBALADEJO, J. ALVAREZ, J. QUEREJETA, E. DÍAZ E V. CASTILLO, Hidro-semeadura de três técnicas de revegetação para controle de erosão do solo em encostas íngremes antrópica, **Land Degrad Dev** 11 (2000), pp (. 315-325.

ALVARENGA, R.C.; FERNANDES, B.; SILVA, T.C.A.; RESENDE, M. Estabilidade de agregados de um Latossolo Roxo sob diferentes métodos de preparo do solo e de manejo da palhada do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.10, p.273-277, 1986.

ALVES, M.C. e CABEDA, M.S.V. Infiltração de água em um Podzólico Vermelho-Escuro sob dois métodos de preparo, usando chuva simulada com duas intensidades. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.23, p.753-761, 1999.

AMORIM, R. S. S.; SILVA, D. D.; PRUSKI, F. F.; MATOS, A. T. de. Influência da declividade do solo e da energia cinética de chuvas simuladas no processo de erosão entre sulcos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.5, n.1, p.124-130, 2001.

ANTONANGELO, A.; FENNER, P.T. **Identificação dos riscos de erosão em estradas de uso florestal através do critério do fator topográfico LS..** Tese (Doutorado em Agronomia), Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu. 2005. 88 f.

ANTONELI, V. **Influência do uso do solo na avaliação hidro- sedimentológica da Bacia do Arroio Boa Vista – Guamiranga – Pr.** Dissertação (Mestrado) Universidade Estadual de Maringá. Maringá PR, 147f, 2004.

ANTONELI, V. THOMA,Z, E, L. Caracterização do meio físico da Bacia do Arroio Boa Vista- Guamiranga –Pr. **Caminhos da Geografia**. Uberlândia. n 21, p. 46-58. 2007.

ANTONELI, V.; THOMAZ. E. L. Relação entre o cultivo de fumo (*nicotina tabacum*). **Geografia Rio Claro** –SP. V. 35, n 2, p. 383-398, mai/ago.2010

ANTONELI, V. Mudanças no uso do solo promovidas pela extinção do sistema de faxinal - estudo de caso da bacia do arroio boa vista –Guamiranga – PR. Simpósio Internacional de Geografia Agrária 3 / Simpósio Nacional de Geografia Agrária 4. “jornada Orlando Valverde”– SINGA. **Anais...** 2007

ANTONELI, V.; THOMAZ E. L. Infiltração de água no solo em período seco e úmido, mensurada em diferentes usos de terra na bacia do Arroio Boa Vista - Guamiranga-PR. **Revista Ambientia**. UNICENTRO Guarapuava- PR. v. 5, p. 1-20, 2009.

ARAUJO, R.; GOEDERT, W. J.; LACERDA, M. P. C. Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob cerrado nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 1009- 1108. (2007).

ARCOVA, F.C.S.; CICCIO, V.; ROCHA, P.A.B. Precipitação efetiva e interceptação das chuvas por floresta de Mata Atlântica em uma microbacia experimental em Cunha – São Paulo. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n.2 - 2003. p.257-262.

AUZET, A. V., POESEN, J., VALENTIN, C. Soil patterns as a key controlling factor of soil erosion by water. **Catena**, n. 46, p. 85-87, 2002.

AYOADE, J. O. **Introdução à Climatologia para os Trópicos**. São Paulo: Difel,1986.

BACCHI, O.O.S. – **Efeitos da compactação sobre o sistema solo-planta em cultura de cana-de-açúcar**. Piracicaba,. Dissertação (Mestrado)-ESALQ. 1976. 67p.

BACELLAR, L. A. P. **Processos de Formação de Voçorocas e Medidas Preventivas e Corretivas**. Viçosa, 2006.

BAESSO, D. P.; GONÇALVES, F. L. R. **Estradas Rurais Técnicas Adequadas de Manutenção**. Florianópolis, 2003.

BALDISSERA, I.T. *et al.* Características físicas em solos de Santa Catarina sob diferentes sistemas de manejo. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 10., 1994, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: SBCS, 1994. p.416- 417.

BARBOSA R.I.; FEARNSSINE, F.M. Erosão de solos na Amazônia: estudo de caso da Região Apiaú Roraima Brasil. **Acta Amazônica** 30 (04) 601-613. 2000.

BAVER. L.D. The effect of organic matter on soil structure: In. Progressos em Biodinâmicas e Produtividade dos solos, I. Santa Maria RS. **Anais...**, Santa Maria 1968, p 191- 206.

BEASLEY, R.P. **Erosion and Sediment Pollution Control**. 1ª\_ ed. The Iowa State University Press. 1972. 320 p.

BERTOL, I.; ROGO, N.P.; LEVIEN, R. Cobertura morta e métodos de preparo do solo na erosão hídrica em solo com crosta superficial. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.13, n.3, p.373-9, 1989.

BERTOL, I.; COGO, N.P. LEVIEN, R. Erosão hídrica em diferentes preparos do solo logo após as colheitas de milho e trigo, na presença e na ausência dos resíduos culturais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 21:409-418, 1997.

BERTOL, I.; SCHICK, J.; MASSARIOL, J.M.; REIS, E.F. & DILLY, L. Propriedades físicas de um Cambissolo Húmico álico afetadas pelo manejo do solo. **Ciência. Rural**, 30:91-95, 2000.

BERTOL, I.; BEUTLER, J.F.; LEITE, D. & BATISTELA, O. Propriedades físicas de um Cambissolo húmico afetadas pelo tipo de manejo do solo. **Science Agriculture**, v.58, p.555-560, 2001.

BERTOL, I; LEITE,D.; GUADAGNIN, J. C.; RITTER, S. R. Erosão hídrica em um Nitossolo Háptico submetido a diferentes sistemas de manejo sob chuva simulada. II - Perdas de nutrientes e carbono orgânico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** vol.28 nº.6 Viçosa Nov./Dec. 2004.

BERTOL I.; BARBOSA, F T.; FABIAN E. L., PEGORARO, R., ZAVASCHI, E.; GONZÁLEZ A. P.; VÁZQUEZ E.V. Escoamento superficial em diferentes sistemas de manejo em um Nitossolo Háptico típico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** v.12, n.3, p.243–250, 2008

Bertoni, J. *et al.* Conclusões gerais das pesquisas sobre conservação do solo no Instituto Agrônômico. Circ. 10, Campinas, Seção Conserv. Solo, 55 p, 1972.

