

JÚLIO CAETANO TOMAZONI

**O processo erosivo e o material hidro-transportado na
bacia hidrográfica do rio Pinhal no
Sudoeste do Paraná**

Dissertação apresentada como requisito parcial
à obtenção do grau de Mestre. Curso de Pós-
Graduação em Geologia, com área de concen-
tração em Geologia Ambiental, Setor de Tecno-
logia, da Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. André Virmond Lima
Bittencourt.

Co-orientadores: Dr. Naldy E. Canali
e Dr. Luiz Eduardo Mantovani

CURITIBA

1998

TERMO DE APROVAÇÃO

Júlio Caetano Tomazoni

**O processo erosivo e o material hidro transportado na bacia
hidrográfica do rio Pinhal no sudoeste do Paraná**

**Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre no Curso de Pós-Graduação em Geologia, com área de
concentração em Geologia Ambiental, da Universidade Federal do Paraná,
pela comissão formada pelos professores:**

Presidente: Prof. Dr. André Vimond Lima Bittencout

Forf. Dr. José Cândido Stevaux

Prof. Dr. Cláudio Limeira Mello

Curitiba, abril de 1998.

Dedico este trabalho a Deus, a meus filhos Eduardo e Nicole, a minha esposa Maria Helena, a meus pais Candido e Terezinha e a minha sogra Jandira

AGRADECIMENTOS

Ao professor **André Virmond Lima Bittencourt**, pela orientação, pelo empréstimo de equipamentos e empenho pessoal para que este trabalho se realizasse.

À **amiga Elisete Guimarães** pelo auxílio na realização de experiência com MO.

À **professora. Leimin Kou** pelas orientações e ensinamento de Língua Inglesa.

À **amiga Maria de Lourdes Soares**, pelo auxílio nas correções ortográficas.

Ao **colega Valdir Bertão** pelo monitoramento da estação flúvio sedimentométrica.

SUMÁRIO

DISCRIMINAÇÃO	Fls.
LISTA DE FIGURAS	IX
LISTA DE FOTOS HORIZONTAIS E AÉREAS E IMAGEM DE SATÉLITE.	XIII
LISTA DE TABELAS	XV
I – INTRODUÇÃO	01
II - OBJETIVOS	05
2.1 objetivo Geral	05
2.2 Objetivos Específicos	05
III - LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	07
3.1 - Localização	07
3.2 - Materiais e Métodos	08
3.2.1 - Cartografia	08
3.2.2 - Pluviometria	08
3.2.3 - Características físico química dos solos	10
3.3 - Características fisiográficas	11
3.3.1 - Geologia	11
3.3.2 - Solos	11
3.3.2.1 - Classificação textural do horizonte A	13
3.3.3 – Clima	14
3.3.4 – Relevo	18
3.3.5 – Hidrografia	20
3.3.6 – Vegetação	21
3.3.6 1 - Efeitos do desmatamento	26
3.3.7. - Processo histórico de ocupação	28
3.3.7.1 - Atividades agrícolas	29
3.3 7.2.- Estrutura fundiária	31
IV - FLUXOS HÍDRICOS E MATERIAL TRANSPORTADO	33
4.1 - Mateiras e métodos	33
4.1.1 - Coleta de dados flúvio-sedimentométricos	33

4.2 - Estação flúvio-sedimentométrica	38
4.3 - Dados pluviométricos	40
4.4 - Fluviometria e material transportado	40
4.4.1 - Granulometria do material particulado em suspensão	50
4.5 - Material de fundo	54
4.6 - Material de Arraste de fundo	61
4.7 - Material dissolvido	66
V - MATÉRIA ORGÂNICA TOTAL E RESÍDUO MINERAL HIDRO-TRANSPORTADO NA BACIA DO RIO PINHAL	69
5.1 - Materiais e métodos	69
5.1.1 - Matéria Orgânica Total em Análise por Combustão ou Perda ao Rubro	69
5.1.2 - Resíduo Mineral em Análise por Combustão ou Perda ao Rubro	70
5.1.3 - Termogravimetria -TG e Calorimetria de Varredura Diferencial - DSC, Simultaneamente, determinando perdas de MO e água e resíduo mineral.	70
5.2 - Princípios	71
5.2.1 - Matéria orgânica no solo	71
5.3 - Resultados obtidos pelos métodos de perda ao rubro e TG e DSC	73
5.3.1 - Por combustão ou perda ao rubro	73
5.3.2 - Por Análise Termogravimétrica-TG e Calorimetria de Varredura Diferencial - DSC, Simultâneas	76
5.3.2.1 - Calorimetria de Varredura Diferencial - DSC	77
5.3.2.2 - Termogravimetria – TG	77
VI - MÉTODO DE DIFRAÇÃO DE RAIOS X PARA INTERPRETAÇÃO DA CONSTITUIÇÃO MINERALÓGICA DE MATERIAL PARTICULADO HIDROTRANSPORTADO	84
6.1 - Materiais e métodos	84
6.2 - Difração por Raio X	85
VII - INTERPRETAÇÃO DE CONSTITUIÇÃO MINERALÓGICA DE MATERIAL PARTICULADO E HIDRO-TRANSPORTADO E SOLO POR IMAGEM DIGITALIZADA	94
7.1 - Materiais e métodos	94
7.2 - Princípios	96
7.2.1 - Significado da cor do solo interpretado pela carta de Munsell	99
7.3- Amostras de material particulado em suspensão	105
7.4 - Amostras de Solo	114
VIII - CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DAS ÁGUAS DO RIO PINHAL	125
8.1 - Materiais e métodos	125
8.2 - Caracterização química da água	125

8.3 - Interpretação de dados químicos de amostras do rio Pinhal	127
8.3.1 - O pH das águas do Rio Pinhal	132
8.3.2 - Interpretação dos dados das análises químicas	136
8.3.3 - Balanço iônico	136
8.3.4 - Interpretação dos dados das amostras pelo digrama de Piper	137
8.3.5 - Diagramas de equilíbrio	138
8.3.5.1 - Equilíbrio do Ca	140
8.3.5.2 - Equilíbrio do Na	140
8.3 5.3 - Equilíbrio do Mg	141
8.3.5.4 - Equilíbrio do K	142
8.3.6 - Grau de saturação	143
8.4 – Características bacteriológicas das águas do rio Pinhal	144
IX - PAISAGENS CARACTERÍSTICAS DA BACIA DO RIO PINHAL	146
9.1 - Fluxos geoquímicos na paisagem	149
9.2 - Migrações dos elementos químicos nas paisagens da bacia do rio Pinhal	152
9.3 - Velocidade de aprofundamento do perfil de alteração das rochas	155
9.3.1 - Método de TARDY (1970)	155
9.3.1.1 - Aprofundamento do perfil	156
9.3.1.2 - Rebaixamento superficial por erosão mecânica	158
X – EROSÃO HÍDRICA NO INTERFLÚVIO	159
10.1 - Materiais e métodos	159
10.2 - Erosão hídrica	159
10.2 1 - Aspectos gerais	159
10.2.2 - Erosão laminar	160
10.2.3 - Erosão em sulcos	161
10.2.4 - Erosão em voçorocas	161
10.2.5 - Erosão fluvial	162
10.3 - Aplicação da Equação Universal de Perdas de Solo (<u>U.S.L.E</u>), na Quantificação da Erosão Laminar	163
10.3.1 - Fatores da Equação Universal de Perdas de Solo –(<u>U.S.L.E</u>).	163
10.3.2 - Fator Erosividade das Chuvas – R	164
10.3.3 - Fator Erodibilidade do Solo – K	164
10.3.4 - Comprimento de Rampa e Grau de declive - LS	166
10.3.5 - Fator Uso – Manejo – C	166

10.3.6 - Fator Práticas Conservacionistas - P	167
10.3.7 - Perdas de Solo	167
10.4 - Estimativa de perdas de solo por erosão através do método de Djorovic (1974)	178
10.5 - Rebaixamento do perfil	184
10.6 - Determinação da tolerância de perda de solos	185
10.7 - Determinação da capacidade de uso do solo	186
XI - CONCLUSÕES	193
Anexos	202
Glossário	222
Referências bibliográficas	234

LISTA DE FIGURAS

DESCRIÇÃO	Fls.
Figura 01, Localização da bacia no Estado do Paraná	07
Figura 02, Pluviômetro do tipo ordinal	09
Figura 03, Localização da bacia no sudoeste do Paraná e em relação as estações pluviométricas de Planalto e Francisco Beltrão.	10
Figura 04, Mapa de caracterização dos solos da bacia efetiva do rio Pinhal	13
Figura 05, Classificação textural dos solos da bacia do rio Pinhal pela classe textural do IAC.	14
Figura 06, Temperatura média ambiente na bacia do rio Pinhal (1973 a 1996).	16
Figura 07, Temperatura média mensal na bacia do rio Pinhal (1973-1996)	16
Figura 08, Precipitação pluviométrica em mm entre as estações de Fco. Beltrão, Planalto e Pinhal de São Bento, no período de março de 96 a março de 97.	17
Figura 09, Diagrama de caracterização do relevo da bacia efetiva do rio Pinhal	19
Figura 10, Diagrama de caracterização do relevo da bacia do rio Pinhal	20
Figura 11, Mapa de drenagem destacando divisores d' água e direção de declive das vertentes	21
Figura 12, Cobertura vegetal e uso da terra em 1976 da bacia do rio Pinhal	23
Figura 13, Mapa da cobertura vegetal e forma de uso existentes na bacia do rio Pinhal em 1980	24
Figura 14, Cobertura vegetal e uso da terra atual na bacia do rio Pinhal.	25
Figura 15, Mapa da estrutura fundiária existente na bacia.	32
Figura 16, Amostrador de material de arraste de fundo	36
Figura 17, Layout de um laboratório simples de sedimentologia.	37
Figura 18, Perfil topográfico da Seção Pinhal.	39
Figura 19, Perfil da seção Montante	39
Figura 20, Perfil da seção jusante	40
Figura 21, Cota e Precipitação.	45
Figura 22, Precipitação pluviométrica e concentração de material particulado	46
Figura 23, Cota e concentração de material particulado	47
Figura 24, Vazão diária de água e transporte de material particulado	48
Figura 25, Ganulometria do material em suspensão.	51
Figura 26, Granulometria do material em suspensão, dos dias 24 e 25 -05, 19-10(1ª), 11-10(1ª) e 01-09 de 1996.	51

Figura 27, Granulometria do material em suspensão Legenda de 21-12-96, 09-01-97, 08-09-96 e 03-09-96	52
Figura 28, Granulometria do material em suspensão de 05-10-96, 19-10-96(2ª), 13-11-96, 10-10-96 e 16, 17 e 18-06-96	52
Figura 29, Material de fundo - 07-09, 21-09, 03-10, 15-11 e 31-12-96.	55
Figura 30, Material de fundo dos dias 20-06, 14,10 e 24-10 de 1996	56
Figura 31, Material de fundo dos dias 16-07, 09-08 e 27-08.	57
Figura 32, Material de fundo 20-06 a 31 do 12-1996.	58
Figura 33 Material de arraste de fundo (Tratamento: Peneiramento a seco).	62
Figura 34, Material de arraste g/s	65
Figura 35, Concentração de material dissolvido.	67
Figura 36, Material particulado e dissolvido e precipitação	67
Figura 37, Material dissolvido hidro transportado na bacia no período de 26-06-89 a 30-09-96	68
Figura 38, Teor de Mo e resíduo mineral determinado por perda ao rubro e água absorvida deduzida a partir de TG e DSC.	74
Figura 39, Amostra 141	79
Figura 40, Amostra 142	79
Figura 41, Amostra 147	80
Figura 42, Amostra 148	80
Figura 43, Amostra 149	81
Figura 44, Amostras N.º 141, 142, 147, 148 e 149.	81
Figura 45, Minerais hidrotransportado no material particulado em 30-03-96 (1º)	85
Figura 46, Minerais hidrotransportado no material particulado em 30-03-96 (2º)	86
Figura 47, Minerais hidrotransportado no material particulado em 31-03-96	86
Figura 48, Minerais hidrotransportado no material particulado em 01-04-96	87
Figura 49, Minerais hidrotransportado no material particulado em 10-04-96	87
Figura 50, Minerais hidrotransportado no material particulado em 15-04-96	88
Figura 51, Minerais hidrotransportado no material particulado em 23-05-96	88
Figura 52, Minerais hidrotransportado no material particulado em 24-05-96	89
Figura 53, Minerais hidrotransportado no material particulado em 25-05-96	89
Figura 54, Espectro eletromagnético com enfoque para a faixa de captura do scanner	97
Figura 55, Escala de cores de Munsell, adaptado de KOHNKE (1968)	101
Figura 56, Matiz 10R	102
Figura 57, Matiz 2,5YR	102
Figura 58, Matiz 5YR	103

Figura 59, Matiz 7,5YR	103
Figura 60, Matiz 10YR	104
Figura 61, Matiz 2,5Y	104
Figura 62, Matiz 5Y	105
Figura 63, Palheta de cores do material transportado em suspensão	105
Figura 64, Imagens das amostras doe dias ,10-01-97, 04-03-97, 04-12-96, 09-07-96, 10-09-96 e 10-08-96	107
Figura 65, Imagens das amostras dos dias 25-06-96, 24-05-96, 15-04-96, 22-10-96 e 15-11-96.	108
Figura 66, Gráfico demonstrando a freqüência de pixels por incremento de cor, de todas as amostras.	109
Figura 67, Gráfico demonstrando a freqüência de pixels por incremento de cor, das amostras de 10-01-97, 10-08 e 15-04-1996.	109
Figura 68, Gráfico demonstrando a freqüência de pixels por incremento de cor, nos dias, 04-03-97, 04-12, 09-07, 10-09, 15-11, 22-10, 24-12 e 04-12-96.	110
Figura 69, Palheta de cores das amostras de solos	114
Figura 70,Imagens das amostras de solos	116
Figura 71, Gráficos demonstrando a freqüência dos incrementos de cores nas amostras de solo	117
Figura 72, Gráficos demonstrando a freqüência dos incrementos de cores nas amostras de solo	118
Figura 73, Cátions das águas do rio Pinhal	129
Figura 74, Cations das águas do Sudoeste e rio Pinhal	130
Figura 75, Ânions e CO ₂ do rio Pinhal.	130
Figura 76, SiO ₂ das águas do rio Pinhal e rios do Sudoeste do Paraná	131
Figura 77, Ânions e CO ₂ do rio Pinhal e de rios do Sudoeste	131
Figura 78, pH das águas do rio Pinhal	134
Figura 79, pH das águas do rio Pinhal e alguns afluentes	135
Figura 80, Bacia Hidrográfica do rio Pinhal, com destaque para estações fluvio sedimentométrica e locais de amostragem de pH.	135
Figura 81, classificação das águas do rio Pinhal pelo diagramas de Piper	138
Figura 82, Diagrama de equilíbrio do Ca.	140
Figura 83, Diagrama de equilíbrio do Na	141
Figura 84, Diagrama de equilíbrio do Mg	142
Figura 85, Diagrama de equilíbrio do K.	143
Figura 86, Ciclos geoquímicos maior e menor, na bacia do rio Pinhal	146
Figura 87, Geosfera de Mattson, adaptado de Fortescue (1980)	147
Figura 88, Prismas de paisagem, adaptado de Fortescue (1980)	148

Figura 89, Elementos migrantes segundo Perel'man	150
Figura 90, Descrição dos fluxos de matéria por Koslovski (1972)	151
Figura 91 Abaco para estimar a erodibilidade - K	165
Figura 92 Carta (mapa) de caracterização de capacidade de uso	190
Figura 93, Mapa tridimensional do lote 21 da Gl 204 SA, comparando a capacidade de uso com a utilização atual.	191
Figura 94, Mapa de uso atual das terras e situação das matas de preservação de recursos hídricos.	192
Figura 95, Comparativo da classificação granulométrica do material transportado na carga em suspensão e do fundo.	195

LISTA DE FOTOS HORIZONTAIS E AÉREAS E IMAGEM DE SATÉLITE.

DESCRIÇÃO	Fls.
Foto 01, Observa-se aspectos panorâmicos de lavouras manuais e de tração animal, pastagens, pequenas áreas de matas secundárias, capoeirões e capoeiras e formas de relevo forte ondulado.	203
Foto 02, Nesta foto está realçado os dois pontos de extremo leste, com as maiores altitude (740m). Aparecem também área de capoeirões, capoeiras, lavouras de tração animal e pastagem.	204
Foto 03, Estação fluvisedimentométrica de montante. Ângulo de visada de jusante para montante.	205
Foto 04, Perfil de solo Litólico Eutrófico, em um barranco de estrada, na meia encosta	205
Foto 05, Estação Pinhal. Ângulo de visada de montante para jusante.	206
Foto 06, Estação Pinhal, ângulo de visada de jusante para montante.	206
Foto 07, Na base está área de cambissolos preparada para o plantio e área de pastagem em relevo forte ondulado.	207
Foto 08, Perfil de Cambissolo eutrófico, em um barranco de estrada, sob mata secundária	207
Foto 09, Observa-se aspectos panorâmicos de lavouras manuais e de tração animal, pastagens, pequenas, áreas de matas secundárias, capoeirões e capoeiras e relevo.	208
Foto 10, Realça o vale da bacia, salientando as formas de relevo.	209
Foto 11, Enfatiza pequenas áreas de cambissolo em fundo de vale, lavoura de mandioca de subsistência e pastagem.	209
Foto 12, Área mecanizada após colheita de feijão e com cultura de fumo. Matas secundárias de preservação de recursos hídricos.	210
Foto 13, Área mecanizada com restos culturais de milho, cultivado através de plantio direto.	210
Foto 14, Observa-se aspectos panorâmicos de lavouras, pastagens, áreas de matas secundárias, capoeirões, capoeiras, e formas de relevo	211

Foto 15, Aparecem relevo suave ondulado, pastagens e lavouras, matas secundárias de preservação de recursos hídricos.	212
Foto 16, Demonstra relevo, lavouras e pastagem.	213
Foto 17, Aparece parte do perímetro urbano de Pinhal de São Bento, formas de relevo, lavouras, pequenos capões de mata secundária e cpoeirão.	214
Foto 18, Destaca parte o perímetro urbano de Pinhal de São Bento e ao fundo lavouras, mata secundária e relevo.	215
Foto 19, Realça área de lavouras mecanizadas e formas de relevo .	216
Foto 20, Pluviômetro ordinal, construído artesanalmente, utilizando PVC branco.	217
Foto 21, Amostrador de material de arraste de fundo, tipo VUV, construído artesanalmente utilizando latão e solda a oxigênio	217
Foto 22, Conjunto para filtrar água, construído artesanalmente	218
Mosaico de fotos aéreas de 1980, com localização das fotos horizontais e respectivos ângulos de visada.	219
Fotos aéreas de 1976 e. Imagem de satélite da bacia efetiva	220
Fotos aéreas de 1980 da bacia efetiva.	221

LISTA DE TABELAS

DESCRIÇÃO DA TABELA	Fls.
Tabela 01, Coordenadas geográficas dos pontos extremos da bacia.	07
Tabela 02, Composição química dos solos da bacia do rio Pinhal	12
Tabela 03, Características físicas dos solos da bacia efetiva do rio Pinhal	13
Tabela 04, Tipos de Solo e classe de declive da bacia do rio Pinhal	14
Tabela 05, Temperatura média mensal de Francisco. Beltrão e planalto período de 1973 a 1996 – SIMEPAR	15
Tabela 06, Temperatura na bacia do rio Pinhal (1973 a 1996).	15
Tabela 07, Precipitação média na bacia a partir das estações de FB e PL	17
Tabela 08, Precipitação pluviométrica na bacia do rio Pinhal no período 1996/1997.	18
Tabela 09, As características morfométricas da bacia efetiva do rio Pinhal	20
Tabela 10, Cobertura vegetal da bacia do rio Pinhal.	24
Tabela 11, Comparação entre o potencial de uma mata primária e uma secundária.	25
Tabela 12, Resumo da comparação do potencial entre uma mata primária e uma secundária	26
Tabela 13, Uso da Terra em 1976, 1980 e atual, na bacia do rio Pinhal.	29
Tabela 14, Resumo da cobertura vegetal e formas de uso	30
Tabela 15, Estrutura fundiária da bacia do rio Pinhal	31
Tabela 16, Tempo de retiradas em função da temperatura, para pipetagem	36
Tabela 17, Dados planialtimétricos da Estação Pinhal	38
Tabela 18, Dados Flúvio-Sedimentométrico da Seção Pinhal	41
Tabela 19, As cotas mais elevadas ocorreram em 46 dias de observação	45
Tabela 20, Demonstrando dias com maior movimento de material particulado.	49
Tabela 21, Dados da amostras submetidas ao tubo de retirada pelo fundo.	50
Tabela 22, Amostra de material de Fundo em 07-09-96, 21-09-96, 03-10-96 e 03-10-96	54
Tabela 23, Amostra de material de Fundo 15-11-96 e 31-12-96	55
Tabela 24, Amostra de material de Fundo 20-06-96, 14-10-96 e 24-10-96	56
Tabela 25, Amostra de material de Fundo em 16-07-96, 09-08-96 e 27-08-96	57
Tabela 26, Material de fundo, segundo a classificação americana - média de sedimento por classe de diâmetro dentro da seção, nas margens "e" e "d" e no centro.	58
Tabela 27, Comportamento do material de fundo em 07-09, 21-09, 03-10, 15-11 e 31-12-96	59
Tabela 28, Fatores que contribuíram na caracterização do material de fundo em 07-09, 21-09, 03-10-96, 15-11-96 e 31-12.	59

Tabela 29, Resumo do material de fundo, nos dias 20-06, 14-10 e 24-10 de 1996	60
Tabela 30, Fatores que contribuíram na caracterização do material de fundo em 20-06; 14-10 e 24-10-96.	60
Tabela 31, Material de arraste de fundo.	61
Tabela 32, Material de arraste de fundo	62
Tabela 33, Distribuição da granulometria em relação a amostra total	63
Tabela 34, Material em suspensão e de arraste	65
Tabela 35, Material dissolvido e particulado total transportado pelo Rio Pinhal	66
Tabela 36, Teor de MO e resíduo mineral, identificados por combustão ou perda ao rubro e teores de água de absorção identificados por TG e DSC	75
Tabela 37, Picos endotérmico e exotérmico em minerais de argila e substâncias	77
Tabela 38, Reações que podem ocorrer em minerais através da TG	78
Tabela 39, Perdas de massa por DSC e TG	82
Tabela 40, Teores diários de MO e Resíduo Mineral (TG e DSC)	83
Tabela 41, Amostras e respectivos minerais encontrados	90
Tabela 42, Possível origem dos minerais existentes na bacia	91
Tabela 43, Comportamento espectral das cores do solo, na faixa do visível.	98
Tabela 44, Contribuição das cores amarelo e vermelho na formação da matiz	100
Tabela 45, Cor de matéria orgânica no solo e de alguns minerais no solo e em fragmentos de rochas	101
Tabela 46, Incrementos de cores para as imagens de material em suspensão em 256 níveis	106
Tabela 47, Contém dados dos incrementos de cores dos dias 10-09 e 10-08-96,	110
Tabela 48, Contém dados dos incrementos de cores dos dias, 04-12-96, 04-03-97, 09-07-96.	111
Tabela 49, Contém dados dos incrementos de cores dos dias 04-05, 15-11 e 22-10-96-96,	111
Tabela 50, Contém dados dos incrementos de cores dos dias 25-06-96 e 15-01-97 e 15-04-96,	112
Tabela 51, Demonstrando incrementos de cores com presença mais marcante nas amostras	112
Tabela 52, Incrementos de cores para as imagens de solo em 256 níveis.	115
Tabela 53, Frequência dos principais incrementos de cor , no cambissolo	119
Tabela 54, Frequência dos principais incrementos de cor , na Terra roxa	120
Tabela 55, Frequência dos principais incrementos de cor , no Latossolo	121
Tabela 56, Frequência dos principais incrementos de cor , no litólico	122
Tabela 57, Demonstrando possíveis minerais presentes nas amostras de solo, segundo as cores componentes	123
Tabela 58, Composição média das águas	127

Tabela 59, Teores de cátions e sílica das águas do rio Pinhal, rios de basalto e rios do mundo.	127
Tabela 60, Características química das águas do rio Pinhal e rios do Sudoeste do PR	128
Tabela 61, Teores de ânions e de CO ₂ , das águas do rio Pinhal e de vários rios do Sudoeste.	130
Tabela 62, Caracterização do pH nas águas do rio Pinhal e alguns de seus afluentes.	133
Tabela 63, Análise química de 03-11-96.	136
Tabela 64, Análise química de 06-04-97.	136
Tabela 65, Balanço iônico	137
Tabela 66, % em mEq de Cátions.	137
Tabela 67, % em mEq de Ânions.	137
Tabela 68, Equilíbrio de dissolução de minerais	144
Tabela 69, Grau de saturamento das águas da bacia.	144
Tabela 70, Resultado de análises bacteriológicas das águas do rio Pinhal efetuada no período de 1995 a 1996 pela SANEPAR	144
Tabela 71, Níveis bacteriológicos desejáveis e aceitáveis de qualidade da água in natura para fins potáveis	145
Tabela 72, Composição química da crosta e rochas basálticas em (%)	149
Tabela 73, Abundância dos elementos na Terra	150
Tabela 74, Classificação de elementos migrantes segundo Polinov (1951).	150
Tabela 75, A relativa mobilidade de nove elementos e Ions na paisagem	153
Tabela 76, Comparativo de substâncias dissolvidas em águas de rios e águas do rio Pinhal.	154
Tabela 77, Percentagem em peso e proporção molecular dos óxido dominantes no basalto do rio Pinhal	155
Tabela 78, Proporção molecular dos óxido distribuídos nos minerais fundamentais, representando uma composição normativa teórica dos basaltos da bacia rio Pinhal	155
Tabela 79, Composição química média das águas do rio Pinhal	156
Tabela 80, Proporção de óxido em peso em 1 m ³ de rocha	156
Tabela 81, Proporção molecular dos óxido distribuídos nos minerais fundamentais	157
Tabela 82, -Fator K	164
Tabela 83, Comprimento e declividade das encosta e fator LS	166
Tabela 84, Fator C e P	167
Tabela 85, Uso da Terra em 1976, 1980 e atual	167
Tabela 86, Resumo das perdas de solo por erosão laminar em 1976, 1980 e atual.	168
Tabela 87, Formas de uso e perdas de solo em 1976	169
Tabela 88, Resumo do uso da terra e perdas de solo por erosão laminar em 1976	171
Tabela 89, Formas de uso e perdas de solo por erosão laminar em 1980	172

Tabela 90, Resumo de uso da terra e perdas de solo por erosão laminar em 1980	174
Tabela 91, Formas de uso e perdas de solo por erosão laminar, atuais	175
Tabela 92, Resumo de uso da terra e perdas de solo por erosão laminar atuais	177
Tabela 93, Fator Xa	179
Tabela 94, Resumo da distribuição do fator Z na bacia	180
Tabela 95, Perdas de solo na bacia pelo método de Djorovic	181
Tabela 96, Resumo geral das perdas de solos por erosão, rebaixamento superficial do perfil e do manto de intemperismo.	184
Tabela 97, Tolerância de perdas de solo em toneladas por ano e parâmetros utilizados.	186
Tabela 98, Capacidade de uso e práticas conservacionistas	187
Tabela 99, CP tolerável para cada tipo de solo	187
Tabela 100, Fatores mais importantes no transporte de material em suspensão	194
Tabela 101, Dados obtidos através da TG e DSC e Perda ao Rubro.	196
Tabela 102, Períodos de maior concentração de MO	196
Tabela 103, Dados de amostras tratadas por Raio X e Imagem digitalizada	198
Tabela 104, Amostra submetida a identificação de MO por perda ao rubro e identificação da mineralogia por imagem digitalizada.	198
Tabela 105, Resumo das perdas de solo por erosão	201

INTRODUÇÃO

Uma bacia hidrográfica, em condições naturais, poderá atingir o seu estado de equilíbrio dinâmico pelo ajuste das suas variáveis às condições externas. Isto é, as formas e os seus atributos apresentam valores dimensionais de acordo com a influência exercida pelo ambiente, que controla a quantidade de matéria e energia a fluir pelo sistema hidrográfico. Em uma bacia hidrográfica, as condições climáticas, lito-estruturais, ecológicas e outras vão condicionar a estruturação de determinada rede de drenagem, a circulação de matéria e energia, as formas de relevo, enfim toda a dinâmica externa. Depois de alcançada a estabilidade, a geometria da rede fluvial e a morfologia entram em estado de equilíbrio dinâmico e só sofrerão alterações bruscas se ocorrer mudanças significativas nas variáveis condicionantes.

A cobertura vegetal é um dos fatores mais importantes, responsável pelo equilíbrio das bacias nos aspectos mecânico, hídrico e químico. A retirada da vegetação por ocupação antrópica possibilita o desencadeamento de condições de alta energia no ecossistema. Estas forças promovem mudanças no regime hidrológico, alterações das características superficiais, além de causar uma redução acentuada, temporária, da permeabilidade de amplas áreas, entre outros fatores.

As mudanças no regime hidrológico em regiões úmidas ocorrem pelo rebaixamento do nível freático médio, com o aumento do escoamento superficial e a alteração do fluxo das águas subterrâneas. O rebaixamento do lençol freático provoca o desaparecimento de nascentes e, conseqüentemente, muitos cursos de água de 1ª ordem tornam-se intermitentes ou desaparecem. O aumento do escoamento superficial acelera o processo erosivo, a maior exposição do solo aos agentes da intempéries, intensificam a pedogênese e dinâmica interna da água no perfil. Como conseqüência, ocorre uma aceleração na remoção de detritos e substâncias químicas das vertentes, os quais são levados para o fundo dos vales, podendo alcançar os cursos de água e serem transportados para jusante ou sofrer o processo de deposição.

Essas mudanças se manifestam sem que ocorram alterações climáticas significativas que as justifiquem. As atividades de ocupação e uso das terras passam a intensificar a atuação dos processos morfogenéticos, onde a erosão hídrica por escoamento superficial difuso e

concentrado predomina. Nestas condições, a morfogênese supera a pedogênese, iniciando um processo de degradação ambiental acelerado.

A erosão, o transporte e a deposição são processos que não podem ser separados. Eles são interdependentes dentro de relações constantemente mutáveis do fluxo e da carga existente. A capacidade de erosão de um fluxo depende mais da natureza das partículas por ele transportadas do que do volume de água. A ação corrosiva tende a eliminar a rugosidade da superfície. O fluxo aumenta para a jusante, assim como sua carga. Com a diminuição do fluxo, ocorre a deposição.

Os materiais erodidos e de arrastado das vertentes que alcançam os cursos d'água, são transportados em suspensão, saltação ou rolamento, de acordo com a velocidade da corrente. Na maioria dos rios, os sólidos transportados em suspensão são constituídos principalmente por argilominerais e por frações granulométricas inferiores a silte médio. A fração de areia é transportada por arraste de fundo.

A determinação da erosão do solo em uma vertente fornece uma visão particular de certas áreas, sob condições específicas, ao passo que, aquela realizada em um curso d'água apresenta uma visão global do movimento de sólidos em uma bacia hidrográfica.

Ao analisar o material carregado por erosão nas vertentes e o material particulado e dissolvido transportado em cursos d'água, pode-se avaliar a quantidade de rocha envolvida no intemperismo, estabelecer a velocidade de aprofundamento do manto de alteração e a velocidade do processo erosivo. É possível portanto, estimar a taxa de denudação em uma bacia hidrográfica.

Pesquisas sobre processo erosivo de solos e transporte de sólidos por águas superficiais são desenvolvidas em diferentes países do mundo e são de grande importância para medir o impacto ambiental sobre os ecossistemas.

No Estado do Paraná, os estudos da ação erosiva do solo e do transporte de sólidos por águas superficiais são recentes e surgiram na década de 70, dentre os quais destacam-se:

As primeiras medições do transporte de sólidos foram desenvolvidas pelo Centro de Hidráulica da UFPR, sob responsabilidade do Eng.º Fabio Ramos. Foram feitas medidas hidráulico-sedimentológica nos rios Suruquá, Água do Meio e Ribeirão do Diabo BIGARELLA e MAZUCHOWSKI (1985).

O início de medições sistemáticas de sólidos hidro-transportado, ocorre em 1974, pela Administração de Recursos Hídricos e Instituto de Pesquisas Radioativas, quando são implantadas 4 estações hidráulico-sedimentológicas no Noroeste do Estado, nos ribeirões Horácio, Vinte e Um, Rato e uma no principal coletor do Rio Ivai.

No período de 1974 a 1978, os dados obtidos pelos órgãos já citados acima na bacia do rio Ivai foram avaliados e serviram de base para determinação de taxas de erosão em área do Caiuá e da Formação Serra Geral. Estes dados foram consubstanciados nos trabalhos de BITTENCOURT (1978, 1980 e 1982), em relatórios da ARH-SUREHMA, atual IAP e SUDERHSA.

A ARH-SUREHMA e a CETESB executaram, em 1978 e 1980, estudos de transporte de sólidos na bacia do rio Paraná, a pedido da Itaipu-Binacional.

Atualmente, estudos são realizados pelo IAP/SUCEAM, COPEL e DNAE, através de uma rede de estações distribuída em todas as regiões do Estado.

No sudoeste do Paraná, estudos sobre erosão e transporte de sólidos em águas superficiais são realizados por órgãos estaduais tais como o IAPAR, DNAE e IAP/SUCEAM. Porém tais estudos são dissociados, sendo que o primeiro estuda o desgaste do solo por processo erosivo e os demais, o transporte de sólidos em bacias hidrográficas da região, não permitindo uma avaliação completa das causas e conseqüências desse processo.

A bacia do rio Pinhal no município de Pinhal de São Bento - PR, está submetida a intensa exploração agrícola, e os problemas de degradação ambiental pelo mau uso do solo, necessitam de averiguação, e considerando que em sua área de abrangência existem condições de clima, solo, relevo e uso da terra, similares a de outras áreas do Sudoeste do Paraná, por isso a elegemos para desenvolver nosso trabalho.

O estudo contou com três métodos básicos que são: i) Implantação de uma estação flúvio-sedimentométrica, para avaliar no período de um ano o material particulado e dissolvido hidro-transportado na bacia. ii) O processo erosivo do interflúvio, foi quantificado através da Equação Universal de Perdas de Solo sendo avaliada a erosão laminar e iii) pelo método de DJOROVIC (1974), a quantidade de material transportado na bacia, oriundo de degradação por erosão.

No processo de avaliação flúvio-sedimentométrico, amostras de água foram coletadas e submetidas a análise de laboratório, para quantificar a composição química e sólidos hidrotransportados. O material particulado foi submetido a testes de raio X, para identificação da constituição mineralógica. Utilizando os métodos de Combustão e Termogravimetria Diferencial e Calorimetria de Varredura Diferencial simultâneas, foram identificados os teores de matéria orgânica.

Através de imagem digitais de amostras de material particulado hidrotransportado e solos, também foi avaliado a constituição mineralógica.

As análises químicas permitiram avaliar os teores de cátions, ânions e sílica das águas da bacia, identificando a qualidade.

Os dados de material particulado transportado e constituição química das águas, interpretados junto com a constituição química das rochas, usando o método de TARDY (1971), citado em BITTENCOURT (1978), permitiram avaliar o índice de denudação superficial e alteração do manto de intemperismo no processo de formação de solos na bacia.

Conhecidas as características físico-químicas dos solos e aspectos do relevo, os dados foram submetidos a Equação Universal de Perdas de Solos - USLE, por um processo de setorização por microbacias, quantificando a erosão laminar no interflúvio.

Identificado o material particulado hidrotransportado e as perdas por erosão laminar no interflúvio, ajustamos o método de DJOROVIC (1974) citado por CARVALHO (1994) às condições da bacia, procedendo avaliação de material erodido e transportado. Este último método pode ser extrapolado à outras bacias da região.

A escolha desses métodos, portanto, não é fruto do acaso, mas por que permitem uma visão total da degradação em uma bacia hidrográfica e delinear ações de controle.

II - OBJETIVOS

2.1 - Objetivo Geral

Estudar de forma integrada a dinâmica superficial na bacia hidrográfica do Rio Pinhal, no município de Pinhal de São Bento PR, utilizando métodos que permitam avaliar de forma mais completa possível o processo de degradação na bacia e sugerir formas adequadas de controle.

Em síntese, o trabalho segue três linhas básicas de pesquisa, que são:

- Monitoramento direto do fluxo de material (líquido e sólido) no curso do rio.
- A quantificação da erosão laminar no interflúvio, pela Equação Universal de Perdas de Solo.
- A quantificação da degradação na bacia por processo erosivo, pelo método de Djorovic.

O monitoramento direto por estação flúvio-sedimentométrica, além de possibilitar a avaliação de fluxos, permitiu a coleta de amostras de água e material particulado em suspensão e de fundo, para caracterização físico/química do material veiculado.

Conhecido aspectos da degradação ambiental na bacia, ter-se-á base para propor uma carta de capacidade de uso, visando a correção o controle desse processo, através do uso racional do solo.

2.2 - Objetivos Específicos

- Localizar e mapear a área objeto de estudos.
- Identificar e mapear as características físicas da bacia hidrográfica, no que tange a geologia, topografia, solos, vegetação, hidrografia e clima;
- Caracterizar os tipos de solos quanto aos aspectos físicos, químicos e mineralógicos.

- Caracterizar a cobertura vegetal primitiva, correlacionando-a com a cobertura vegetal atual.
- Efetuar estudo comparativo do uso da terra nos anos de 1976, 1980 e atual.
- Identificar as características climáticas da região, através da análise de dados de temperatura e precipitação; coletados por estação meteorológicas da região.
- Identificar as características topográficas da bacia no que tange a: declividade média total da bacia; média de declive do gradiente do leito do rio.
- Analisar a drenagem quanto a padrão e densidade;
- Verificar a erosividade das chuvas e erodibilidade dos solos;
- Implantar estação fluviosedimentométrica no médio curso do rio Pinhal, para coleta de amostras de água e cota, com a finalidade de medir: a vazão diária; temperatura da água; pH da água; material em solução e em suspensão transportado no leito do rio.
- Quantificar o processo erosivo do solo;
- Verificar o índice de aprofundamento do manto de alteração e a dinâmica do intemperismo na bacia;
- Correlacionar o processo de denudação superficial com o aprofundamento do manto de intemperismo.
- Identificar a degradação ambiental na bacia;
- Calcular o valor crítico do processo de degradação.
- Emitir parecer final sobre a situação da degradação ambiental na bacia e sugerir medidas de controle.

III – LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

3.1. Localização

A bacia hidrográfica do rio Pinhal está inteiramente localizada no município de Pinhal de São Bento, microrregião homogênea 289, na região Sudoeste do Estado do Paraná. Geograficamente, a área total da bacia está assim situada:

Tabela 01, Coordenadas geográficas dos pontos extremos da bacia.

Ponto extremo à	Latitude		Longitude	
	Bacia T	Bacia E	Bacia T	Bacia E
Norte	26°00'13"S	26°01'05"S	53°28'56"W	53°28'04"W
Sul	26°02'59"S	26°02'59"S	53°27'46"W	53°27'46"W
Leste	26°02'18"S	26°02'18"S	53°25'12"W	53°25'12"W
Oeste	26°01'26"S	26°01'56"S	53°32'01"W	53°47'42"W
Altitude	Mínima		Máxima	
	360m	480m	740m	740m

Legenda: T – Bacia total; E – Bacia efetiva.



Figura 01, Localização da Bacia no Estado do Paraná.

Área: da bacia total: 2.747,2ha.; da bacia efetiva: 975,6ha.

O rio Pinhal é tributário da margem direita do rio Capanema e este por sua vez, é afluente da margem esquerda do rio Iguaçu. Sendo, portanto, esta bacia parte da bacia do Iguaçu e Paraná.

3.2 Materiais e Métodos

3.2.1 - Cartografia

Os mapas caracterizando o processo evolutivo do uso da terra foram elaborados a partir de fotos aéreas e imagens de satélite. Foi criada uma base cartográfica, a partir das cartas geográficas SG-22-IV-4, SG-22-V-C-V-3, SG-22-Y-A-I-2, SG-22-Y-A-II-1, todas do Ministério do Exército, na escala 1:50.000 e ano de confecção 1980 e, sobre esta base, acrescentou-se, os dados de uso da terra obtidos das fotos e imagem. Os dados de 1976, foram extraídos de fotos aéreas em E:1:70.000, de 1980, de fotos em E:1:25.000 e uso atual, de imagem do LANDSAT 5, Sensor TM, órbita ponto 223/78, Bandas R5, G4 e B2, de 25-03-91 e reconhecimento de campo.

As fotos aéreas, além de serem interpretadas por estereoscópio, foram scaneadas e trabalhadas nos programas Aldus Photo Styler 2.0 e Coreldraw. Os três mapas de uso da terra após devidamente digitalizados formaram “layers” com níveis de informação.

O relevo foi analisado através das cartas geográficas já mencionadas, das quais a parte que abrange a bacia foi digitalizada através de mesa digitalizadora, quanto a seus dados planialtimétricos.

Para elaboração do mapa de caracterização de solos foi efetuado um reconhecimento prévio dos solos que ocorrem na bacia, através das fotos aéreas, imagem de satélite, Mapa de Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado do Paraná -E:1:1.600.000(1984), e Cartas Geográficas já mencionadas, e por visitas “in loco”. Desse modo, foi possível caracterizar os tipos de solos e os respectivos locais de ocorrência.

3.2.2 - Pluviometria

Os dados pluviométricos do período de 25-05-96 a 22-03-97 foram obtidos por meio de pluviômetro do tipo ordinal, implantado na bacia hidrográfica, situado nas coordenadas geográficas: Latitude - 26°02'16”S, Longitude - 53°29'51”W e Altitude 500m.

O equipamento foi construído todo em PVC branco, com as seguintes dimensões: Diâmetro da seção superior - 200mm; Raio da seção superior 100mm, Área da seção superior - ($A=\pi \times R^2$), $A= 31.415,92\text{mm}^2$, vide figura 02 e foto20, às fls 219.

Proveta de medida:

Área da seção = $2.084,83\text{mm}^2$

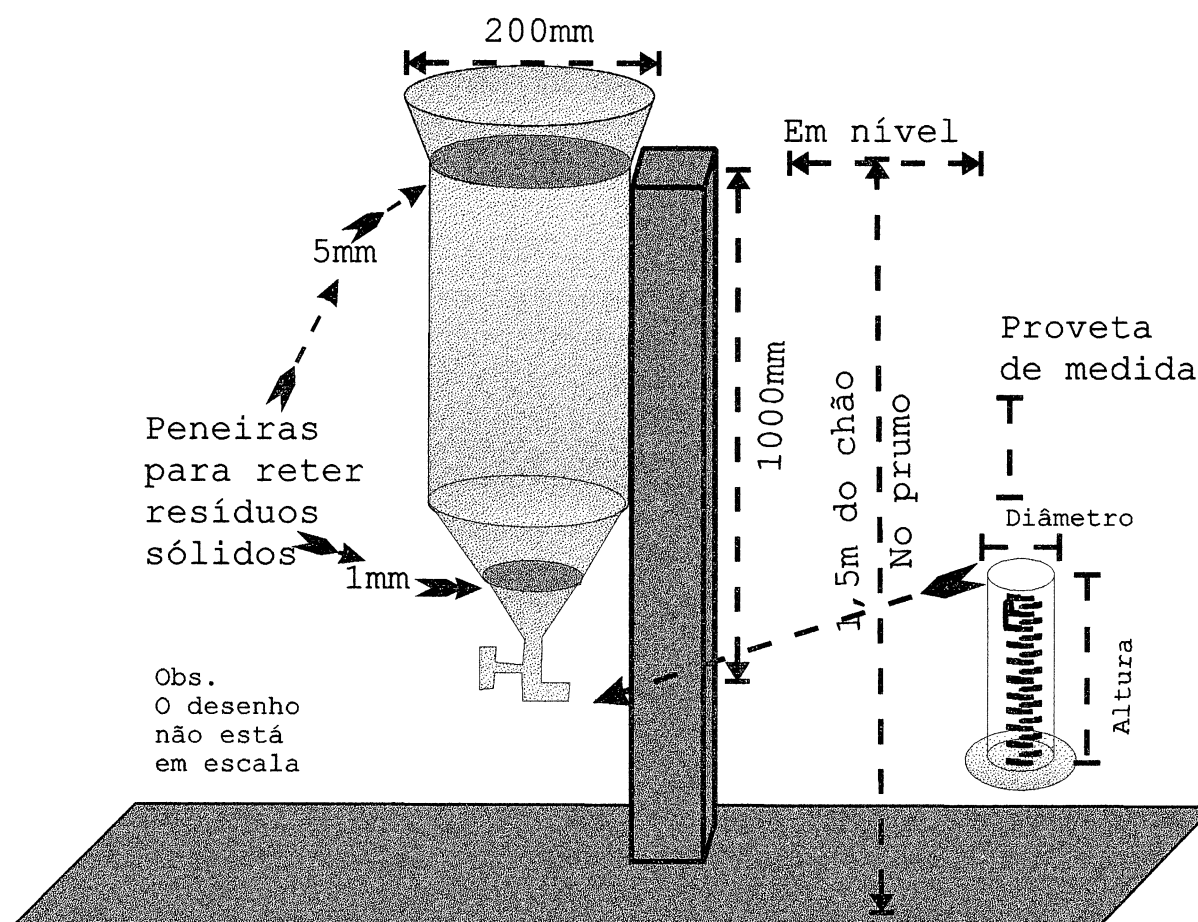


Figura 02, Pluviômetro do tipo ordinal

As coletas no pluviômetro, foram feitas diariamente, as 8:00 e 18:00 horas. Para coleta, o monitorador do pluviômetro abria uma torneira na parte inferior e colhia o material em uma proveta. Os dados da coleta submetidos à fórmula a seguir possibilitavam conhecer a precipitação diária.

Fórmula $P= H \times (s/S)$, onde P =Precipitação (mm); H = Altura na proveta de medida; s = área da seção da proveta; S = Área da seção do pluviômetro HARRANG (1970).

Para caracterização da precipitação na bacia, no período de 1973 a 1996, e média diária no período de 22-03 a 25-05-96, procedemos uma adaptação do método de THIESSEN citado em PINTO et al (1973, p28), uma vez que existem apenas duas estações meteorológicas, cujos dados podem ser vinculados à bacia.

3.3 - Características fisiográficas

3.3.1 - Geologia

A bacia está localizada no Terceiro Planalto Paranaense, sendo o substrato constituído por rochas do Grupo São Bento, Formação Serra Geral. A litologia é formada por efusivas básicas da Era Mesozóica, representada por basaltos toleíticos cortados por diques e sills de diabásio. São minerais essenciais dos basaltos os feldspatos álcali-cálcicos e piroxênios, ambos totalizando de 70 a 80% do volume da rocha. A maioria dos plagioclásios está na faixa da andesina, ocorrendo também os feldspatos potássicos, geralmente microcristalinos, constituindo até 10% da rocha. Dos piroxênios destacam-se as pigeonitas e clinopiroxênios sub-cálcicos, sendo que as augitas e ferroaugitas estão nos equivalentes intrusivos. Os opacos encontrados são as magnetitas. É comum a existência de basaltos amigdalóides, às vezes preenchidos por quartzo, variedades microcristalina ou hidratadas de sílica, calcita e zeólitas.

3.3.2 - Solos

Na área ocorrem solos do tipo Litólico Eutrófico - LE, Cambissolo Eutrófico - CE, Terra Roxa Estruturada Eutrófica – TREE e Latossolo Roxo Eutrófico - LRE, todos originários da meteorização do material litológico já descrito. A caracterização e descrição que consta na sequência, foi fundamentada em dados de solos similares aos que ocorrem na área, que constam em CARDOSO et al (1984).

- **Litólico Eutrófico:** É um solo pouco desenvolvido, com profundidade de 35cm, seqüência de horizontes A/C/R. O horizonte A, possui profundidade de 0 a 35cm, cor bruno avermelhado-escuro; argiloso, estrutura fraca média granular e fraca pequena blocos subangulares; macio, friável plástico e pegajoso; transição clara e plana. O horizonte C, com profundidade de 35 a 70 cm, é composto por rochas em decomposição. Fertilidade natural média caracterizada por pH na faixa de 5,6.

- **Cambissolo Eutrófico:** Compreende solos medianamente profundos, com seqüência de horizontes A, (B), C e R, com transição clara entre os horizontes. O horizonte A, com profundidade de 0 a 25cm, bruno-avermelhado-escuro, argiloso, estrutura fraca a moderada pequena granular, macio, friável, ligeiramente plástico e não pegajoso. O horizonte B (B), com 25 a 75cm de profundidade, bruno-avermelhado-escuro, argila moderada pequena

blocos subangulares, macio, friável, ligeiramente plástico e pegajoso, transição difusa e plana. O horizonte C, com 75 a 120cm de profundidade, constituído de cascalhos e calhaus parcialmente intemperizados, de coloração bruna. O R, rochas não intemperizadas.

• **Terra Roxa Estruturada Eutrófica** - É um solo de moderada fertilidade natural, pouco ácido e com pouco alumínio trocável. Apresenta pequena variação textural e de cor no perfil, sendo as transições entre os horizontes graduais ou difusas. Apresenta seqüência de horizontes A/B/C/R. O horizonte A, com 0 a 30cm de profundidade, com cor bruno-avermelhado-escuro, argiloso, estrutura pequena e média granular, macio, friável, plástico e muito pegajoso, transição clara e plana. O horizonte B, com profundidade de 30 a 120cm, cor bruno-avermelhado-escuro, muito argiloso, estrutura de moderada a forte pequena blocos subangulares a moderada pequena a média blocos subangulares, cerosidade moderada de comum a abundante, plástico e muito pegajoso, transição gradual e plana. O horizonte B/C, com espessura 120 a 140cm, mistura de solo e do horizonte B com material de rocha em alto grau de meteorização. O R, rochas não intemperizadas.

• **Latossolo Roxo Eutrófico** - Solos minerais não hidromórficos, com horizonte B latossólico. Possui coloração aroxeadada, profundo, poroso, muito friável, acentuadamente drenado. Possui seqüência de horizontes A, B, C e R, sendo a transição entre os horizontes A e B pouco nítida. A textura dos horizontes A e B é muito argilosa, ocasionando um baixo gradiente textural. O horizonte A possui estrutura pequena e média granular, moderadamente desenvolvida. No horizonte B, é comum a ocorrência de estruturas fracas, de tamanho médio, em blocos subangulares e forte ultrapequena granular. O grau de consistência do perfil vai de macio quando seco, muito friável ou friável quando úmido e plástico e pegajoso com o solo molhado. O horizonte C constituído por mistura de solo do B com rocha em decomposição. Quanto à fertilidade natural, os quatro tipos de solo naturalmente apresentam fertilidade natural alta, sendo inclusive o litólico e o cambissolo os mais férteis, porém, feitas as análises, foi constatada presença de acidez na maioria deles, conforme dados de pH constante na tabela 02. A média ideal de pH é de 5,5 a 6,5.

Tabela 02, Composição química dos solos da bacia efetiva do rio Pinhal

Solo	PH	Espécies conc. Cmolc/dm ³						P mg/dm ³	C mg/dm ³	M %	V %
		CaCl	Al ⁺²	H+Al	Ca ⁺² +Mg ⁺²	Ca ⁺²	K ⁺				
C.E.	4,2	3,0	10,4	2,4	1,5	0,07	12,9	2,0	16,4	54,8	19,2
L.R.E.	5,4	0,0	4,2	9,4	7,3	0,26	13,9	2,0	16,4	0,0	69,7
L.E.	5,6	0,0	2,7	30,4	27,8	0,91	34,0	2,0	26,6	0,0	92,1
T.R.E. E.	4,6	0,7	5,3	5,7	4,1	0,14	11,1	2,0	17,1	10,7	52,4

Legenda: P - fósforo, C - carbono, M - $(100 \times \text{Al}^{+++}/\text{Al}^{+++} + \text{S})$, V - saturação de bases.

Pelo valor de saturação de bases, podemos determinar se um solo é eutrófico ou distrófico se o valor de V for $\leq 50\%$ é distrófico, se for $\geq 50\%$, eutrófico. Dos quatro tipos de solos, o cambissolo se enquadra como distrófico, sendo os demais eutróficos. Na verdade, o que predomina na bacia são os solos eutróficos e o caso do cambissolo apresentar esta saturação de bases ($V=19,2\%$) é porque a coleta da amostra foi realizada em uma mancha de solo ácido.

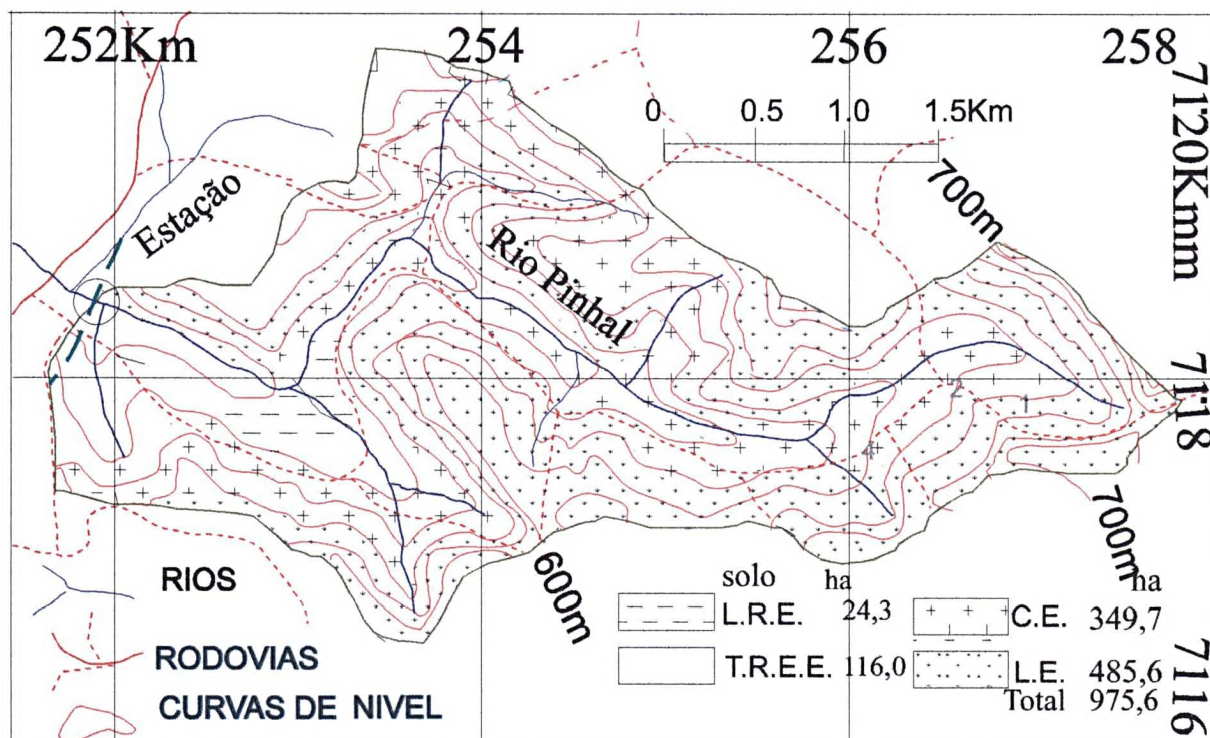


Figura 04, Mapa de caracterização dos solos da bacia efetiva do rio Pinhal. (Maiores detalhes vide fotos 01 a 19 fls. 205 a 218).

Tabela 03, Características físicas dos solos da bacia efetiva do rio Pinhal

Solo	Areia fina (%)	Areia grossa (%)	Total de areia (%)	Silte (%)	% de MO	Argila (%)
C.E.	4.0	4.0	8.0	32.0	1.58	60.0
L.R. E.	4.0	10.0	14.0	30.0	1,58	56.0
Li.E.	4.0	6.0	10.0	48.0	2.58	42.0
T.R.E. E.	4.0	6.0	10.0	24.0	1.71	66.0

3.3.2.1 Classificação textural do horizonte A.

Para classificação textural dos solo usamos o digrama da figura 05, embasado em método do IAC.

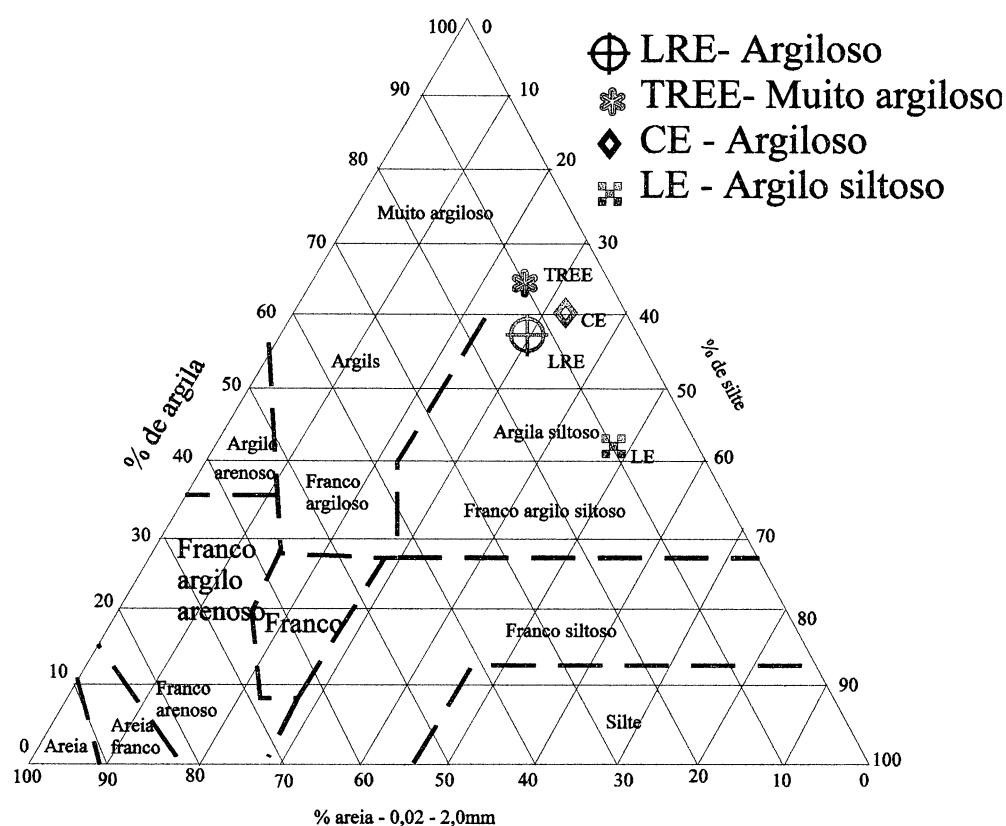


Figura 05, Classificação textural dos solos da bacia do rio Pinhal, pela classe textural do IAC.
Fonte: Adaptado de JORGE (1985 p50).

Plotados os parâmetros texturais das amostras no diagrama, os solos assim se classificam: LRE, Argilosos; TREE, muito argiloso; CE, argiloso; e LE, argiloso siltoso.

Tabela 04 Tipos de Solo e classe de declive da bacia efetiva do rio Pinhal

Tipo	Solo		Declividade %	
	Área ha	Média	Máxima	Mínima
CE	349,7	9,9	16,5	4,0
LE	485,6	19,5	29,0	12,4
LRE	24,3	2,6	2,7	2,5
TREE	116,0	5,5	9,3	2,3
Total	975,6			

Para determinação da área de abrangência de cada solo, usamos como parâmetros a declividade, processo de fotointerpretação e reconhecimento a nível de campo, conforme já descrito.

3.3.3 - Clima

Os dados das tabelas 05, 06 e 07, que perfazem uma média de 23 anos de observações, caracterizam o tipo climático como mesotérmico úmido, com temperatura média mensal de 19,9 °C, precipitação média mensal de 163,53mm e total anual de 1962,4mm

anuais. Estes dados, na classificação de Koppen, enquadram-se no tipo climático Cfa. Maiores detalhes vide figuras 06, 07 e 08 e tabelas 05, 06, 07 e 08.

Tabela 05, Temperatura média mensal de F. B. e PL. no período de 1973 a 1996 - SIMEPAR

Mês	Máximas		Mínimas		Média das Máximas		Média das Mínimas		Médias mensais		DVP/Per. No período	
	PL	FB	PL	FB	PL	FB	PL	FB	PL	FB	PL	FB
01	37,4	36,4	11,4	8,0	31,3	30,1	20,8	18,5	25,4	23,5	0,7	0,6
02	37,6	36,0	12,8	8,7	30,4	29,7	20,4	18,2	24,8	23,0	0,8	0,6
03	38,2	35,4	7,8	3,4	30,1	29,1	19,5	17,0	24,0	22,0	0,8	0,7
04	34,6	32,8	6,4	2,0	27,3	26,1	17,1	13,9	21,5	19,1	0,9	1,1
05	32,4	31,9	0,2	0,0	24,0	22,9	14,3	10,7	18,4	15,8	1,3	1,1
06	30,0	31,0	-1,6	-4,2	22,1	20,9	12,4	8,9	16,4	13,9	1,3	1,0
07	31,8	30,0	-4,0	-5,0	22,6	21,3	12,4	8,9	16,6	14,2	1,9	1,7
08	35,3	33,6	-0,2	-2,4	24,6	23,2	13,7	10,1	18,4	15,8	1,5	1,3
09	36,8	35,7	1,8	0,2	25,6	24,0	14,6	11,7	19,6	17,2	1,4	1,2
10	36,6	35,4	6,0	3,3	27,9	26,6	16,9	14,2	21,9	19,8	1,1	1,0
11	39,2	38,3	8,2	3,2	29,6	28,1	18,3	15,6	23,5	21,3	1,0	0,9
12	39,8	38,2	11,6	8,4	30,8	29,5	20,2	17,5	25,0	23,0	1,0	0,9
Med. Per.	32,8	31,3	9,9	6,9	27,2	25,9	16,7	13,8	21,3	19,0	2,9	2,6
DVP.	2,8	2,8	5,8	5,6	3,5	3,5	3,3	3,7	3,4	3,6	1,1	1,0
Etrema.	39,8	38,3	-4,0	-5,0								
Data	11-12	16-11	18-07	18-07								
ANO	1985	1985	1975	1975								

Legenda: DVP = desvio padrão; F.B. Francisco Beltrão, PL. Planalto.

Tabela 06, Temperatura na bacia do rio Pinhal (1973 a 1996).

Altitude m	Meses do ano												Média período (1973 a 1996)
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
360	25,4	24,9	24,0	21,3	18,1	16,1	16,4	18,1	19,4	21,8	23,4	25,0	21,2
400	25,2	24,7	23,8	21,1	17,9	15,9	16,2	17,9	19,2	21,6	23,2	24,8	20,9
480	24,7	24,2	23,3	20,6	17,4	15,4	15,7	17,4	18,7	21,1	22,7	24,3	20,4
520	24,5	23,9	23,0	20,3	17,1	15,2	15,4	17,1	18,4	20,9	22,4	24,0	20,2
560	24,2	23,7	22,8	20,1	16,9	14,9	15,2	16,9	18,2	20,6	22,2	23,8	20,0
600	24,0	23,5	22,6	19,9	16,7	14,7	15,0	16,7	18,0	20,4	22,0	23,6	19,7
640	23,8	23,2	22,3	19,6	16,4	14,5	14,7	16,4	17,7	20,2	21,7	23,3	19,5
680	23,5	23,0	22,1	19,4	16,2	14,2	14,5	16,2	17,5	19,9	21,5	23,1	19,2
720	23,3	22,7	21,8	19,1	15,9	14,0	14,2	15,9	17,2	19,7	21,2	22,8	19,0
740	23,2	22,6	21,7	19,0	15,8	13,9	14,1	15,8	17,1	19,6	21,1	22,7	18,9
Média do mês	24,2	23,6	22,7	20,0	16,8	14,9	15,1	16,8	18,1	20,6	22,1	23,7	19,9

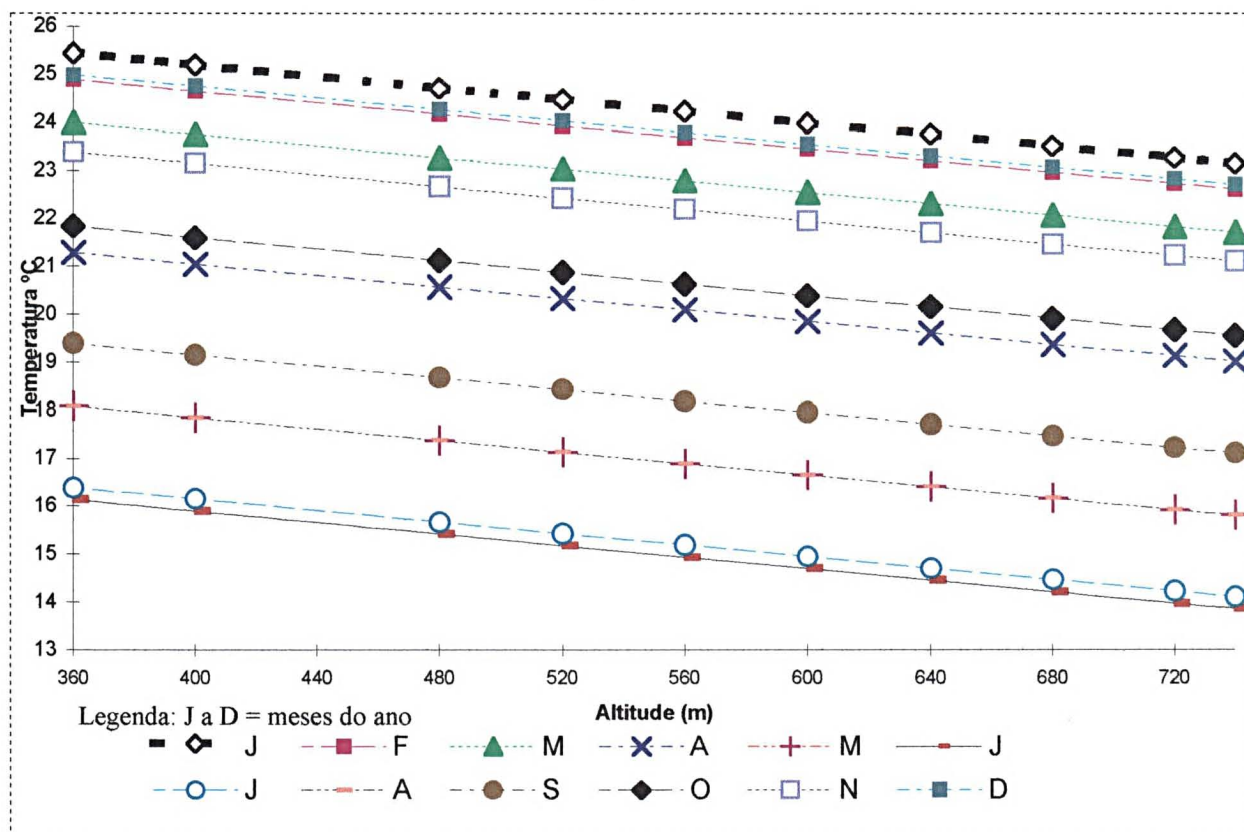


Figura 06, Temperatura média ambiente na bacia do rio Pinhal (1973 a 1996).

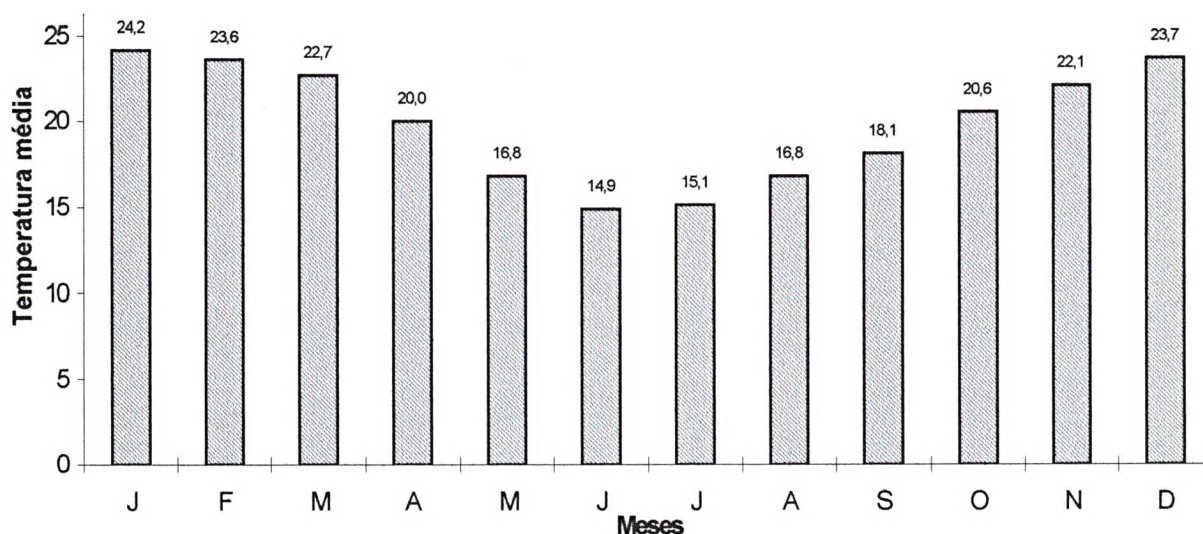


Figura 07, Temperaturas médias mensais da bacia do rio Pinhal, no período de 1973 a 1996.

Para determinação das temperaturas médias da bacia no período de 1973 a 1996, foram utilizados os dados do Sistema Metereológico do Paraná - SIMEPAR, referente as estações Planalto e Fco. Beltrão e extrapolamos para a bacia mediante a seguinte fórmula:

$$T_m = (T_p + o_u - ((A_b - A_p) / 100) \times (0,6)) + (T_f + o_u - ((A_b - A_f) / 100) \times (0,6)) / 2$$

T_m = Temperatura média mensal na bacia por nível de altitude;

T_p ou f = Temperatura média na estação;

A_b = Altitude na bacia;

p ou f = altitude na estação;

100 e 0,6 = A cada 100m de altitude, diminuí 0,6 °C, AYOADE (1991), portanto são estes os fatores usados para extrapolar a temperatura através da altitude.

Considerando que a estação Planalto localiza-se a 25°42'S e Fco. Beltrão a 26°05'S e a bacia do rio Pinhal tem seu extremo norte a 26°00'S e Sul a 26°02'S, dispensou-se a aplicação do fator de correção de temperatura segundo a latitude. Dados sobre a correção por latitude constam em MADEREY (1982, p52 – 54).

• **Precipitação** - A precipitação na bacia, no período de 1973 a 1996, e média diária no período de 22-03 a 25-05-96, teve a seguinte caracterização:

Tabela 07, Precipitação média na bacia a partir das estações de Fco. Beltrão e Planalto – Período de 1973 – 1996.

Meses	FCO. BELTRÃO (mm)	PLANATO (mm)	BACIA R. PINHAL(mm)
Janeiro	176,2	173,8	175,1
Fevereiro	177,1	157,2	168,1
Março	135,8	132,9	134,5
Abril	152,5	162,8	157,1
Mai	199,1	176,3	188,8
Junho	164,4	161,4	163,1
Julho	142,6	116,4	130,8
Agosto	114,3	114,3	114,3
Setembro	159,2	146,2	153,4
Outubro	225,2	214,4	220,3
Novembro	190,6	174,7	183,4
Dezembro	168,2	179,7	173,4
Média	167,1	159,18	163,53
Total	2005,2	1910,1	1962,4

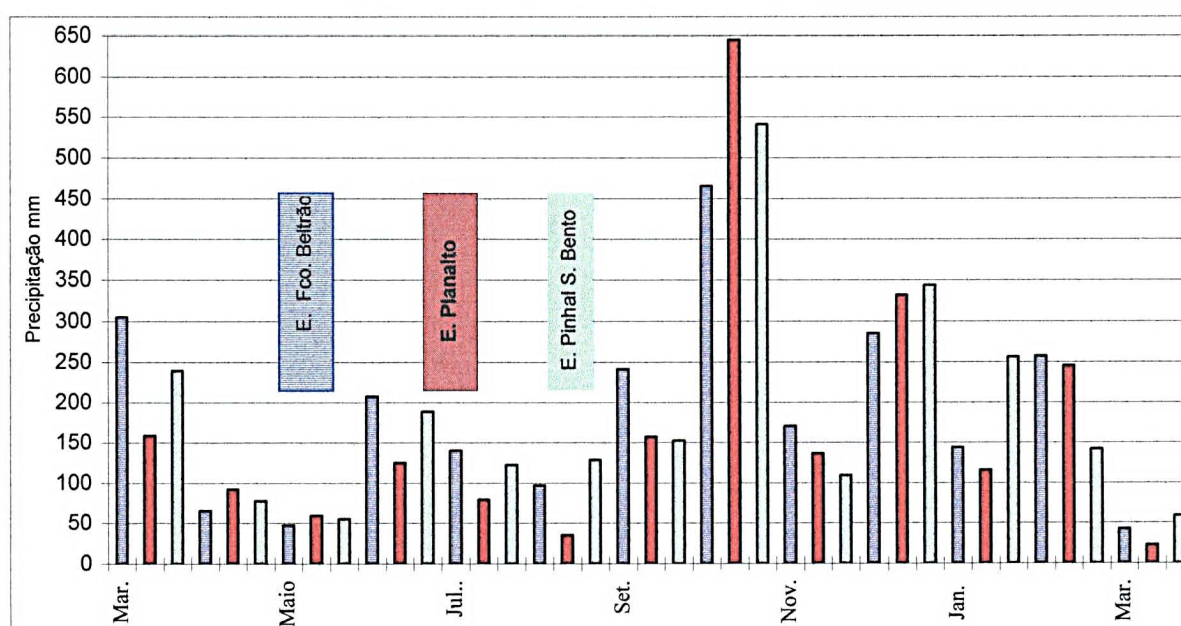


Figura 08, Precipitação pluviométrica em mm, entre as estações de Francisco Beltrão, Planalto e Pinhal de São Bento no período de março de 96 a março de 97.

Tabela 08, Precipitação pluviométrica na bacia do rio Pinhal no período 96/97.

Tabela 08, Precipitação pluviométrica na bacia do rio Pinhal no período 96/97.

dias	1996										1997			Total	
	Mar.	Abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.	jan.	fev.	mar.		
1	---	24,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	31,4	0,0	44,8	0,0	43,1	0,0	143,5	
2	---	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	18,5	11,4	3,7	26,0	0,0	8,3	4,9	73,4
3	---	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	18,0	18,3
4	---	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	31,4	0,0	0,0	0,0	0,0	2,3	37,7
5	---	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,0	13,7	0,0	0,0	21,7
6	---	0,0	0,0	0,0	0,0	13,7	0,0	0,0	0,0	0,0	20,3	0,0	0,0	0,0	34,0
7	---	0,1	0,0	0,0	37,4	0,0	44,5	0,0	18,8	0,0	0,0	0,0	5,4	0,0	106,2
8	---	0,6	0,0	0,0	20,8	15,7	34,5	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	72,5
9	---	0,0	0,0	0,0	62,5	8,6	0,0	0,0	13,7	0,0	56,2	2,9	0,0	0,0	143,9
10	---	35,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	41,9	0,0	14,3	19,4	0,0	0,0	0,0	111,3
11	---	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	118,7	0,0	6,8	0,0	0,0	0,0	0,0	125,5
12	---	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	96,5	2,9	0,0	0,0	8,6	0,0	0,0	108,2
13	---	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	7,7	35,7	0,0	0,0	19,7	0,0	0,0	63,4
14	---	0,0	0,0	0,0	0,0	11,1	0,0	0,0	7,4	0,0	15,4	0,0	0,0	0,0	33,9
15	---	0,0	0,0	20,0	0,0	0,0	0,0	0,0	25,7	3,2	0,0	0,0	8,8	0,0	57,7
16	---	4,0	0,0	51,4	0,0	0,0	3,7	0,0	0,3	0,0	0,0	15,1	0,0	0,0	74,5
17	---	0,6	0,0	47,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	28,5	0,0	2,6	0,0	0,0	79,4
18	---	0,0	0,0	18,8	0,0	0,0	0,0	18,3	0,0	4,3	7,7	0,0	0,0	0,0	49,1
19	---	0,0	0,0	1,1	0,0	0,0	0,0	76,5	0,0	44,8	62,8	0,9	0,0	0,0	186,1
20	---	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,7	0,0	45,1	0,0	0,0	0,0	0,0	54,8
21	---	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,4	0,0	67,3	0,6	0,0	0,0	0,0	79,3
22	4,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,8	0,0	0,0	6,6	27,4	0,0	0,0	47,2
23	1,2	0,0	16,30	0,0	0,0	0,0	0,0	9,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	27,2
24	0,1	0,0	0,0	3,1	0,0	0,0	35,1	63,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	101,4
25	0,0	0,0	13,8	0,0	1,4	0,0	0,0	10,6	0,0	0,0	15,4	7,1	0,0	0,0	48,3
26	0,0	5,4	14,4	46,2	0,0	0,0	6,3	3,4	0,0	24,5	0,0	0,0	0,0	0,0	100,2
27	80,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	2,9	0,0	0,0	0,0	83,3
28	4,7	1,3	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,3
29	0,0	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	1,4	0,0	0,0	0,0	4,3
30	45,5	0,0	9,4	0,0	0,0	16,3	0,0	0,6	0,0	0,0	13,7	0,0	0,0	0,0	85,5
31	21,2	0,0	0,3	0,0	0,0	63,1	0,0	0,0	0,0	0,0	40,2	0,0	0,0	0,0	124,8
Total	157,2	77,6	55,1	188,6	122,1	128,5	152,3	541,4	109,1	343,6	256,0	141,4	34,0	0,0	2306,9

Legenda: Dias que tiveram concentração de material em suspensão significativa, e/ou cota, e/ou velocidade de fluxo e/ou transporte de material diário.

Fonte: SEAB de 22-03 a 26-05-96 (Média das estações de Fco. Beltrão e Planato), os demais coleta

3.3.4 - Relevô

A área em estudo, localizada no Terceiro Planalto Paranaense, que caracteriza-se como região constituída por grandes derrames de lavas basálticas, a Oeste da Escarpa Mesozóica, é considerada como a região fisiográfica paranaense menos complexa, tanto pelas suas formas, quanto pela sua estrutura.

As formas superficiais do Terceiro Planalto que mais chamam a atenção são as que constituem as paisagens típicas de mesetas estruturais, dando origem a uma topografia de

aspecto tabuliforme, entremeada em diversas áreas pelas formas onduladas, com chapadas e encostas mais suavizadas.

Apesar da uniformidade na conformação de sua superfície, observa-se uma divisão em vários blocos, delimitados pelos rios que percorrem o planalto.

A bacia em estudo, pertence ao bloco das vertentes do planalto de Palmas, delimitado pelo Rio Iguçu, cujo curso está direcionado a sudoeste, pela condicionante gerada pela inclinação das rochas vulcânicas. O declive deste planalto constitui-se pela vertente norte do divisor Iguçu-Uruguai.

As formas de relevo que ocorrem na área e que estão representados nas figuras 09 e 10, são:

Tipo	Declive	Área ha	% em relação ao total
Plano	00 a 03	29,80	3,0545
Suave ondulado	03 a 08	207,704	21,2898
Ondulado	08 a 20	515,151	52,8035
Forte ondulado	20 a 45	222,946	22,8522
Montanhoso	> 45	0,0	0,0
Total		975,60	100

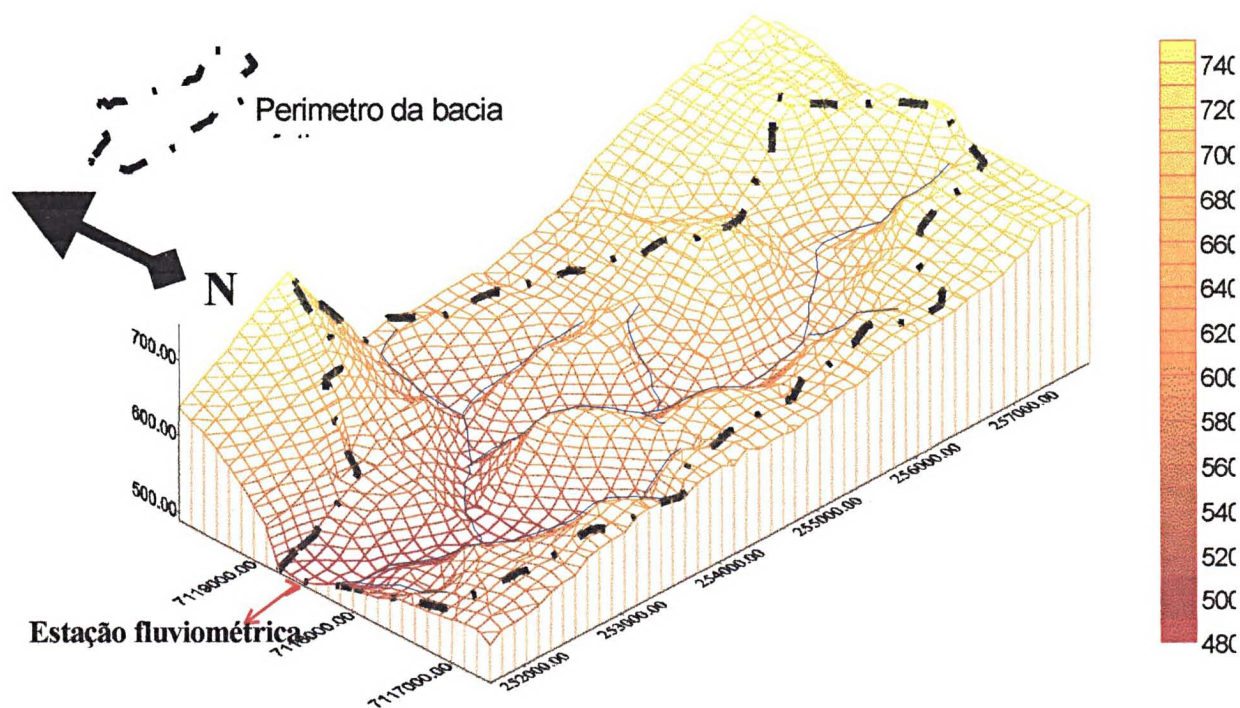


Figura 09, Diagrama de caracterização do relevo da bacia efetiva

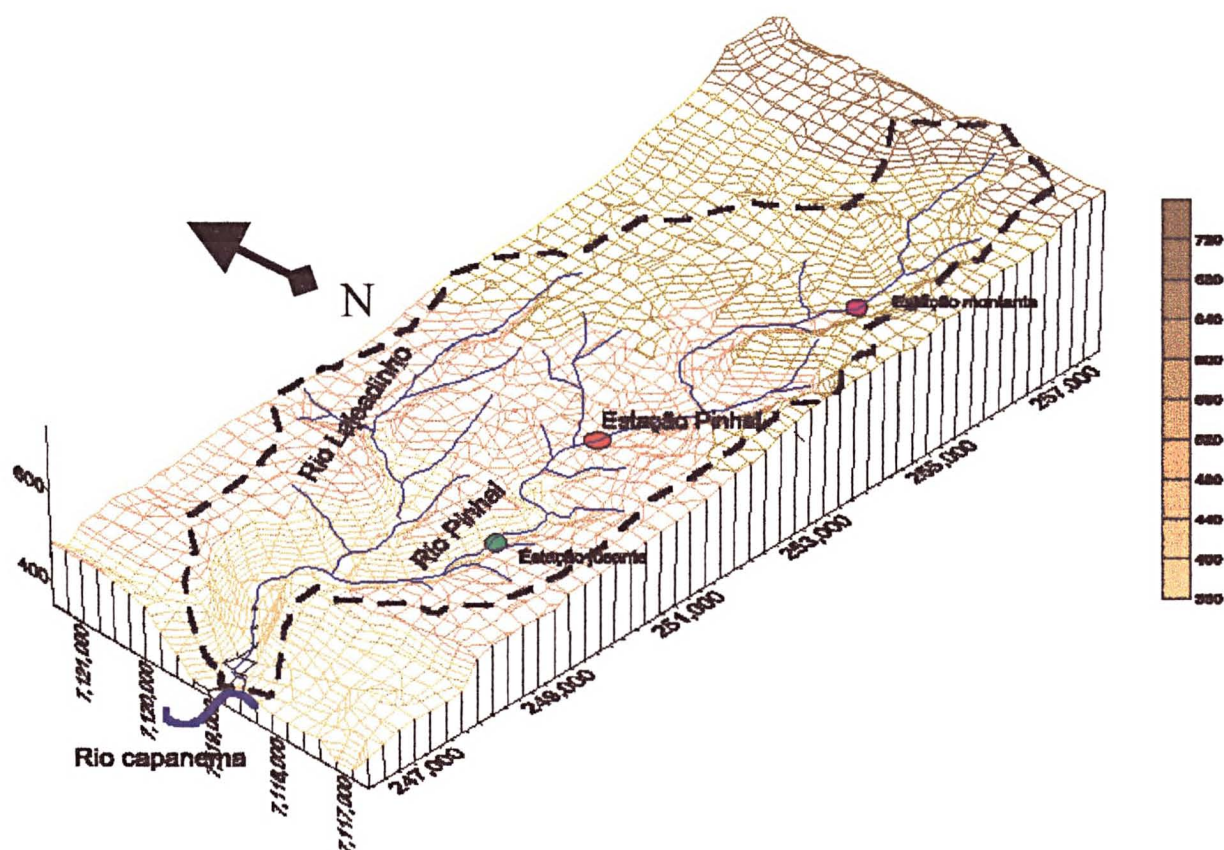


Figura 10, Diagrama de relevo da bacia do rio Pinhal.