BERTONI, J. E LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 5ª edição, ícone Editora, São Paulo. 355p. 2005.

BEUTLER, A.N.; SILVA, M.L.N.; CURTI, N.; FERREIRA, M.M.; PEREIRA FILHO, I.A.; CRUZ,J.C. Agregação de Latossolo Vermelho distrófico típico relacionada com o manejo na região dos cerrados no Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, n.1, p.129- 36, 2001.

BEUTLER, J. F.; BERTOL, I.; VEIGA, M.; WILDNER, L. P. Perdas de solo e água num Latossolo Vermelho aluminoférrico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo sob chuva natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. vol.27 no.3 Viçosa May/June 2003

BIGARELLA, J.J. e MAZUCHOWSKI. **Visão integrada da problemática da erosão**. Curitiba: Associação de Defesa e Educação Ambiental e Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1985.

BLAKE, G.J. The interception process. In: T. G. Chapman; F.X. Durin (eds) Prediction in catchment hydrology. **Australian Academy of Science**. Canberra 1975. 59-81.

BLEY JR. **Erosão: riscos para a agricultura nos trópicos**, 2004. Disponível em: <<http://www.miniweb.com.br/artigos/erosão.html>> Acesso em: 20 jan. 2008.

BOARDMAN, J. e ROBINSON, D.A. Soil erosion, climatic vagary and agricultural change on the South Downs around Lewes and Brighton, Autumn. **Applied Geography**, 5. p. 243-258. (1985).

BOIN, C. Produção animais em pastos adubados. In MATTOS, H.B.; WERNER, J.C.; YAMADA, L.; MALAVOLTA, E. **Calagem e Adubação de Pastagem**. Piracicaba ASPFP 1986. p 383-419

BRAIDA, J. A.; CASSOL, E. A. Relações da erosão em entressulcos com o tipo e com a quantidade de resíduo vegetal na superfície do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 23, n. 3, p. 699-709, jul./ set. 1999.

BRITEZ, R. M. ; REISSMANN, C. B. ; SILVA, S. M. ; ATHAYDE, S. F. ; LIMA, R. X. . Interceptação das chuvas em duas formações florestais da planície litorânea da Ilha do Mel. PR. In: Fórum Geo-Bio-Hidrologia: estudo em vertentes e microbacias hidrográficas 1, 1998, Curitiba. **Anais**. Editora da UFPR, 1998. p. 60-69.

BRITO L. F. DE.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; LEITE, F. P.; FERREIRA, M. M.; PIRES, L.S. Erosão hídrica de Latossolo Vermelho muito argiloso relevo ondulado em área de pós-plantio de eucalipto no Vale do Rio Doce, região Centro Leste do Estado de Minas Gerais **Scientia Forestalis** n. 67, p.27-36, abr. 2005

BRUIJNZEEL, L. A. The hydrological cycle in moist tropical forest. In: BRUIJNZEEL, L. A. **Hydrology of moist tropical forests and effects of conversion: a state of knowledge review**. Amsterdam: IAHS, 1990. p. 5-38

CAMARGO, O.A.; ALLEONI, L.R.F. **Compactação do solo e desenvolvimento das plantas**. Piracicaba: Esalq, 1997. 132p.

CAMPOS, B.C.; REINERT, D.J.; NICOLODI, R.; RUEDELL, J.; PETRERE, C. Estabilidade estrutural de um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico após sete anos de rotação de culturas e sistemas de manejo de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.19, n.1, p.121-6, 1995.

CARDURO, F.A.; DORFMAN, R. **Manual de ensaios de laboratório e campo para irrigação e drenagem**. Brasília: PRONI/MA, 1988. 216p.

CARPENEDO, V. **Compressibilidade de solos em sistemas de manejo**. 1994. 106 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1994.

CARPENEDO, V.; MIELNICZUK, J. Estado de agregação e qualidade de agregados de Latossolos Roxos, submetidos a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.14, n.1, p.99-105, 1990.

CARVALHO, N. O. **Hidrossedimentologia prática**. CPRM. Rio de Janeiro. 1994

CASSETI, V. **Estudo dos efeitos morfodinâmicos pluviais no Planalto de Goiânia**. Tese (Doutorado). USP, S. Paulo, 1983.

CASSETI, V. **Ambiente e Apropriação do Relevo**. São Paulo: Contexto, 1991.

CASSOL, E. A. e LIMA V. S de. Erosão em entressulcos sob diferentes tipos de preparo e manejo do solo. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 38, n. 1, p. 117-124, jan. 2003.

CASTRO, O.M.; LOMBARDI NETO, F.; VIEIRA, S.R. & DECHEN, S.C.F. Sistemas convencionais e reduzidos de preparo do solo e as perdas por erosão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**,10:167-171, 1986.

CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O.; PODANOSCHI, A.L. Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num Latossolo Roxo distrófico, em função de sistema de plantio, rotações de culturas e métodos de preparo das amostras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.22, n.3, p.527-38, 1998.

CASTRO, N.M. dos R.; AUZET, A.V. CHEVALLIER, P.; LIPRUN, J.C.; Land use change effects on runoff and erosion from plot to catchments scale on the basaltic plateau of Southern Brazil. **Hydrological Process**. v.13 p 1621- 162. 1999.

CICCO, V.; ARCOVA, F.C.S.; SHIMOMICHI; P.Y., FUJIEDA, M. Interceptação das Chuvas por Floresta Natural Secundária de Mata Atlântica – São Paulo. **Silvicultura**. São Paulo, v.20/22, p. 25-30, 1986/88.

CHEN, C. P. Pastures as the secondary component in treepasture systems. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 17., 1993. Rockhampton. **Proceedings ...** Rockhampton: 1993. v. 3. p. 2037-2043.

CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia Fluvial. In: **Geomorfologia**. CHRISTOFOLETTI. A. ed. da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1974.

COELHO NETTO, A.L. **Surface hydrology and soil erosion in a tropical mountainous rainforest drainage basin, Rio de Janeiro**. 185p. Phd thesis, Katholieke Univ. Leuven, Belgum. 1985.