3.3.5 - Hidrografia

A bacia do Rio Pinhal está inserida no médio curso da bacia do Rio Capanema, do qual é tributário da margem direita. O Rio Pinhal é um curso d'água de pequeno porte, com leito de largura média de 25m. A bacia efetiva na qual executamos nossos trabalhos, compreende parte do médio curso e todo o curso superior deste rio.

Tabela 09, As características morfométrica da bacia efetiva do rio Pinhal.

Descrição	Valor	Fórmula usada
Área (A)	9,756Km ²	
Perímetro (P)	16242,7/Km	
Número de rios (N)	62 rios	
Comprimento total dos canais (L)	29,5/Km	
Comprimento total do canal principal (L1)	7,5Km	
Comprimento total dos canais tributários (L2)	22000m	
Comprimento médio dos canais tributários (L3)	360m	
Declividade média	12,87%	
Comprimento de rampa médio	138m	
Densidade de drenagem (D)	3,02 Km de rios / Km ²	D=L/A

Continua tabela 09

Descrição	Valor	Fórmula usada
Frequência de rios (F)	6,35 Rios /Km ²	F=N/A
Razão de textura (T)	3,81 Rios/Km	T=N/P
Altitude min (Hmin)	490m	
Altitude máxima (Hmax)	740m	
Amplitude altimétrica da bacia (H)	250m	H=Hmax-Hmin
Amplitude altimétrica do rio principal (H1)	190m	
Amplitude altimétrica média dos tributário (H2)	55m	
Gradiente do curso principal (G)	2,53%	G=H1x100/L1
Gradiente dos tributário (médio) (G1)	15,3	G1=H2x100/L3
Relevo (Rr)	51,45	Hm/A ^{0,5}
Índice de rugosidade(Ir)	82,78	Ir=HxD

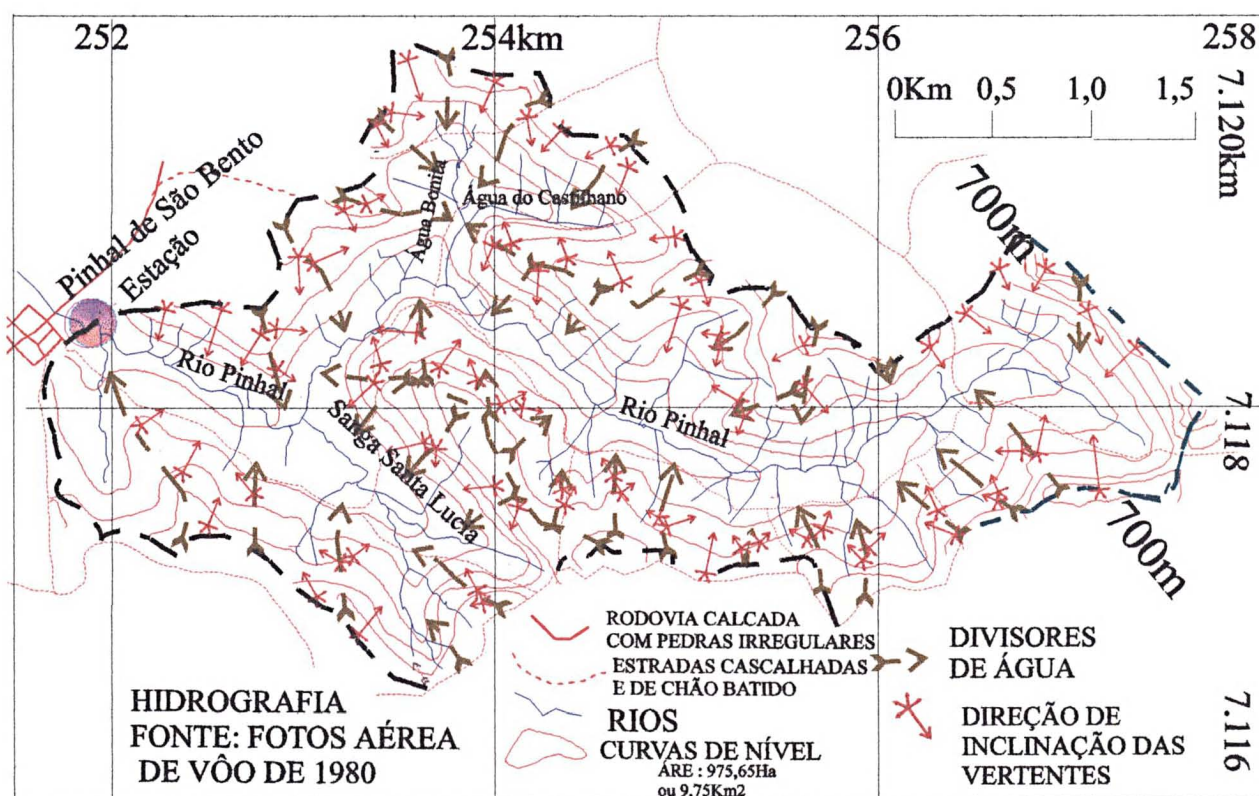


Figura 11, Mapa de drenagem destacando divisores d' água e direção de declive das vertentes

3.3.6 - Vegetação

• Florestas primitivas

A mata primitiva de araucária que cobria a bacia constituía-se por associação de espécies da mata de araucária com algumas de mata pluvial subtropical, apresentando quatro níveis de estrato bem definidos, sendo: emergente, arbóreo, das arboretas e arbustivo.

Emergente

Constituído por árvores com até 30 a 40m de altura, com predomínio das espécies a seguir especificadas:

Nome comum	Nome científico	Família
Angico vermelho ou branco	<u><i>Parapiptadenia rigida</i> Brenam</u>	Leguminosae
Araucária	<u><i>Araucária angustifolia</i> Otto Kuntze</u>	Araucariaceae
Cabreúva	<u><i>Myrocarpus frondosus</i> Freire Allemão</u>	Leguminosae
Canafistula	<u><i>Peltophorum dubium</i> Taubert</u>	Leguminosae
Cedro	<u><i>Cedrela fissilis</i> Vellozo</u>	Miliaceae
Grápia	<u><i>Apuleia leiocarpa</i></u>	Leguminosae
Guajuvira	<u><i>Patagonula americana</i> Linné</u>	Boraginaceae
Louro-pardo	<u><i>Cordia trichotoma</i> Vellozo</u>	Boraginaceae
Marfim	<u><i>Balfourodendron riedelianum</i> Engler</u>	Rutaceae
Peroba	<u><i>Aspidosperma polyneuron</i> Müller</u>	Apocynaceae
Tarumã	<u><i>Vitex megapotamica</i></u>	Verbenaceae

Arbóreo ou intermediário

Constitui-se por árvores de porte médio, com cobertura pouco densa, sendo geralmente as dominante pouco evidente. As espécies desse estrato são:

Nome comum	Nome científico	Família
Açoita-cavalo	<u><i>Luehea divaricata</i> Mart</u>	Tiliaceae
Alecrim	<u><i>Holocalyx balansae</i> Micheli</u>	Leguminosae
Ariticum	<u><i>Rollinia rugulosa</i></u>	Annonaceae
Aroeira	<u><i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi</u>	Anacardiaceae
Canela-guaicá	<u><i>Ocotea puberula</i> Ness</u>	Lauraceae
Canela-imbúia	<u><i>Nectandra megapotamica</i> Mez</u>	Lauraceae
Canela-lageana	<u><i>Ocotea pulchella</i> Mortius</u>	Lauraceae
Canjerana	<u><i>Cabralea glaberrima</i> A. Jussieu</u>	Meliaceae
Cerejeira	<u><i>Eugenia involucrata</i></u>	Myrtaceae
Erva-mate	<u><i>Ilex paraguariensis</i> Saint Hilaire</u>	Aquifoliaceae
Guabiroba	<u><i>Campomanesia xanthocarpa</i> Berg</u>	Myrtaceae
Guatambú	<u><i>Aspidosperma olivaceum</i> Muller Agoviensis</u>	Apocynaceae
Jerivá ou coqueiro	<u><i>Arescatrum romanzoffianum</i> Beccari</u>	Palmae
Pessegueiro-bravo	<u><i>Prunus sellowii</i> Koehne</u>	Rosaceae
Rabo de Bugio	<u><i>Lonchocarpus muhlbergianus</i> Hass</u>	Leguminosae
Uvaia	<u><i>Eugenia pyriformis</i></u>	Myrtaceae
Vacum	<u><i>Allophylus edulis</i></u>	Sapindaceae
Vassourão	<u><i>Piptocarpha angustifolia</i> Dusén</u>	Compositae
Vassourinha	<u><i>Belpharocalyx lanceolatus</i></u>	Myrtaceae

Das arboretas: Neste estrato ocorrem principalmente as seguintes espécies:

Nome comum	Nome científico	Família
Caixeta	<u><i>Tabebuia cassinoides</i></u>	Euphorbiaceae
Caúna	<u><i>Ilex pseudo-buxus</i></u>	Aquifoliaceae
Embú	<u><i>Phytolacca dioica</i></u>	Moraceae
Pinheiro bravo	<u><i>Prodocarpus lembretti</i></u>	Prodocarpaceae
Esporão de galo	<u><i>Pisonia sp</i></u>	Nyctaginaceae
Fumo bravo	<u><i>Solanum erianthus</i></u>	Solanaceae

Arbustivo

Nome comum	Nome científico	Família
Taquara-açu	<i>Bambusa guadua sp</i>	Gramineae
Taquara	<i>Merostachy sp</i>	Gramineae
Uvarana	<i>Cordyline sellowiana Kunth</i>	Liliaceae
Xaxim	<i>Dicckronia sp</i>	Ptereriosofitas
Outras		

Este tipo de floresta possuía espessa serapilheira, resultante de restos vegetais, folhas e pequenos galhos que se acumulavam no solo.

Para avaliarmos o grau de degradação das florestas, estudamos o uso das terras nos períodos de 1976, 1980 e atual, constatando que já em 1976, a maior parte das florestas primárias já haviam sido destruídas e em 1980, estavam totalmente erradicadas da bacia. A situação da cobertura vegetal pode ser melhor avaliada na tabela 10 e figuras 12, 13 e 14, fotos 01 a 19 às fls 205 a 218 e mosaico, fotos aéreas e imagem de satélite as fls 221 a 223.

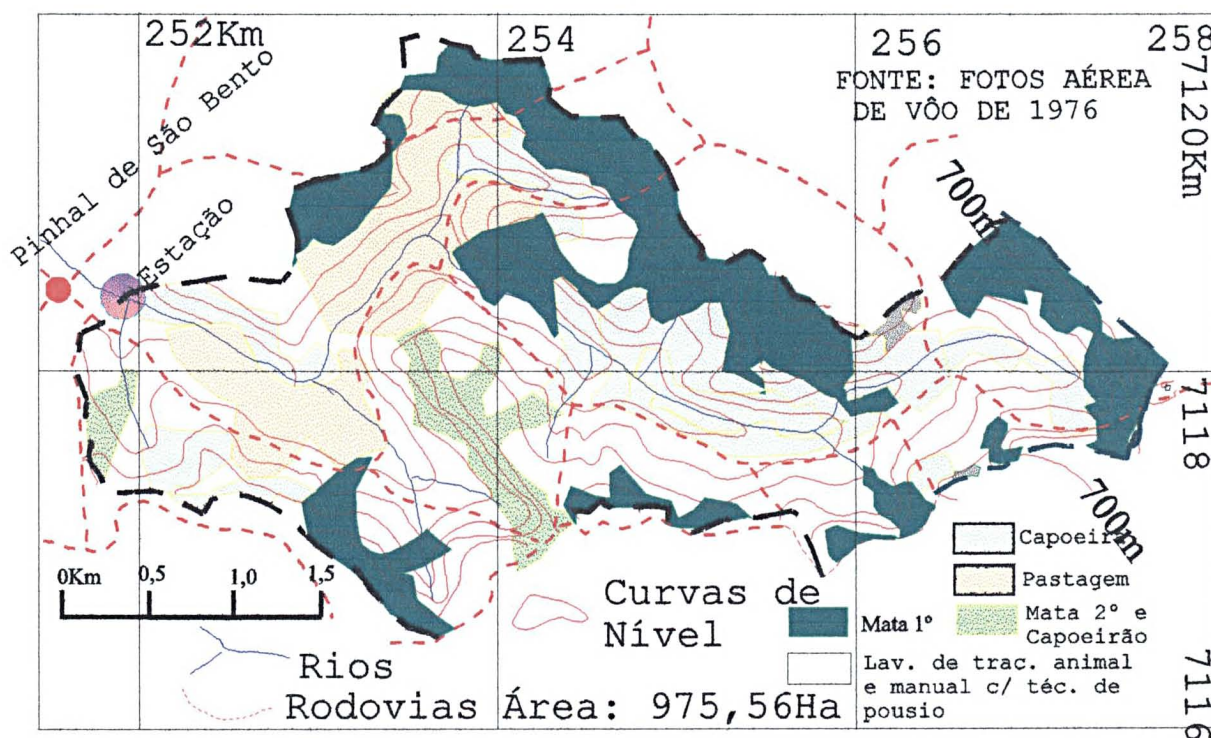


Figura 12, Cobertura vegetal e uso da terra em 1976, da bacia do rio Pinhal.

Verifica-se que, gradativamente, as áreas de matas cederam lugar às atividades da agropecuária e a vegetação natural passou a constituir-se por matas secundárias, capoeirões e capoeiras.

- **Mata secundária** - composta por árvores de médio porte, com presença de três estratos, arbustivo, das arboretas e arbóreo. O arbóreo e das arboretas, embora tenham sofrido exploração, ainda apresentam indivíduos com D.A.P.(Diâmetro na altura do peito) \geq a 20cm.

• **Capoeirão** - vegetação caracterizada por arbustos provenientes da regeneração natural, em locais onde já ocorreu o corte raso das florestas. Existe a presença do andar das arboretas e o arbustivo, com indivíduos de D.A.P. entre 10 e 20 cm.

• **Capoeira** - Vegetação caracterizada por arbustos de pequeno a médio porte, que são provenientes da regeneração natural em locais onde já ocorreu o corte raso das florestas. É o estágio inicial do desenvolvimento de uma cobertura vegetal natural que evoluirá seqüencialmente, se não for cortada, para capoeirão, mata secundária e mata primária.

Tabela 10, Cobertura vegetal da bacia do rio Pinhal.

Solo		Uso da terra	Mata secundária e capoeirão	Capoeira	Mata primária
Tipo	ha	Período	ha	ha	ha
CE	349,7	1976	57,6	1,0	84,2
		1980	42,7	14,7	----
		Atual	33,3	17,5	----
LE	485,6	1976	47,0	41,8	173,4
		1980	54,8	65,0	----
		Atual	65,5	24,1	----
LRE	24,3	1976	----	----	----
		1980	3,0	----	----
		Atual	6,0	----	----
TREE	116,0	1976	0,5	10,9	21,8
		1980	1,8	----	----
		Atual	----	5,0	----
Total	975,6	1976	105,2	53,7	279,4
		1980	102,3	79,7	----
		Atual	104,2	46,4	----

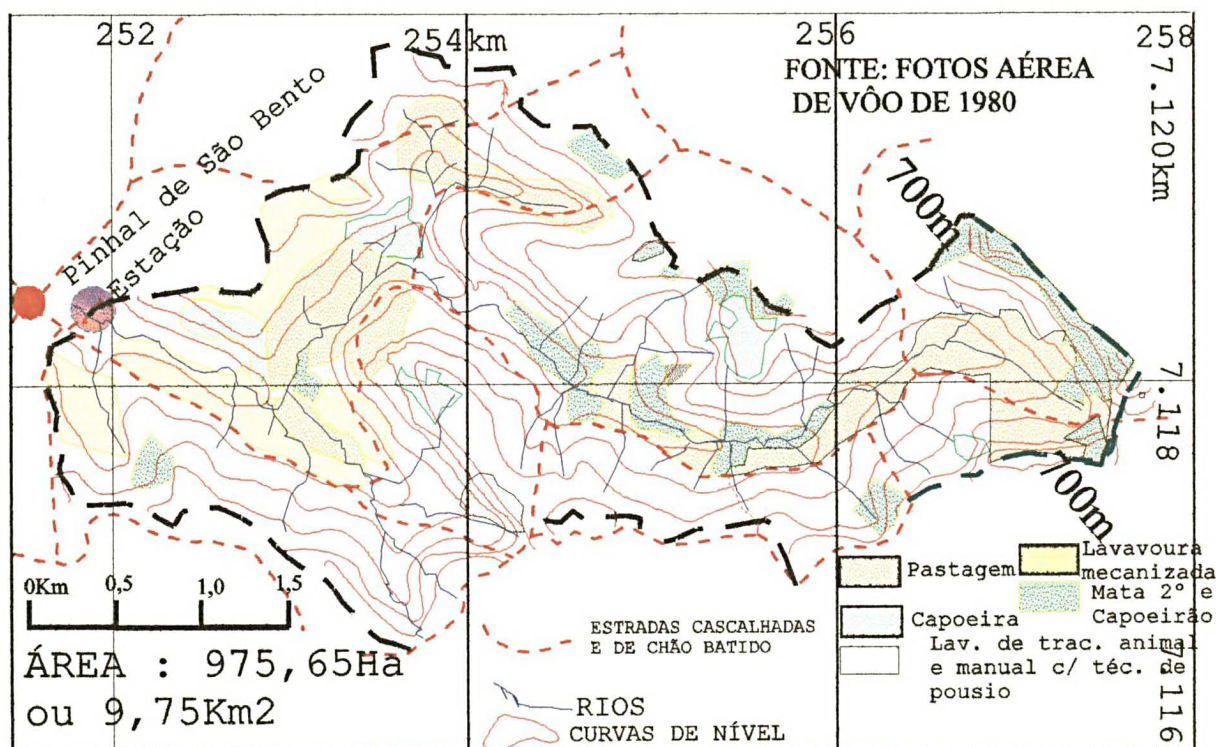


Figura 13, Mapa da cobertura vegetal e forma de uso existentes na bacia do rio Pinhal em 1980

Para se ter noção da alteração da cobertura vegetal atual em relação à primitiva, sugerimos que se verifique o resultado de uma pesquisa desenvolvida pelo autor deste trabalho, ainda em 1978, quando estudou a vegetação nativa de Pinhal de São Bento. O resultado foi comparado com dados de matas primárias que constam em trabalhos do IBDF (1978). Os dados constam nas tabelas 11 e 12.

Tabela 11, Comparação entre o potencial de uma mata primária e uma secundária.

Classe de diâmetro na altura do peito DAP - cm	Florestas primárias (*)				Florestas secundárias (+)			
	Araucária		Folhosas		Araucária		Folhosas	
	m ³ /ha	árv./ha	m ³ /ha	árv./ha	m ³ /ha	árv./ha	m ³ /ha	árv./ha
0,00 - 29,9	57,77	12,86	13,53	62,48	2,37	10	12,8	155
30,0 - 39,9	11,12	10,55	9,51	24,1	10,24	25	17,3	85
40,0 - 49,9	24,21	12,53	6,57	10,61	2,60	5	13,1	35
50,0 - 59,9	34,0	10,98	4,82	3,92	-----	-----	18,2	25
60,0 - 69,9	34,26	7,47	2,61	1,72	-----	-----	10,24	10
70,0 - 79,9	37,82	0,49	1,74	0,68	-----	-----	-----	-----
80,0 - 89,9	30,75	3,2	0,70	0,49	-----	-----	-----	-----
90,0 - 99,9	29,55	2,27	0,42	0,14	-----	-----	12,17	5
100,0 - 109,9	21,91	1,49	-----	-----	-----	-----	-----	-----
110,0 - 119,9	9,28	0,46	0,38	0,04	-----	-----	-----	-----
120,0 - 129,9	6,95	0,26	-----	-----	-----	-----	-----	-----
130,0 - 139,9	0,84	0,03	-----	-----	-----	-----	-----	-----
140,0 - 149,9	1,29	0,03	-----	-----	-----	-----	-----	-----
150,0 - 159,9			0,78	0,04	-----	-----	-----	-----
160,0 - 300	1,62	0,03	0,00	0,00	-----	-----	-----	-----

Fonte: (*) Inventário Florestal do Pinheiro no Sul do Brasil - FUPF- (Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná) e IBDF; (+) Pesquisa de campo em 1978.

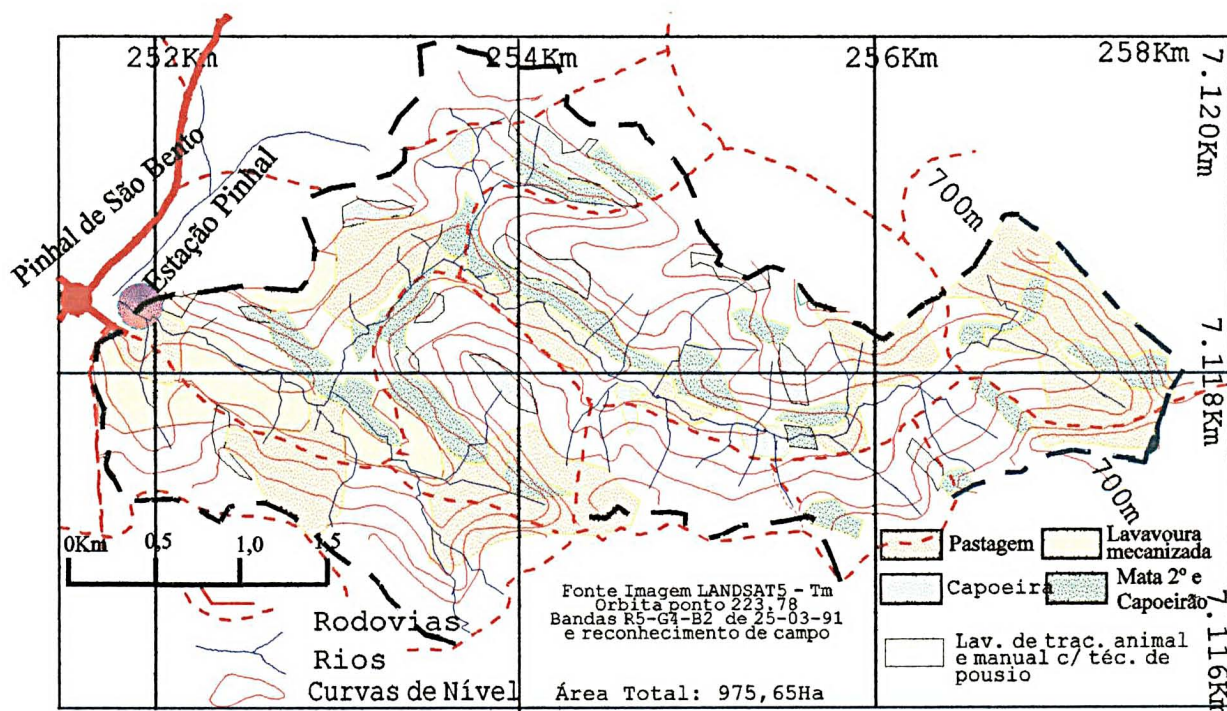


Figura 14, Cobertura vegetal e uso da terra atual, na bacia do rio Pinhal.

Tabela 12, Resumo da comparação do potencial entre uma mata primária e uma secundária

Cobertura vegetal (P - A)	Tipo (a - f)	Total/ha	Total geral (a+f)
Mata primária	araucária	249,43m ³	290,53m ³
	folhosas	41,1m ³	
Mata secundária	araucária	62,65 árvores	166,87 árvores
	folhosas	104,22 árvores	
	araucária	14,94m ³	99m ³
	folhosas	83,66m ³	
	araucária	40,0 árvores	350 árvores
	folhosas	310 árvores	

Legenda: P – Mata primária; A - Mata secundária; a – Araucária; f – folhosas; a + f = soma de araucárias e folhosas.

Fonte: Matas primárias, IBDF (1978); Matas secundárias, pesquisa realizada pelo autor em 1988.

O desequilíbrio entre as florestas primitivas e atuais é verificado em relação ao potencial volumétrico e número de árvores. Na primeira, percebe-se um equilíbrio de ocorrência de indivíduos tanto em relação a araucária como folhosas, nas diferentes classes de diâmetros menores. Já nas matas secundárias atuais, as espécies de ocorrência estão nas classes de menores. Em termos de volume total por hectare, as matas atuais atingem apenas 34% das primitivas.

O desequilíbrio gerado na cobertura vegetal atual traduz-se pela retirada da grande maioria das árvores adultas de araucária e folhosas, possibilitando um aumento desproporcional de espécies menos visadas pela exploração madeireira, principalmente canelas, que são as que predominam.

3.3.6.1 - Efeitos do desmatamento

As conseqüências de um desmatamento indiscriminado, como ocorreu na área de estudo, são de grande abrangência, porém tentaremos desenvolver alguns tópicos dos que consideramos importante destacar.

- **No processo de regeneração natural** - A retirada dos indivíduos adultos de muitas espécies sem deixar nenhuma árvore em condições de reprodução para gerar novas sementes, que iriam então germinar e compor o processo de regeneração, juntamente com as demais espécies, ocasionou a erradicação total de espécies nobres, sendo que, atualmente, as mudas provindas da germinação natural, na grande maioria, são de espécies de pouca expressão econômica TAKO em IBDF (1978).

Caracteriza portanto a quebra de um clímax florestal onde existia a competitividade entre as espécies; porém a eliminação dos indivíduos em fase reprodutiva, de muitas espécies e a abertura da floresta remanescente, proporcionaram uma maior facilidade às espécies

menos devastadas, ocorrendo então a erradicação de algumas e o aumento desproporcional de outras.

• **No regime hidrológico** - Inúmeros são os fatores que afetam o regime hidrológico, mas a cobertura vegetal exerce importância fundamental no ciclo biológico da água, pois atua como elemento regulador desse processo. A vegetação atua como um obstáculo do escoamento das águas e possibilita, graças à camada de matéria orgânica do solo, a absorção de grandes quantidades de água. Esta água acumula-se junto às raízes e, gradativamente, vai descendo para os horizontes mais profundos, até atingir o subterrâneo. Uma vez que o escoamento superficial é retido e diminuído, grande quantidade de água é diretamente devolvida à circulação em forma de umidade por evaporação e transpiração, pois até 60% das precipitações são devolvidas à atmosfera pela transpiração através dos estômatos das folhas. Com isso, a absorção e a eliminação da água no meio ambiente se processam em espaços de tempo prolongados, conseqüentemente equilibram as precipitações com a água escoada, enfraquecendo as amplitudes de circulação da água, resultando em proteção contra enchentes e escassez de água, MESQUITA (1963) em IBDF (1978).

Com o desmatamento, inicia-se um período de vazões máximas, pois as raízes das árvores não retêm mais a água quando oriunda das precipitações e o maior percentual escoase superficialmente, diminuindo a alimentação subterrânea. Conseqüentemente, os lençóis freáticos enfraquecem de forma acentuada. O ciclo da água é perturbado e as vazões entram em declínio, reduzindo as provisões de água a tal ponto que as fontes centenárias secam e riachos e córregos transportam água turva com grande quantidade de matéria em suspensão MAACK (1968) em IBDF (1978).

• **Sobre o solo** - A cobertura vegetal primitiva traduz a expressão de um equilíbrio natural, no que se refere aos fatores climáticos e à qualidade do solo. A relação entre temperatura e umidade constitui a fonte de riqueza para a obtenção de produtos naturais e cultivados. Um aproveitamento racional das matas e uma agricultura conservacionista garantem a manutenção do equilíbrio natural em uma paisagem, no que diz respeito a temperatura, umidade relativa e circulação de água, IBDF (1978).

No caso da bacia, onde ocorreu a retirada indiscriminada das matas, o equilíbrio natural entre temperatura e umidade, foi rapidamente perturbado, diminuindo a umidade em favor da temperatura. Este fenômeno desempenha papel de grande importância na química do solo e principalmente no potencial de água da área. Isso ocorre porque a porcentagem de anidrido carbônico formado pela decomposição das substâncias orgânicas, desempenha com o ácido carbônico, papel importante dentro do solo, determinando o processo de decomposição da rocha e a formação do solo sob o clima reinante da região.

Porém, a consequência mais importante do desmatamento é a erosão dos solos. O desaparecimento da água do subsolo e a erosão são fenômenos dependentes da mesma causa, ou seja, do elevado escoamento hídrico subterrâneo e superficial.

No caso da área em estudo, em função de predominarem formas de relevo movimentadas e formas de cultivo, pouco providas de técnicas de conservação de solos, esses fatores atuam de forma significativa. A falta de práticas conservacionistas adequadas deixa o solo sob a ação direta das precipitações e as águas pluviais levam consigo as reservas orgânicas, ocasionado fortes lavagens dos perfis, pela erosão e lixiviação, causando o empobrecimento dos solos.

• **Sobre o clima** - A cobertura vegetal, exerce papel importante no clima de uma região, pois, no processo de fotossíntese, utiliza o dióxido de carbono da atmosfera e juntamente com a água, o convertem em hidratos de carbono sólidos. Este dióxido de carbono é proveniente da combustão de madeiras, combustíveis fósseis, respiração dos seres vivos, atividades vulcânicas e dissolução de carbonatos. Existe também, naturalmente, teores de CO₂ na atmosfera, mas é insignificante.

A umidade do ar é afetada, tendo em vista a liberação da água pluvial, quando da existência de cobertura vegetal, ocorria de forma prolongada. Com a retirada da mesma, isso se processa de forma rápida e, ao permanecer alguns dias sem chuvas, o teor de umidade do ar pode tornar-se crítico IBDF (1978).

No caso específico do clima é evidente que não só a retirada da cobertura vegetal da área provocaria mudanças significativas, mas há de se convir que o grau de depredação da cobertura vegetal de nosso Estado e mesmo região Sul do Brasil é de grande abrangência, o que por certo já provocou alterações ambientais, afetando a distribuição pluviométrica e temperatura, que já são sentidas na região.

3.3.7 - Processo histórico de ocupação

A região onde está inserida a bacia, permaneceu com sua cobertura vegetal primitiva até por volta de 1950, possuindo flora e fauna exuberante. Segundo depoimentos dos pioneiros Astério Savoldi e Candido Tomazoni, nessa época, adentram-na safristas que iniciaram a formação do espaço rural através da derrubada da mata para introdução de lavouras de milho, que utilizavam na criação extensiva de suínos, conhecida como safra.

A partir de 1958, a região recebeu um grande número de gaúchos (muitos de origem italiana, alemã e polonesa), que povoaram a região e a área da bacia, implantaram-se em pequenas áreas e iniciaram o processo de desbravamento para implantação de lavouras.

Ao avaliarmos a, situação do uso da terra em 1976, 1980 e atual, verificamos que já em 1976, as fronteiras agrícolas estavam bem expandidas, mas ainda conservavam razoáveis áreas de floresta primárias, porém, já em 1980, as reservas florestais estavam quase esgotadas, constituindo-se por áreas de mata secundária, capoeirão e capoeira.

3.3.7.1 - Atividades agrícolas

As atividades agrícolas desenvolvidas na área nos três períodos analisados constam resumidamente na tabela 13.

Em relação às técnicas usadas na agricultura, verifica-se que até o final da década de 1970, as lavouras em toda a bacia eram elaboradas sob métodos rústicos, sendo os métodos de cultivo empregados as lavouras de tração animal e manual com uso de pousio.

Já em 1980, as áreas mais planas que compunham os solos LRE e TREE, possuíam lavouras mecanizadas, abrangendo respectivamente 6,1 e 47,5 ha. Diante das formas de uso atuais, as áreas passaram para 7,0 e 89,1 ha.

As práticas conservacionistas só aparecem nessas lavouras mecanizadas de forma mais intensa na situação de uso atual, pois, as lavouras estão protegidas com terraceamento tipo murundum, com base de 2m de largura e 1,5m de altura, em espaçamento médio de 30m. Soma-se a esta prática em alguns casos o uso de plantio direto. Antes disso, as técnicas eram apenas o plantio em nível e construção de pequenos terraços, denominados curvas de nível.

Tabela 13, Uso da Terra em 1976, 1980 e atual, na bacia do rio Pinhal.

Solo		Uso da terra	Lav. Mecanizada	Lav. Trac an. e manual c/ téc. Pousio	Pastagem
Tipo	Ha	Período	ha	ha	ha
CE	349,7	1976	-----	98,0	108,9
		1980	-----	196,1	97,0
		Atual	-----	211,7	92,1
LE	485,6	1976	-----	187,1	36,2
		1980	-----	295,0	70,0
		Atual	-----	272,1	113,7
LRE	24,3	1976	-----	-----	24,3
		1980	6,1	9,8	5,4
		Atual	7,0	4,8	6,5
TREE	116,0	1976	-----	60,3	22,5
		1980	47,5	57,7	9,1
		Atual	89,1	2,8	25,3
Total	975,6	1976	-----	345,4	191,9
		1980	53,6	558,5	181,4
		Atual	96,1	491,3	237,6

As lavouras de tração animal, sempre tiveram um método que consideramos como controle natural de erosão, pois, por estarem em regiões íngremes, o processo de aração realizado pela tração a bovinos, tem de obrigatoriamente obedecer o contorno do declive.

Como o tipo de arado é aquele constituído por um lâmina de ferro presa em haste de madeira, que abre sulcos no solo, o processo de preparo do solo é a abertura seqüencial de sulcos, constituídos por micro curvas de nível, protegendo naturalmente o solo da erosão. Outro fator a considerar é que, a topografia dificulta as capinas e as ervas daninhas que se desenvolvem no estágio final do ciclo vegetativo das lavouras, também, protegem-nas da erosão.

Tabela 14, Resumo da cobertura vegetal e formas de uso

Solo		I	II	III	IV	V	VI	VII
Tipo	ha	Periodo	ha	ha	ha	Há	ha	ha
CE	349,7	1976	57,6	1,0	108,9	84,2	-----	98,0
		1980	42,7	14,7	97,0	-----	-----	196,1
		Atual	33,3	17,5	92,1	-----	-----	211,7
LE	485,6	1976	47,0	41,8	36,2	173,4	-----	187,1
		1980	54,8	65,0	70,0	-----	-----	295,0
		Atual	65,5	24,1	113,7	-----	-----	272,1
LRE	24,3	1976	-----	-----	24,3	-----	-----	-----
		1980	3,0	-----	5,4	-----	6,1	9,8
		Atual	6,0	-----	6,5	-----	7,0	4,8
TREE	116,0	1976	0,5	10,9	22,5	21,8	-----	60,3
		1980	1,8	-----	9,1	-----	47,5	57,7
		Atual	-----	5,0	25,3	-----	89,1	2,8
Total	975,6	1976	105,2	53,7	191,9	279,4	-----	345,4
		1980	102,3	79,7	181,4	-----	53,6	558,5
		Atual	104,8	46,6	237,6	-----	96,1	491,3

Legenda: I - Uso da terra; II - Mata secundária e capoeirão; III - Capoeira; IV - Pastagem; V - Mata primária; VI - Lavoura mecanizada; VII - Lavoura de tração animal e manual com técnica de pousio

Nas áreas de lavouras manuais com técnica de pousio, as lavouras são desenvolvidas em áreas com capoeira, usando-se o método de corte raso da vegetação e queima, para após introduzir as sementes. Feito o cultivo, deixa-se a vegetação regenerar por 2 a 3 anos e então volta-se a cultivar a mesma área.

Os tipos de culturas mais empregadas são: nas lavouras mecanizadas, o predomínio é de soja e milho. É raro a rotação de culturas com culturas de inverno como trigo, aveia e outras. Nas áreas de lavouras de tração animal o milho é a cultura principal, sendo cultivado em consórcio com soja e feijão, o fumo também tem presença significativa. No período de inverno, as áreas permanecem em pousio. Nas lavouras manuais com técnica de pousio, o milho predomina e também em menor escala o feijão.

Em todos os tipos de cultivos, aparecem pequenas lavouras de subsistência com as culturas de arroz de sequeiro e mandioca.

A agropecuária é desenvolvida de forma rústica, sendo as pastagens de baixo poder nutritivo, mantendo um rebanho de baixo padrão genético. A atividade principal da bovino cultura é o corte e em pequeno percentual a produção de leite. As raças de bovinos são do tipo

mista, resultante do cruzamento de animais comuns com raças zebuínas, principalmente, com o nelore.

A suinocultura e a avicultura são atividades pouco difundidas na bacia efetiva, estando mais concentradas na produção de subsistência.

As formas de uso estão resumidas na tabela 14.

3.3.7.2 - Estrutura fundiária

Predominam na área pequenas e médias propriedades agrícolas, cujas características constam na tabela 15 e mapa figura 15.

Tabela 15, Estrutura fundiária da bacia do rio Pinhal.

Gleba	LOTE	ÁREA - ha	Gleba	LOTE	ÁREA - há
204	26	31	203	59P	6,5
204	25 ^A	4,2	203	58	12
204	25	15	203	57	6
204	24	35	203	56	19,5
204	23	15	203	54	15
204	22	12	203	53	20
204	21	35	203	52	5,4
204	20	30	203	51	5
204	19	29,5	203	50	6
204	18	10,8	203	22	21,8
204	17	20	203	21	19,5
204	16	31,1	203	25	23
204	15	16,7	203	21	19,5
204	14	24,6	203	24	20,3
204	13	12,6	203	20	24
204	12	26,8	203	23	5,5
204	11	17,2	203	19	15,5
204	10	17,2	203	18	14,3
204	9	7,8	203	17	22
204	8	12	203	16	16,3
204	7	14,4	203	15	21,3
204	6	19,4	203	14	20
204	5	26,6	203	13	4
204	4	21,4	203	12	12,5
204	3	17,6	203	11	4,2
204	2	29,6	201	98	26,8
204	1	21,7	201	99	35,5
Total					975,6

Em relação ao aspectos físicos, deve ser também observadas as fotos 01 a 19, que constam de fls. 205 a 218 e mosaico de fotos aéreas às fls. 221 e fotos aéreas e imagem de satélite que estão às fls. 222 e 223.

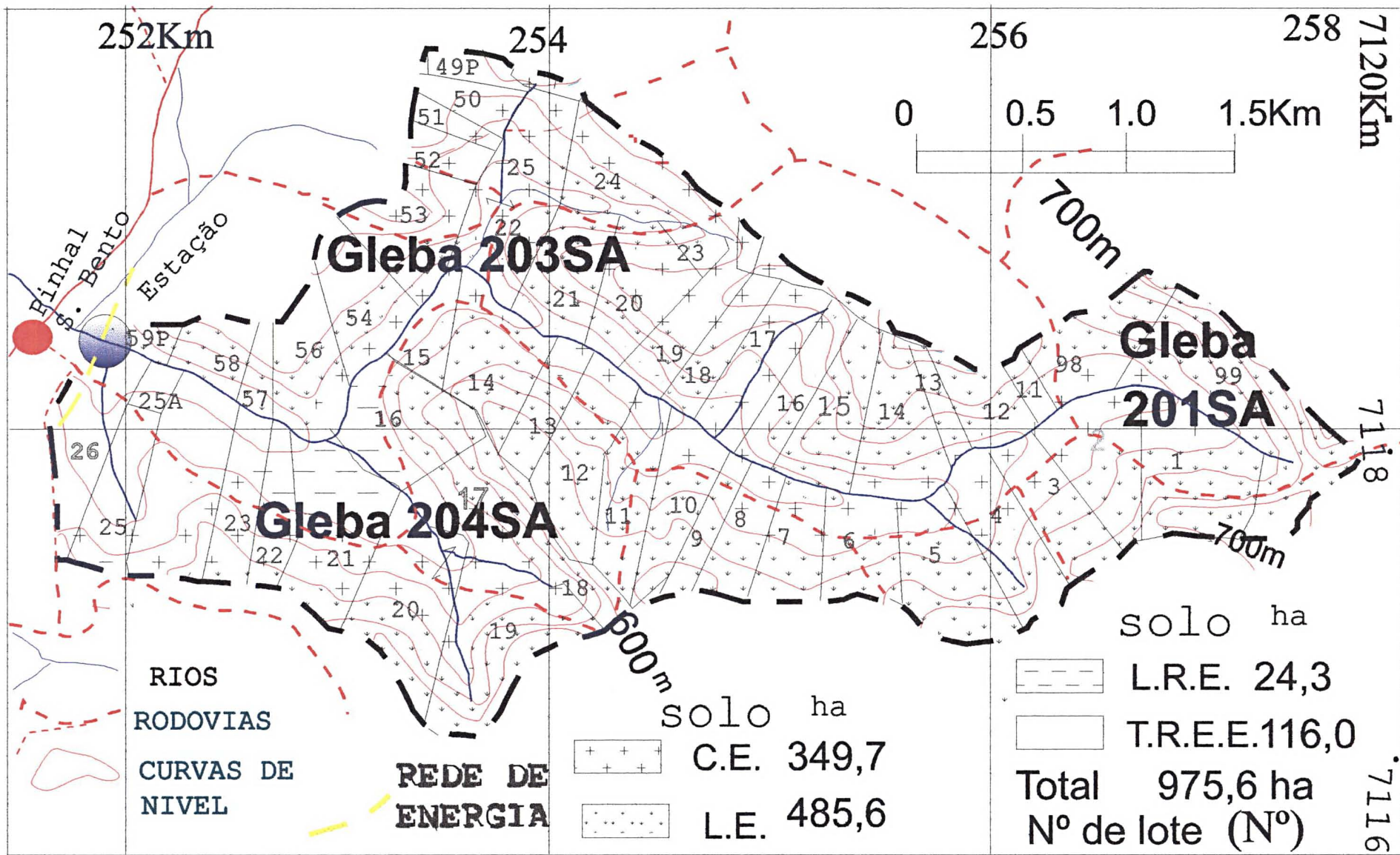


Figura 15, Mapa da estrutura fundiária existente na bacia.