COELHO NETTO A.L.. Hidrologia de encosta na interface com a geomorfologia. In: GUERRA, A.J T, CUNHA, S.B. (org.), Geomorfologia – **Uma atualização de base e conceitos**. Rio de Janeiro, Bertrand, 93-148. 1995

COELHO NETTO, A.L. Evolução de cabeceira de drenagem no Médio Vale do Rio Paraíba do Sul (SP/RJ): A formação e o crescimento da rede de canais sob controle estrutural. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.4, n.2, pp.118-167. 2003

COGO, N.P.; MOLDENHAUER, W.C. & FOSTER, G.R. Soil loss reductions from conservation tillage practices. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 48:368-373, 1984.

COGO, N. P.; LEVIEN R.; SCHWARZ, R. A. Perdas de solo e água por erosão hídrica influenciadas por métodos de preparo, classes de declive e níveis de fertilidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n.4, p.743-753, 2003.

COLEMAN, D.J.; SCATENA, F.N. Identification and evaluation of sediment source. In HADLEY, R.F. (org) **Drainage basin sediment delivery**. Wallingford International Association of Hydrological Science. n. 159. p. 3-18. 1986.

COLLINS, A. L. E WALLING, D. E. Documenting catchment suspend sediment sources: problems, approaches and prospects. **Progress in Physical Geography**, 28 (2): 159-196. 2004.

CORSINI, P.C. **Problemas causados pela compactação dos solos**. STAB: açúcar, álcool e subprodutos, Piracicaba, 11:8-12, 1993.

CORREIA, J.C. Efeito de sistemas de cultivo na estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho-Amarelo em Querência, MT. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. vol 37, n.2 Brasília Fev. 2002.

CORRÊA, C. M. C. **Perdas de solo e a qualidade da água procedente de estrada de uso florestal no planalto catarinense**. Tese de Doutorado. Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2005.

CROKE, J.; HAIRSINE, P. e FOGARTY, P. Runoff generation and re-distribution in logged eucalyptus forests, southeastern Austrália. **Journal of Hydrology** 216(1-2): 56-77. 1999.

CUNHA, G. C. da. *et al.* Dinâmica nutricional em floresta estacional decidual com ênfase nos minerais provenientes da decomposição de serrapilheira. **Ciência Florestal**, Santa Maria 3: 35-64. 1993.

D' AGOSTINI, L.R. **Recuperação física do solo por sistemas de cultivo**. Porto Alegre, Universidade do Rio Grande do Sul, Dissertação ( Mestrado).1981.76p.

DALLA ROSA, A. **Práticas mecânicas e culturais na recuperação de características físicas de solos degradados pelo cultivo no solo Santo Ângelo (Latossolo Roxo Distrófico)** Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1981. 138p.

DECHEN, S.C.F.; LOMBARDI NETO, F. & CASTRO, O.M. Gramíneas e leguminosas e seus restos culturais no controle da erosão em Latossolo Roxo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 5:133-137, 1981.

DEDESEK, R.A.; RESK, D.U.S.; FREITA JUNIOR, A. Perdas de solo, água e nutrientes por erosão, em latossolo vermelho-escuro sob cerrado em diferentes cultivos sob chuva natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.10, n. 3, p. 265-272, 1986.

DENARDIN, J.E.; KOCHHANN, R.A.; FAGANELLO, A.; SATTLER, A.; BERTON, A.L. Sistema plantio direto: com ou sem práticas conservacionistas complementares de manejo da enxurrada. In: Congresso Mundial Sobre Agricultura Conservacionista, II., 2003, Foz do Iguaçu. **ANAIS**. Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha; Confederación de Asociaciones Americanas para la Agricultura Sustentavel, 2003. v. 2, p. 310-313.

DE PLOEY, J. e GABRIELS, D. measurement of soil erosion. In KIRKBY, M. J.; MORGAN,R.P.C. S. **Soil erosion**. Great Britain; John Wiley & Sons 1980

DERPSCH, R.; ROTH, C.; SIDIRAS, N.; KÖPKE, U. **Controle da erosão no Paraná, Brasil**: sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo. Eschborn, Alemanha: GTZ, 1991. 272 p.

DIAS de PAIVA, E. M. C. Métodos de estimativa da produção de sedimentos em pequenas bacias hidrográficas. *In. Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas*. Porto Alegre. ABRH. 2001.

DREW, D. **Processos interativos homem- meio ambiente**. - 3. ed. - Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994.

DRISSI, D.K. – **Recovery and abandoned logging road soil in the North Carolina Piedmont**. Raleigh, 1975. (Tese-Mestrado-NCSU).

DOUHI, N. **Análise das condições físico-ocupacionais e suas implicações no comportamento hídrico da bacia hidrográfica do Rio Xaxim – Prudentópolis –Pr**. Dissertação (Mestrado em geografia Universidade Estadual de Maringá) . 2004.117 f.

DUNNE, T, LEOPOLD L. **Water environmental planning**. San Francisco. Freeman eCompany, 1978. 818p.

EDWARDS ,W.M.; LARSON, W.E. **Infiltration of water into soil as influenced by surface seal development**. Transactions of the ASEE, v 12, n, 4, p, 463-465. 1969.

ELTZ, F. L. F.; PEIXOTO, R. T. G.; JASTER, F. Efeitos de sistemas de preparo de solo nas propriedades físicas e químicas de um Latossolo Bruno álico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 13, p. 259-267, 1989.

ELTZ, F. L. F., COGO, N. P., MIELNICZUK, J. Perdas por erosão em diferentes manejos de solo e coberturas vegetais em solo Laterítico Bruno-avermelhado distrófico (São Jerônimo). I. Resultados do primeiro ano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 1, n. 2-3, p. 123-127, 1977.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa, 1999. 412p.

EVANS, R. Mechanis of water erosion and thirspatial and temporal controls: na empirical. *In: KIRKBY, M.J. e MORGAN, R. P.C. (org). Soil erosion*. 1980. 109-128.

ERSKINE, J. M. Agroforestry: Its development as a sustainable, productive land-use system for low-resource farmers in southern Africa. **Forest Ecology and Management**, v.45. n.1-4, p.281- 291, 1991.

FARIA, A.P e MARQUES, J.S. 1999. O desaparecimento de pequenos rios brasileiros. *In: Ciência Hoje*, vol. 25, n.146, janeiro/fevereiro 1999.

FARIA, A . P. As conseqüências da erosão em microbacias sobre os canais efêmeros e intermitentes. **Caderno de Geociências**, 11 p. 67 - 83. 1994

FEDEROV, S. F; MARUNICH, S. V. **Forest curt and forest regeneration effects on water balance and river runoff**. IAHS Publication nº 187: p. 291 – 297, 1989.

FERNANDEZ, O. V. Q. **Mudanças no canal fluvial do rio Paraná e processos de erosão de margens**: região de Porto Rico, PR. Dissertação (Mestrado em Análise

Ambiental) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP, Rio Claro. 1990. 86 fs.

FIGUEIREDO FILHO, A., FERREIRA, G.M.; BUDANT, L.S.; FIGUEIREDO, D.J.de. Avaliação estacional da deposição da serrapilheira em uma floresta ombrófila mista localizada no sul do estado do Paraná. **Ciência Florestal**, v.13, p.11-18, 2003

FLANAGAM, D. C.; ASCOGH II, J. C.; NICKS, A. D.; NEARING, M. A.; LAFLEN, J. M. Overview of the WEPP erosion prediction model. In: USDA. **Water erosion prediction project – WEPP**. West Laffayette: 1995. Technical documentation, NSERL, Report No. 10.

FLOSS, E. L. Aveia, um sustentáculo do sistema de semeadura direta. **Revista Plantio Direto**, Passos Fundo, v. 72, p. 14-18, 2002.

FORTUN, C.; FORTUN, A. Diversos aspectos sobre el papel de la materia organica humificada en la formacion y estabilizacion de los agregados del suelo. **Annals Edafologia y Agrob.**, v. 48, p. 185-204, 1989

FOSTER, G. R. Modeling the erosion process. In: HANN, C. T.; JOHNSON, H. P.; BRAKENSIEK, D. L. (org). Hydrologic modeling of small watersheds, St. Joseph: **American Society of Agricultural Engineering**, 1982. p.297-380.

FRANCO, F.S.; COUTO, L.; FIORINI DE CARVALHO, A.; JUCKSCH, I.; FERNANDES FILHO, E. I.; ELIAS SILVA E.; E MEIRA NETO J. A. A. Quantificação de erosão em sistemas agroflorestais e convencionais na Zona da Mata de Minas Gerais. In: **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.26, n.6, p.751-760, 2002.

FRITSCH, J. M. L'ecosysteme Forestier Guyanais – Etude et mise em Valeur. **Bulletin de Laieson du Groupe de travail** n° 4. CTFT/INRA/MUSEUN ORSTON p 23- 44. 1981

GARCIA, A.R.; MACHADO, C.C.: SILVA, E.; SOUZA A. de P. PEREIRA, S.R. Volume de enxurrada e perda de solo em estradas florestais em condições de chuva natural. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.27, n.4, p.535-542, 2003

GIGANTE L. A.; ZAVALA A. A. Z. Um estudo da similaridade das queimadas entre municípios no estado de Mato Grosso. **Sinergia**, Rio Grande, 11(2): 29-40, 2007.

GRACE III, J.M.; RUMMER, B.; STOKES, B.J.; WILHOIT, J. **Evaluation of erosion control techniques on forest roads**. Transactions of the ASAE, St Joseph, v.41, n.2, p.383-391, 1998.

GRIEBELER, N. P. ; PRUSKI, F. F.; MEHL H. U.; SILVA D. D. da.; OLIVEIRAL. F. C. de. Equipamento para determinação da erodibilidade e tensão crítica de cisalhamento do solo em canais de estradas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, DEAg/UFCG. v.9, n.2, p.166-170, 2005

GUERRA. A.T. **O papel da matéria orgânica e dos agregados na erodibilidade dos solo**. Anuário do instituto de Geociências. IGEO-UFRJ, v13, p 43- 52. 1990.



GUERRA, A.T. Processos Erosivos nas Encostas, In: GUERRA, A J.T. e CUNHA, S. B (org). **Geomorfologia: Uma Atualização de Bases e Conceitos**,; Ed. Berthand Brasil, cap. 4, 1995.

GUERRA, A J.T. e CUNHA, S. B (org). **Geomorfologia: Uma Atualização de Bases e Conceitos**,; Ed. Berthand Brasil, 1995.

GUERRA.A.J.T. Ravina: processo de formação e desenvolvimento. **Anuário do Instituto de Geociências**, UERJ. v 2 1998, 80-95.

GUERRA, A.J.T.; SILVA, A.S.; BOTELHO, R.G.M. **Erosão e Conservação do Solo: Conceitos Temas e Aplicações**. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil. 1999. 340p.

GUERRA, A. J. T.; MENDONÇA, J. K. S.. Erosão e a questão ambiental. In: VITTE, A. C.; GUERRA, A. J. T. (org). **Reflexões sobre a geografia física no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.

GUERRA, A. J. T. **Erosão e Conservação dos Solos – Aplicações, Temas Conceitos**. RJ: Bertrand Brasil, 2005.

HARRIS, R.F.; CHESTERS, G.; ALLEN, O.N. Dynamics of soil agragation . **Advencein Agronomy**. v 18, 107- 169, 1966.

HARROLD, L.L. Efeito de sistemas de preparo reduzido do solo sobre a erosão causada pelas águas. In: TORRADO, P. V. e ALOISI, R.R. (Coords). **Plantio Direto no Brasil**. Campinas: Fundação Cargill, 1984. 124p.

HEATHWAITE, A.L.; BURT, T.P.; TRUDGIL,S.T. Land use contol on sediment production in a lowland catchment, South – west England. In BOARDMAM,J.; FOSTER, I.D.L.; DEARING, J.A. (org). **Soil Erosion on Agricultural Land**. Wiley, Chichester, p. 69 86. 1990.

HERNANI, L.C.; SALTON, J.C.; FABRICIO, A.C.; DEDECEK, R. & ALVES JUNIOR, M. Perdas por erosão e rendimentos de soja e de trigo em diferentes sistemas de preparo de um Latossolo Roxo de Dourados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** 21:667-676, 1997.

HEWLETT, J.D. **Principles of Forest Hydrology**. Athens: University of Georgia Press, 74 p 1969.

HOLT, J. A.; BRISTOW, K. L.; McIVOR, J. G. The effects of grazing pressure on soil animails and hydraulic properties of two soils in semi-arid tropical Queensland. **Journal of Soil Research**, 34, 69-79, 1996.

HUDSON. N. W. Field measurementof soil erosion and runoff. FAO, **Soils bulletin**. Rome, n. 68, 1995. 139p.