IV - FLUXOS HÍDRICOS E MATERIAL TRANSPORTADO

4.1 - Materiais e métodos

As atividades desenvolvidas na bacia hidrográfica do Rio Pinhal, foram constituídas por trabalhos de campo e laboratório, para possibilitar a quantificação de processo erosivo e o transporte de material dissolvido e particulado. Os trabalhos de campo envolveram a coleta de dados flúvio-sedimentométricos, pluviométricos e registro de aspectos físicos do solo.

4.1.1 - Coleta de dados flúvio-sedimentométricos

• Descrição do sítio de amostragem

A área de estudos foi definida a 21 de março de 1996, quando foi realizada a primeira campanha de campo. Após percorrer diversos pontos do curso do Rio Pinhal, foi identificado o local ideal no médio curso para implantação de uma estação flúvio-sedimentométrica. O local, onde o curso do rio possui leito regular e margens encaixadas, situa-se no extremo NE da cidade de Pinhal de São Bento, a montante de seu perímetro urbano, nas coordenadas geográficas: Latitude 26°01'57"S, Longitude: 53°47'42"W e Altitude 490m.

• Material particulado em suspensão

Neste local, que fica a jusante da ponte que dá acesso a um campo de futebol, foi instalada a estação flúvio-sedimentométrica simples, constituída por régua graduada para leitura de cota, cronômetro e flutuador para medir velocidade de fluxo e termômetro para medir a temperatura da água. PINTO et al (1973 p.173) cita que o uso de flutuadores gera uma medida um tanto precária, mas pode ser usado quando não se dispõe de outro meio. Para tentar corrigir um pouco as distorções, usou-se laranjas como flutuador, por estas permanecerem com a maior parte do corpo sob a água, recebendo pouca influência do vento. No processo de implantação, foi executado o levantamento topográfico da seção de medidas através de três perfis transversais identificando as coordenadas X,Y e Z, referenciados a um nível de referência fixo.

A estação entrou em funcionamento no dia 22 de março de 1996, sendo monitorada por funcionário da SANEPAR local, coletando, diariamente, amostras de água para identificação de material particulado e dissolvido e anotando a cota e velocidade de fluxo. Foram coletadas amostras diárias nos dias de maior concentração. Nos períodos de baixa de sólido em suspensão (turbidez menor que 20), as coletas foram espaçadas paulatinamente até no máximo 4 dias. A água foi coletada e armazenada em frascos de plástico brancos com capacidade para 1 litro. Para a coleta, os mesmos foram introduzidos lentamente no fluxo da superfície para baixo sem tocar o fundo e retornado para a superfície, até preencher 80% do recipiente.

Logo após a coleta, através de turbidímetro, foi identificada a turbidez em STU, seguindo, posteriormente, em contingentes de 20 garrafas, ao laboratório de sedimentologia da UFPR, para quantificação do material particulado e dissolvido transportado.

Para quantificar o material particulado, procedemos a filtração das amostras de água a vácuo em aparelho millipore, com membranas filtrante com poros de 0,9 μm . As amostras filtradas variaram de 60 ml nas grandes concentrações e até 990ml em baixas com pouco material em suspensão. Após a filtração, as membranas com amostras foram levadas a uma estufa a temperatura de 80°C, por 30min, até ficarem totalmente secas, sendo depois colocadas em dissecador para esfriar e, em seguida, pesadas em balança analítica. O peso da membrana mais o sedimento, subtraído o peso da membrana (tara), identificou o material em suspensão na amostra, por unidade de volume. Sendo a cota e a velocidade de fluxo conhecidas, foi identificado o material transportado na seção, por unidade de tempo.

A partir de 24-05-96, dentro de cada contingente de 20 garrafas, foram selecionadas duas de maior concentração, para identificar a granulometria do material em suspensão. As amostras selecionadas apresentaram concentrações entre 150 e 2.220 mg/l. Foram analisados diâmetro entre 1 e 0,002mm.

A análise granulométrica seguiu a metodologia citada por CARVALHO (1994 p144 a 151), sendo executada utilizando-se tubo de retirada pelo fundo, graduados, em intervalos de 5mm, destacando-se as graduações correspondente a centímetros inteiros. As retiradas foram efetuadas através de cano de borracha, dotado de grampo de aço, existente na parte inferior do tubo.

Os tubos foram dispostos na posição vertical, em suporte de madeira específico, para retirada sucessivas das amostras.

Uma série de bequeres, devidamente identificados e tarados, foram usados na coleta das amostras.

Retirou-se uma porção de material para identificação de sais dissolvido e colocou-se o restante da amostra no tubo, até a graduação de 100cm, caso faltasse completava-se com água destilada. Arrolhou-se o tubo e o basculamos rapidamente, retirou-se a bolha de ar e inclina o mais ou menos 10° da horizontal, agita-o por mais 4 segundos e coloca no suporte e retira a rolha vedante, iniciando as retiradas que são cronometradas levando em consideração a temperatura, e o diâmetro das partículas que se precipitam.

Foram feitas retiradas sucessivas em intervalos pré-estabelecidos, conforme tabela específica, considerando a temperatura ambiente. As retiradas abrangeram 10cm da graduação do tubo. As dez amostras colhidas foram, em seguida, evaporadas e levadas a temperatura ambiente em dessecador e pesadas.

Dados como hora de retirada, tempo de queda, altura de queda (cm), altura da coluna, becquer, peso bruto, tara e outros, foram anotados em tabela específica para traçar a curva de Oden.

• Material de fundo

A partir de 05 de junho de 1996, iniciou-se a coleta de material de fundo, para análise granulométrica. Em síntese, o monitorador da estação, a cada dez amostras de material em suspensão, coletava uma de material de fundo. As coletas foram executadas utilizando amostrador raspador, ocasião em que era colhido material de fundo no centro da seção transversal e nos pontos médios no sentido centro às margens direita e esquerda.

O material coletado, acondicionado em embalagens previamente identificadas, seguiu para o laboratório de sedimentologia da UFPR, para análise granulométrica. No laboratório, o material foi seco em estufa a uma temperatura de 35°C, com cuidados para não endurecer, depois era peneirado em um conjunto de peneiras com diâmetro de 38.1, 19.1, 16, 8, 4, 2, 1, 0.5, 0.25, 0.125, 0.063mm, submetido a vibração em equipamento mecânico, por um período de 15 minutos. Em seguida, o material de cada peneira foi retirado e pesado, sendo identificadas as quantidades de material por classe de diâmetro. O material que ficava no prato de fundo foi pesado e submetido a pipetagem para identificar o material nas classe de diâmetro de 0.062 a 0,002mm.

Na pipetagem, utilizou-se metodologia citada por CARVALHO (1994 p153 a 157), sendo usado provetas de 1.000ml e pipetas de 20ml. Mantendo a temperatura da água constantemente limitada entre 20 e 30°C, foram procedidas retiradas reguladas pela temperatura, profundidade da retirada e diâmetro das partículas, conforme demonstrado na tabela 16:

Tabela 16, Tempo de retiradas em função da temperatura, para pipetagem

Diâmetro mm (*)	0.062	0.031	0.016	0.008	0.004	0.002	
Prof. (Cm) (+)	10	10	10	10	5	3	
Tempo de retirada (t)							
Temp. °C (x)	S	M	S	M	S	M	
20	9	1	55	7	40	30	40
21	8	1	52	7	29	29	58
22	7	1	50	7	18	29	13
23	7	1	47	7	8	28	34
24	6	1	45	6	58	27	52
25	5	1	42	6	48	27	14
26	5	1	40	6	39	26	38
27	4	1	38	6	31	26	2
28	4	1	35	6	22	25	28
29	3	1	33	6	13	24	63
30	3	1	31	6	6	24	22

Legenda: (*) - diâmetro das partículas em suspensão que serão retiradas; (+) - Profundidade que a pipeta deve penetrar no conteúdo da proveta; (X) - temperatura da água; (t) - intervalos de tempos em minutos e segundos para execução das retiradas de material da proveta.

Fonte: Carvalho (1994, p. 157)

O processo de pipetagem consiste na penetração de uma pipeta no conteúdo da proveta, sem tocar a proveta, até a profundidade estabelecida na tabela, em função da temperatura e tempo e, por sucção, retira-se material e coloca-se em becquer e evapora. Em seguida, pesa-se, identificando o material por classe de diâmetro.

• Material de arraste de fundo

Para determinar o material de arraste, foi colocado na seção transversal amostrador para coleta de sedimento por determinado tempo, vide figura 16 e foto21 às fls 219.

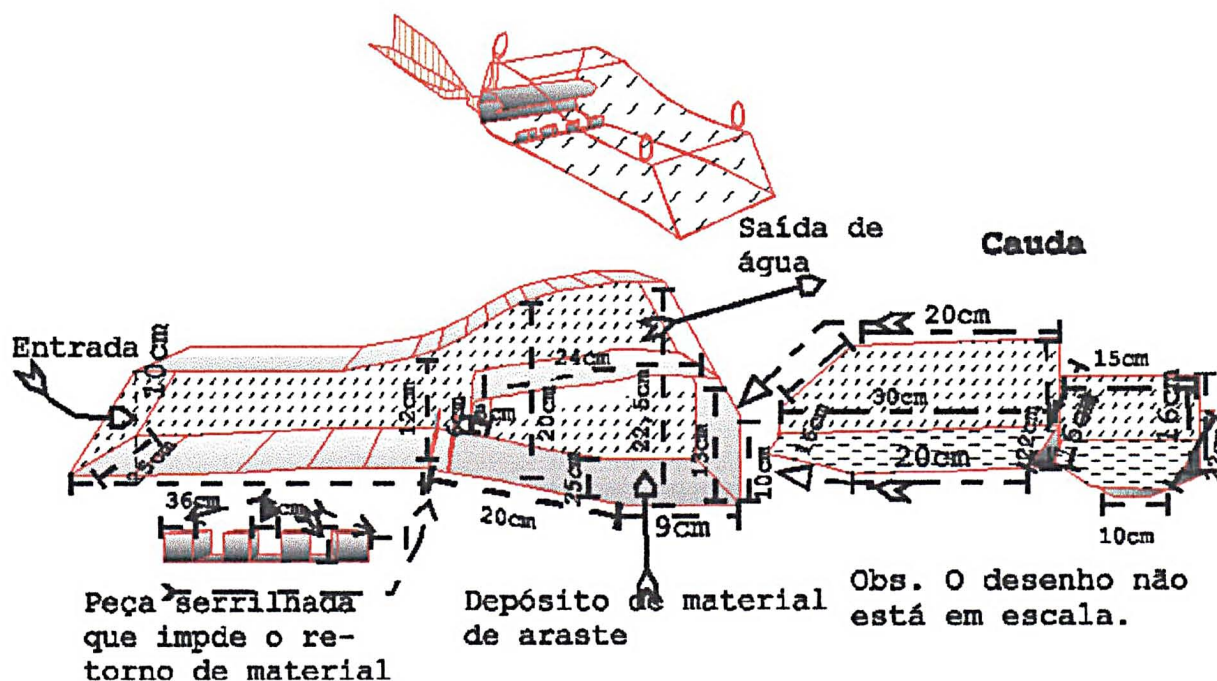


Figura 16, Amostrador de material de arraste de fundo

O amostrador adotado é o VUV, recomendado por NOVAK (1957) em CARVALHO (1994), do tipo de diferença de pressão, sendo apto para medir partículas de 1 a 100mm.

O equipamento original tem comprimento de 130cm, altura de 45cm e largura de 50cm, podendo coletar até 25kg de material. Têm áreas de saída perfuradas, para ter eficiência hidráulica de 100% e eficiência de amostragem de 70%.

Por estarmos trabalhando com curso de água pequeno, procedemos uma adaptação desse equipamento, reduzindo seu tamanho em 50%, ficando com as seguintes dimensões: comprimento de 65cm, largura 25cm, e altura 22,5cm na saída e 10cm na entrada.

Construído o medidor, colocamo-no na seção média do rio por tempos determinados, que variaram de acordo com a concentração de material na água. O material coletado foi seco em estufa a 30°C e, após pesado, submetido ao processo de peneiramento em procedimento idêntico ao do material de fundo.

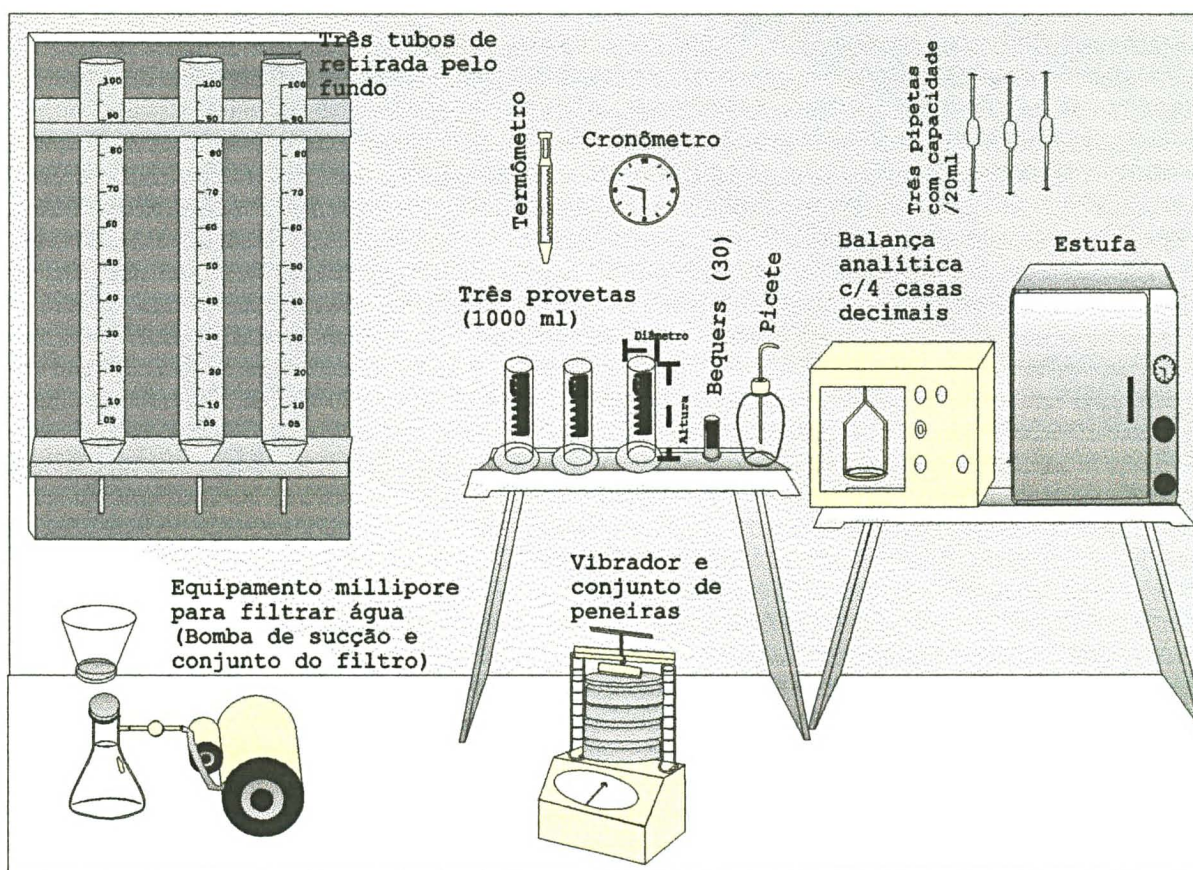


Figura 17, Layout de um laboratório simples de sedimentologia.

Conhecido o fluxo de água na seção, determinamos o material transportado por arrasto, total e por classe de diâmetro e por unidade de tempo e volume.

• Material dissolvido hidrotransportado

Os sólidos dissolvidos hidrotransportados foram identificados pelo processo de evaporação. Foram utilizadas amostras de 40 a 80 ml, previamente filtradas a vácuo em ambiente millipore, com membrana filtrante de $0,45\mu\text{m}$, acondicionadas em bequeres identificados, tarados e levados a uma estufa em temperatura de 80°C até a completa evaporação da água. Os recipientes contendo os resíduos secos foram colocados em dissecador por 30 a 40 min para resfriamento e pesagem. Subtraída do peso bruto a tara, obteve-se os sólidos dissolvidos na amostra. Conhecido o fluxo de água na seção, identificou-se o contingente transportado em relação ao volume e unidade de tempo.

4.2 Estação flúvio-sedimentométrica

A etapa preliminar do levantamento de dados contou, inicialmente, com o levantamento planialtimétrico da seção, conforme dados a seguir:

Tabela 17, Dados planialtimétricos da Estação Pinhal

Linha 1				Linha 2				Linha 3			
P	X (m)	Y (m)	Z (m)	P	X (m)	Y (m)	Z (m)	P	X (m)	Y (m)	Z (m)
R2	32,10	32,12	2,59	R3	34,80	29,33	2,59	R28	4,96	0,98	2,67
R5	24,43	25,49	2,53	R4	27,15	22,73	2,53	R29	11,73	6,27	2,04
R7	21,38	22,87	2,47	R6	23,92	19,98	2,43	R30	15,69	9,58	1,64
R8	19,737	21,53	2,41	R9	21,65	17,99	2,32	R31	17,13	10,83	1,67
R15	18,84	20,44	0,24	R10	20,92	17,13	0,40	R32	17,14	10,93	1,05
R16	17,49	19,27	0,00	R11	19,84	16,09	0,07	R33	18,17	11,78	0,80
R17	16,70	18,63	0,03	R12	18,72	15,18	0,07	R34	19,31	12,52	0,28
R18	16,19	18,21	0,16	R13	18,09	14,77	0,26	R35	20,34	13,49	0,26
R19	15,45	17,66	0,80	R14	17,30	13,82	0,94	R36	21,47	14,62	0,26
R20	14,36	16,77	1,23	R21	16,27	13,29	1,93	R37	21,52	14,68	0,38
R23	11,50	14,25	2,37	R22	14,05	11,11	1,85	R38	22,49	15,57	1,58
R24	6,14	9,64	2,58	R27	9,82	7,47	2,16	R39	24,01	16,57	2,42
R25	0,21	4,29	2,66	R26	3,63	2,14	2,66	R40	25,74	18,15	2,80
								R41	29,04	20,98	2,50
								R42	36,98	27,49	2,54

Legenda: X e Y – coordenadas planas; Z – coordenada altimétrica; P – ponto no terreno.

Fonte: Levantamento de campo.

Os dados da tabela correspondem a figura 18.

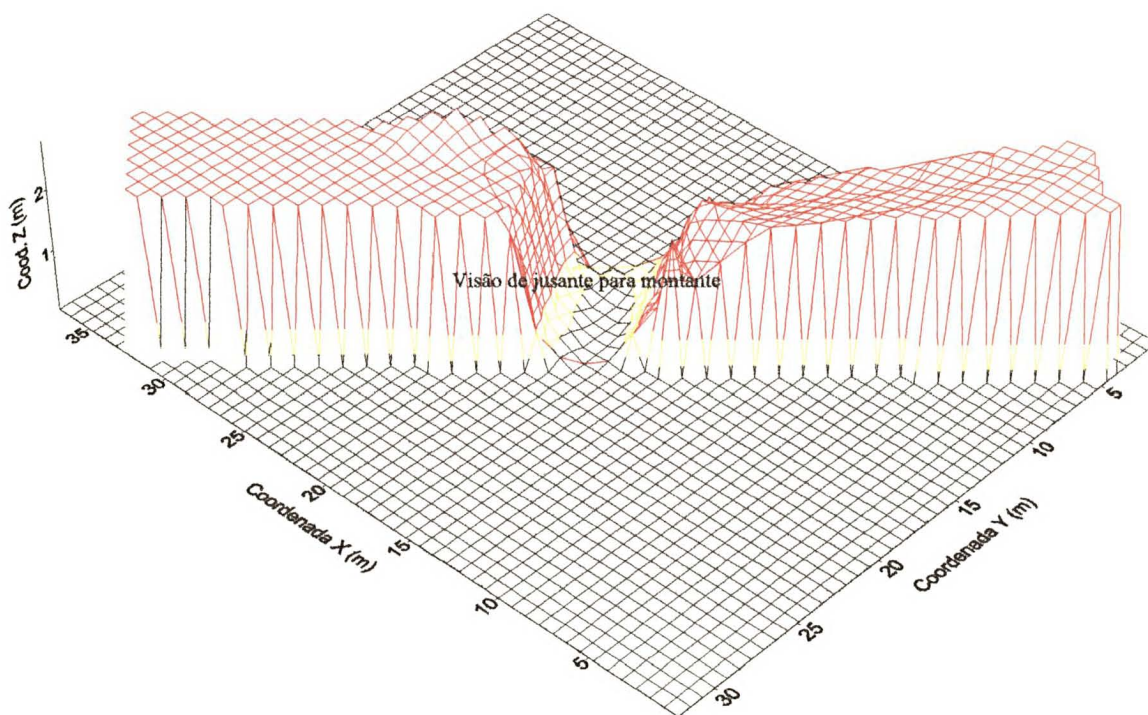


Figura 18, Perfil topográfico da Seção Pinhal.

Para medirmos a velocidade média de fluxo na seção total e calcular o material particulado e água que flui, usamos como base a seção transversal média, constituída pela linha 2.

Foram também levantadas seções transversais a montante e a jusante, nas quais coletamos dados apenas em duas campanhas de campo, quando foram coletadas amostras para análise química. Os dados das seções constam a seguir:

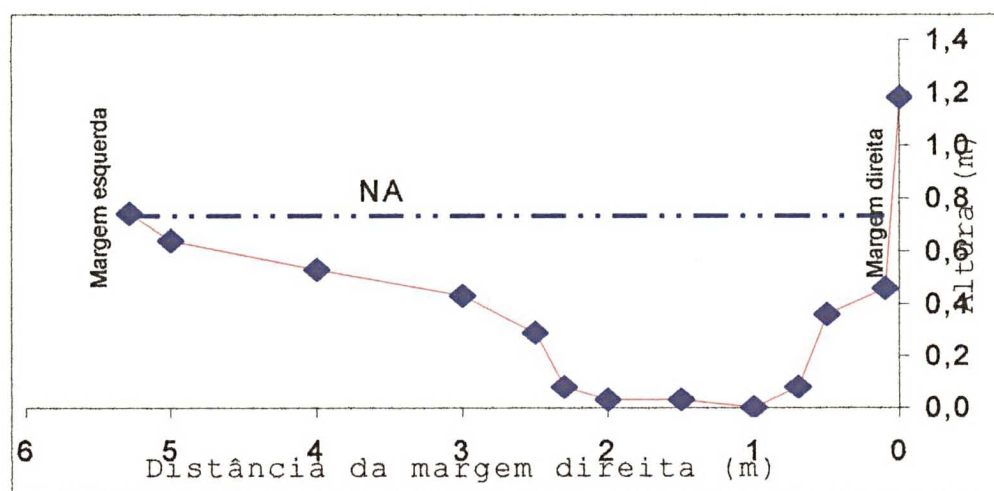


Figura 19, Perfil da seção Montante.

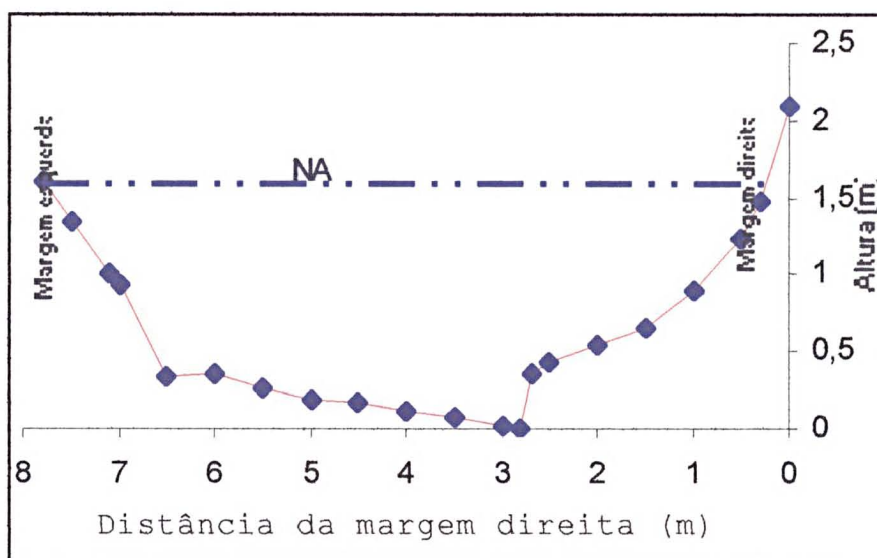


Figura 20, Perfil da seção jusante

4.3 Dados pluviométricos

Os dados pluviométricos para o período de 22-03-96 a 26-05-96 são a média das estações de Francisco Beltrão e Planalto, que ficam respectivamente a Leste e Oeste da bacia. Os demais são de pluviômetro instalado no local. A precipitação diária consta da tabela 08.

A precipitação apresentou várias oscilações no período, com chuvas intensas de 22 a 31 de março de 96 (157,2mm), Outubro (541,4mm), dezembro de 1996 (343,6mm) e janeiro de 1997 (256mm). No mês de outubro, nos dias 10 a 13, ocorreu a precipitação de 264,8mm, sendo que no dia 11, 118,7mm.

Os meses de junho, julho, agosto, setembro e novembro de 1996 e fevereiro de 1997 tiveram precipitação normal, de acordo com as médias anuais das estações de Francisco Beltrão e Planalto.

Nos meses de abril (a partir do dia 11) e maio de 1996 e março de 1997, ocorreu estiagem com índices pluviométricos muito baixos.

4.4 - Fluviometria e material transportado

No período de 22 de março de 1996 a 22 de março de 1997, através do monitoramento da Seção Pinhal, foram levantados os dados flúvio-sedimentométricos que constam na tabela 18.

Tabela 18, Dados Flúvio-Sedimentométricos da Seção Pinhal

Data	Coleta	T/água	Cota	A	Fluxo de água			Material particulado			
					D/M/A	h:min	°C	(m)	m2	V	VL
22/03/96	09:40	21	0,1350	0,6328		0,25	0,158	13668,48	5,00	0,79	0,0683
23/03/96	09:10	21	0,1320	0,6328		0,22	0,138	11885,63	0,93	0,13	0,0111
24/03/96	09:30	21	0,1220	0,6108		0,20	0,122	10554,62	0,62	0,08	0,0065
25/03/96	09:25	18	0,1150	0,5888		0,18	0,105	9084,34	1,29	0,14	0,0118
26/03/96	09:30	19	0,1100	0,5888		0,20	0,118	10174,46	1,33	0,16	0,0136
26/03/96	18:03	19	0,1600	0,9763		0,28	0,271	23431,20	23,20	6,29	0,5436
27/03/96	09:40	21	0,7220	3,5157		1,25	4,395	379695,60	358,67	1576,21	136,1842
28/03/96	09:26	21	0,5015	2,2343		0,83	1,862	160869,60	12,53	23,32	2,0151
29/03/96	09:36	22	0,3900	1,8273		0,83	1,523	131565,60	9,80	14,92	1,2893
30/03/96	09:40	23	0,4520	2,0493		1,00	2,049	177059,52	17,73	36,34	3,1399
30/03/96	16:40	23	1,3000	6,3751		2,33	14,826	1280950,33	1910,00	28317,3047	2446,6151
31/03/96	16:22	23	2,6000	33,5782		2,50	83,946	7252891,20	740,00	62119,670	5367,1395
01/04/96	11:00	23	0,7200	3,5157		1,37	4,829	417247,91	24,69	119,2409	10,3024
02/04/96	09:36	23	0,4900	2,1973		0,76	1,660	143388,76	7,73	12,8287	1,1084
03/04/96	09:02	23	0,2500	1,3093		0,56	0,727	62846,40	0,86	0,6263	0,0541
04/04/96	09:40	23	0,4200	1,9383		0,42	0,808	69778,80	1,59	1,2849	0,1110
05/04/96	09:31	23	0,2400	1,2723		0,38	0,489	42279,51	0,63	0,3091	0,0267
06/04/96	16:01	24	0,2500	1,3093		0,56	0,727	62846,40	2,21	1,6079	0,1389
07/04/96	09:33	22	0,2600	1,3463		0,50	0,673	58160,16	1,17	0,7877	0,0681
08/04/96	09:20	23	0,2200	1,1983		0,42	0,499	43138,80	1,94	0,9680	0,0836
09/04/96	09:15	23	0,2000	1,1243		0,38	0,432	37361,35	1,14	0,4942	0,0427
10/04/96	09:34	22	0,2600	1,3463		0,50	0,673	58160,16	11,38	7,6579	0,6616
11/04/96	09:20	22	0,2000	1,1243		0,42	0,468	40474,80	4,71	2,2077	0,1907
12/04/96	09:31	23	0,1830	1,0503		0,31	0,328	28358,10	1,46	0,4787	0,0414
13/04/96	10:02	23	0,1600	0,9763		0,28	0,271	23431,20	2,49	0,6745	0,0583
14/04/96	17:40	24	0,1500	0,9393		0,29	0,273	23591,72	2,75	0,7501	0,0648
15/04/96	09:15	23	0,1500	0,9393		0,26	0,247	21356,72	1,26	0,3122	0,0270
16/04/96	09:48	22	0,1700	1,0133		0,28	0,281	24319,20	3,70	1,0407	0,0899
17/04/96	15:39	21	0,1600	0,9763		0,26	0,257	22197,98	1,44	0,3691	0,0319
18/04/96	14:02	16	0,1420	0,9023		0,24	0,215	18561,60	0,97	0,2079	0,0180
19/04/96	09:30	14	0,1800	1,0503		0,19	0,202	17451,14	5,11	1,0323	0,0892
20/04/96	15:52	18	0,1100	0,5888		0,18	0,105	9106,86	0,34	0,0363	0,0031
21/04/96	09:01	17	0,1100	0,5888		0,18	0,104	8980,38	5,47	0,5689	0,0492
22/04/96	09:46	18	0,1100	0,5888		0,17	0,098	8507,73	3,49	0,3435	0,0297
23/04/96	09:27	18,3	0,1100	0,5888		0,17	0,101	8737,66	5,23	0,5292	0,0457
24/04/96	09:18	18	0,1020	0,5668		0,16	0,089	7722,43	1,60	0,1426	0,0123
25/04/96	10:20	18	0,1020	0,5668		0,16	0,088	7590,59	3,20	0,2808	0,0243
26/04/96	10:15	18,8	0,1115	0,5888		0,16	0,091	7885,21	15,83	1,4450	0,1248
27/04/96	12:26	18,4	0,1110	0,5888		0,15	0,093	8052,14	3,33	0,3107	0,0268
28/04/96	17:26	19,3	0,1220	0,6108		0,16	0,090	7799,38	16,67	1,5045	0,1300
29/04/96	09:03	18	0,1200	0,6108		0,16	0,096	8315,37	32,00	3,0798	0,2661
30/04/96	09:17	18,5	0,1130	0,5888		0,15	0,091	7821,77	3,26	0,2952	0,0255
01/05/96	10:12	18,5	0,1100	0,5888		0,15	0,089	7691,41	2,00	0,1780	0,0154
02/05/96	09:12	18	0,0840	0,5228		0,15	0,077	6639,56	22,00	1,6906	0,1461
03/05/96	02:53	19	0,0800	0,5228		0,14	0,075	6464,48	12,00	0,8978	0,0776
04/05/96	16:10	18,2	0,0800	0,5228		0,14	0,074	6373,98	8,33	0,6148	0,0531
05/05/96	08:41	16,3	0,0800	0,5228		0,14	0,075	6518,84	2,92	0,2204	0,0190
06/05/96	08:25	15	0,0800	0,5228		0,14	0,072	6235,41	0,33	0,0241	0,0021
07/05/96	13:07	16,1	0,0760	0,5228		0,14	0,072	6235,41	4,67	0,3368	0,0291
08/05/96	13:10	18	0,0760	0,5228		0,13	0,067	5793,35	2,78	0,1863	0,0161
11/05/96	14:02	19,8	0,0670	0,5008		0,11	0,057	4906,41	8,73	0,4956	0,0428
14/05/96	17:36	17,3	0,0580	0,4568		0,11	0,050	4336,71	2,16	0,1085	0,0094
19/05/96	12:00	17	-0,0200	0,2465		0,16	0,039	3339,25	5,52	0,2134	0,0184
22/05/96	17:10	17	0,0000	0,3468		0,12	0,042	3631,08	3,26	0,1370	0,0118
23/05/96	17:05	18	0,0000	0,3468		0,15	0,051	4424,85	4,52	0,2313	0,0200
24/05/96	09:20	16	0,1000	0,5668		0,25	0,139	12006,53	41,33	5,7439	0,4963
25/05/96	14:50	16	0,2200	1,1983		0,28	0,332	28646,42	80,00	26,5245	2,2917
26/05/96	11:20	17	0,0600	0,4788		0,20	0,097	8389,93	15,15	1,4713	0,1271
27/05/96	17:47	17	0,0600	0,4788		0,17	0,084	7220,69	3,61	0,3016	0,0261
28/05/96	18:00	16	0,0550	0,4788		0,21	0,101	8712,73	2,03	0,2048	0,0177
29/05/96	18:10	16	0,0550	0,4788		0,20	0,097	8360,56	2,02	0,1955	0,0169
30/05/96	17:07	17	0,0550	0,4788		0,20	0,095	8201,34	2,11	0,1998	0,0173

Continua tabela 18.

Data				A	Fluxo de água			Material particulado		
D/M/A	Coleta h:min	T/água °C	Cota (m)		m2	V	VL	VL'	Sl	Ss
31/05/96	17:48	15	0,0500	0,4568	0,21	0,095	8217,01	1,54	0,1463	0,0126
01/06/96	17:56	12	0,0500	0,4568	0,17	0,076	6595,23	3,23	0,2462	0,0213
02/06/96	18:15	11	0,0450	0,4568	0,10	0,046	3978,08	4,08	0,1879	0,0162
03/06/96	17:32	11,5	0,0450	0,4568	0,10	0,044	3797,25	2,11	0,0925	0,0080
04/06/96	17:30	11,5	0,0400	0,4348	0,09	0,041	3508,07	3,09	0,1256	0,0108
05/06/96	17:23	12	0,0350	0,4348	0,10	0,045	3910,63	14,29	0,6466	0,0559
07/06/96	17:23	12	0,0300	0,4128	0,09	0,037	3235,41	7,18	0,2688	0,0232
08/06/96	17:20	14	0,0300	0,4128	0,09	0,035	3060,52	1,16	0,0410	0,0035
09/06/96	16:10	14	0,0620	0,4788	0,06	0,030	2571,60	1,58	0,0470	0,0041
12/06/96	09:44	12,4	0,0620	0,4788	0,06	0,029	2472,13	0,57	0,0164	0,0014
16/06/96	11:15	19	0,2840	1,4203	0,13	0,179	15491,72	243,33	43,6302	3,7697
17/06/96	09:32	19	0,4320	1,9753	0,47	0,934	80694,61	191,67	179,0100	15,4665
18/06/96	14:40	20,3	0,8800	4,3045	1,75	7,551	652381,46	238,89	1803,7810	155,8467
19/06/96	18:10	19,5	0,7620	3,7129	1,67	6,204	536064,59	7,58	47,0034	4,0611
20/06/96	18:14	19,2	0,4300	1,9753	0,53	1,041	89935,98	1,61	1,6770	0,1449
21/06/96	14:42	17	0,4000	1,8643	0,50	0,940	81176,95	2,19	2,0582	0,1778
22/06/96	17:31	13	0,3620	1,7163	0,48	0,832	71880,22	3,13	2,5998	0,2246
23/06/96	09:12	15,2	0,2900	1,4573	0,44	0,643	55523,13	3,85	2,4716	0,2136
24/06/96	15:23	11,2	0,2520	1,3093	0,44	0,573	49540,30	2,04	1,1702	0,1011
25/06/96	11:23	17,3	0,2700	1,3833	0,45	0,626	54093,64	4,64	2,9045	0,2509
26/06/96	13:42	18,2	0,2220	1,1983	0,42	0,507	43770,66	3,21	1,6255	0,1404
27/06/96	11:18	15,8	0,6000	2,6043	1,04	2,702	233467,84	26,32	71,1098	6,1439
28/06/96	18:01	15	0,4500	2,0493	0,76	1,549	133848,57	9,57	14,8325	1,2815
29/06/96	17:08	15	0,3800	1,7903	0,70	1,249	107937,38	3,03	3,7857	0,3271
30/06/96	10:15	14,8	0,3100	1,5313	0,62	0,953	82365,92	3,77	3,5974	0,3108
01/07/96	17:29	16	0,2900	1,4573	0,47	0,684	59093,35	3,67	2,5099	0,2169
02/07/96	10:04	15	0,2800	1,4203	0,47	0,663	57254,47	0,76	0,5059	0,0437
03/07/96	09:20	14	0,2600	1,3463	0,46	0,619	53524,21	0,79	0,4878	0,0421
04/07/96	14:02	15	0,2400	1,2723	0,46	0,584	50472,50	4,00	2,3367	0,2019
06/07/96	09:44	14	0,2600	1,3463	0,53	0,712	61552,84	1,64	1,1717	0,1012
07/07/96	10:19	16	0,6600	2,8263	0,98	2,770	239293,40	60,00	166,1760	14,3576
08/07/96	11:36	17	0,6200	2,6783	0,89	2,395	206960,92	36,67	87,8306	7,5886
09/07/96	16:11	19,2	0,9200	4,5017	1,87	8,408	726415,50	36,67	308,2782	26,6352
10/07/96	12:42	17	0,5600	2,4563	0,99	2,437	210566,32	10,00	24,3711	2,1057
11/07/96	13:23	15,5	0,4400	1,3093	0,63	0,819	70771,86	3,17	2,6004	0,2247
12/07/96	10:04	13,4	0,4100	1,9013	0,58	1,111	95964,05	3,96	4,3965	0,3799
13/07/96	16:02	15,6	0,3400	1,6423	0,45	0,744	64267,58	4,97	3,7003	0,3197
16/07/96	11:04	15,3	0,2200	1,1983	0,39	0,467	40308,73	2,80	1,3053	0,1128
20/07/97	15:34	17,3	0,1700	1,033	0,33	0,340	29365,03	0,33	0,1114	0,0096
24/07/96	16:15	16,5	0,1400	0,9023	0,23	0,211	18199,92	1,43	0,3009	0,0260
29/07/96	15:15	13,5	0,1200	0,6108	0,21	0,127	10976,39	0,34	0,0428	0,0037
02/08/96	13:57	13,5	0,1100	0,5888	0,20	0,117	10094,98	0,76	0,0884	0,0076
07/08/96	13:35	18	0,1300	0,6328	0,25	0,158	13668,48	2,47	0,3912	0,0338
05/08/96	15:20	14,5	0,1000	0,5668	0,17	0,099	8547,81	1,81	0,1789	0,0155
09/08/96	17:48	18	0,2200	1,1983	0,35	0,419	36162,56	9,58	4,0096	0,3464
10/08/96	14:04	18,2	0,1500	0,9393	0,25	0,231	19943,40	8,89	2,0518	0,1773
11/08/96	10:15	16	0,1400	0,9023	0,24	0,220	19010,67	1,76	0,3883	0,0335
12/08/96	15:00	18	0,1300	0,6328	0,24	0,153	13261,24	3,00	0,4605	0,0398
14/08/96	14:18	18,6	0,1500	0,9393	0,26	0,240	20746,28	3,33	0,8004	0,0692
15/08/96	15:18	16,5	0,1400	0,9023	0,25	0,228	19722,62	1,23	0,2809	0,0243
17/08/96	14:19	18	0,1100	0,5888	0,19	0,113	9735,96	0,67	0,0751	0,0065
20/08/96	09:20	17,5	0,1050	0,5888	0,18	0,106	9125,40	0,65	0,0681	0,0059
23/08/96	08:20	17,5	0,1000	0,5668	0,17	0,097	8377,40	1,41	0,1370	0,0118
26/08/96	14:30	21	0,0907	0,5448	0,15	0,080	6871,24	0,44	0,0353	0,0031
27/08/96	09:08	18,5	0,0908	0,5448	0,14	0,079	6822,62	0,87	0,0687	0,0059
30/08/93	17:09	19,5	0,0980	0,5448	0,11	0,062	5344,16	14,77	0,9137	0,0789
31/08/96	09:45	18	0,2800	1,4203	0,35	0,501	43266,71	427,78	214,2192	18,5085
01/09/96	18:03	16,5	0,4000	1,8643	0,51	0,959	82887,32	16,06	15,4055	1,3310
02/09/96	10:32	16	0,3500	1,6793	0,49	0,817	70600,09	9,25	7,5573	0,6529
03/09/96	10:14	17	0,4400	1,9013	0,63	1,201	103793,95	116,67	140,1539	12,1093
03/09/96	17:38	18,5	0,4100	1,9013	0,60	1,148	99156,77	26,67	30,6039	2,6442
04/09/96	13:47	17,2	0,3900	1,8273	0,57	1,050	90726,69	7,56	7,9366	0,6857
05/09/96	16:10	16	0,3000	1,4943	0,53	0,789	68149,02	3,33	2,6292	0,2272
06/09/96	17:32	18	0,2800	1,4203	0,49	0,699	60405,69	6,32	4,4199	0,3819