IAPAR –Instituto Agronômico do Paraná. **Caracterização da Agricultura no Paraná**. Londrina, 1995.

IAPAR - INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Mapeamento de Solos do Paraná**. Londrina, 1981.

INÁCIO, E. dos S. B.; CANTALICE, J. R. B.; NACIF, P. G. S.; ARAÚJO, Q. R. de; BARRETO, A. C. Quantificação da erosão em pastagem com diferentes declives na microbacia do Ribeirão Salomea **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. vol.11 n.4 Campina Grande July/Aug. 2007.

KINNELL, P.I.A. Splash erosion of primary particle and aggregates. **Soil Science Society of America**. Amer.J. 49, 966- 968. 1976

LACERDA, N.B.; ZERO, V. M.; BARILLI, J.; MORAES, M. H.; BICUDO S. J. Efeito de sistemas de manejo na estabilidade de agregados de um Nitossolo Vermelho. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.25, n.3, p.686-695, set./dez. 2005

LAL, R. Erodibility and erosivity. In: LAL, R. et al. **Soil erosion research methods**. Washington: Soil and Water Conservation Society, 1988. p. 141-160.

LARACH, J.O. I. *et al.* **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Paraná**. Convênio. SUDESUL-EMBRAPA. IAPAR. Boletim Técnico, nº57, IAPAR PR.

LEITE, D.; BERTOL, I.; GUADAGNIN, J. C.; SANTOS, E. J.; RITTER, S. R. Erosão hídrica em um Nitossolo Háplico submetido a diferentes sistemas de manejo sob chuva simulada. I Perdas de solo e água. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. vol.28 nº.6 Viçosa Nov./Dec. 2004

LOPES, P. R. C.; COGO, N. P.; LEVIEN, R. Eficácia relativa de tipo e quantidade de resíduos culturais espalhados uniformemente sobre o solo na redução da erosão hídrica. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Campinas, v. 11, n. 1, p. 71-75, 1987.

LOPES, E. DA S.; CARLOS CARDOSO MACHADO, C. C.; DE SOUZA. P. Classificação e custos de estradas em florestas plantadas na Região Sudeste do Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.26, n.3, p.329-338, 2002.

LAWLER, D.M. **The measurement of river bank erosion lateral channel change; a review**. *Earth Surface and Landforms*, v18, p 777 – 2821- 1993

LEAL da SILVA. L; SCHNEIDER, P.R.; ELTZ F. L. F. Influência dos resíduos da colheita da floresta de Acácia Negra (*acacia mearnsii* de wild) sobre as perdas de água e solo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.8, n.1, p. 43-53 43 1998.

LENCASTRE, A; FRANCO, F. M. **Lições de hidrologia**. Lisboa: Universidade Nova de Lisboa, 1984.

LEPSCH, I. F. **Formação e conservação dos solos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002, 178p.

LEVIEN, R.; COGO, N.P. e ROCKENBACH, C.A. Erosão na cultura do milho em diferentes sistemas de cultivo anterior e métodos de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 14:p73-80. 1990.

LIMA, W. de P. **Impacto ambiental do eucalipto**, Univ. de São Paulo, FAPESP, 306p, 1996.

LOMBARDI NETO, F.; BERTONI, J. **Tolerância de perdas de terras para solos do Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1975. 12p. (Boletim Técnico, 28).

MAACK, R. **Geografia física do Paraná**. Rio de Janeiro: José Olympio, 1968.

MADERNA, J. G. **Interrelações da rede viária florestal**. Curitiba: [s.n.], 2002. (Exame de qualificação Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da UFPR).

MACHADO, R. L. T.; TURATTI, A. L.; MACHADO, A. L. T.; ALONÇO, A. dos S.; REIS, A. V. Estudo de parâmetros físicos em solo de várzea, antes e após escarificação. **Revista Brasileira de Agrociências**. v.2, nº 3, 175-178, Set.-Dez., 1996

MACHADO DE OLIVEIRA A. M.; FERREIRA PINTO S. DOS A.; LOMBARDI NETO, F. Caracterização de indicadores da erosão do solo em bacias hidrográficas com o suporte de geotecnologias e modelo predictivo. **Estudos Geográficos**, Rio Claro, 5(1): 63-86, 2007.

MANNERING, J. V.; MEYER, L. D. The effects of various rates of surface mulch on infiltration and erosion. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v. 27, n. 1, p. 84-86, Jan./Feb. 1963.

MARTINS, S. G.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; FERREIRA, M. M.; FONSECA, S.; MARQUES, J. J. G. S. M. Perdas de solo e água por erosão hídrica em sistemas florestais na região de Aracruz (ES). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n.3, p.395- 403, 2003.

MARTINS, S. G.; SILVA, M. L. N.; AVANZI, J.C.; CURI, N.; FONSECA, S. Fator cobertura e manejo do solo e perdas de solo e água em cultivo de eucalipto e em Mata Atlântica nos Tabuleiros Costeiros do estado do Espírito Santo, **Revista Scientia . Forestalis.**, Piracicaba, v. 38, n. 87, p. 517-526, set. 2010

MEGAHAN, W. F. **Erosion over time: A model**. (USDA. Forest Service Research Pap. INT-156). Ogden: Intermountain Research Station, 1974. 68 p

MINEROPAR. **Atlas geológico do Estado do Paraná**. In [www.mineropar.gov.br](http://www.mineropar.gov.br) . Acesso em 15 de setembro de 2009.

MINELLA, J.P.G. **Identificação de fontes de sedimentos em uma pequena bacia rural**. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Dissertação (Mestrado) 2003. 90p.

MINELLA J. P. G.; MERTEN, G. H.; REICHERT, J. M.; DOS SANTOS, R. D. R. Identificação e implicações para a conservação do solo das fontes de sedimentos em bacias Hidrográficas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 31. p 637-1646, 2007.

MIRANDA, J.C. **Interceptação das chuvas pela vegetação fl orestal e serapilheira nas encostas do Maciço da Tijuca: Parque Nacional da Tijuca, RJ**. Rio de Janeiro: Dissertação (Mestrado) IGEO/UFRJ 1992.100f.

MONCHANOV, A . A . **Hidrologia florestal**. Lisboa. Fundação Calouste Gulbenkian, 1971.