Continua tabela 18

Data	Coleta	T/água	Cota	A	Fluxo de água			Material particulado		
					D/M/A	h:min	°C	(m)	m2	V
07/09/96	15:44	18,5	0,2500	1,3093	0,44	0,581	50163,01	3,37	1,9570	0,1691
08/09/96	10:00	18	0,4800	2,1603	0,61	1,319	113964,13	227,78	300,4456	25,9585
09/09/96	10:04	14,5	0,5700	2,4933	0,99	2,470	213404,70	55,37	136,7665	11,8166
10/09/96	09:40	14,2	0,4200	1,9383	0,52	1,017	87886,69	5,49	5,5890	0,4829
11/09/96	11:44	16	0,3600	1,7163	0,49	0,848	73278,66	3,30	2,7960	0,2416
12/09/96	14:10	18	0,3000	1,4943	0,49	0,725	62678,34	1,65	1,1958	0,1033
13/09/96	17:44	20	0,2600	1,3463	0,43	0,580	50076,88	1,69	0,9768	0,0844
14/09/96	18:34	21,2	0,2300	1,2353	0,39	0,480	41451,68	2,78	1,3327	0,1151
16/09/96	17:26	19,5	0,2000	1,1243	0,32	0,365	31535,58	2,19	0,7978	0,0689
18/09/96	16:45	21	0,1600	0,9763	0,31	0,307	26542,97	1,16	0,3572	0,0309
21/09/96	11:37	20	0,1400	0,9023	0,24	0,215	18568,56	1,49	0,3208	0,0277
24/09/96	18:08	20	0,2100	1,1613	0,34	0,396	34217,81	120,00	47,5247	4,1061
25/09/96	13:15	20	0,1900	1,0873	0,34	0,367	31713,78	16,48	6,0481	0,5226
26/09/96	16:14	20	0,1800	1,0503	0,33	0,350	30264,53	8,70	3,0459	0,2632
27/09/96	16:47	20	0,2100	1,1613	0,36	0,419	36221,47	7,26	3,0447	0,2631
28/09/96	16:42	21	0,2100	1,1613	0,33	0,378	32673,62	6,67	2,5211	0,2178
29/09/96	13:48	21,5	0,2000	1,0873	0,32	0,347	29991,77	3,33	1,1571	0,1000
30/09/96	10:40	21	0,2000	1,0873	0,32	0,346	29856,67	2,78	0,9599	0,0829
01/10/96	16:10	20,5	0,2400	1,2723	0,50	0,631	54533,96	19,57	12,3492	1,0670
02/10/96	16:55	20	0,5000	2,2343	0,71	1,576	136202,93	140,00	220,6992	19,0684
03/10/96	13:33	19,8	0,4700	2,1233	0,59	1,260	108871,71	11,60	14,6198	1,2632
04/10/96	14:23	22	0,3900	1,8273	0,59	1,084	93694,38	8,94	9,6932	0,8375
05/10/96	13:57	20	0,6200	2,6783	0,91	2,430	209917,50	866,67	2105,6540	181,9285
06/10/96	10:20	20	0,4800	2,1603	0,65	1,414	122188,35	110,00	155,5639	13,4407
07/10/96	14:52	21	0,4300	1,9753	0,63	1,249	107941,09	23,91	29,8750	2,5812
10/10/96	10:45	18	0,5000	2,2343	0,77	1,730	149491,02	170,83	295,5793	25,5380
11/10/96	10:30	20	0,7000	3,4171	1,05	3,604	311421,55	254,17	916,1224	79,1530
11/10/96	18:09	20	1,0600	5,1919	2,06	10,704	924832,47	176,67	1891,0541	163,3871
12/10/96	10:56	20	2,0800	15,5457	3,02	47,007	4061425,17	379,17	17823,5769	1539,9570
13/10/96	14:29	20	1,0600	5,1919	1,87	9,697	837789,42	32,65	316,6249	27,3564
14/10/96	14:34	20	0,6300	2,7153	0,89	2,428	209820,03	14,44	35,0635	3,0295
15/10/96	17:57	21	0,5000	2,2343	0,70	1,559	134706,19	5,96	9,2883	0,8025
16/10/96	17:31	21,5	0,4200	1,9383	0,63	1,225	105813,82	3,89	4,7627	0,4115
17/10/96	15:26	22	0,3800	1,7903	0,51	0,917	79212,11	3,08	2,8209	0,2437
19/10/96	11:05	20	0,4900	2,1973	0,69	1,517	131035,51	160,00	242,6583	20,9657
19/10/96	13:30	20	0,8600	4,2059	1,37	5,768	498385,52	1198,33	6912,4072	597,2320
20/10/96	13:41	20	0,8800	4,3045	1,38	5,942	513395,84	21,49	127,6811	11,0316
21/10/96	11:25	20	0,5200	2,3083	0,72	1,654	142937,44	9,38	15,5155	1,3405
22/10/96	09:32	19,5	0,5600	2,4563	0,94	2,301	198764,67	40,00	92,0207	7,9506
23/10/96	18:40	22	0,4400	2,0123	0,59	1,194	103180,21	6,97	8,3193	0,7188
24/10/96	17:39	21	0,4600	2,0863	0,60	1,255	108392,77	4,06	5,0946	0,4402
25/10/96	13:49	21	0,6000	2,6043	0,92	2,397	207075,82	13,89	33,2877	2,761
26/10/96	15:35	21,5	0,6300	2,7153	0,95	2,577	222678,95	26,67	68,7281	5,9381
27/10/96	17:10	23	0,5200	1,6053	0,71	1,140	98515,86	6,55	7,4727	0,6456
28/10/96	17:26	23,5	0,4300	1,9753	0,51	1,016	87822,41	3,48	3,5355	0,3055
31/10/96	17:10	22	0,3500	1,6793	0,32	0,540	46649,68	0,89	0,4826	0,0417
01/11/96	17:40	23	0,2500	1,3093	0,29	0,375	32430,44	4,29	1,6087	0,1390
03/11/96	08:19	20	0,2200	1,1983	0,27	0,328	28374,42	2,23	0,7339	0,0634
06/11/96	17:31	23,5	0,1600	0,9763	0,15	0,151	13032,54	4,94	0,7457	0,0644
07/11/96	19:20	23	0,2400	1,2723	0,23	0,288	24876,50	354,44	102,0525	8,8173
08/11/96	08:55	21	0,1900	1,0873	0,20	0,220	19046,50	6,97	1,5357	0,1327
09/11/96	18:30	23	0,3500	1,6793	0,41	0,688	59440,72	292,22	201,0405	17,3699
10/11/96	09:15	22	0,2200	1,1983	0,20	0,237	20449,00	32,11	7,5986	0,6565
11/11/96	09:44	21	0,3000	1,4943	0,35	0,518	44775,14	12,37	6,4105	0,5539
12/11/96	11:47	22	0,2800	1,4203	0,29	0,418	36092,33	9,19	3,8373	0,3315
13/11/96	19:08	23	1,0200	4,9947	1,62	8,112	700842,00	1618,33	13127,2681	1134,1960
14/11/96	15:25	24	0,4800	2,1603	0,58	1,247	107747,91	31,13	38,8165	3,3537
15/11/96	12:34	22	0,4200	1,1983	0,43	0,521	45029,82	9,47	4,9346	0,4263
15/11/96	18:12	22	0,5800	2,5303	0,84	2,125	183627,49	166,67	354,2197	30,6046
16/11/96	16:59	24	0,5200	2,3083	0,66	1,528	132056,90	6,29	9,6171	0,8309
17/11/96	14:15	24	0,4700	2,1233	0,59	1,248	107863,64	5,80	7,2352	0,6251
18/11/96	15:40	25	0,3800	1,7903	0,45	0,805	69563,04	3,03	2,4371	0,2106

Continua tabela 18

Data	Coleta	T/água	Cota	A	Fluxo de água			Material particulado		
					D/M/A	h:min	°C	(m)	m2	V
19/11/96	17:40	25	0,3000	1,4943	0,39	0,589	50858,11	2,93	1,7275	0,1493
21/11/96	17:33	23	0,2300	1,2353	0,30	0,367	31669,86	1,21	0,4431	0,0383
24/11/96	13:10	21	0,1800	1,0503	0,16	0,164	14130,37	1,00	0,1635	0,0141
27/12/96	17:39	24	0,1400	0,9023	0,12	0,110	9543,82	1,52	0,1681	0,0145
30/11/96	13:01	23	0,1200	0,6108	0,11	0,065	5577,72	1,00	0,0646	0,0056
02/12/96	17:15	23	0,2800	1,4203	0,29	0,417	36025,58	1751,67	730,3798	63,1048
03/12/96	17:19	25	0,1200	0,6108	0,11	0,064	5562,90	7,64	0,4919	0,0425
04/12/96	18:12	25	0,1100	0,5888	0,11	0,062	5357,20	9,55	0,5919	0,0511
06/12/96	17:30	23,5	0,1400	0,9023	0,11	0,095	8230,06	11,89	1,1328	0,0979
07/12/96	11:10	22,5	0,1800	1,0503	0,17	0,175	15088,68	87,20	15,2284	1,3157
08/12/96	10:02	22	0,1600	0,9763	0,12	0,112	9717,66	10,21	1,1487	0,0992
09/12/96	10:40	23	0,1500	0,9393	0,10	0,098	8434,33	1,00	0,0976	0,0084
10/12/96	19:12	24	0,1600	0,9763	0,13	0,123	10659,45	13,03	1,6080	0,1389
11/12/96	13:51	22	0,2200	1,1983	0,23	0,280	24179,31	8,68	2,4295	0,2099
12/12/96	16:31	24	0,1800	1,0503	0,17	0,182	15701,27	1,00	0,1817	0,0157
13/12/96	18:15	26	0,1600	0,9763	0,11	0,104	8943,68	5,38	0,5574	0,0482
14/12/96	17:30	26	0,1600	0,9763	0,11	0,103	8909,47	5,06	0,5217	0,0451
16/12/96	17:22	27	0,2700	1,3833	0,27	0,380	32854,27	40,32	15,3310	1,3246
17/12/96	18:06	23	0,2100	1,1613	0,18	0,212	18350,68	4,84	1,0270	0,0887
18/12/96	10:24	22	0,2000	1,1243	0,17	0,196	16946,04	3,71	0,7272	0,0628
20/12/96	10:45	21	0,6000	2,6043	1,06	2,770	239333,86	382,22	1058,7815	91,4787
20/12/96	18:05	22	0,7800	3,8115	1,53	5,832	503889,48	93,10	542,9844	46,9138
21/12/96	14:28	21	1,2400	6,0793	2,91	17,708	1529975,76	828,33	14668,1704	1267,3299
21/12/96	18:20	22	1,7400	9,5418	3,11	29,701	2566182,92	622,22	18480,7412	1596,7360
22/12/96	18:24	24	0,7000	3,4171	1,25	4,255	367599,56	22,11	94,0745	8,1280
23/12/96	16:10	24	0,5500	2,4193	1,04	2,518	217594,22	11,46	28,8573	2,4933
24/12/96	18:15	26	0,5000	2,2343	0,87	1,954	168846,60	5,92	11,5659	0,9993
26/12/96	16:08	24	0,3000	1,4943	0,25	0,380	32793,31	3,33	1,2652	0,1093
28/12/96	18:15	25	0,2800	1,4203	0,24	0,340	29349,66	10,11	3,4360	0,2969
31/12/96	18:05	26	0,2000	1,1243	0,16	0,185	15943,03	3,94	0,7263	0,0628
05/01/97	19:40	24	0,1800	1,0503	0,14	0,144	12478,06	89,05	12,8604	1,1111
06/01/97	08:30	22	0,1600	0,9763	0,13	0,122	10544,04	41,11	5,0171	0,4335
07/01/97	18:06	25	0,1200	0,6108	0,09	0,052	4498,11	3,96	0,2060	0,0178
09/01/97	20:45	23	1,2000	5,8821	2,65	15,563	1344648,0	2220,00	34549,984	2985,118
10/01/97	09:30	23	0,4000	1,8643	0,50	0,940	81176,95	103,33	97,0866	8,3883
10/01/97	18:32	25	0,5000	2,2343	0,57	1,278	110434,81	154,17	197,0528	17,0254
11/01/97	10:59	24	0,3600	1,7163	0,42	0,721	62277,17	17,32	12,4822	1,0785
12/01/97	13:50	26	0,2600	1,3463	0,22	0,302	26100,14	6,93	2,0940	0,1809
13/01/97	13:40	26	0,2400	1,2723	0,19	0,237	20476,23	3,33	0,7900	0,0683
14/01/97	18:55	23	0,2300	1,2353	0,20	0,241	20840,56	19,56	4,7170	0,4075
18/01/97	17:25	25	0,1800	1,0503	0,15	0,156	13507,66	3,79	0,5924	0,0512
19/01/97	19:29	24	0,5200	2,3083	0,87	1,997	172537,56	286,67	572,4626	49,4608
20/01/97	14:42	25	0,4200	1,9383	0,58	1,122	96939,74	10,00	11,2199	0,9694
21/01/97	12:49	24	0,3200	1,5313	0,28	0,424	36623,04	2,39	1,0115	0,0874
22/01/97	17:21	26	0,2600	1,3463	0,22	0,294	25382,61	5,31	1,5607	0,1348
25/01/97	19:50	25	0,4000	1,8643	0,48	0,891	76962,34	161,11	143,5126	12,3995
26/01/97	14:46	25	0,3000	1,4573	0,24	0,357	30822,40	6,42	2,2907	0,1979
27/01/97	10:11	24	0,2200	1,1983	0,18	0,221	19100,39	2,53	0,5585	0,0483
30/01/97	19:20	25	0,2300	1,2353	0,19	0,238	20568,59	3,76	0,8959	0,0774
31/01/97	17:20	24	0,2800	1,4203	0,24	0,347	29947,48	10,75	3,7270	0,3220
01/02/97	13:18	24	0,6000	2,6043	0,94	2,461	212622,49	157,86	388,4720	33,5640
01/02/97	18:30	24	0,8200	4,0087	1,32	5,303	458194,41	106,67	565,6721	48,8741
02/02/97	16:05	24	0,6600	2,8263	1,12	3,160	272996,70	20,29	64,0964	5,5379
02/02/97	13:38	24	0,9000	4,4031	1,52	6,689	577922,68	97,00	648,8252	56,0585
03/02/97	16:20	24	0,5600	2,4563	1,04	2,557	220922,04	8,21	20,9941	1,8139
04/02/97	17:20	25	0,4200	1,9383	0,56	1,080	93283,24	9,16	9,8875	0,8543
07/02/97	15:30	26	0,2600	1,3463	0,23	0,304	26239,22	2,98	0,9046	0,0782
14/02/97	09:17	23	0,1600	0,9763	0,26	0,249	21554,82	24,00	5,9874	0,5173
14/02/97	17:17	25	0,3200	1,5683	0,34	0,532	45963,25	152,00	80,8613	6,9864
15/02/97	17:27	25	0,2600	1,3463	0,15	0,203	17544,75	4,13	0,8393	0,0725
16/02/97	15:12	25	0,2200	1,1983	0,13	0,158	13665,25	48,00	7,5918	0,6559
17/02/97	16:15	24	0,4400	2,0123	0,14	0,290	25091,55	56,20	16,3211	1,4101

Continua tabela 18

Data	Coleta	T/água	Cota	A	Fluxo de água			Material particulado		
					D/M/A	h:min	°C	(m)	m ²	V
22/02/97	16:14	23	0,1400	0,9023	0,07	0,062	5370,34	5,60	0,3481	0,0301
27/02/97	13:15	23	0,1200	0,6108	0,05	0,029	2480,45	3,13	0,0899	0,0078
04/03/97	14:42	23	0,1600	0,9763	0,10	0,097	8353,67	6,46	0,6249	0,0540
08/03/97	13:45	21	0,0800	0,5228	0,04	0,020	1747,89	1,20	0,0242	0,0021
15/03/97	15:30	24	0,1000	0,5668	0,03	0,018	1515,81	0,57	0,0100	0,0009
22/03/97	09:03	20	0,0700	0,5008	0,02	0,009	738,60	4,40	0,0376	0,0032
06/04/97	19:00	17	0,04	0,4348	0,00	0,001	113,87	#DIV/0!	#DIV/0!	

Fonte: Levantamento de campo no período 22-03-96 a 22-03-97.

Fórmulas: VD, E e $C=T/d1$; $V= VD+VE+VC/3$; $VL = VxA'$; $VL'= VLx86400$; $SI = m+s-m/V'$; $Ss=VL*1000*SI/1000$; $Vt=VLx1000x86400xSI/1.000.000.000$

Legenda: V = velocidade de fluxo m/s; VL = fluxo de água m³ por seg; VL' = fluxo de água m³ por dia; SI = material particulado mg/l; Ss = Material particulado g/s; Vt = material particulado em t/dia; VD, E e C = Velocidade na margem direita, esquerda e centro.; A' = área da seção transversal ocupada pela água.

Os dados levantados e devidamente tratados possibilitam conhecer com certa profundidade o comportamento do processo erosivo e transporte de material particulado em suspensão na bacia, conforme demonstrado na tabela 19.

Tabela 19, As cotas mais elevadas ocorreram em 46 dias de observação

Cota (m)	Dia(s)
> 2,5	31/03/96
2,5 a 2,0	12/10/96
2,0 a 1,5	21/12/96 ^(2º)
1,5 a 1,0	30/03/96; 21/12/96 ^(1º) ; 09/01/97; 11/10/96; 13/11/96
1,0 a 0,8	09/07/96; 02/02/97; 18/06/96; 20/10/96; 19/10/96; 01/02/97
0,8 a 0,7	20/12/96; 19/06/96; 27/03/96; 01/04/96; 11/10/96; 22/12/96
0,7 a 0,6	07/07/96; 02/02/97; 27/06/96; 20/12/96; 14/10/96; 26/10/96; 01/02/97; 08/07/96; 05/10/96; 25/10/96
0,6 a 0,5	15/11/96; 21/10/96; 09/09/96; 27/10/96; 10/07/96; 16/11/96;
22/10/96; 19/01/97; 03/02/97;	10/10/96; 15/10/96; 24/12/96; 10/01/97
28/03/96; 23/12/96; 02/10/96;	
0,5 >	As demais.

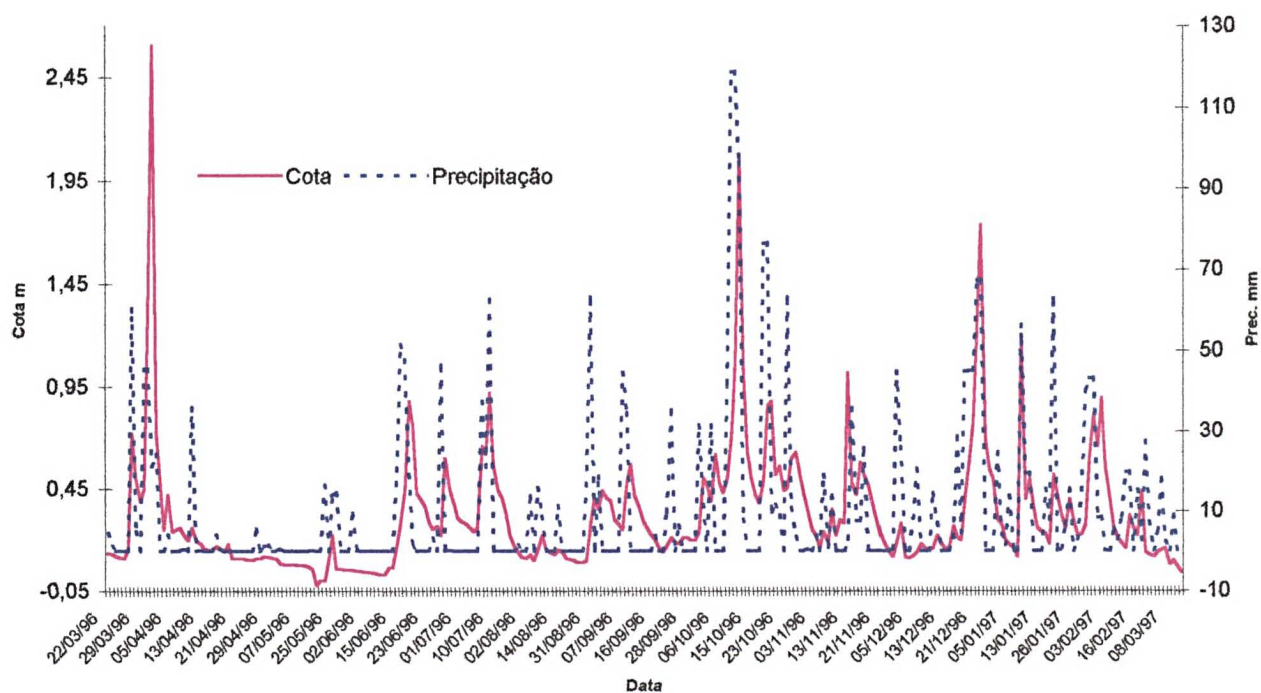


Figura 21, Cota e Precipitação.

O gráfico mostra que a elevação da cota é uma consequência imediata após as precipitações, com capacidade para promover o escoamento superficial. Isso é justificado pelos seguintes fatores:

A bacia monitorada (efetiva) é pequena, podendo ser considerada como micro; as vertentes são curtas, possuindo declive acentuado, facilitando o escoamento superficial; os solos são rasos, predominando o Litólico e Cambissolo, sendo a presença de Latossolo e Terra Roxa pequena. Os solos pouco profundos têm baixa capacidade de infiltração e saturam-se rapidamente de água, facilitando o escoamento superficial; as formas de uso estão centradas basicamente em lavouras anuais, de tração animal, pastagens, lavouras mecanizadas e manuais com técnica de pousio; as culturas mais empregadas são, respectivamente, o milho, feijão e soja, aparecendo outras também de ciclo anual em lavouras de subsistência como a mandioca e o arroz de sequeiro. No cultivo, é comum o uso de consorciação de cultura de milho e feijão e milho e soja. São culturas que protegem pouco o solo, facilitando o escoamento superficial.

Este conjunto de fatores tornam a ação das águas superficiais muito dinâmica e, por isso, o nível da água, que se eleva rapidamente após as altas precipitações, também volta rapidamente à estabilidade.

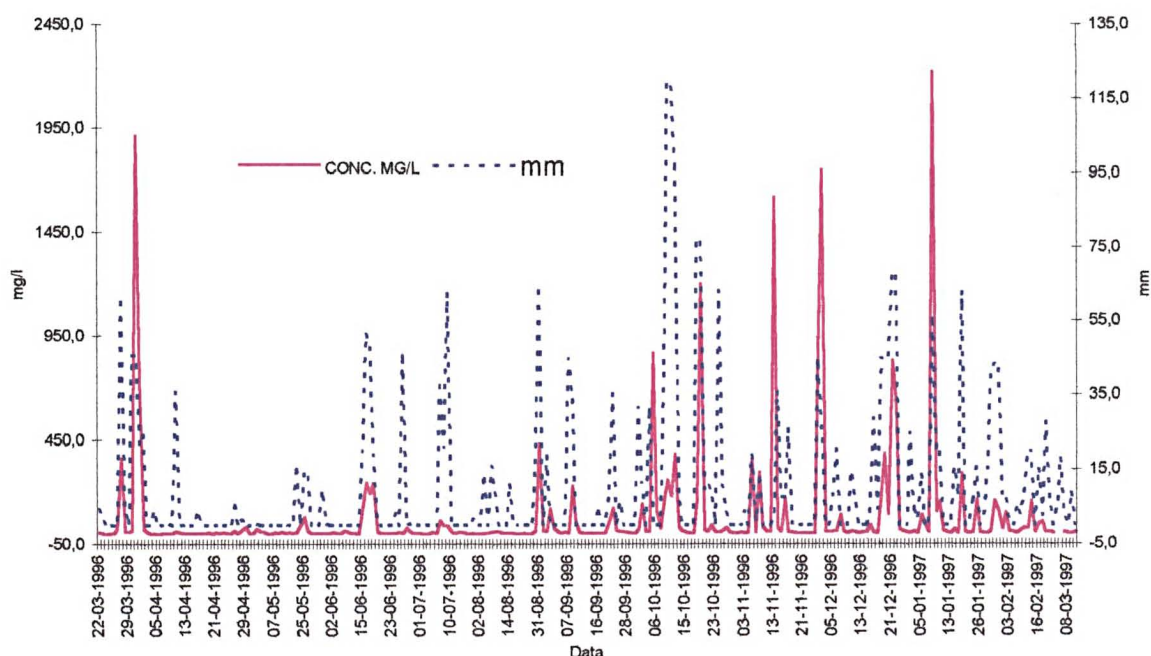


Figura 22, Precipitação pluviométrica e concentração de material particulado

As concentrações de material particulado em suspensão mais significativas ocorreram em 20 dias, cujos dias e respectivos teores são:

09/01/97 (2220,000mg/l), 30/03/96 (1910,0000mg/l) 02/12/96 (1751,6667 mg/l), 13/11/96 (1618,3333 mg/l), 19/10/96 (1198,3333 mg/l), 01/12/96 (876,3333 mg/l), 05/10/96 (866,6667 mg/l), 21/12/96 (828,3333 mg/l), 31/03/97 (740,0000 mg/l), 21/12/96 (622,2222 mg/l), 31/08/96 (427,7778 mg/l), 20/12/96 (382,2222 mg/l), 12/10/96 (379,1667 mg/l), 27/03/96 (358,6667 mg/l), 07/11/96 (354,4444 mg/l), 09/11/96 (292,2222 mg/l), 19/01/97 (286,6667 mg/l), 11/10/96 (254,1667 mg/l), 16/06/96 (243,3333 mg/l) 18/06/96 (238,8889 mg/l), 08/09/96, (227,7778mg/l). As demais concentrações são inferiores a 200mg/l.

O aumento da concentração coincide com os períodos chuvosos. Deve se observar que as maiores concentrações de material particulado, não coincidem com os maiores índices de precipitação diária e maiores cotas, pois este fator está intimamente ligado a intensidade da precipitação e o seu tempo de duração. Por isso, nos dias 09/01/97, 13/11/96, 30/11/96, 05/10/96 e 30/03/96, observam-se concentrações de sedimento muito superiores a dias com altos índices de precipitações como 10 a 13-10-96, 19-01-97, 07 a 09-07-96 e 16 a 18-06-96.

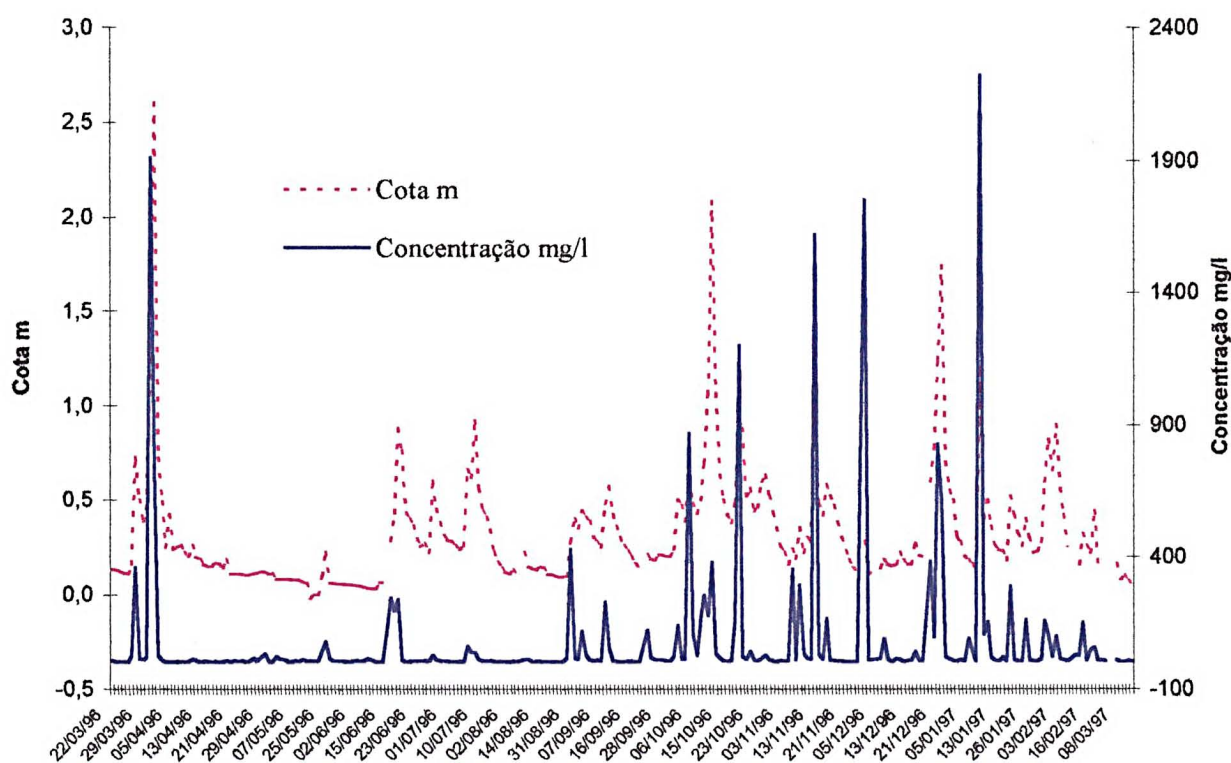


Figura 23, Cota e concentração de material particulado

A altura da cota não indica a concentração de material particulado transportado em suspensão, pois esse fator está diretamente ligado à precipitação que ocorreu nas vertentes e será tanto maior quanto maior for a intensidade e menor for o tempo de duração de uma

chuva. De modo que, no pico da enxurrada, estão as maiores concentrações de sedimento, os quais são consequência direta, na grande maioria, da capacidade de erosão e transporte de material pela água da chuva.

Por isso, em cotas relativamente baixas, ocorrem altas, concentração de sedimentos, enquanto que em épocas de cheias com chuvas prolongadas e não intensas, com cotas altas a concentração de sedimentos é menor.

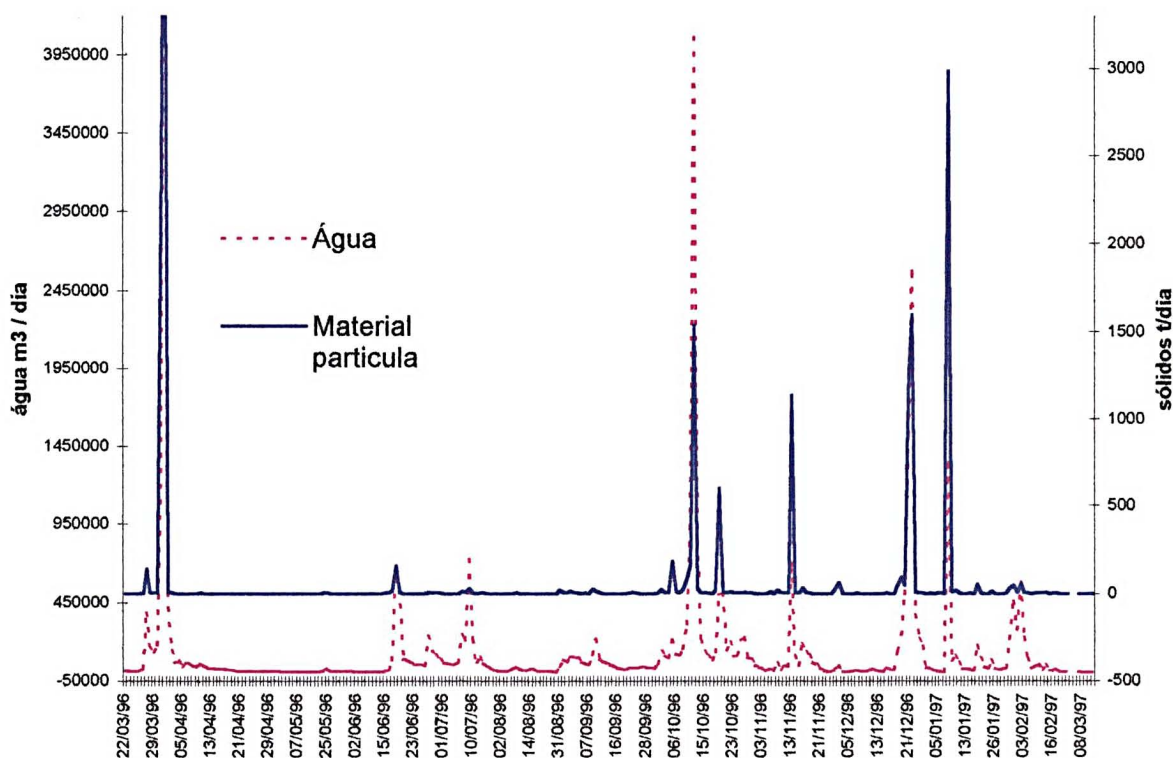


Figura 24, Vazão diária de água e transporte de material particulado

O volume de material transportado é consequência da velocidade de fluxo, nível da água e concentração de sedimentos, os quais estão associados aos índices de precipitação na bacia, conforme já mencionado. A velocidade de fluxo estabelece a capacidade de transporte, o nível determina a capacidade de aporte de sedimentos e a concentração a maior ou menor quantidade de material disponível ao transporte.

Existem casos em que a concentração de material particulado é mais significativa na quantidade de material transportado e em outros o nível e velocidade da água.

A tabela 20 apresenta as maiores médias diárias de material transportado nas datas observadas:

No dia 31-03-96, ocorreu a maior enchente do ano e, portanto, a maior cota e grande velocidade de fluxo, ocasião em que, mesmo não tendo a maior concentração de material, houve o movimento médio diário de 5.367,13949ton/dia, equivalendo a 35,2% do material

transportado no período. Em mais cinco dias ocorreram transporte significativo de material, que são: 09/01/97, 19,57%, 12/10/96, 10,09%, 21/12/96, 9,38%, 30/03/96, 8,03%, 13/11/96, 7,43%. Em 16 dias ocorreu o transporte de 14.841,429 toneladas de material particulado em suspensão, correspondendo a 97,3% do total.

Tabela 20, Demonstrando dias com maior movimento de material particulado.

Data	Cota	Concentração.	Fluxo de água		Mov. Material particulado		
	m	MG/L	m ³ /dia	%	SÓL.(G/S)	t/dia	%
31/03/96	2,6	740,00	7252891,20	21,51	62119,67	5367,14	35,19
09/01/97	1,2	2220,00	1344648,06	3,99	34549,98	2985,12	19,57
12/10/96	2,08	379,17	4061425,17	12,04	17823,58	1539,96	10,10
21/12/96	1,74	725,28	2048079,34	6,07	16574,46	1432,03	9,39
30/03/96	1,3	963,87	729004,92	2,16	14176,82	1224,88	8,03
13/11/96	1,02	1618,33	700842,00	2,08	13127,27	1134,20	7,44
19/10/96	0,86	679,17	314710,52	0,93	3577,53	309,10	2,03
05/10/96	0,62	866,67	209917,50	0,62	2105,65	181,93	1,19
18/06/96	0,88	238,89	652381,46	1,93	1803,78	155,85	1,02
27/03/96	0,722	358,67	379695,60	1,13	1576,21	136,18	0,89
11/10/96	1,06	215,42	618127,01	1,83	1403,59	121,27	0,80
20/12/96	0,60	237,66	371611,67	1,10	800,88	69,20	0,45
02/12/96	0,28	1751,67	36025,58	0,11	730,38	63,10	0,41
19/01/97	0,52	286,67	172537,56	0,51	572,46	49,46	0,32
01/02/97	0,82	132,26	335408,45	0,99	477,07	41,22	0,27
02/02/97	0,90	58,64	425459,69	1,26	356,46	30,80	0,20
Subtotal			19652765,70	58,27	171775,80	14841,43	97,30
Outros dias		20,95	14071775,30	41,73	4761,34	411,38	2,70
Total			33724541,00	100,00	176537,14	15252,81	100,00

Fonte: dados de campo

Para chegarmos a estes dados, levamos em consideração que o pico de transporte de sedimento antecede ao pico de enchente e também que as enxurradas máximas que podem ocorrer em uma bacia dependem da intensidade da chuva e das características físicas, como declividade, solo, cobertura vegetal, fatores que determinam a proporção em que as chuvas penetram no perfil de solo e a velocidade de escoamento. A área da bacia influencia no volume de chuva a ser captado, pois quanto maior aumenta a quantidade de água recebida.

A duração da chuva se relaciona com o máximo de enxurrada, sendo considerado ao tempo em que uma gota de água leva para movimentar-se do ponto mais distante até a estação. Ocorre nesse período a concentração máxima da enxurrada, pois atingem a estação as gotas de todos os pontos, desde o mais próximo até o mais distante.

Muitas fórmulas empíricas foram desenvolvidas para calcular o tempo de concentração de enxurradas em uma bacia, porém RAMOS et al (1989 p212) comentam que estas técnicas têm apresentado resultados bastante díspares.

Em função do exposto, quando foi realizado o levantamento de campo no pico da concentração de transporte de material particulado e/ou enxurrada máxima, consideramos a média das observações como dado para aquele dia no que tange a transporte de material.

4.4.1 Granulometria do material particulado em suspensão

A determinação da granulometria do material em suspensão foi pelo método do tubo de retirada pelo fundo, que consta em CARVALHO (1994), cujos dados foram submetidos a curva de Oden, permitindo assim a criação dos gráficos de figuras 25 a 28, e conseqüentemente o conhecimento das características do material. As amostras submetidas ao teste foram de 13 dias, nos quais a concentração de material em suspensão era significativa.

Das treze amostras submetidas ao tubo de retirada pelo fundo, devem-se considerar os aspectos citados na tabela 21:

Tabela 21, Dados da amostras submetidas ao tubo de retirada pelo fundo.

Amostra	Cota (m)	Vel. Fluxo cm/s	Conc. (mg/l)	Precip. (mm)	Prec./dias anteriores (mm)
21-12-96	1,24	291	828,33	67	
09-01-97	1,2	265	2220	56,2	
13-11-96	1,02	162	1618,33	35,7	2,9(12-11)
19-10-96(2ª)	0,86	137	1198	76,5	
11-10-96(1ª)	0,7	105	254	118,7	
05-10-96	0,62	91	866,67		31,4(04-10)
16, 17 e 18-06-96	0,53	78,3	224,22	51,4, 47,7 e 18,8	
10-10-96	0,50	77	170,83	41	
19-10_96(1ª)	0,49	69	160	76,5	
03-09-96	0,44	63	116,7		18,5 (2-12)
08-09-96	0,48	61	227,78	34,5	44,5(07-09)
31-08-96	0,28	35	427	63,1	*
24 e 25-05-96	0,2	25,3	60,65	0,0e 13,8	16,3 (23-05)

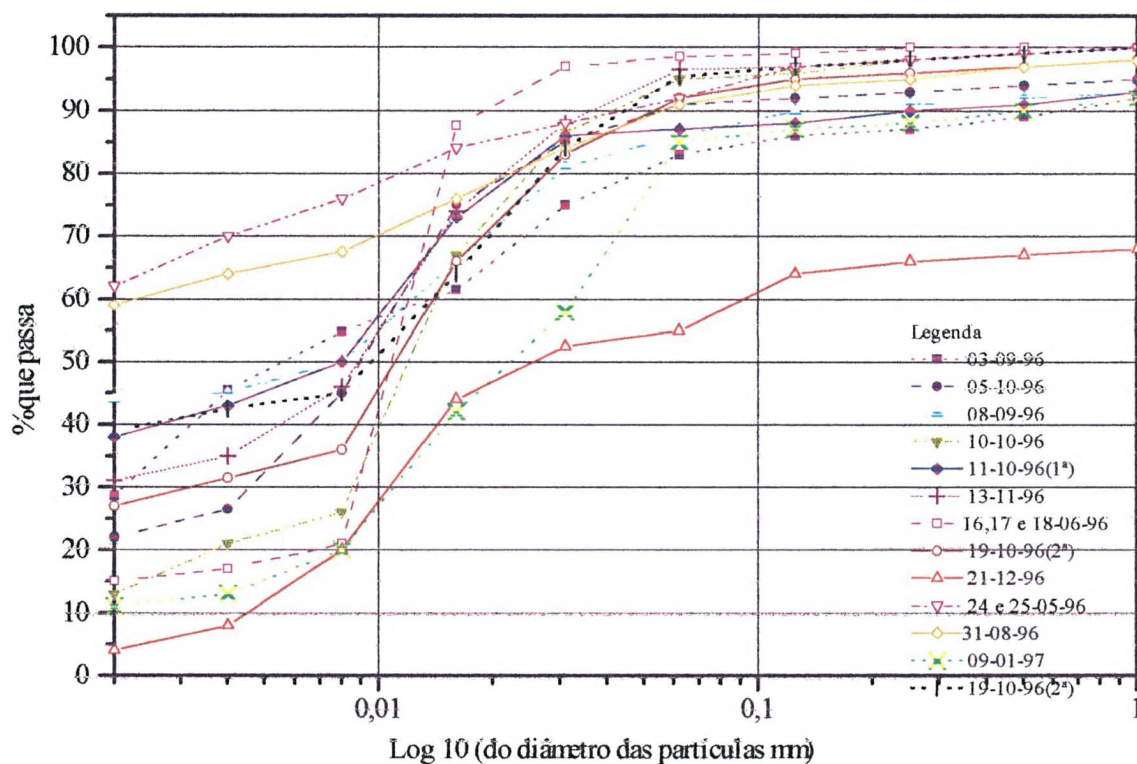


Figura 25, Granulometria do material em suspensão.

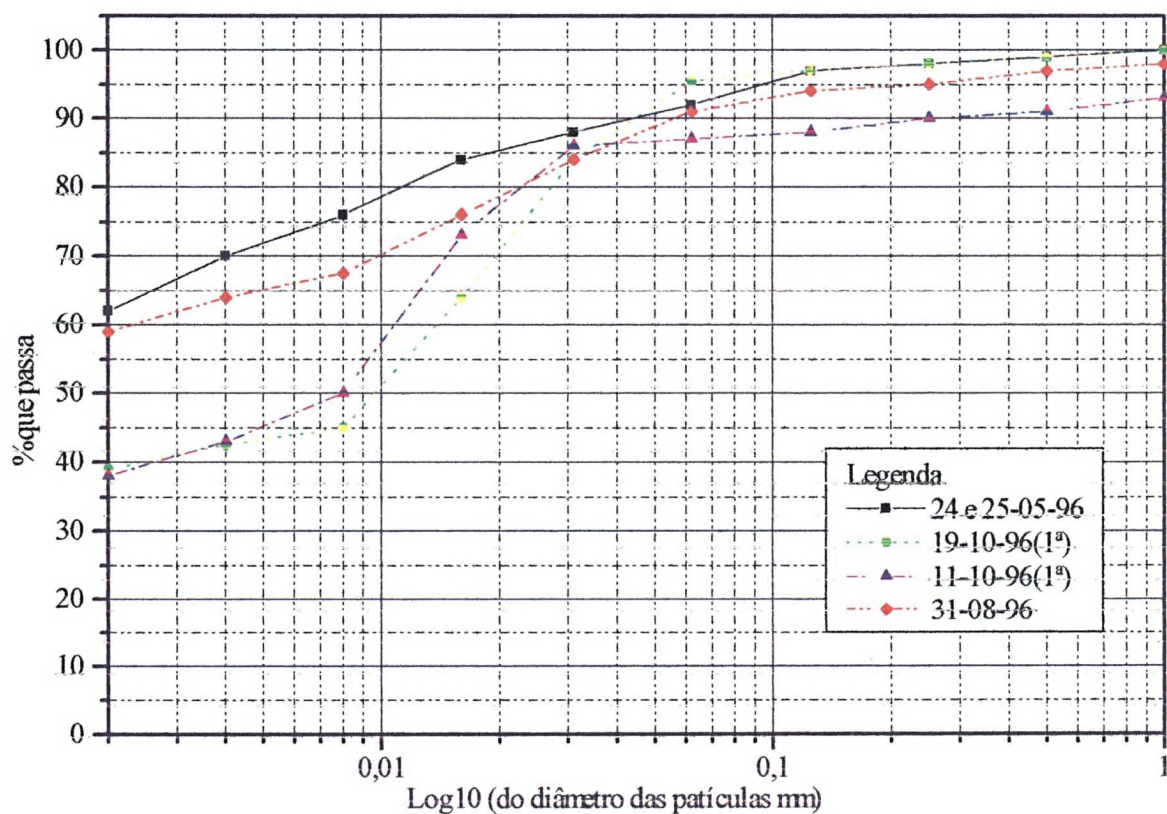


Figura 26, Granulometria do material em suspensão, dos dias 24 e 25 -05, 19-10(1ª), 11-10(1ª) e 01-09 de 1996.

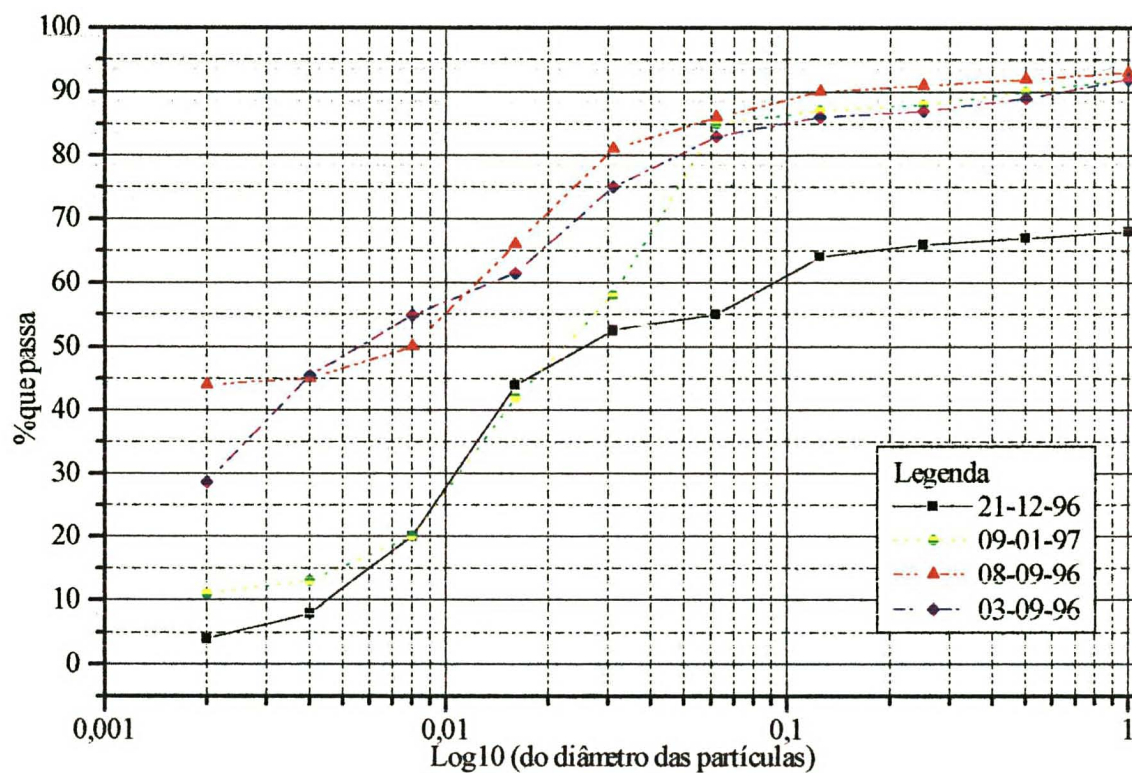


Figura 27, Granulometria do material em suspensão de 21-12-96, 09-01-97, 08-09-96 e 03-09-96

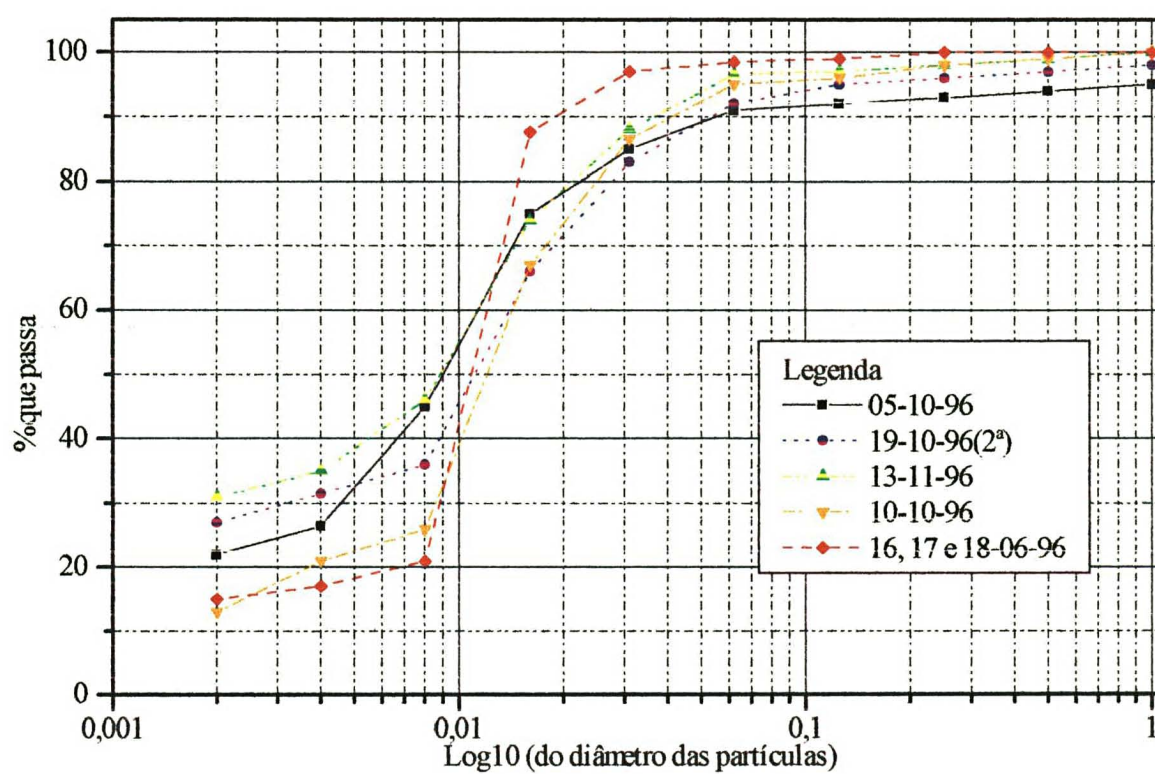


Figura 28, Granulometria do material em suspensão de 05-10-96, 19-10-96(2ª), 13-11-96, 10-10-96 e 16, 17 e 18-06-96

A quantidade e a granulometria das partículas do material transportado em suspensão estão relacionadas com as características do fluxo, precipitação, erosão na bacia, geologia e geomorfologia da área em torno.

A carga de material transportada em suspensão aumenta em proporção significativa com o aumento de vazão, pois, sua origem está no processo erosivo da vertente e em pequena proporção pela abrasão no fundo do rio.

Conforme já demonstrado em itens anteriores, o pico de transporte de material se antecipa ao de enchente.

A granulometria média tende a decrescer à jusante.

A velocidade crítica para iniciar o movimento de uma partícula livre, depende da densidade da água, do coeficiente de fricção entre a partícula o leito e do tipo de fluxo e raio do diâmetro da partícula.

SUGUIO E BIGARELLA (1979 p37 e 38) demonstram um gráfico adaptado por SUSDBORG (1956) de HJULSTROM (1935), que permite correlacionar a velocidade crítica de erosão, os sedimentos em suspensão, o transporte e a equivalente deposição das partículas.

Procedendo à interpretação dos dados da tabela e gráficos constante nesse item, verificamos que a granulometria do material particulado do Rio Pinhal, do total de 13 (treze) amostras, assim se caracteriza devido aos seguintes fatores:

- Nos dias 21-12-96, 09-01-97 e 13-11-96, existe uma concentração de material nas categorias de silte, areia muito fina e argila. Nos dias 19-10-96(2º), 11-10-96(1º) e 05-10-96(1º), silte, argila e areia muito fina. Para os dois casos existe a presença de areia.

Nesses quatro dias, verifica-se cotas altas, altos índices de precipitação com grande velocidade de fluxo. Esses fatores proporcionaram uma carga de material particulado em suspensão alta, com predominância de silte e argila, mas transportando também areias nas granulometrias mais finas, devido à capacidade de transporte de fluxo de manter em suspensão partículas de diâmetro maior.

- Nos dias 16, 17 e 18-06-96, 10-10-96, 19-10-96(1ª), 03-09-96 e 08-09-96, existe um predomínio de classe granulométricas de silte e argilas.

- Nos dias 31-08-96 e 24 e 25-05-96, predominam argilas e siltes.

Os fatores que proporcionaram esta característica de granulometria de material para os dois conjuntos, de amostras são os mesmos do primeiro, porém, têm esta peculiaridade de possuírem um material mais fino. Isso deve-se à ação do conjunto de fatores apresentarem intensidade menor, principalmente em relação à cota e à velocidade de fluxo, que dão às águas menor capacidade de transporte em suspensão e, conseqüentemente, com diminuição

do diâmetro das partículas transportadas. Outro aspecto a considerar é que houve precipitações razoáveis com concentrações de material de média a alta.

- Ficou caracterizado que para todas as amostras o material predominante transportado em suspensão é siltico, argiloso ou siltico argiloso, com pequena presença de areias. Este fato é explicado pelas características geológicas da bacia, constituída por estrutura de basaltos da Formação Serra Geral, Grupo São Bento, cujas rochas são compostas de minerais altamente intemperizáveis por processos de decomposição química e os produtos residuais dessas alterações são predominantemente as frações silte e argila.

4.5 Material de fundo

Para análise de material de fundo, efetuamos coletas em dez dias, cujos dados estão nas tabelas Nº 22 a 25.

Tabela 22, Amostra de material de fundo em 07-09-96, 21-09-96, 03-10-96 e 03-10-96.

D/ mm	D, E e C - em 07-09-96			D, E e C - em 21-09-96			D, E e C 03-10-96		
	Pesos g	%	% acum.	Pesos g	%	% acum.	Pesos g	%	% acum.
38,1	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00
19,1	41,64	16,11	100,00	20,17	9,27	100,00	37,76	14,22	100,00
16,0	13,13	5,08	83,89	2,94	1,35	90,73	12,14	4,57	85,78
8,0	40,85	15,80	78,81	38,98	17,91	89,38	50,77	19,11	81,21
4,0	32,80	12,69	63,01	34,00	15,63	71,47	35,90	13,52	62,10
2,0	36,90	14,28	50,31	41,26	18,96	55,84	41,70	15,70	48,58
1,0	34,42	13,32	36,04	37,97	17,45	36,88	36,80	13,85	32,89
0,5	25,82	9,99	22,72	22,99	10,57	19,43	24,99	9,41	19,03
0,250	19,46	7,53	12,73	12,50	5,74	8,87	16,51	6,22	9,63
0,125	8,70	3,37	5,20	4,47	2,05	3,12	5,41	2,03	3,41
0,063	2,72	1,05	1,84	1,30	0,60	1,07	1,91	0,72	1,37
0,062	0,94	0,36	0,79	0,40	0,18	0,47	1,08	0,41	0,65
0,031	0,62	0,24	0,42	0,27	0,12	0,29	0,19	0,07	0,24
0,016	0,24	0,09	0,18	0,14	0,07	0,16	0,22	0,08	0,17
0,008	0,14	0,05	0,09	0,12	0,05	0,10	0,12	0,04	0,09
0,004	0,05	0,02	0,03	0,05	0,02	0,05	0,08	0,03	0,05
0,002	0,04	0,01	0,01	0,05	0,02	0,02	0,04	0,01	0,01
Total	258,48	100,00	556,08	217,62	100,00	577,89	265,63	100,00	545,22

Legenda das tabelas 22 a 25: D e E, margens direita e esquerda, C, centro; D/mm = diâmetro das partículas.

Tabela 23, Amostra de material de Fundo em 15-11-96 e 31-12-96

D/ mm	D, E e C 15-11-96			31-12-96		
	Pesos g	%	% acum.	Pesos g	%	% acum.
38,1	45,32	18,81	100,00	49,52	17,05	100,00
19,1	17,75	7,37	81,19	14,30	4,92	82,95
16,0	29,59	12,29	73,82	27,78	9,57	78,03
8,0	19,20	7,97	61,53	20,35	7,01	68,46
4,0	15,82	6,57	53,56	25,24	8,69	61,46
2,0	19,49	8,09	47,00	38,82	13,37	52,77
1,0	28,02	11,63	38,91	31,73	10,92	39,40
0,5	35,90	14,90	27,27	31,96	11,00	28,48
0,250	17,78	7,38	12,37	32,11	11,05	17,47
0,125	6,92	2,87	4,99	13,71	4,72	6,42
0,063	2,77	1,15	2,12	3,26	1,12	1,70
0,062	1,11	0,46	0,97	0,90	0,31	0,57
0,031	0,66	0,27	0,51	0,50	0,17	0,26
0,016	0,22	0,09	0,23	0,16	0,05	0,09
0,008	0,20	0,08	0,14	0,06	0,02	0,04
0,004	0,10	0,04	0,06	0,03	0,01	0,02
0,002	0,04	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01
Total	240,88	100,00	504,69	290,43	100,00	538,12

Legenda das tabelas 22 à 25: D e E, margens direita e esquerda, C, centro; D/mm = diâmetro das partículas.

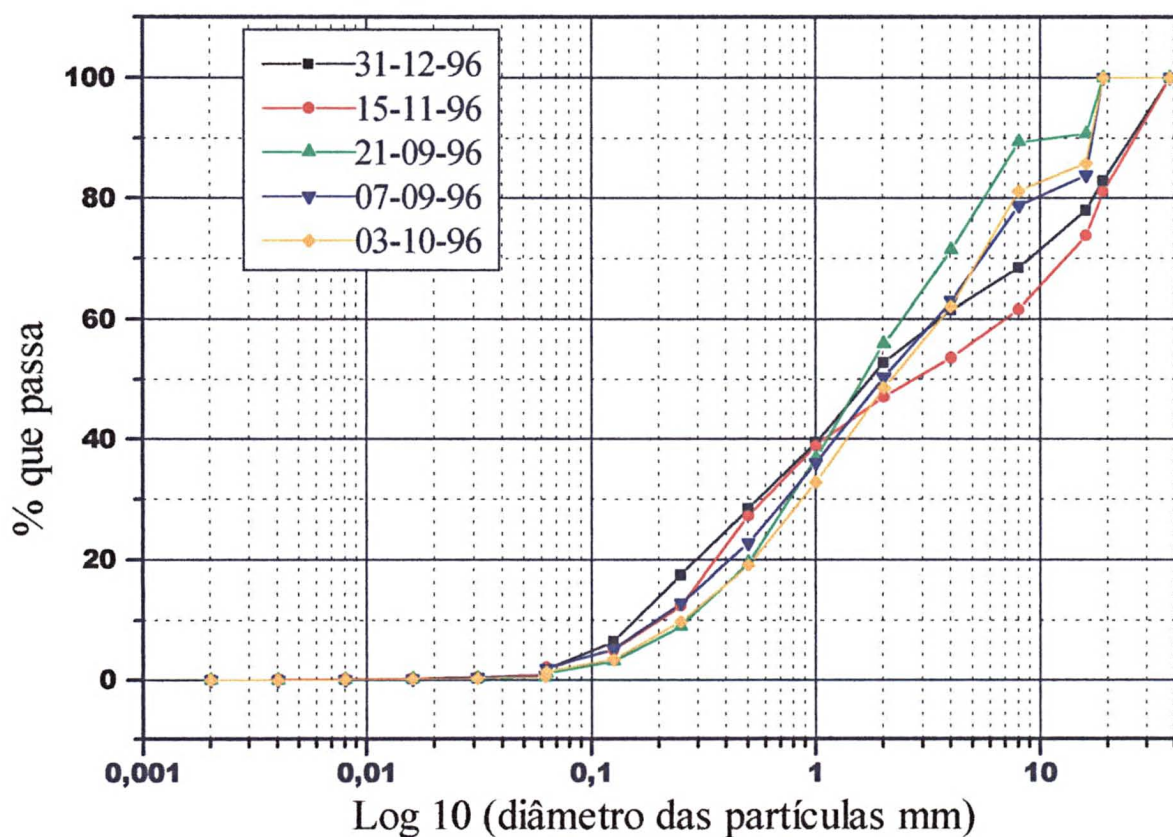


Figura 29, Material de fundo - 07-09, 21-09, 03-10, 15-11 e 31-12-96.

Tabela 24, Amostra de material de fundo - 20-06-96, 14-10-96 e 24-10-96

D/ mm	D, E e C 20-06-96			D, E e C 14-10-96			D, E e C 24-10-96		
	Pesos g	%	% acum.	Pesos g	%	% acum.	Pesos g	%	% acum.
38,1	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00
19,1	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	16,72	10,28	100,00
16,0	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	7,35	4,52	89,72
8,0	0,00	0,00	100,00	9,31	5,93	100,00	13,01	8,00	85,20
4,0	1,79	3,89	100,00	20,46	13,05	94,07	6,91	4,25	77,20
2,0	3,01	6,55	96,11	23,90	15,24	81,02	12,22	7,52	72,96
1,0	4,36	9,49	89,56	22,46	14,32	65,78	15,33	9,42	65,44
0,5	6,90	15,03	80,07	31,87	20,32	51,46	35,27	21,68	56,02
0,250	14,91	32,46	65,04	30,58	19,50	31,14	39,05	24,01	34,33
0,125	10,09	21,95	32,59	13,01	8,29	11,64	12,80	7,87	10,32
0,063	3,72	8,10	10,64	3,15	2,01	3,34	2,70	1,66	2,45
0,062	0,50	1,08	2,54	1,00	0,64	1,34	0,66	0,41	0,80
0,031	0,31	0,68	1,46	0,56	0,36	0,70	0,36	0,22	0,39
0,016	0,17	0,38	0,78	0,25	0,16	0,34	0,16	0,10	0,17
0,008	0,08	0,18	0,40	0,12	0,08	0,19	0,04	0,03	0,07
0,004	0,07	0,16	0,22	0,10	0,07	0,11	0,03	0,02	0,04
0,002	0,03	0,06	0,06	0,07	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03
Total	45,95	100,00	869,04	156,83	100,00	741,17	162,64	100,00	695,13

Legenda das tabelas 22 à 25: D e E, margens direita e esquerda, C, centro; D/mm = diâmetro das partículas.

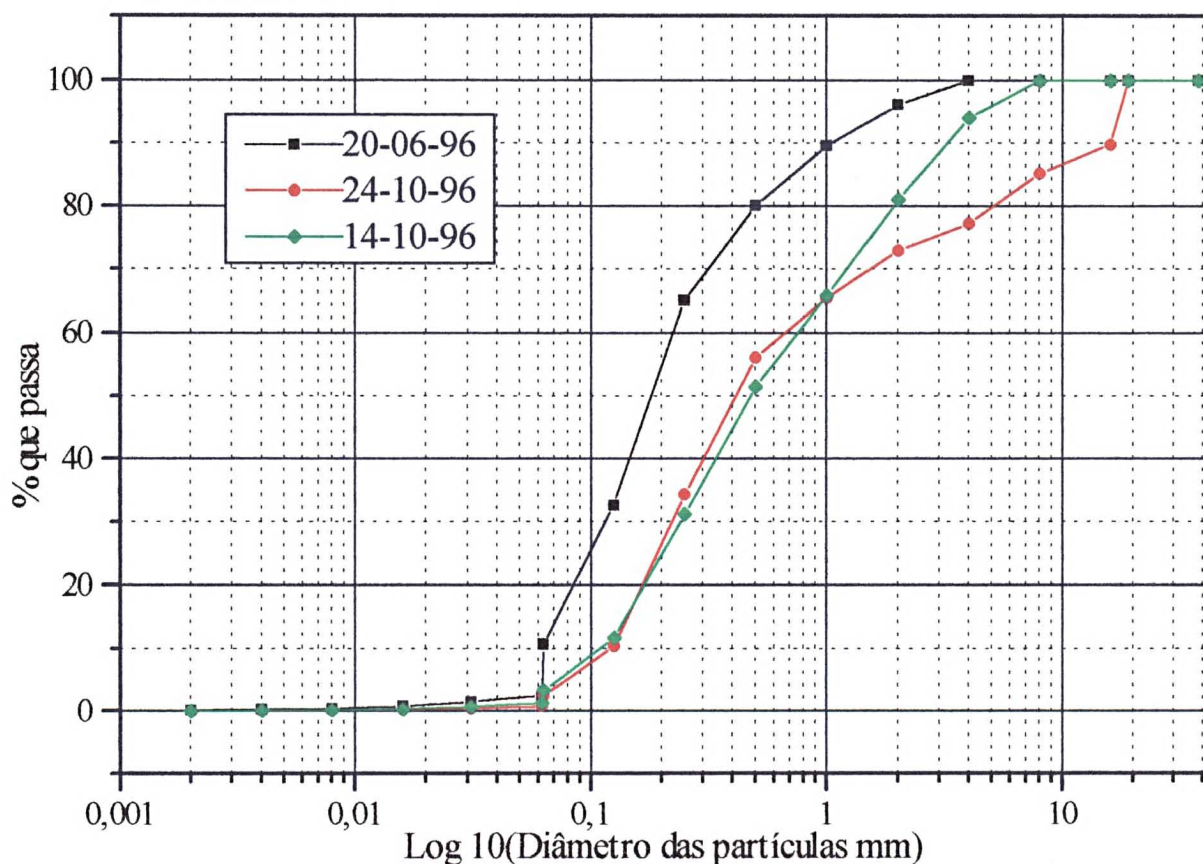


Figura 30, Material de fundo dos dias 20-06, 14,10 e 24-10 de 1996

Tabela 25, Amostra de material de fundo 16-07-96, 09-08-96 e 27-08-96.

D/mm	D, E e 16-07-96			D, E e C 09-08-96			D, E e C 27-08-96		
	Pesos gr	%	% acum.	Pesos g	%	% acum.	Pesos g	%	% acum.
38,1	14,54	4,87	100,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00
19,1	97,99	32,78	95,13	152,33	41,53	100,00	125,23	28,54	100,00
16,0	21,05	7,04	62,35	20,82	5,68	58,47	35,90	8,18	71,46
8,0	58,71	19,64	55,31	56,80	15,49	52,79	93,49	21,31	63,28
4,0	41,36	13,84	35,67	32,74	8,93	37,31	87,23	19,88	41,97
2,0	18,50	6,19	21,83	35,20	9,60	28,38	35,72	8,14	22,09
1,0	15,20	5,09	15,64	32,67	8,91	18,78	26,05	5,94	13,95
0,5	14,03	4,69	10,56	21,03	5,73	9,87	18,37	4,19	8,01
0,250	12,02	4,02	5,86	11,46	3,12	4,14	11,78	2,68	3,83
0,125	3,91	1,31	1,84	2,63	0,72	1,01	3,56	0,81	1,14
0,063	0,97	0,32	0,53	0,73	0,20	0,30	0,91	0,21	0,33
0,062	0,20	0,07	0,21	0,14	0,04	0,10	0,16	0,04	0,12
0,031	0,16	0,05	0,14	0,09	0,03	0,06	0,10	0,02	0,09
0,016	0,12	0,04	0,09	0,07	0,02	0,03	0,09	0,02	0,06
0,008	0,08	0,03	0,05	0,03	0,01	0,01	0,06	0,01	0,04
0,004	0,04	0,01	0,03	0,01	0,00	0,01	0,07	0,02	0,03
0,002	0,03	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,06	0,01	0,01
Total	298,93	100,00	403,47	366,77	100,00	411,26	438,79	100,00	426,42

Legenda das tabelas 22 à 25: D e E, margens direita e esquerda, C, centro; D/mm = diâmetro das partículas.

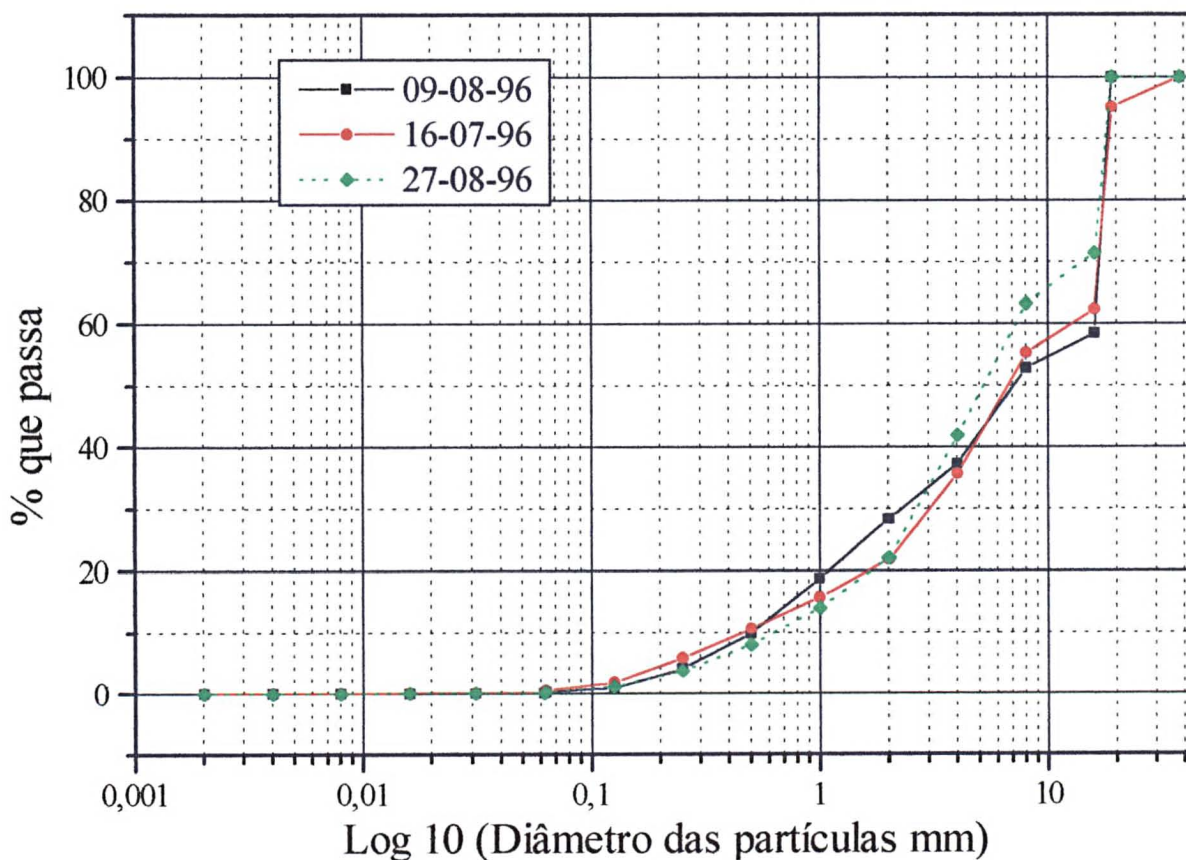


Figura 31, Material de fundo dos dias 16-07, 09-08 e 27-08.

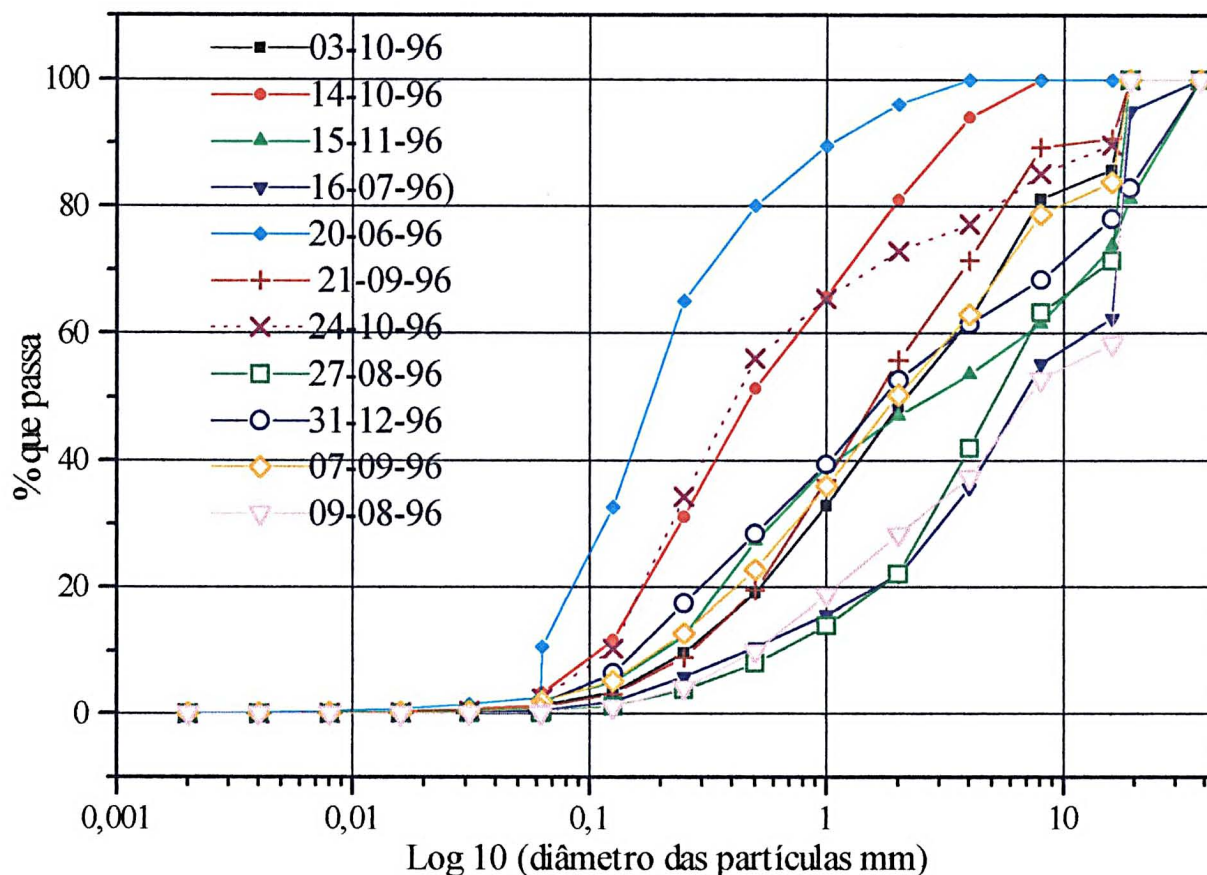


Figura 32, Material de fundo 20-06 a 31 do 12-1996.

Tabela 26,-Material de fundo, segundo a classificação americana - média de sedimento por classe de diâmetro dentro da seção, nas margens "e" e "d" e no centro.

Denom Nação	Diâme- tro mm	Percentual em relação a amostra total										
		20/6/96	16/7/96	9/8/96	27/8/96	7/9/96	21/9/96	3/10/96	14/10/96	24/10/96	15/11/96	31/12/96
		%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
I	38,10	0,00	4,87	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	18,81	17,05
II	16,00	0,00	39,82	47,21	36,72	21,19	10,62	18,79	0,00	14,80	19,65	14,49
III	8,00	0,00	19,64	15,49	21,31	15,80	17,91	19,11	5,93	8,00	7,97	7,01
IV	4,00	3,89	13,84	8,93	19,88	12,69	15,63	13,52	13,05	4,25	6,57	8,69
V	2,00	6,55	6,19	9,60	8,14	14,28	18,96	15,70	15,24	7,52	8,09	13,37
VI	1,00	9,49	5,09	8,91	5,94	13,32	17,45	13,85	14,32	9,42	11,63	10,92
VII	0,50	15,03	4,69	5,73	4,19	9,99	10,57	9,41	20,32	21,68	14,90	11,00
VIII	0,25	32,46	4,02	3,12	2,68	7,53	5,74	6,22	19,50	24,01	7,38	11,05
IX	0,125	21,95	1,31	0,72	0,81	3,37	2,05	2,03	8,29	7,87	2,87	4,72
X	0,062	9,17	0,39	0,24	0,24	1,42	0,78	1,13	2,64	2,06	1,61	1,43
XI	0,031	0,68	0,05	0,03	0,02	0,24	0,12	0,07	0,36	0,22	0,27	0,17
XII	0,016	0,38	0,04	0,02	0,02	0,09	0,07	0,08	0,16	0,10	0,09	0,05
XIII	0,008	0,18	0,03	0,01	0,01	0,05	0,05	0,04	0,08	0,03	0,08	0,02
XIV	0,004	0,16	0,01	0,00	0,02	0,02	0,02	0,03	0,07	0,02	0,04	0,01
XV	0,002	0,06	0,01	0,00	0,01	0,01	0,02	0,01	0,04	0,03	0,02	0,01
Total	-----	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Fonte: CARVALHO (p. 160, 1994) e dados de campo

Legenda: I - Cascalho muito grosso; II - Cascalho muito grosso a grosso; III - Cascalho médio, IV - Cascalho fino, V - Cascalho muito fino, VI - Areia muito grossa; VII - Areia grossa; VIII - Areia média grossa; IX - Areia fina; X - Areia muito fina; XI - Silte grosso; XII - Silte médio; XIII - Silte fino; XIV - Silte muito fino e XV - Argila grossa.

"e"= esquerda, "d"=direita.

Nos dias 16/07, 09/08 e 27/08/96, verifica-se que o material do leito está concentrado na categoria de cascalhos, sendo respectivamente os percentuais para os três dias: 84,36%,

81,23% e 86,05%. Nas categorias de areias os valores são: 15,50%, 18,72% e 13,86%. Para os siltes: 0,13%, 0,06% e 0,07% e o restante (0,01%) em frações de argilas.

A concentração em material rudáceo (cascalhos), para o casos das amostras dos dias 09-08 e 27-09-96, ocorre porque as precipitações nos períodos que antecedem as coletas, foram fracas e pouco intensas, não trazendo grande quantidade de material da vertente ao leito do rio. Para 16-07-96, embora tenham ocorrido precipitações razoáveis 06 dias antes, estas não foram suficientemente intensas para erodir a vertente e depositar grande quantidade de material no leito do rio.

Portanto, os cascalhos que compõem as categoria médio, grosso e muito grosso, que para esses casos, são a maioria do material do leito, fazem parte da carga de rolamento e na grande maioria têm origem da calha do próprio rio.

Em cinco dias das coletas de material de fundo, verificamos o seguinte comportamento:

Tabela 27, Comportamento do material de fundo em 07-09, 21-09, 03-10, 15-11 e 31-12-96

Data da coleta	Cascalho (%)	Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)	Total (%)
07-09-96	63,96	35,54	0,40	0,01	100
21-09-96	63,19	36,59	0,26	0,02	100
03-10-96	67,12	32,64	0,22	0,02	100
15-11-96	61,09	38,39	0,48	0,02	100
31-12-96	60,61	39,12	0,25	0,01	100

Nestes dias houve diminuição do material rudáceo (cascalhos) e um aumento superior a 100% em relação a situação anterior , na categoria de areias. O silte também teve um aumento significativo. A argila não sofreu grandes modificações.

Em relação aos demais dias, constata-se que o fator que contribuiu para essa caracterização foi a coincidência das coletas com dias em que ocorreram precipitações significativas ou foram posteriores a elas e conseqüentemente com cotas média.

Tabela 28, Fatores que contribuíram na caracterização do material de fundo em 07-09, 21-09, 03-10-96, 15-11-96 e 31-12.

Data	Precipitações	Cotas
07-09-96	44,5mm no dia	0.25m
21-09-96	3.7mm no dia 17-09; 78mm em 07,08 e 09-09	0.14 no dia; no Dia 09 o nível da água foi 0.57m e declinou até 0.14
03-10-96	11.4mm no dia 02-10, 39.4 no dia 01-10	0.47m
15-11-96	7.4mm nodia, 37.7mm em 13-11	0.58m
31-12	4mm em 28-12; 24.5mm em 26-12; Nos dias 21, 20 e 19-12, ocorreram precipitações intensas	Nos dia 21-12 a cota foi de 1.74m e declinou até 0.20 no dia.

Nos dias 20-06, 14-10 e 24-10, o material de fundo apresenta a seguinte composição granulométrica:

Tabela 29, Resumo do material de fundo, nos dias 20-06, 14-10 e 24-10 de 1996

Data	Cascalhos %	Areias %	Siltes %	Argilas %
20-06-96	10,44	88,10	1,40	0,06
14-10-96	34,22	65,07	0,67	0,04
24-10-96	34,57	65,04	0,37	0,03

Existe nestes três casos um predomínio na categoria de areias e também o silte apresenta aumento.

Os fatores condicionantes constam na tabela 30.

Tabela 30, Fatores que contribuíram na caracterização do material de fundo em 20-06; 14-10 e 24-10-96.

Data	Precipitação	Cota
20-06-96	18.8mm em 18-06; 47.7mm, em 17-06; 51.4mm em 16-06; 20mm em 15-06.	0.43m no dia 20-06; 0.88m, em 18-06; 0.43m em 17-06; 0.28m em 16-06.
14-10-96	96.4mm em 12-10; 118.7mm em 11-10; 41.9mm em 10-10	0.69m em 14-10; 2.08m em 12-10; 1,06m em 11-10; 0.7m em 10-10.
20-10-96	9.7mm no dia; 75mm em 19-10; 18.3mm em 18-10	0.88m no dia; 0.86m em 19-10 e 0.49m em 18-10.

Nos três casos as coletas foram após precipitações intensas na bacia, o que permitiu esta característica do material.

Comparando as três categorias de material de fundo, a primeira é constituída pelo material dos dias 16-07, 09 e 27-08, com predomínio de material na classe de cascalho. Nos dias 07 e 21-09-96, 03-10, 15-11 e 31-12, há o predomínio de cascalho, mas as areias tiveram um aumento superior a 100% e o silte também aumenta. Para 20-06, 14 e 20-10, as areias são predominante.

Confrontando estes três grupos de material de fundo com as precipitações ocorridas na bacia, fica evidente que a composição granulométrica está diretamente ligada às chuvas e, conseqüentemente, ao nível do rio.

Para o primeiro grupo, como as coletas coincidem com períodos de poucas chuvas, não havendo condições ideais para remoção e transporte de material da bacia para o leito do rio.

No segundo caso, todas as coletas foram imediatamente ou alguns dias após precipitações regulares mantendo-se o nível do rio entre 0.25m e 0.50m. Tais chuvas foram suficientes para erodir material da vertente e transportá-los até o rio alterando as características do material do leito, pois, em relação ao primeiro grupo, as classes de areia tiveram um aumento superior a 100%.

Para o terceiro caso, cujas coletas de material coincidem com períodos chuvosos, sendo realizadas logo após precipitações intensas, verifica-se o predomínio da categoria das areias e diminuição dos cascalhos, sendo que os mais grossos não estão presentes.

Os dados evidenciam que a grande maioria do material efetivamente transportado por rolamento e arraste de fundo, no Rio Pinhal, é constituído essencialmente de cascalho fino até areias finas e são oriundos de material erodidos das vertentes, por ocasião de precipitações com intensidade para erodí-los e transportá-los ao leito do rio. A presença maior deste material ocorre após chuvas intensas.

Nos períodos de chuvas escassas ou até normais, a tendência do material de fundo é tornar-se mais grosso, pois o trabalho de transporte do rio leva para jusante o material depositado por ocasião das chuvas, permanecendo aquele material que faz parte efetiva do leito do rio, como cascalho ou seixos que estão sendo rolados lentamente, à medida que as águas têm energia de movimentá-los.

Outro aspecto observado é que nas categorias de areias, até cascalhos muito finos, grande parte do material são na verdade, agregados de silte e argila, que à medida em que vão sendo transportados para jusante tendem a se desintegrar e passar a compor as categorias do silte e das argilas sendo então incorporados na carga em suspensão.