MONTAGNINI, F. **Sistemas agroflorestales: principios y aplicaciones en los tropicos**, San José: 1992. 622 p

MOREIRA, F. E. B. **Um modelo de Avaliação da Evolução Geométrica das Patologias em vias não pavimentadas: Aplicação ao caso do município de Aquirraz-CE**. Programa de Pós-Graduação em engenharia de transportes Dissertação (mestrado) Fortaleza, 2003. 176p.

MORGAN, R.P.C. **Soil Erosion and Conservation**. Oxford: Blackwell, 2005, 304p.

MOTA, S. **Preservação e conservação do recurso hídrico**. 2. ed. rev. E atualizada. Rio de Janeiro: ABES, 1995.

MULLER, M. M. L.; GUIMARÃES, M. F.; DESJARDINS, T. Degradação de pastagens na Região Amazônica: propriedades físicas do solo e crescimento de raízes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 36, 1409-1418, 2001

NALON, M. A.; VELLARDI, A. C. V. Interceptação na floresta secundária das encostas da Serra do Mar, região de Cubatão, SP. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 2., 1992, São Paulo. **Anais...** São Paulo: 1992. **Revista do Instituto Florestal**, v. 4, p. 894-899.

NEARING, M.A.; NORTON, D.L.; ZHANG, X. Soil erosion and sedimentation. In: RITTER, W.F.; SHIRMOHAMMADI, A. (Eds.). **Agricultural noint source pollution**. Boca Raton: Lewis Publishers, 2001. p.29-58.

NERY, J. T. *et al.* **Relações de parâmetros meteorológicos associados a anos de El Niño e La Niña no estado do Paraná**. Apontamento n° 95. Universidade Estadual de Maringá. EDUEM. Dezembro de 2000.

NIMER, E. Desertificação: realidade ou mito. **Revista Brasileira de Geografia**. Rio de Janeiro: IBGE n° 50 (1) pg 1 a 102, 1988.

NUNES FILHO, J.; SOUSA, A.R.; MAFRA, R.C. e SILVA, A.B. Práticas conservacionistas e as perdas por erosão na cultura do milho isolado e consorciado no Sertão do Pajeú (PE). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 14:69-72, 1990

ODA, S.; FERNANDES JÚNIOR, J. L. F.; SÓRIA, M. H. A. Caracterização de estradas não-pavimentadas visando a implementação de um sistema de gerência de vias. **Engenharia e Arquitetura. São Carlos, SP**, v. 01, nº 2, p.135-145. 2000.

OUSSIBLE, M. CROOKSTON, K. R. Effect of susoiling a compacted clay loam soil on growth, yield, and yield components of wheat. **Agronomy Journal**, v. 79, p. 882-886, sept/oct. 1987.

PAIVA, J. B. D.; PAIVA, E. M. C. D. (Org). **Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas**. Porto Alegre. ABRH. 2001.

PALADINI, F.L.S. e MIELNICZUK, J. Distribuição de tamanho de agregados de um solo Podzólico Vermelho-Escuro afetado por sistemas de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. nº15. p.135-140, 1991

PELLISSARI, A.; MEDRADO, M.J.S.; NEIVERTH, D.D. Período crítico de competição de plantas daninhas com a cultura da erva mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.). In: CONGRESSO SULAMERICANO DA ERVA MATE, 2; REUNIÃO TÉCNICA DA ERVA MATE, 3., 2000, Encantado-RS. **Anais...** Porto Alegre: Edição dos Organizadores, UFRGS/FEPAGRO/Associação Comercial e Industrial de Encantado-RS, 2000. p. 282-285.

PEREIRA, S. B.; PRUSKI, F. F.; SILVA, D. D.; MATOS, A. T. Desprendimento e arraste do solo pelo escoamento superficial. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, n.3, p.423-429, 2003.

PERUCELI M ; ANTONELI, V. . Produção de serrapilheira em uma floresta ombrófila mista sob o domínio do sistema de faxinal; estudo de caso do Faxinal de Papanduva de Baixo-Prudentópolis-PR.. In: XVI Encontro Nacional de Geógrafos, 2010, Porto alegre **Anais...** URGs, 2010. v. 1.

PHILIPPOVSKY, J. F.; DEDECEK R. A.; MEDRADO M. J. S. **Conservação do Solo na Cultura da Erva-mate (*Ilex paraguariensis* S. Hill.) pelo Uso de Coberturas Verdes de Inverno**. Comunicado técnico 102. EMBRAPA. Colombo- PR. Dezembro, 2003.

PIRES, L.S.; SILVA, M. L. N.; CURI, N. LEITE, F. P. ; BRITO, L DE F. Erosão hídrica pós-plantio em florestas de eucalipto na região centro-leste de Minas Gerais **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.41, n.4, p.687-695, abr. 2006

POLITANO, W.; LOPES, L. R.; AMARAL, C. **O papel das estradas na economia rural**. São Paulo: Nobel, 1989. 78 p.

PRADO, R.M.; ROQUE, C.G; SOUZA, Z.M. **Sistemas de preparo e resistência à penetração e densidade de um Latossolo Vermelho eutrófico em cultivo intensivo e pousio**. Jaboticabal/SP, 2002.

PRUSKI, F.F., SILVA, D.D. **Escoamento superficial**. Viçosa, MG:DEA, UFV, 1997. (caderno didático, 26)

RANZINI, M. LIMA, W de P. Comportamento hidrológico, balanço de nutrientes e perdas de solo em duas microbacias reflorestadas com *Eucalyptus*, no Vale do Paraíba, SP **Scientia Forestalis** n. 61, p. 144-159, jun. 2002

REED, A.H. Accelerated erosion of arabe soils in the United Kingdom by rainfall and runoff. **Outlook on Agriculture**, 10. v1. 1979. 41- 48.

REICHARDT, K. **A água em sistemas agrícolas**. 1ª ed São Paulo, ed Manole. 1990, 188p.

REICHARDT, K. Capacidade de campo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.12, p.211-216, 1988

REICHERT, J.M.; VEIGA, M.; CABEDA, M.S.V. Selamento superficial e infiltração de água em solos do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.16, n.3, , 1992. p.289-298

RESENDE, M.; ALMEIDA, J. R. Modelos de Predição de Perdas de Solo: Uma ferramenta para Manejo e Conservação do Solo. **Inf. Agropecuário** 11(128), Belo Horizonte, (p38 – 53), agosto/1985.

RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S.B. & CORRÊA, G.F. **Pedologia: base para distinção de ambientes**. 4.ed. Viçosa, NEPUT, 2002. 367p

RIBASKI, J. Sistemas agroflorestais: benefícios socioeconômicos e ambientais. In: SIMPÓSIO SOBRE REFLORESTAMENTO NA REGIÃO SUDOESTE DA BAHIA, 2. Vitória da Conquista. Memórias. Colombo: Embrapa Florestas. **Anais...** 2005 p. 89-101.

RICHTER, G. E NEGENDANK, J. Soil erosion processes and their measurement in the German area of the Moselle River. **Earth Surface Processes**, v2. 261- 278. 1997.

ROCHA, J.C.; ROSA, A. H.; CARDOSO, A.A. **Introdução à Química Ambiental**. Porto Alegre. Bookman. 2004. 154 p.

RODRIGUES, R. **Estudos de fenômenos erosivos acelerados – Boçorocas** . Tese (Doutorado em Engenharia de Transportes). EESC- USP, São Carlos , São Paulo 1982.

RODRIGUES, J. E. Estudo geotécnico dos fenômenos erosivos acelerados (voçorocas). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL, 4., Belo Horizonte, 1984. **Anais...** Belo Horizonte, Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental, 1984. p.169-182.

RODRIGUES DOS SANTOS *et.al.* **Estradas vicinais de terra** - Manual técnico para conservação e recuperação. 2ª edição - São Paulo; Instituto de Pesquisas tecnológicas do Estado de São Paulo, 1988.

ROOSE, E. Erosion at ruisselement in Afrique de l'ouest-vingt annees de mesures en petites parcelles experimentales. **Travaux et documents de l'Orstom n.78**. Orstom, Paris, 1977. 108p.

SANTOS, L.J.C. OKA-FIORI, C., CANALLI, E.N.; PIO FIORI, A. SILVEIRA, C. T. DA.; SILVA J. M. F. da. Mapeamento da Vulnerabilidade Geoambiental do Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Geociências**. 37(4): 812-820, dezembro de 2007

SATO, A. M.; AVELAR, A. S.; COELHO NETTO, A. L. Hidrologia de encosta numa cabeceira de drenagem com cobertura de eucalipto na bacia do rio Sesmarias: médio vale do rio Paraíba do Sul. I Seminário de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul: o Eucalipto e o Ciclo Hidrológico. **Anais...** Taubaté 2007, IPABHi, p. 147-154.

SCHACHT, W. H.; STUBBENDIECK, T.; BRAGG, T. B.; SMART, A. J.; DORAN, J. W. Soil quality response of reestablished grasslands to mowing and burning. **Journal of Range Management**, Denver, v. 49, p. 458-463, 1996.

SCHICK, J.; BERTOL, I.; BATISTELA, O.; BALBINOT JÚNIOR, A.A. Erosão hídrica em Cambissolo Húmico álico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo: I. Perdas de solo e água. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, p.427-436, 2000.

SCHREINER, H.G e BAGGIO, A.J. Sistemas agroflorestais no Sul – Sudeste do Brasil. In: Taller sobre diseno estadístico y evaluation econômica de sistemas agroflorestales 20 a 28 de out. 1986. Curitiba. **Apuntes**. Curitiba: EMBRAPA CNPF. 1986. p 45-73.

SCHUMACHER, M.S.; POGGIANI, F.; SIMÕES, J.W. **Transferência de nutrientes das copas para o solo através da deposição de folheto em povoamentos de *Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus toreliana*, plantados em Anhembi**. São Paulo. IPEF. Piracicaba, v47, p 56 -61. 1994.

SECCO, D.; REINERT, D. J. Efeitos imediato e residual de escarificadores em Latossolo Vermelho-escuro sob plantio direto. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 16, p. 52-61, 1997.

SEIXAS, F. **Compactação do solo devido à mecanização florestal: Causas, Efeitos e Práticas de Controle IPEF (Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais**. Circular Técnica nº 163 outubro 1988.

SHPAK, I.S. **The Effects of Forests on the Water Balance of Drainage Basins**. Israel. Program for Scientific Translations. 1971. 258 p.

SIDIRAS, N.; ROTH, C. H.; FARIAS, G. S. Efeito da intensidade de chuva na desagregação por impacto de gotas em três sistemas de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 8, n. 3, p-251-254, set./dez. 1984.

SILVA, I. de F. Efeito de diferentes coberturas vegetais e de práticas conservacionistas no controle de erosão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.10, n.3, p.289-292, 1986.

SILVA, M.L.N.; BAHIA, V.G.; BARROSO, D.G. Perdas de solo em sistemas de preparo convencional e plantio direto. **Inf. Agropec.**, 16:44-50, 1992.

SILVA, I.F. da; MIELNICZUK, J. Ação do sistema radicular de plantas na formação e estabilidade de agregação do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.21, n.1, p.113-17, 1997.

SILVA, C. e KATO, E. Efeito do selamento superficial na condutividade hidráulica saturada da superfície de um solo sob cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.32, n.2, p. 213- 220, 1997.

SILVA, J. M. A. da, **Metodologia para obtenção do hidrograma de escoamento superficial ao longo de uma encosta**. Tese (Doutorado) Universidade Federal de Viçosa, 1999.

SILVA, A.P.; TORMENA, C.A.; IMHOFF, S. **Intervalo Hídrico Ótimo. Qualidade Física do Solo: Métodos de preparo e manejo do solo**. Jaboticabal. FUNEP. 89p. 2001.

SILVA, A.M; SCHULZ,H.E; CAMARGO,P.B. **Erosão e hidrossedimentologia em bacias hidrográficas**. São Carlos. RiMa. 2003 140 p.

SILVA, C. G.; ALVES SOBRINHO, T.; VITORINO, A. C. T.; CARVALHO, D. F. Atributos físicos, químicos e erosão hídrica em entressulcos sob chuva simulada, em sistema de plantio direto e convencional. **Engenharia Agrícola**, v.25, n.1, p.144-153, 2005.

SOARES, P. F; ANTONELI, V. Monitoramento de erosão de solos através do método de barras de madeira. In Encontro Tecnológico de Engenharia Civil e Arquitetura, 5, (ENTECA). **ANAIS....** v. 2 p. 676 - 685, de 20 a 21 de novembro de 2003.