Em relação ao cascalho, convém ressaltar que são constituídos por calcedônia e quartzo dos amigdalóides dos basaltos, concreções ferruginosas e fragmentos de semi-intemperizados.

4.6 Material de Arraste de fundo

Para medir o material de arraste de fundo utilizamos amostrador de poço Mulhofer - VUV, com 70% de eficiência. Além da quantificação do material transportado por arraste de fundo, procedemos também uma análise da granulometria de cinco amostras. Os dados obtidos constam do gráfico figura 32 e tabelas 31 a 33 .

Tabela 31, Material de arraste de fundo.

Gran. mm	28/12/96 a 07/01/97			09/01/97 a 11/01/97			14/02 a 16/02/97		
	peso g	%	% acum.	peso g	%	% acum.	peso g.	%	% acum.
38,10	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	12,75	5,88	100,00
19,10	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	94,12
16,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	2,47	1,14	94,12
8,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	4,63	2,13	92,99
4,00	1,00	0,37	100,00	3,82	0,61	100,00	5,96	2,75	90,85
2,00	21,35	7,93	99,63	27,52	4,41	99,39	14,91	6,87	88,10
1,00	66,45	24,69	91,70	69,94	11,21	94,98	50,29	23,18	81,23

Continua tabela 31.

Gran. mm	28/12/96 a 07/01/97			09/01/97 a 11/01/97			14/02 a 16/02/97		
	peso g	%	% acum.	peso g	%	% acum.	peso g.	%	% acum.
0,500	80,62	29,95	67,01	159,36	25,55	83,76	57,28	26,40	58,06
0,250	53,68	19,94	37,06	160,13	25,67	58,21	29,00	13,36	31,66
0,125	29,33	10,90	17,12	115,03	18,44	32,54	14,30	6,59	18,29
0,062	9,38	3,48	6,23	56,18	9,01	14,09	6,99	3,22	11,71
0,002	7,38	2,74	2,74	31,72	5,09	5,09	18,41	8,48	8,48
Total	269,20	100,00	821,50	623,69	100,00	888,05	217,00	100,00	769,62

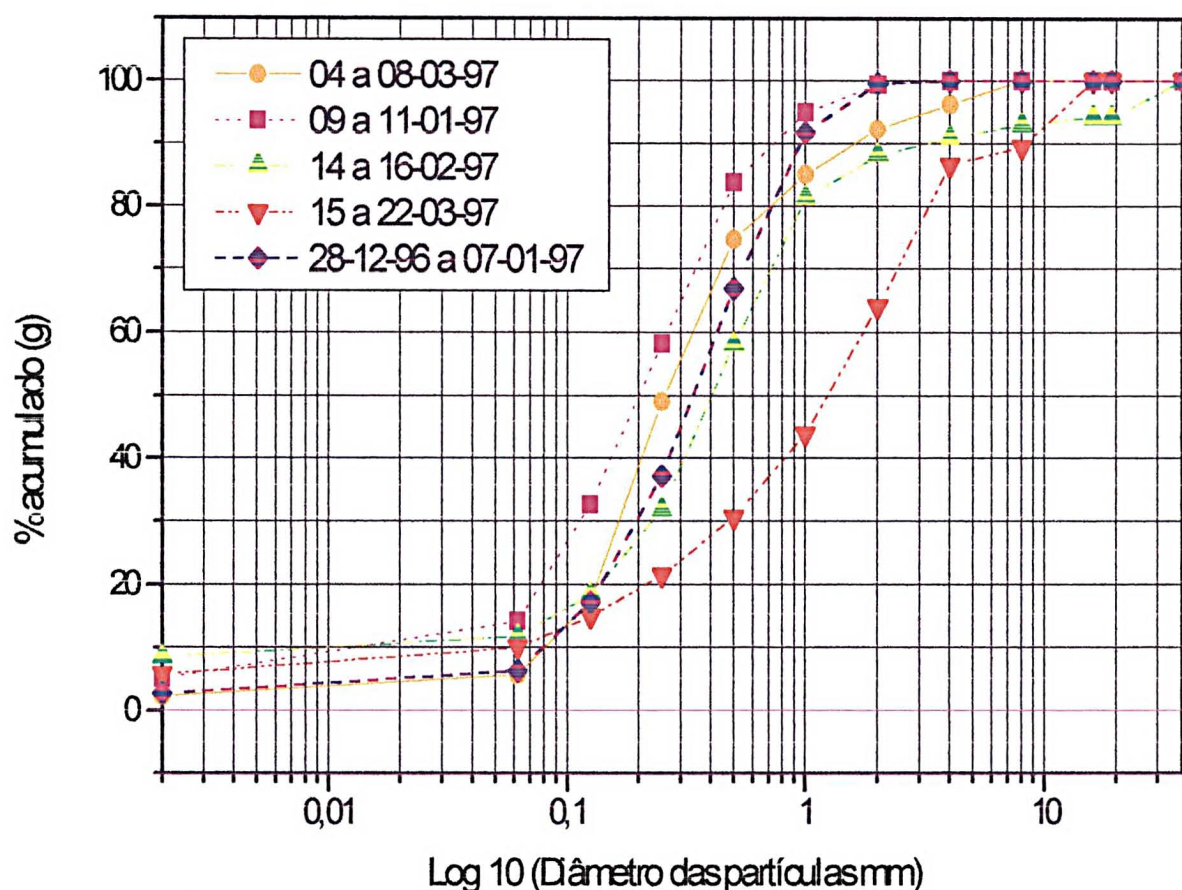


Figura 33, Material de arraste de fundo (Tratamento: Peneiramento a seco).

Tabela 32, Material de arraste de fundo

Gran. mm	04/03 a 08/03/97			15/03 a 22/03/97		
	peso g	%	% acum.	peso g	%	% acum.
38,10	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00
19,10	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00
16,00	0,00	0,00	100,00	10,26	10,53	100,00
8,00	4,89	3,73	100,00	2,82	2,89	89,47
4,00	5,19	3,96	96,27	21,94	22,50	86,58
2,00	9,59	7,32	92,30	19,82	20,33	64,09
1,00	13,48	10,29	84,99	12,88	13,21	43,76
0,500	33,76	25,76	74,70	8,96	9,18	30,55
0,250	41,45	31,63	48,93	6,34	6,50	21,36
0,125	15,28	11,66	17,30	4,73	4,85	14,86
0,062	4,39	3,35	5,64	4,23	4,33	10,01
0,002	3,00	2,29	2,29	5,53	5,68	5,68
Total	131,04	100,00	822,41	97,50	100,00	666,36

Tabela 33, Distribuição da granulometria em relação a amostra total

Denominações	Diâm. mm	Percentual em relação a amostra total				
		28/12/96 a 07/01/97	09/01 a 11/01/97	14/02 a 16/02/97	04/03 a 08/03/97	15/03 a 22/03/97
		%	%	%	%	%
Cascalho muito grosso	38,10	0,00	0,00	5,88	0,00	0,00
Cascalho muito g a g	16,00	0,00	0,00	1,14	0,00	10,53
Cascalho médio	8,00	0,00	0,00	2,13	3,73	2,89
Cascalho fino	4,00	0,37	0,61	2,75	3,96	22,50
Cascalho muito fino	2,00	7,93	4,41	6,87	7,32	20,33
Areia muito grossa	1,00	24,69	11,21	23,18	10,29	13,21
Areia grossa	0,500	29,95	25,55	26,40	25,76	9,18
Areia média grossa	0,250	19,94	25,67	13,36	31,63	6,50
Areia fina	0,125	10,90	18,44	6,59	11,66	4,85
Areia muito fina	0,062	3,48	9,01	3,22	3,35	4,33
Silte grosso a argila	0,002	2,74	5,09	8,48	2,29	5,68
Total		100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

A tabela 31 e gráfico figura 33, mostram que no período de 28-12-96 a 07-01-97 o material transportado por arraste de fundo estava concentrado fração areia (areia grossa, muito grossa, média, fina e muito fina), os cascalhos com 3,8% e silte grosso e argila 2,743%. Verifica-se neste período precipitações de 24,5mm em 26-12 e 13,7mm em 05-01. As cotas se mantiveram entre 0,28 e 0,12m. A velocidade de fluxo de 0,24 a 0,09m/s.

No período de 09-01-97 a 11-01-97, o material estava concentrado nas frações de areia, que correspondia a 89,9% do material. O silte e argila 5,08% e cascalhos muito fino a fino 5,02%. As precipitações que ocorreram foram da ordem de 56,2mm em 09-01-97 e 19,4mm em 10-01-97. As cotas se mativeram entre 1,2 a 0,36m. A velocidade de fluxo entre 0,42 à 2,65m/s.

De 14-02-97 a 16-02-97, 72,7% do material estava na categoria de areia (grossa, muito grossa, fina e muito fina), 18% em cascalhos muito grosso a grosso, fino e médio) e 8,5% silte e argilas. As precipitações que ocorreram no período foram 19,7mm em 13-02 e 15,1 em 16-02. As cotas se mantiveram entre 0,32 a 0,16m. A velocidade de fluxo de 0,26 a 0,13m/s.

De 04-3-97 a 08-03-97, 82,69% são areias (média, grossa, fina, muito grossa e muito fina), 15,01% cascalhos e 2,28% silte e argilas. As precipitações foram 18mm em 03-03. A cota flutuou de 0,16 a 0,08m. A velocidade de fluxo esteve entre 0,10 e 0,04m/s.

De 15-03-97 a 22-03-97, 56% do material eram cascalhos (fino 22,5%, muito fino 20,3%, grosso 10,5%, médio 2,8%), as areias abrangeram 38,1 % e o silte e argila 5,67%. As precipitações foram da ordem de 8,8mm em 15-03-97. A cota flutuou entre 0,1 a 0,07m. A velocidade de fluxo ficou entre 0,03 e 0,02m/s.

Fica evidente que a granulometria do material transportado por arraste de fundo está associada com a disponibilidade do transporte da vertente ao leito do rio, via processo erosivo. Este fato é comprovado nos quatro primeiros períodos observados, em que a amostra concentra-se nas categorias de areia, cascalho muito fino e silte e argila. Este produto é oriundo das camadas superficiais do solo e na grande maioria, para o caso das areia e cascalho fino, são na verdade agregados de silte e argilas que estão disponíveis ao transporte porque ocorreram precipitações regulares no período.

Nesses quatro primeiros períodos observados verifica-se que em muitos dias a velocidade de fluxo não era suficiente para transportar material de arraste, porém, como a maioria são agregados de argila e silte, com peso menor do que areias e cascalhos, esta forma de transporte nestas condições de velocidade pode ocorrer.

No último período observado, o material teve uma tendência a granulometria mais grossa, nas categorias de cascalhos. Se analisarmos a velocidade de fluxo no período, percebe-se que permaneceu entre 0,03 a 0,02m/s, que em condições normais não teria capacidade para arrastar tais diâmetros de partículas, mas considerando a hipótese de também serem agregados de silte argila, tal transporte pode ocorrer.

Na tabela 34, constam dados comparativos do material transportado por arraste e em suspensão. Verifica-se que nos três primeiros períodos de observação o percentual do material de arraste em relação ao em suspensão é menor que 1%, sendo o maior valor de 0,33% (16-02-97). No período de 09 a 11-01-97, quando a velocidade de fluxo e cota eram altas, o percentual de material esteve de 0,014 a 0,0009%.

Nos últimos dois períodos, quando a velocidade e cota eram baixos, ocorreram os maiores percentuais de transporte em relação ao material em suspensão, sendo: de 04 a 08-03-97, 1,46% e de 15-03 a 22-03-97, 3,28%.

Isto comprova que, embora nos períodos de velocidade maior o material transportado por arraste seja maior, o transporte em suspensão aumenta, sendo a carga principal. Portanto, o material transportado pelo rio Pinhal é na maioria silte e argila, veiculados em suspensão, sendo as demais formas de movimento de material pouco significativas.

Tabela 34, Material em suspensão e de arraste

Data	Hora	Fluxo de água				Material em suspensão			Material de Arraste					
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
28/12/96	18:15	0,28	0,24	0,340		10,11	3,44	0,00	0,00	0,00				
31/12/96	18:05	0,20	0,16	0,185	67778,62	3,94	0,73	538,16	71,83	116,55	0,0047	1,21	0,22	
05/01/97	19:40	0,18	0,14	0,144	72088,90	89,05	12,86	2977,54	121,75	123,96	0,0029	1,28	0,04	
06/01/97	08:30	0,16	0,13	0,122	6153,61	41,11	5,02	412,86	12,83	10,58	0,0024	0,11	0,03	
07/01/97	18:06	0,12	0,09	0,052	10529,50	3,96	0,21	315,89	33,60	18,11	0,0016	0,19	0,06	
Total					156550,6			4244,45	240,01	269,20		2,79	0,09	
09/01/97	20:45	1,20	2,65	15,563	0,00	2220,00	34549,98	0,00	0,00					
10/01/97	09:30	0,40	0,50	0,940	378734,7	103,33	97,09	795150,29	12,75	498,36	0,1499	6,88	0,00	
10/01/97	18:32	0,50	0,57	1,278	36058,93	154,17	197,05	4782,53	9,03	47,45	0,0151	0,49	0,01	
11/01/97	10:59	0,36	0,42	0,721	59189,83	17,32	12,48	6204,33	16,45	77,89	0,0136	0,81	0,01	
Total					473983,5			806137,15	206,41	623,69		8,18	0,01	
14/02/97	09:17	0,16	0,26	0,249	0,00	7,200	1,80	0,00	0,00	0,00				
14/02/97	17:17	0,32	0,34	0,532	11253,01	22,800	12,13	200,53	8,00	44,07	0,0159	0,46	0,23	
15/02/97	17:27	0,26	0,15	0,203	31965,69	3,100	0,63	554,85	24,16	125,19	0,0149	1,30	0,23	
16/02/97	15:12	0,22	0,13	0,158	12191,40	24,00	3,80	149,36	18,75	47,75	0,0073	0,49	0,33	
Total					55410,11			904,73	50,91	217,00		2,25	0,26	
04/03/97	14:42	0,16	0,10	0,097	0,00	5,30	0,51	0,00	0,00	0,00				
08/03/97	13:45	0,08	0,04	0,020	20003,19	1,10	0,02	91,48	95,05	131,04	0,0040	1,36	1,46	
Total					20003,19			0,53	91,48	95,05	131,04	0,00	1,36	1,46
15/03/97	15:30	0,10	0,03	0,018	0,00	5,30	0,09	0,00	0,00	0,00				
22/03/97	09:03	0,07	0,02	0,009	7585,15	1,10	0,01	29,76	161,50	97,50	0,0017	1,01	3,28	
Total					7585,16			29,76	161,50	97,50		1,01	3,28	

Legenda: I - Cota/m; II - m/s; III - m³/s; IV - m³ no período; V - mg/l; VI - g/s; VII - .kg no período; VIII - Tempo amostra /h (Ta); IX - Material no período/g (M), X - Material transportado no período em g/cm de largura da seção (M'), XI - Transporte no per./kg (Mt), XII - % Araste em relação ao material em suspensão (g/s)

Fórmulas: $Ta = Hf - Hi$; $M' = M / (Ta * 3600)$; $Mt = (M' * 3600) / S * Ta$.

Onde: Hf e i, correspondem a hora final e inicial da amostragem; S é a largura da seção ocupada pela água.

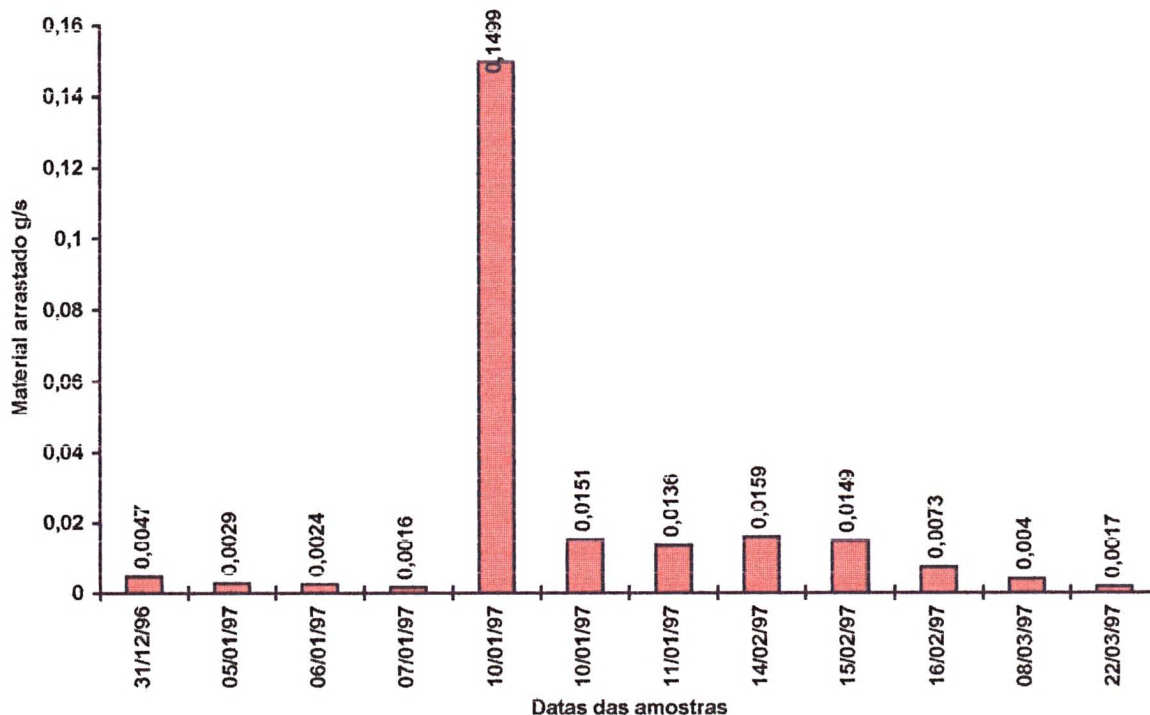


Figura 34, Material de arraste g/s.

4.7 - Material dissolvido

Em períodos de 10 a 20 dias, efetuamos medição dos materiais dissolvidos transportados nas água do rio Pinhal. Os dados constam da tabela a seguir:

Tabela 35, Material dissolvido e particulado total transportado pelo Rio Pinhal

Período	Cota	F. água	Mat. Part.	Água	Mat. Part..		Precip.	Mat. Dissolvido		
Data / mês	(m)	m ³ /s	(mg/l)	(m ³ /dia)	(g/s)	(t/mês)	mm	mg/l	g/s	t/mês
22 a 31-03/96	0,573	10,08	210,49	8716022,8	7791,53	6731,8	157,2	84,32	850,61	734,9
Abril	0,201	0,50	5,58	1305470,2	5,38	13,9	77,6	79,05	41,90	108,6
Maio	0,053	0,07	9,00	202942,0	1,3731	3,6	55,1	90,91	6,73	18,0
Junho	0,239	0,90	30,60	2343838,6	73,51	190,5	188,6	106,01	102,23	264,9
Julho	0,272	0,88	6,17	2383155,0	19,83	53,1	122,1	136,82	133,39	357,2
Agosto	0,122	0,15	16,26	2383155,0	7,36	53,1	128,4	122,92	18,55	357,2
Setem.	0,264	0,62	21,82	1623842,8	22,22	57,6	152,4	93,12	59,01	152,9
Outubro	0,566	3,53	91,36	9470142,4	851,39	2280,3	541,3	124,78	397,17	1063,8
Novem.	0,279	0,69	83,31	1810010,4	456,59	1183,4	109,0	59,42	38,69	100,3
Dezem.	0,306	1,48	131,94	3853945,2	619,15	1658,3	343,6	74,65	115,86	310,3
Janeiro	0,277	0,85	107,73	2291899,7	1145,8	3069,0	256,0	71,36	75,24	201,5
Fever.	0,261	0,61	22,79	1491374,1	35,37	85,5	141,3	110,05	35,83	86,6
01ª 22-03-97	0,097	0,02	2,71	50480,1	0,10	0,1	34,0	137,50	3,65	6,9
Total no período				37926278,8		15381,0	2306,9			3763,7

O material dissolvido das águas do rio Pinhal na estação reflete o conjunto de processos químicos e bioquímicos atuantes a montante. Seus constituintes resultam da intemperização das rochas, cujo teor depende da contribuição das água subterrâneas e escoamento das águas superficiais para o rio. Portanto, a composição resulta do clima mesotérmico úmido, estrutura geológicas, topografia movimentada e tempo de escoamento das águas superficiais. Estes fatos, associados a uma pedogênese intensa e predomínio de solos jovens, contribuem decisivamente no teor de substâncias dissolvidas.

A concentração, naturalmente, tende a ser maior nos períodos mais secos, em função da menor taxa de diluição, porém como efetuamos a quantificação média em períodos (média de 10 a 20 dias) verifica-se que o teor tem uma tendência em manter uma estabilidade, com algumas exceções para os períodos de 21-06 a 27-08-96 e 16-10 a 03-11-96, e 08-02 a 22-03-97, quando ocorreram as maiores concentrações de material dissolvido. No primeiro caso, as precipitações eram regulares, porém coincidindo com o término de uma estiagem e um período em que o solo estava sendo preparado para plantio, portanto sem cobertura vegetal. No segundo caso, as precipitações eram intensas, sendo possível uma maior contribuição das águas subterrâneas. O último caso coincide com período seco e também sem culturas.

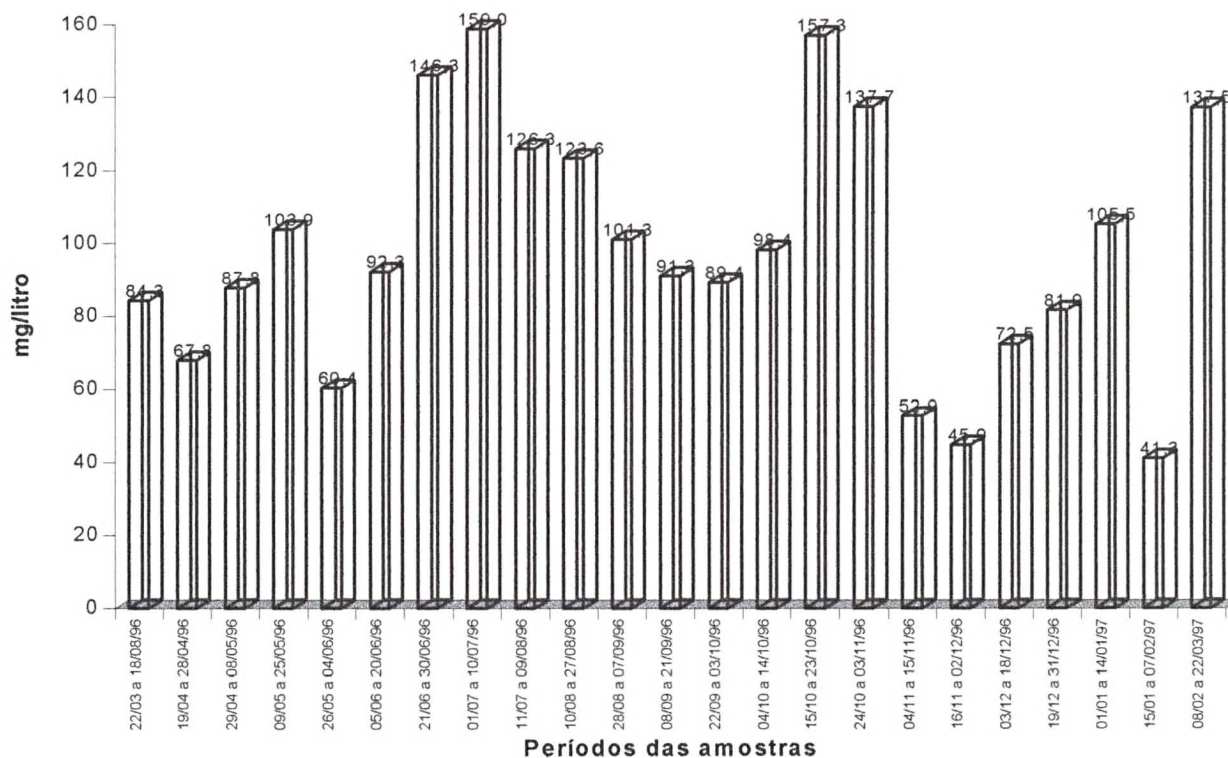


Figura 35, Concentração de material dissolvido.

Em relação ao material em suspensão, percebe-se que o dissolvido tem uma presença constante, enquanto que o em suspensão tem picos de concentração nos períodos chuvosos, sendo que o transporte da maior parte desse material ocorre em curto período de tempo do ano, enquanto que o dissolvido tem seu transporte mais regular durante os 365 dias.

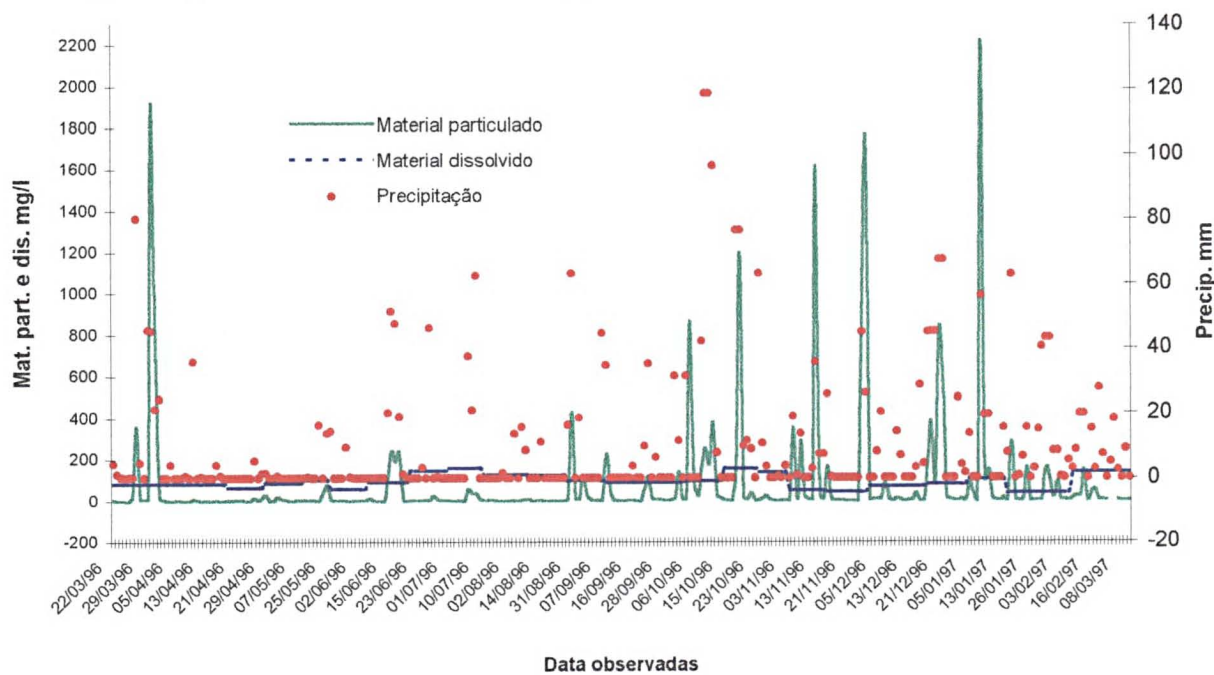


Figura 36, Material particulado e dissolvido e precipitação

A SANEPAR, efetuou medições periódicas de material dissolvido nos anos de 1989 a 1996, conforme demonstrado na figura 37 e o teor médio é semelhante ao que apuramos em nossos trabalhos.

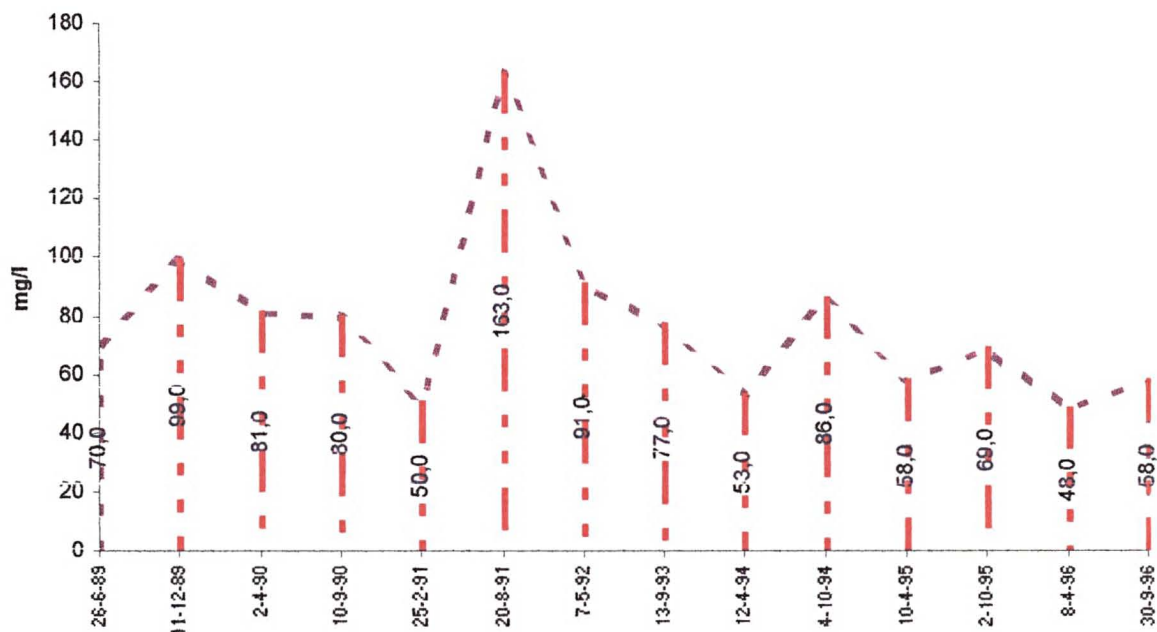


Figura 37, Material dissolvido hidro transportado na bacia no período de 26-06-89 a 30-09-96

Fonte: SANEPAR.

V - MATÉRIA ORGÂNICA TOTAL E RESÍDUO MINERAL HIDRO TRANSPORTADO NA BACIA DO RIO PINHAL

Os parâmetros relacionados à MO - matéria orgânica total e ao resíduo mineral transportado em material particulado na bacia hidrográfica do Rio Pinhal, foram analisados através dos métodos de combustão ou perda ao rubro no Laboratório de Solos do Setor de Ciências Agrárias e por TG e DSC no Laboratório de Análise Térmica do Departamento de Química.

Inicialmente amostras de material foram submetidas à análise pelo método de combustão ou perda ao rubro. Mais tarde, usando metodologia de Análise Termogravimétrica - TG e Análise Calorimétrica de Varredura Diferencial - DSC, além de identificar os teores de MO e resíduo mineral de 5 amostras, foi possível checar os dados da primeira análise e excluir da MO os teores de água absorvida.

5.1 - Materiais e métodos

5.1.1 - Matéria Orgânica Total em Análise por Combustão ou Perda ao Rubro

Para determinar a MO total no material particulado em suspensão, selecionamos previamente as membranas com os respectivos materiais dos dias em que ocorreu maior concentração de sedimento e algumas com média concentração. Essas amostras, cuja tara e quantidade de material já eram conhecidos, foram submetidas ao método de perda ao rubro ou por combustão.

O método consistiu em colocar as amostras (membranas + sedimento e membrana branca) na estufa a uma temperatura de 60°C, por 12 horas e, em seguida, resfriá-las em dissecador e pesá-las. Calcina-se cadinhos de porcelana na mufla a 800°C, por 1 hora, resfriá-los e pesa. Identifica-se os cadinhos e respectivas amostras e coloca-os na mufla, inicialmente por 30min a 300°C, depois por 30min a 500°C e, finalmente, por 1 hora a 800°C. Após, quando a temperatura da mufla voltar aos 100°C, retira-se os cadinhos e coloca-os em dissecador para resfriar e pesa-os, identificando o material volatilizado pela fórmula:

$MV=C+M+S-C+R$, Onde: MV=material volatilizado, C = peso do cadinho, M = peso da membrana, S = peso do sedimento, R = resíduo após mufla.

As membranas brancas serviram para identificar o índice de queima da membrana.

Identificado o material volatilizado, subtraiu-se o índice de queima da membrana, obtendo a MO total da amostra. Sendo a quantidade de material em suspensão transportada conhecida, quantificamos a MO transportada por unidade de tempo e volume.

Considerando que o método acima não identifica os teores de água que as amostras, continham, usamos índices obtidos por Termogravimetria Diferencial e Calorimetria de Varredura Diferencial, de cinco amostras de material de dias diferentes, porém com características semelhantes. Portanto, os índices médios em % das 5 amostras foram usados para separar os teores correspondentes à água dos teores de MO.

A partir do teor de MO, utilizando o método citado por KIEHL (1985), calculamos o % de carbono total, dividindo o teor de MO por 1,8 ou multiplicando por 0,55.

5.1.2 - Resíduo Mineral em Análise por Combustão ou Perda ao Rubro

E o material que resta no cadinho, também chamado de cinza ou cinza bruta. A designação total indica que ele pode ser desdobrado em ácido clorídrico, em resíduo mineral insolúvel (principalmente sílica) e resíduo mineral solúvel ou cinzas útil que pode conter os nutrientes P, K, Ca, Mg, S e mais os micronutrientes.

A determinação foi feita subtraindo do peso do cadinho mais o resíduo a tara do cadinho e como conhecíamos o fator de queima da membrana subtraímos os resíduos desta. O valor final corresponde ao resíduo mineral total.

5.1.3 - Termogravimetria -TG e Calorimetria de Varredura Diferencial - DSC, Simultaneamente, determinando perdas de MO e água e resíduo mineral.

A análise térmica foi registrada em aparelho NETZCH, modelo STA, série 409 EP. As amostras foram determinadas em atmosfera estática de ar, com a curva de calibração em cadinho de alumina (Al_2O_3), correndo-se o termograma a uma taxa constante de $5^{\circ}C\ min^{-1}$. O intervalo de temperatura de $20^{\circ}C$ a $900^{\circ}C$. As amostras foram pesadas em balança analítica com a variação de 0,01mg de precisão (início e final) e durante a medida com a precisão de 0,01mg.

Nos gráficos oriundos das análises, para o caso em pauta, os picos exotérmico liberam calor, estão relacionados a perda de massa e endotérmico absorvem calor e estão relacionados a perda de água.

As amostras constituíram-se de material de uma coleta diária ou, quando o conteúdo era insuficiente, da junção de duas ou mais. Identificados os teores de água de absorção, MO e resíduo mineral, em cada amostra, estes foram usados como índice para quantificar os respectivos contingente para todos os dias que compunham aquele material. Portanto sabendo que, na amostra, a média de água, MO e resíduo mineral correspondia a determinados percentuais do conteúdo úmido total, sendo que o peso de material particulado de cada coleta diária era conhecido, extrapolamos os valores para todos os dias amostrados cujo material foi usado na análise.

5.2 - Princípios

Conforme está melhor explícito no capítulo VIII, a água só é pura em estado de vapor e, a partir do processo de condensação, adere uma série de impurezas, dentre as quais estão vários compostos orgânicos oriundos da decomposição de MO de origem animal, vegetal e compostos orgânicos sintéticos como detergentes, pesticidas e solventes. Para o caso em pauta, as impurezas orgânicas das águas têm influência direta da ocupação antrópica local.

A ação antrópica sobre o meio aquático é um dos principais fatores na alteração da composição das águas. Através dos esgotos urbanos são lançados efluentes orgânicos, as indústrias contribuem com dejetos de compostos sintéticos e metais pesados, a agricultura é responsável pela presença de pesticidas e excesso de fertilizantes nas águas, BRANCO et al (1991). No caso da bacia, as atividades agrícolas é que são responsáveis pelos teores de MO das águas.

5.2.1 - Matéria orgânica no solo

Resulta da decomposição de animais (e excrementos), vegetais e resíduos oriundos de outras áreas, como lixo e outros.

A MO tem importância inestimável ao solo, servindo de fonte de nutrientes como N, S e micronutrientes e também aumentando a capacidade de troca de cátions, a retenção de água, resistência à erosão e a estabilidade dos agregados.

A MO exerce grande efeito na estruturação dos solos, pois ajuda a manter as partículas de silte, areia e argila unidas na forma de agregados, separados uns dos outros por linhas de fraqueza.

A MO tem relação com a atividade de muitos organismos que produzem alterações no solo, que dificulta a erosão.

Os teores de MO são maiores nos primeiros centímetros de solo, ocorrendo um decréscimo progressivo com o aprofundamento do perfil. REZENDE (1985) demonstra que em Latossolo Amarelo, em Linhares Minas Gerais, os teores de MO para área de mata e pastagem com colônia têm o seguinte comportamento:

Cobertura vegetal	MO na superfície (%)	MO a 60cm prof. (%)
Mata	6,97 - 25,5	0,7 - 1,7
Pastagem	7,3 - 14,45	0,7 - 1,7

Os teores são altos na superfície e depois caem bruscamente.

Dos solos da bacia do Rio Pinhal, foram coletadas amostras em áreas de lavouras e submetidas a análise química no Laboratório de Solos do Setor de Ciências Agrárias da UFPR, apresentando os seguintes teores de MO:

Solo	C (g/dm ³)	C (%)*	MO (%)
Litólico Eutrófico	26,6	1,52	2,74
Cambissolo Eutrófico	16,4	0,93	1,67
Latossolo R. Eutrófico	16,4	0,93	1,67
Terra R. E. Eutrófica	17,1	1,02	1,84

* Peso específico do solo 1,75g/cm³; MO= C(g/dm³)/1000x100/1,75

Estes valores correspondem a teores médio a uma profundidade de 0 a 30cm e são coerentes com os tipos de solos e forma de uso.

A estimativa de MO no solo é feita através do C orgânico. Sabendo que a MO decomposta tem em torno de 58% de C, multiplica-se Cx 1,8, tem-se % de MO.

A MO recebe forte influência do material de origem do solo, especificamente no que se refere à textura.

Os folhelhos originam solos com mais argila e MO do que solos oriundos de arenitos e granitos. As rochas básicas dão origem a solos cujo teor de MO depende em 80% da altitude, enquanto que nos solos desenvolvidos de rochas ácidas, o teor de MO depende da precipitação anual e conteúdo de argila, GOMES (1986).

Nas regiões tropicais e subtropicais, os teores de MO são inversamente proporcionais à intensidade do uso da terra. O tipo de cultura e o retorno de restos culturais refletirão no teor de matéria orgânica em equilíbrio no solo.

5.3 - Resultados obtidos pelos métodos de perda ao rubro e TG e DSC

5.3.1 - Por combustão ou perda ao rubro

Os sedimentos hidro-transportados na bacia, resultam em grande parte da erosão ocorrida nas vertentes e em pequena quantidade do leito do rio. É evidente portanto, que a existência de cobertura vegetal em uma região contribui com detritos orgânicos que são transportados pelos cursos de água.

A contribuição do homem e animais na composição dos sedimentos é muito pequena, uma vez que na área da bacia efetiva não existe aglomerado urbano que poderia lançar efluentes de esgotos, que contribuiriam nos teores de MO, e também o plantel de suínos e o rebanho de bovinos na área são baixos.

Os dados constantes na tabela 36 e figura 38, demonstram que os teores de MO nos sedimentos hidrotransportados nas água dos Rio Pinhal estão na faixa de 6,28 a 61,36% do total de sedimentos. Os teores de água de absorção estão entre 21,54 a 2,222% e o resíduo mineral de 91,51% a 17,1%.

Verifica-se três períodos de maior concentração de MO a saber:

No final do inverno e início da primavera 04/09/96, 61,36%; 08/09/96, 45,47%; 24/09/96, 38,44%; na primavera em 10/10/96, 37,28%; 12/10/96, 36,16%; 06/10/96, 28,50%; 11/10/96, 21,63%; 19/10/96, 21,25%; no final da primavera, 16/12/96, 42,52%; 15/11/96, 38,48%; 07/12/96, 32,13%; 26/10/96, 26,28%; 21/12/96, 22,11%; 02/12/96, 21,75%. (Vide gráfico a seguir).

A alta concentração no primeiro período é por coincidir com uma época em que o solo está revestido de restos vegetais oriundos dos restos culturais e vegetação nativa, existindo portanto grande quantidade de material em decomposição. Após chuvas intensas, grande quantidade de húmus vai parar no rio. Outro aspecto é que iniciam-se o preparo das lavouras, facilitando o processo erosivo.

Para o segundo caso, ocorreu no período uma precipitação intensa, que pode ter levado mais MO ao rio.

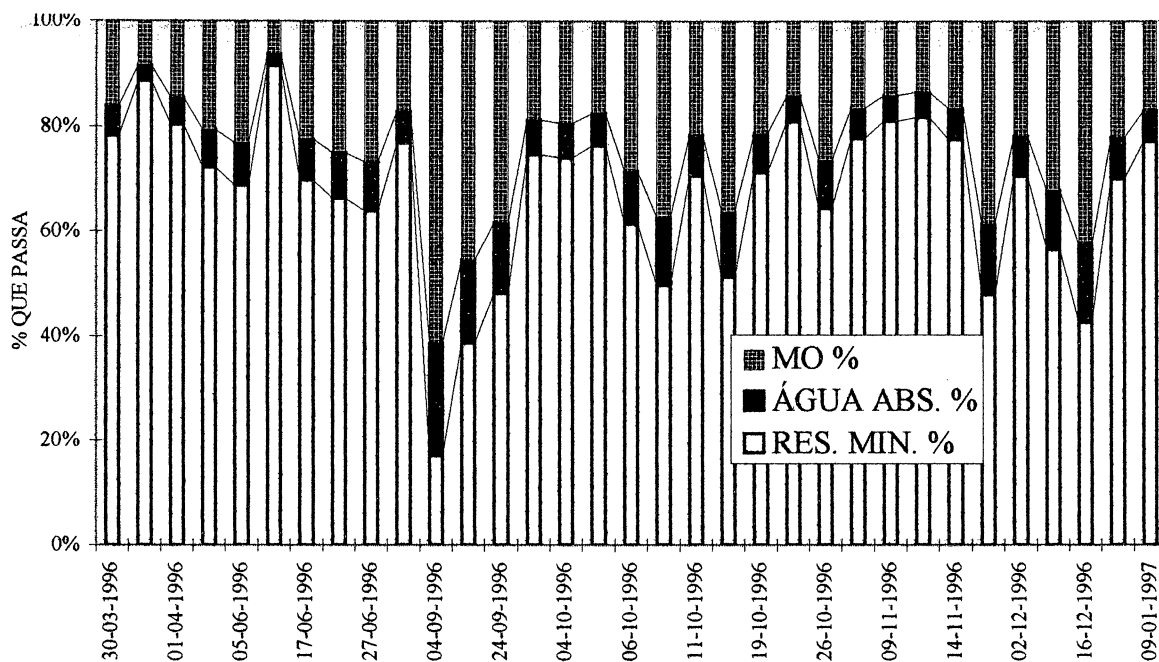


Fig. N° 38, Teror de MO e residuo mineral determinado por perda ao rubro e água absorvida deduzida a partir de TG e DSC.