SORRENSON, W. J.; MONTOYA, L.J. **Implicações econômicas da erosão e do uso de algumas práticas conservacionistas no Paraná**. Boletim Técnico n. 21 Londrina IAPAR. 1989. 110 p

SOUSA, A. R.; SILVA, A. B.; RESENDE, M. Influência da pressão exercida por pisoteio de animais na compactação do solo do vale do Pajeú, em Pernambuco. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA. 12, 1988, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: SBCS, 1998.

SOUZA. R.M. **Mapeamento Social dos Faxinais no Paraná**. Instituto Equipe de Educadores Populares – IEEP, Articulação Puxirão dos Povos Faxinalenses. 2007, 59 p.

SPAROVEK, G. Erosão do solo e a produtividade das culturas. Conferência Ministrada no XIII Congresso Latino Americano de Ciência do Solo. Águas de Lindóia SP. **CD-ROM**, 1996.



STOLF, R. ; FERNANDES, J. ; FURLANI NETO, V. L. . **Penetrômetro de impacto modelo IAA/Planalsucar-Stolf: recomendação para seu uso.** STAB. Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil, Piracicaba, v. 1, n. 3, p. 18-23, 1983.

STOLF, R. Teoria e tese experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.15, n.3, p.229-235, 1991.

TIMONI, J. L. Alterações nos ciclos naturais: o caso Cubatão. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 2, 1992, São Paulo. **Anais São Paulo:** 1992; Revista do Instituto Florestal, v. 4, p. 743-747.

THOMAZ, E. L. **Mensuração de processos hidrogeomorfológicos aplicados à análise de balanço de sedimento em cabeceira de drenagem, Guarapuava-PR.** UNICENTRO: Guarapuava, 2006. 22p. (projeto de pesquisa – mimeografado.)

THOMAZ, E. L. **Processos hidrogeomorfológicos e o uso da terra em ambiente subtropical.** Guarapuava-PR. 2005. 297f. Tese. (Doutorado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas. Universidade de São Paulo (USP)

THOMAZ, E.L. Processo hidrológico superficial e uso da terra em Guarapuava-PR: mensuração em Parcelas pequenas. **Geografia Rio Claro**, 32, 89-106. 2007.

THOMAZ, E. L. Geomorfologia e Agrossistemas: indicadores de degradação de solo. In: NUNES; J. O. R. & ROCHA, P. C. (Org.). **Geomorfologia: aplicação e metodologias.** 1 ed. São Paulo: Expressão Popular, Cap. 2, p. 33-56, 2008.

THOMAZ, E. L. **Análise empírica da fragilidade de potencial da bacia do Rio Iratim- Guarapuava- PR.**Dissertação (mestrado). São Paulo: USP-FFLCH, 2000.

THOMAZ, E. L., VESTENA, L. R., ANTONELI, V. **Avaliação do aporte de sedimento proveniente de estradas rurais e de seus impactos na descarga sólida fluvial em suspensão, na bacia do Rio Guabiroba, Guarapuava-PR.** Projeto de Pesquisa (Edital Universal 15/2007). Guarapuava: UNICENTRO. 2007. 10p.

THOMAZ.E.L; ANTONELI.V. Erosão e degradação do solo em área cultivada com erva-mate (*illex paraguariensis*)- Guarapuava- PR. São Paulo. UNESP. **Geociências** vol.27, n1. p. 21-31. 2008.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia; ciência e aplicação.** 2º ed. Porto Alegre: Ed. Universidade/ UFRGS: ABRH, 1997.

USDA, **Soil survey manual.** Washington, DC, USA, Soil Survey Division Staff, 1993. 437p. (Handbook, 18).

VALLEJO, L.R. **A influência do litter florestal na distribuição das águas pluviais.** Dissertação (Mestrado), IGEO/UFRJ, 1982.

VASQUEZ, E. V.; MARIA, I. C. de. Influencia del Laboreo sobre la rugosidad del suelo y la retención de agua en un Ferrasol. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE

CIÊNCIA DO SOLO, 29, Ribeirão Preto, 2003. **Resumo expandido**. Ribeirão Preto: SBCS, 2003. CDROM.

VEIGA, J. B. da; TOURRAND, J. F. **Pastagens cultivadas na Amazônia brasileira: situação atual e perspectivas**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2001. 36 p. (Embrapa Amazônia Oriental, Documentos, 83)

VIEIRA, L.M. **Propriedade físico – hídrico - mecânicas do solo e rendimento de milho submetido a diferentes sistemas de manejo**. Dissertação (Mestrado) Universidade de Passo Fundo. 2006. 104p.

VOLK, L. B. S.; COGO, N. P.; STRECK, E. V. Erosão hídrica influenciada por condições físicas de superfície e subsuperfície do solo resultantes do seu manejo, na ausência de cobertura vegetal. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** vol.28. nº4 Viçosa July/Aug. 2004.

WATSON, D. A.; LAFLEN, J. M. **Soil strength, slope and rainfall intensity effects on interrill erosion**. Transactions of the ASAE, St Joseph v.29, n.1, p.98-102, 1986.

WAINWRIGHT, J., CASES, A. C., PUIGDEFÁBREGAS, J., MICHAELIDES, K. Editorial. **Earth Surface Processes and Landforms**, v. 27, p. 1363-1364, 2002

WENDLING, B.; JUCKSCH, I.; MENDONÇA, E.S.; NEVES, J.C.L. Carbono orgânico e estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho sob diferentes manejos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 5, p. 487-494, 2005.

WEST, L. T.; MILLER, W. P.; LANGDALE, G. W.; BRUCE, R. R.; LAFLEN, J. M.; THOMAS, A. W. Cropping system effects on interrill soil loss in the Georgia Piedmont. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 55, n. 2, p. 460-466, Mar./Apr. 1991.

WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. **Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning**. Washington: United States Department of Agriculture, 1978. 58p

YOUNG, A. **Agroforestry for soil management**. 2.ed. Wallingford: ICRAF and CAB International, 1997. 320 p.

ZHANG, X.C., MILLER, W.P., NEARING, M.A., NORTON, L.D. Effects of surface treatment on surface sealing, runoff and interrill erosion. **Transactions of the ASAE**, v.41, n.4, p.989-994, 1998.

ZHOU, G. Y.; MORRIS, J. D.; YAN, H. H.; YU, Z. Y.; PENG, S. L. Hidrological impacts of reforestation with eucalypts and indigenous species: a case study in southern China. **Forest Ecological Management**, Amsterdam, v. 167, n. 1/3, p. 209-222, Aug. 2002.