No último caso, coincide com a fase de maturação das lavouras, estando novamente o solo revestido de restos culturais em decomposição.

De uma forma geral para toda a bacia, a explicação para os baixos teores de MO no solo e altos no rio está fundamentada nos seguintes fatores:

1º) A bacia efetiva possui relevo movimentado, sendo na maior parte ondulado e forte ondulado, com solos na grande maioria rasos (litólico e cambissolo), aspectos que facilita o escoamento superficial;

2º) As chuvas têm alta erosividade;

3º) Como já mencionamos, a maioria da MO está na superfície do solo;

4º) Nos sedimentos aquáticos, existem condições favoráveis para preservar MO, devido, principalmente, a menor disponibilidade de oxigênio para processos microbiológicos;

5º) Quase todas as amostras selecionadas para testes de MO são dos dias em que ocorreu intenso transporte de material particulado na bacia e/ou as amostras que apresentavam coloração escura, evidenciando a presença de MO.

Tabela 36. Teor de MO e resíduo mineral, identificados por combustão ou perda ao rubro e teores de água de absorção identificados por TG e DSC

AMOS- TRA	FLUXO DE ÁGUA		SÓLIDOS			ANÁLISE FEITO NA MUFLA						MO MENOS ÁGUA ABSORV. (ÍNDICE TG/DSC)			
						MATÉRIA ORGÂNICA			RESÍDUO MINERAL			ÁGUA ABSORVIDA		MO	
	DATA	m³/S	m³/dia	mg/l	g/s	T/dia	g/l	g/s	t/dia	g/l	g/s	t/dia	g/s	t/dia	G/S
30/03/96	14,80	1280950,33	1910,00	28317,30	2446,62	0,415	6153,02	531,62	1,495	22164,64	1915,03	1598,55	138,12	4554,46	393,51
31/03/96	83,90	7252891,20	740,00	62119,67	5367,14	0,084	7066,54	610,55	0,656	55053,50	4756,62	1835,89	158,62	5230,66	451,93
01/04/96	4,83	417247,91	24,70	119,24	10,30	0,005	23,42	2,02	0,020	95,81	8,28	6,08	0,53	17,34	1,50
25/05/96	0,33	28646,42	80,00	26,52	2,29	0,022	7,40	0,64	0,058	19,16	1,66	1,92	0,17	5,48	0,47
05/06/96	0,05	3910,63	14,30	0,65	0,06	0,004	0,20	0,02	0,010	0,44	0,04	0,05	0,00	0,15	0,01
16/06/96	0,18	15491,72	243,30	43,63	3,77	0,021	3,70	0,32	0,223	39,86	3,44	0,96	0,08	2,74	0,24
17/06/96	0,93	80694,61	191,70	179,01	15,47	0,058	54,14	4,68	0,134	124,88	10,79	14,07	1,22	40,07	3,46
18/06/96	7,55	652381,46	238,90	1803,60	155,83	0,081	608,99	52,62	0,158	1194,79	103,23	158,22	13,67	450,78	38,95
27/06/96	2,70	233467,84	26,30	71,11	6,14	0,009	25,59	2,21	0,017	45,52	3,93	6,65	0,57	18,94	1,64
11/08/96	0,22	19010,67	1,80	0,39	0,03	0,000	0,09	0,01	0,001	0,30	0,03	0,02	0,00	0,07	0,01
04/09/96	1,05	90726,69	7,60	7,94	0,69	0,006	6,58	0,57	0,001	1,36	0,12	1,71	0,15	4,87	0,42
08/09/96	1,32	113964,13	227,80	300,45	25,96	0,140	184,56	15,95	0,088	115,88	10,01	47,95	4,14	136,61	11,80
24/09/96	0,40	34217,81	120,00	47,52	4,11	0,062	24,68	2,13	0,058	22,84	1,97	6,41	0,55	18,27	1,58
02/10/96	1,58	136202,93	140,00	220,70	19,07	0,035	55,88	4,83	0,105	164,76	14,24	14,52	1,25	41,36	3,57
04/10/96	1,08	93694,38	8,90	9,69	0,84	0,002	2,52	0,22	0,007	7,17	0,62	0,65	0,06	1,87	0,16
05/10/96	2,43	209917,50	866,70	2105,65	181,93	0,204	496,24	42,88	0,662	1609,76	139,08	128,92	11,14	367,32	31,74
06/10/96	1,41	122188,35	110,00	155,56	13,44	0,042	59,89	5,17	0,068	95,65	8,26	15,56	1,34	44,33	3,83
10/10/96	1,73	149491,02	170,80	295,58	25,54	0,086	148,86	12,86	0,085	146,68	12,67	38,67	3,34	110,18	9,52
11/10/96	3,60	311421,55	254,20	916,12	79,15	0,074	267,64	23,12	0,180	648,38	56,02	69,53	6,01	198,10	17,12
12/10/96	47,00	4061425,17	379,20	17823,58	1539,96	0,185	8707,53	752,33	0,194	9115,96	787,62	2262,22	195,46	6445,31	556,88
19/10/96	1,52	131035,51	160,00	242,66	20,97	0,046	69,68	6,02	0,114	173,04	14,95	18,10	1,56	51,57	4,46
19/10/96	5,77	498385,52	1198,30	6912,41	597,23	0,229	1321,02	114,14	0,969	5590,96	483,06	343,20	29,65	977,82	84,48
26/10/96	2,58	222678,95	26,70	68,73	5,94	0,009	24,39	2,11	0,017	44,33	3,83	6,34	0,55	18,06	1,56
07/11/96	0,29	24876,50	354,40	102,05	8,82	0,079	22,68	1,96	0,276	79,40	6,86	5,89	0,51	16,79	1,45
09/11/96	0,69	59440,72	292,20	201,04	17,37	0,055	38,00	3,28	0,237	163,05	14,09	9,87	0,85	28,12	2,43
13/11/96	8,11	700842,00	1618,30	13127,27	1134,20	0,294	2386,51	206,19	1,324	10741,41	928,06	620,01	53,57	1766,49	152,62
14/11/96	1,25	107747,91	31,10	38,82	3,35	0,007	8,67	0,75	0,024	30,15	2,60	2,25	0,19	6,41	0,55
15/11/96	2,13	183627,49	166,70	354,22	30,60	0,087	184,13	15,91	0,080	170,03	14,69	47,84	4,13	136,30	11,78
02/12/96	0,42	36025,58	1751,70	730,38	63,10	0,515	214,61	18,54	1,237	515,83	44,57	55,76	4,82	158,86	13,73
07/12/96	0,18	15088,68	87,20	15,23	1,32	0,038	6,62	0,57	0,049	8,64	0,75	1,72	0,15	4,90	0,42
16/12/96	0,38	32854,27	40,30	15,33	1,32	0,023	8,80	0,76	0,017	6,52	0,56	2,29	0,20	6,51	0,56
21/12/96	29,70	2566182,92	622,20	18480,74	1596,74	0,186	5520,91	477,01	0,436	12959,71	1119,72	1434,33	123,93	4086,58	353,08
09/01/97	15,60	1344648,06	2220,00	34549,98	2985,12	0,509	7916,27	683,97	1,711	26633,59	2301,14	2056,65	177,69	5859,62	506,27
TOTAL		21231376,43			16364,42			3595,95			12768,5		934,23		2661,72

5.3.2 - Por Análise Termogravimétrica-TG e Calorimetria de Varredura Diferencial - DSC, Simultâneas

As análises termais, conforme citado por TAN et al (1986), compreendem procedimentos que determinam alguns parâmetros físicos, tais com energia, peso, dimensão e voláteis envolvidos, com uma função da dinâmica da temperatura. Em relação a solos ou mesmo material particulado hidro-transportados, muitos constituintes podem sofrer reações termais com o aquecimento, as quais podem ser usadas na identificação quantitativa de substância. Reações como a evaporação de água absorvida ocorrem em baixas temperaturas, enquanto que outras como a oxidação de compostos orgânicos e íons metálicos ocorrem somente com temperatura intermediária. Outras reações compreendem a de cristal estrutural de água com OH e CO_3^{2-} com CO_2 só ocorrem em altas temperaturas. As reações podem ser exotérmicas ou endotérmicas e mudança de cristal pode ocorrer durante a reação. Todas as reações revelam características fundamentais para identificação das substâncias sob investigação.

As técnicas mais empregadas são:

DTA - Análise Térmica Diferencial;

DSC - Calorimetria de Varredura Diferencial;

TG - Termogravimetria.

Ainda utilizando princípios mencionados por TAN et al (1986), verifica-se que a retirada da água por aquecimento de uma argila ocorre de duas formas distintas que são: íons de OH^- , mencionados como cristal estrutural de água, sendo removidos do mineral por desidroxilação e perda de água como molécula, chamada como disorção ou desidratação.

A perda de água é medida em função da perda de peso das argilas pelo aquecimento. Os testes com material de solo argiloso podem conter erros grosseiros se a matéria orgânica não for eliminada. Em minerais que contêm íons reduzidos, tal como ferro ferroso, qualquer das perdas de peso por eliminação de água é contrabalançada por um ganho de oxigênio, elevando a oxidação do elemento reduzido. Em determinados alcance de temperatura, a água cristalizada e absorvida podem ser perdidas simultaneamente. O teor de água perdida difere grandemente entre as espécies e é a propriedade mais simples para identificá-las.

A Matéria Orgânica - MO interfere na determinação da água cristalizada e, por isso, deve ser anteriormente eliminada para se obter o teor de água nesse estado.

No trabalho, utilizamos TG e DSC, simultâneos, portanto, é sobre tais técnicas que faremos alguns comentários básicos.

5.3.2.1 - Calorimetria de Varredura Diferencial - DSC

Conforme mencionado por J. BASSETT et al (1981), esta técnica mede a energia requerida para manter sob a mesma temperatura a amostra e o material de referência. Portanto, quando ocorre uma transição endotérmica, a energia absorvida pela amostra é compensada por um aumento de energia adquirida, afim de manter a diferença de temperatura nula. Como a entrada de energia tem uma grandeza precisamente equivalente a energia adquirida na transição direta, a medida calorimétrica é obtida desta energia de equilíbrio. A curva DSC é registrada como a abcissa indicando a transferência de energia para fora dela.

Esta técnica tem relacionamento estreito com a Análise Térmica Diferencial - DTA, e ambas chegam a resultados similares.

As curvas da DSC apresentam mudanças nos processo de aquecimento que caracterizam processos endotérmicos e exotérmicos que ocorreram na amostra. As reações endotérmicas indicam processo de desidratação, desidroxilização, fusão, evaporação e sublimação. As reações exotérmicas indicam oxidação, formação de estrutura cristalina e qualquer decomposição.

Os principais minerais e substância orgânicas que podem estar presentes nas amostras de material analisados apresentam os seguintes comportamentos quando submetidos a DSC ou DTA.

Tabela 37, Picos endotérmico e exotérmico em minerais de argila e substâncias

Mineral	Pico endotérmico		Princ. Reação	Pico exotérmico		Princ. Reação
	°C	°C		°C	°C	
Caulinita	450	600	desidroxilização	900	1000	form. Alumina
Montmorilonita	100	250	perda de água adsorvida	900	1000	Recristalização
	600	750	desidroxilização			
Vermiculita	150		perda de água adsorvida	800	900	Recristalização
	850		desidroxilização			
Ilita	100	200	perda de água adsorvida	920	950	recristalização
		600	desidroxilização			
	900	920	desidroxilização			
Haloisita	100	200	perda de água adsorvida	900	1000	form. alumina
	500	600	desidroxilização			
Goetita	290	400	desidroxilização			
Quartzo				573	843	inversão(alfa para beta)
Alophane	50	150	perda de água adsorvida	800	900	form. alumina
MO	400	500	combustão			

Fonte: TAN et al (1986 p172)

5.3.2.2 - Termogravimetria - TG

É uma técnica complementar a TDA e DSC. É essencial na determinação de água absorvida e água estrutural em estudos de solo. Os resultados podem ser apresentados em uma

curva termogravimétrica TG, na qual a mudança de peso é registrada em função da temperatura ou tempo, ou como termogravimétrica derivativa (DTG), onde a primeira derivada da curva da TG é posta em gráfico em relação a temperatura ou tempo.

Devem ser observadas as seguintes características nas curvas TG:

- a) As regiões horizontais (platôs) indicam áreas onde não ocorreram perda de peso;
- b) as partes curvas, indicam perdas de peso;
- c) como as curvas de TG são quantitativas, podem ser feitos cálculos da composição estequiométrica a qualquer temperatura.

A temperatura com que os minerais de solo perdem água varia conforme demonstrado na tabela 38.

Tabela 38 - Reações que podem ocorrer em minerais através da TG

Mineral	Água adsorvida (%)		Água estrutural %	Disorciação total a °C		Desidroxilação	
	camada de água	retículo de água		camada de água °C	Água reticular	Início °C	Conclusão °C
Caulinita	0,2	1,2	16,2	350		350	1000
Montmorilonita	(Ca) 20	3,37	5,08	250	370	370	1000
	(Na) 14	0,0	5,05	150	-	150	1000
Vermiculita	(Ca) 20	3,1	4,8	250	700	250	1000
	(Na) 10,1	4,66	4,76	150	700	150	1000
Illita	(Ca) 5,16	1,06	4,97	150	370	370	1000
	(Na) 3,45	0,66	5,07	150	370	370	1000
Halosita		13	16	250		350	1000
Biotita	0,4	1,5	4,17	350		350	1000
Goetita	0	0,1	33,8	100		200	370
Moscovita	1	0,45	4,74	250	350	370	1000

Fonte: TAN et al (p181, 1986)

Utilizando aparelho NETZCH, modelo STA, série 409 EP do laboratório de STA da UFPR, foram submetidas 5 amostras de material em suspensão para análise Termogravimétrica e Calorimetria de varredura, simultaneamente. As amostras continham material de uma única coleta ou de várias coletas, totalizando dezoito coletas diárias, o que permitiu uma boa média dos teores de MO e água absorvida.

Nos gráficos oriundos das análises, para o caso em pauta os picos exotérmico liberam calor, estão relacionados a perda de massa e endotérmico absorvem calor e estão relacionados à perda de água. Verifique-se os dados na sequência:

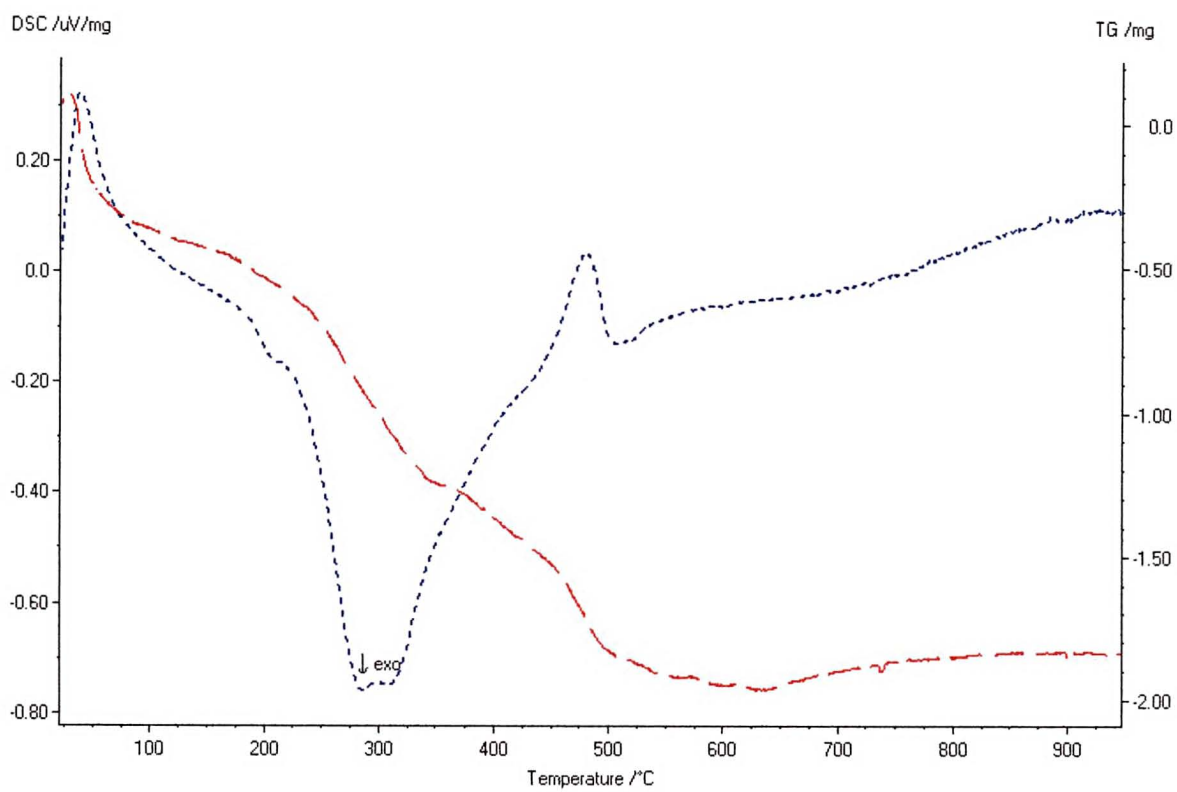


Figura 39, Amostra 141

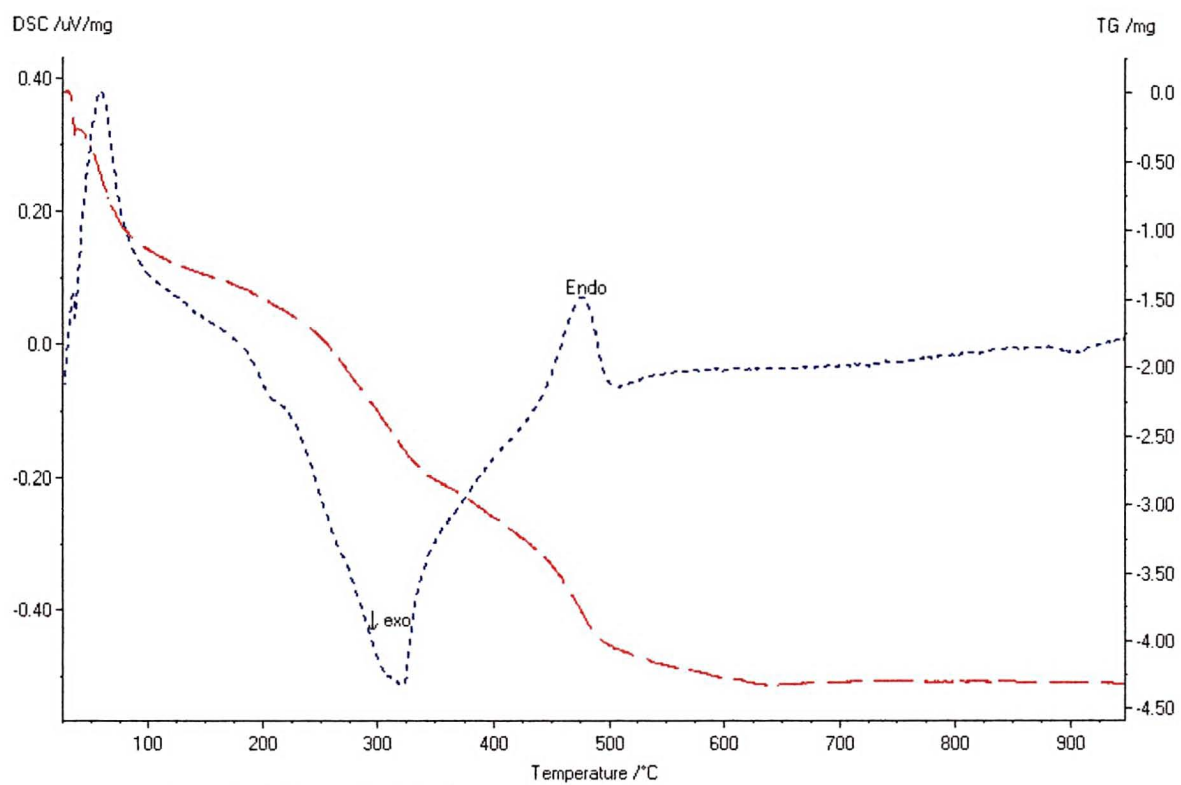


Figura 40, Amostra 142

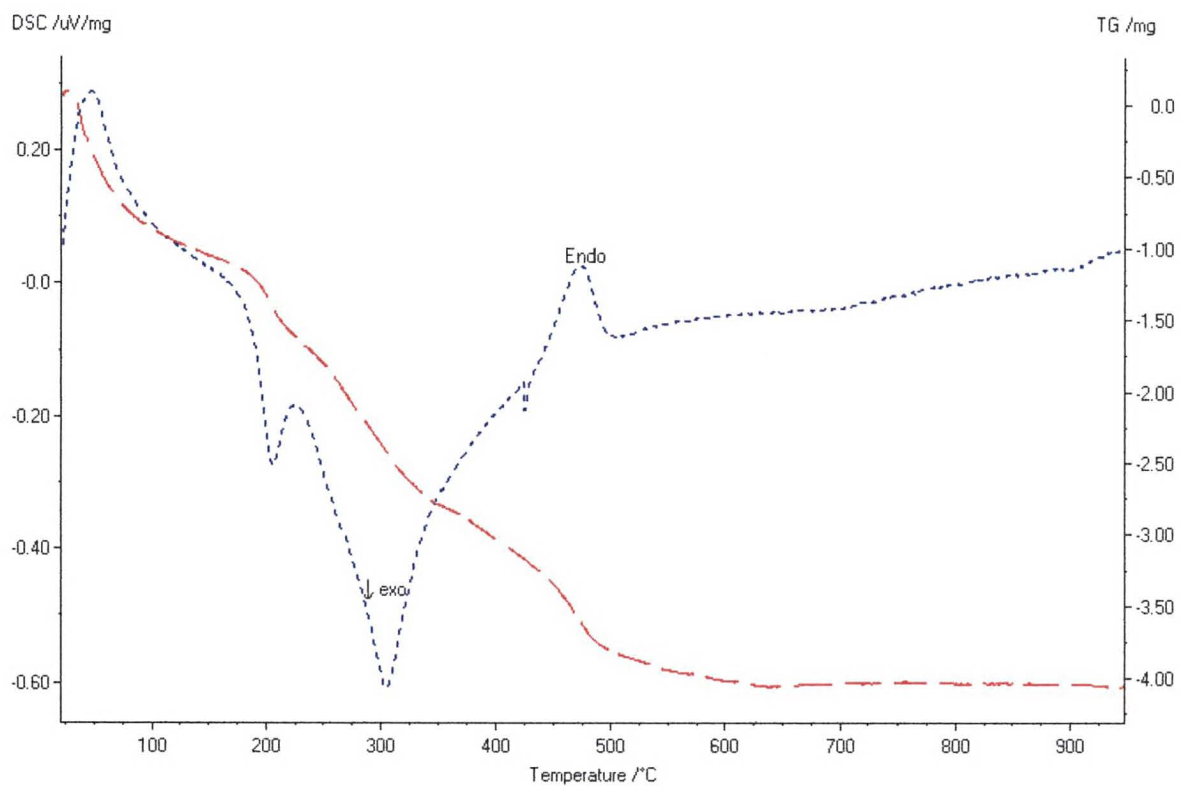


Figura 41, Amostra 147

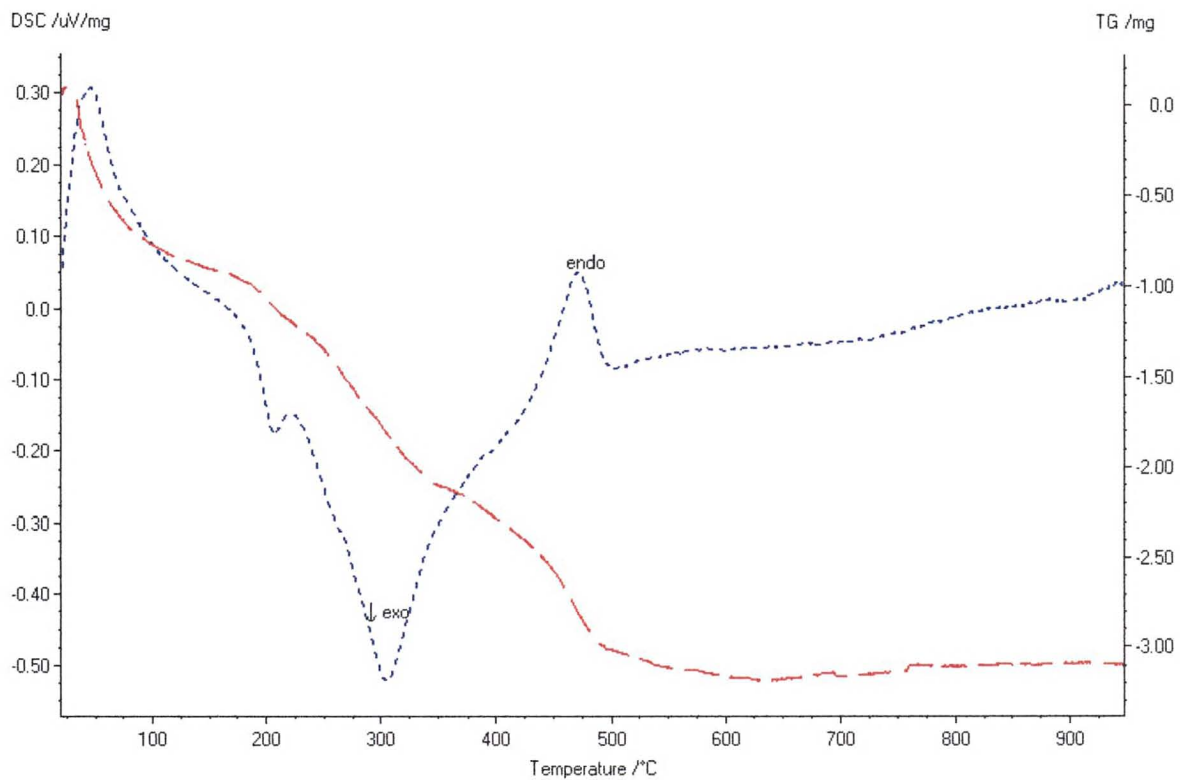


Figura 42, Amostra 148

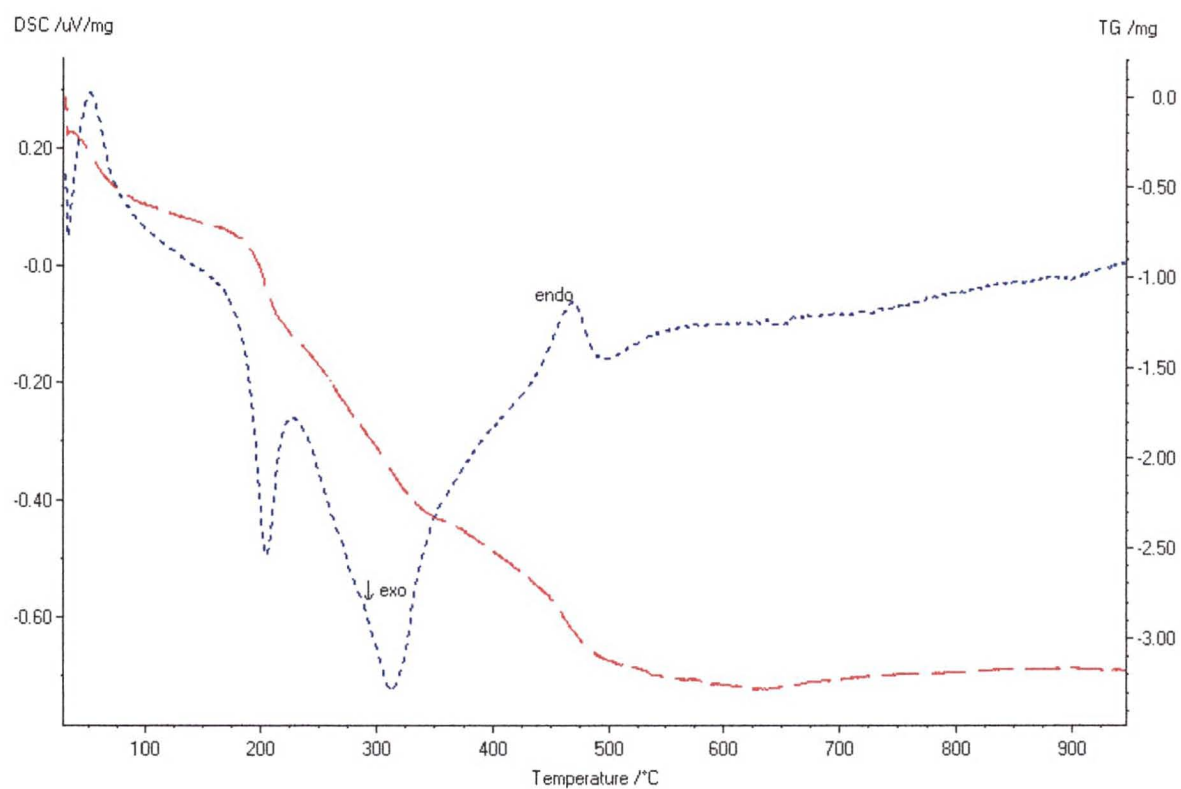


Figura 43, Amostra 149

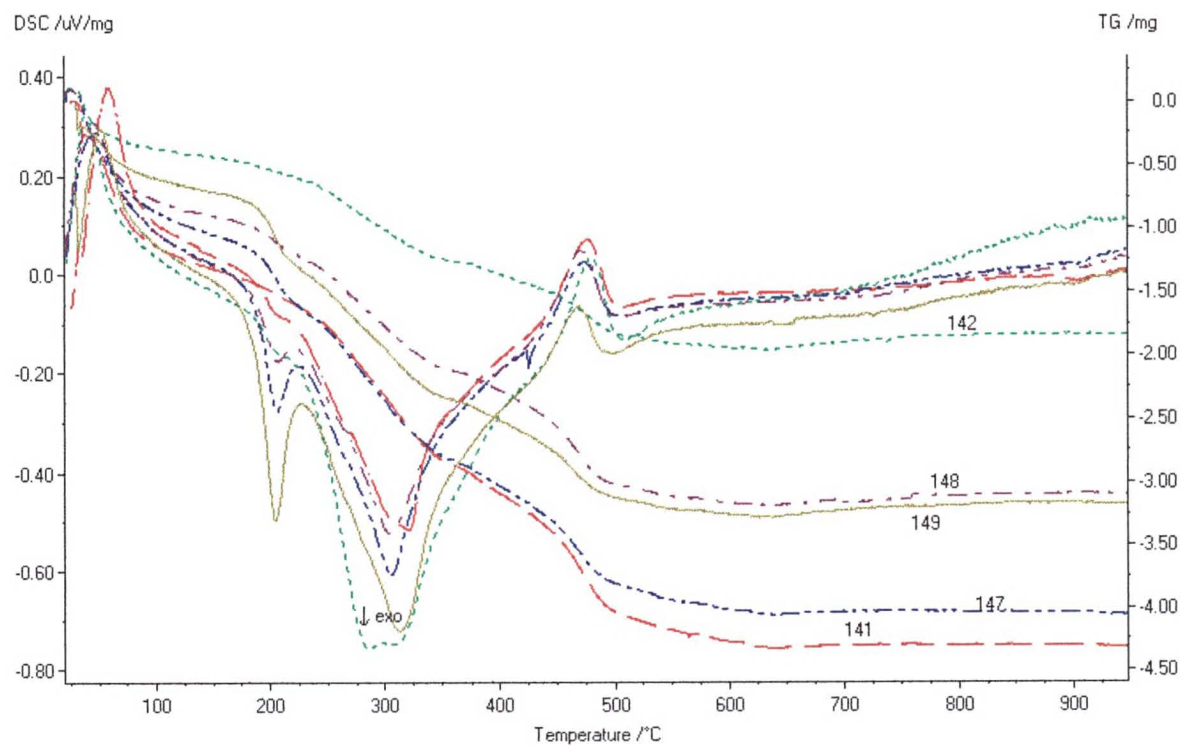


Figura 44, Amostras N $^{\circ}$ 141, 142, 147, 148 e 149.

Todas as amostras apresentaram resultados uniformes, conforme descrito a seguir:

O pico endotérmico a 130°C é relativo à perda de água de absorção;

O processo de combustão de MO inicia 130°C tendo um pico exotérmico a 200° e a 280°C (mais intenso), e vai até aproximadamente 500°C;

A partir de 600°C manteve-se constante, pois não ocorreu variação de massa;

Acima de 600°C pode ocorrer elevação de massa porque o ferro reduzido volta a oxidar;

A 480°C observa-se um pico endotérmico, relacionado com a decomposição de Goetita;

A perda de massa é diretamente proporcional ao pico exotérmico a 200°C e inversamente proporcional ao pico endotérmico a 480°C. Portanto, com a maior presença de MO, os teores de goetita serão menores e conseqüentemente o processo de decomposição é mais intenso em relação a massa total.

Conforme demonstrado nas tabelas de DSC e TG, outras reações podem ocorrer, como a perda de água de retículo em minerais de argilas e outros processos, porém nosso objetivo é a identificação de MO e água de absorção, que correspondem às principais perdas de massa, cujos dados estão devidamente identificados a seguir.

Tabela 39, Perdas de massa por DSC e TG

Amostra (1)	Massa inicial		Perda H ₂ O mg		Massa seca mg		MO mg		Res. Mín.	
	mg	%	mg	%	mg	%	mg	%	mg	%
141	8,00	100	0,50	6,25	7,50	93,75	1,42	17,75	6,08	76,00
142	19,10	100	1,26	6,60	17,84	93,40	3,05	15,97	14,79	77,43
147	15,80	100	1,05	6,65	14,75	93,35	3,07	19,43	11,68	73,92
148	14,00	100	0,91	6,50	13,09	93,50	2,23	15,93	10,86	77,57
149	11,50	100	0,60	5,22	10,90	94,78	2,50	21,74	8,40	73,04
Média	13,68	100	0,86	6,24	12,82	93,76	2,45	18,16	10,36	75,59
Desv. Pad.	4,21	0	0,31	0,59	3,90	0,59	0,68	2,47	3,31	2,05

(1) Legenda amostras e dias a que correspondem: 141 - 19-01-97; 142 - 20-12-96(1°) e 21-12-96 (2°); 147 - 6-12-96, 8-12-96, 20-12-96 (2°) e 22-12-96; 148 - 14-01-97, 31-01-97, 01-02-97 (1°) e 02-02-97 (2°); 149 - -08-07-96, 07-07-96, 09-08-96(1°), 01-09-96, 25-09-96, 13-10-96 e 20-10-96.

Os dados das cinco amostras que continham material em suspensão de 18 coletas diárias, relativos a média de combustão de MO e perda de água absorvida, são parâmetros que podem ser usados para complementar as informações relativas a perda de MO e teor de cinzas por perda ao rubro.

Tabela 40, Teores diários de MO e Resíduo Mineral (TG e DSC)

Amos tra	Data	Fluxo de água		Material particulado			MO		Teor de água		Res. Min.	
		D/M/A	m ³ /s	m ³ /dia	mg/l	g/s	t/dia	g/s	t/dia	g/s	t/dia	g/s
149	07/07/96	2,770	239293,40	60,00	166,17	14,35	36,13	3,12	8,67	0,75	121,37	10,49
	08/07/96	2,395	206960,92	36,67	87,83	7,58	19,09	1,65	4,58	0,40	64,15	5,54
	09/08/96	0,419	36162,56	9,58	4,01	0,34	0,87	0,08	0,21	0,02	2,93	0,25
	01/09/96	0,959	82887,32	16,06	15,40	1,33	3,35	0,29	0,80	0,07	11,25	0,97
	25/09/96	0,367	31713,78	16,48	6,04	0,52	1,31	0,11	0,32	0,03	4,42	0,38
	13/10/96	9,697	837789,42	32,65	316,62	27,35	68,83	5,95	16,53	1,43	231,26	19,98
	20/10/96	5,942	513395,84	21,49	127,68	11,03	27,76	2,40	6,66	0,58	93,26	8,06
147	06/12/96	0,095	8230,06	11,89	1,13	0,09	0,22	0,02	0,08	0,01	0,84	0,07
	08/12/96	0,112	9717,66	10,21	1,14	0,09	0,22	0,02	0,08	0,01	0,85	0,07
	20/12/96	5,832	503889,48	93,10	542,98	46,91	105,50	9,12	36,11	3,12	401,37	34,68
	22/12/96	4,255	367599,56	22,11	94,07	8,12	18,28	1,58	6,26	0,54	69,54	6,01
148	14/01/97	0,241	20840,56	19,56	4,71	0,40	0,75	0,06	0,31	0,03	3,66	0,32
	31/01/97	0,347	29947,48	10,75	3,72	0,32	0,59	0,05	0,24	0,02	2,89	0,25
	01/02/97	2,461	212622,49	157,86	388,47	33,56	61,88	5,35	25,25	2,18	301,34	26,04
	02/02/97	6,689	577922,68	97,00	648,82	56,05	103,36	8,93	42,17	3,64	503,29	43,48
142	20/12/96	2,770	239333,86	382,22	1058,78	91,47	169,09	14,61	69,88	6,04	819,81	70,83
	21/12/96	29,701	2566182,92	622,22	18480,74	1596,7	2951,37	255,0	1219,7	105,4	14309,6	1236,3
141	19/01/97	1,997	172537,6	286,67	572,46	49,46	101,61	8,78	35,779	3,091	435,07	37,59

Sob esta técnica os teores encontrados estão na ordem de: MO 22,86 e 14,63%, água de absorção 10,0 a 5,22% e resíduo mineral 78,23 e 70%.

Com este método, os teores de MO e água foram menores e estão em patamares mais próximos, em função de que as amostras submetidas a esta análise eram mais regulares em termos de conteúdo material, não existindo diferença abrupta quanto à concentração, principalmente, de matéria orgânica.

Fica evidenciado, portanto, a eficiência dos dois métodos na determinação da composição de material particulado, sendo que o procedimento por TG e DSC é uma técnica mais sofisticada com dados mais próximos possíveis da realidade.

No caso da técnica da perda por combustão ou ao rubro, que adaptamos à avaliação de MO e resíduo mineral em material hidrotransportado, efetuando uma confirmação dos dados por TG e DSC, permitindo a subtração de água da MO, esta mostrou ser um técnica simples e barata para ser utilizada com esse fim, chegando a bons resultados. Portanto, uma vez desenvolvida uma rotina, com queimas pré-determinadas em função da temperatura e do tempo, pode-se determinar os teores de água, MO e resíduo mineral por este método.

VI - MÉTODO DE DIFRAÇÃO DE RAIOS X PARA INTERPRETAÇÃO DA CONSTITUIÇÃO MINERALÓGICA DE MATERIAL PARTICULADO HIDROTRANSPORTADO.

6.1 - Materiais e métodos

Com a finalidade de identificar os principais minerais transportados pelas águas do Rio Pinhal, junto ao material particulado veiculado em suspensão, foram realizados testes com difração de raio X, no difratômetro do Grupo Óptica de raio X e instrumentação (GORXI) do Departamento de Física da UFPR.

Os parâmetros utilizados foram:

Amostras, dos dias: 24-05-96, 01-04-96, 23-05-96, 10-4-96, 30-03-96(2ºcolteta), 15-04-96, 30-03-96(1ºcol.), 23-03-96 e 31-03-96; data de execução dos testes: 12-06-96 e 13-06-96; velocidade do difratometro: 1; tempo de Contagem, 6; fendas, 1 .3 1 LiF ou 1/2 .3 1 LiF (Fluoreto de Lítio); radiação, Cu Kalfa; comprimento de Onda., 1.5418; Potência., 40 kV e 20 mA, angulo, de 3 a 60.e 4 a 60.

As amostras de material submetidas às análises foram material e respectivas membranas filtrantes usadas na quantificação da carga em suspensão.

Feitos os testes, os resultados devidamente gravados em disquete em arquivo formato .DAT foram tratados no programa ADIF - Análise de Difratoograma - Versão 3.0, do GORXI - Laboratório de Ótica de Raios 4X e Instrumentação - Curitiba, 1994. Utilizando como base os valores de A° , 2θ e I dos minerais, identificamos as principais espécies transportadas.

d - espaçamento entre planos atômicos do cristal.

θ - deflexão do angulo de difração.

I - intensidade de deflexão.

Utilizando os parâmetros já citados do programa e com base no INDEX AND SELECTED POWER DIFFRACTION DATA FOR MINERALS (1965), identificamos todos os minerais cristalizáveis mais abundantes nas amostras.

6.2 - Difração por Raio X

O método de difração de Raio X é uma técnica muito usada para identificação de argilas. É um método não destrutivo, podendo as amostras serem usadas em outras análises. Este método não é aplicável para análise de materiais amorfos ou não cristalizados. A base para uso na investigação de argilas está no sistema de arranjo dos átomos ou íons em cristais planos. Cada espécie de mineral possui planos atômicos característicos, que podem difratar (refletir) raio X, DANA (1978).

Os dados resultantes das análises de 09 amostras, devidamente interpretados, constam das figuras 45 a 53.

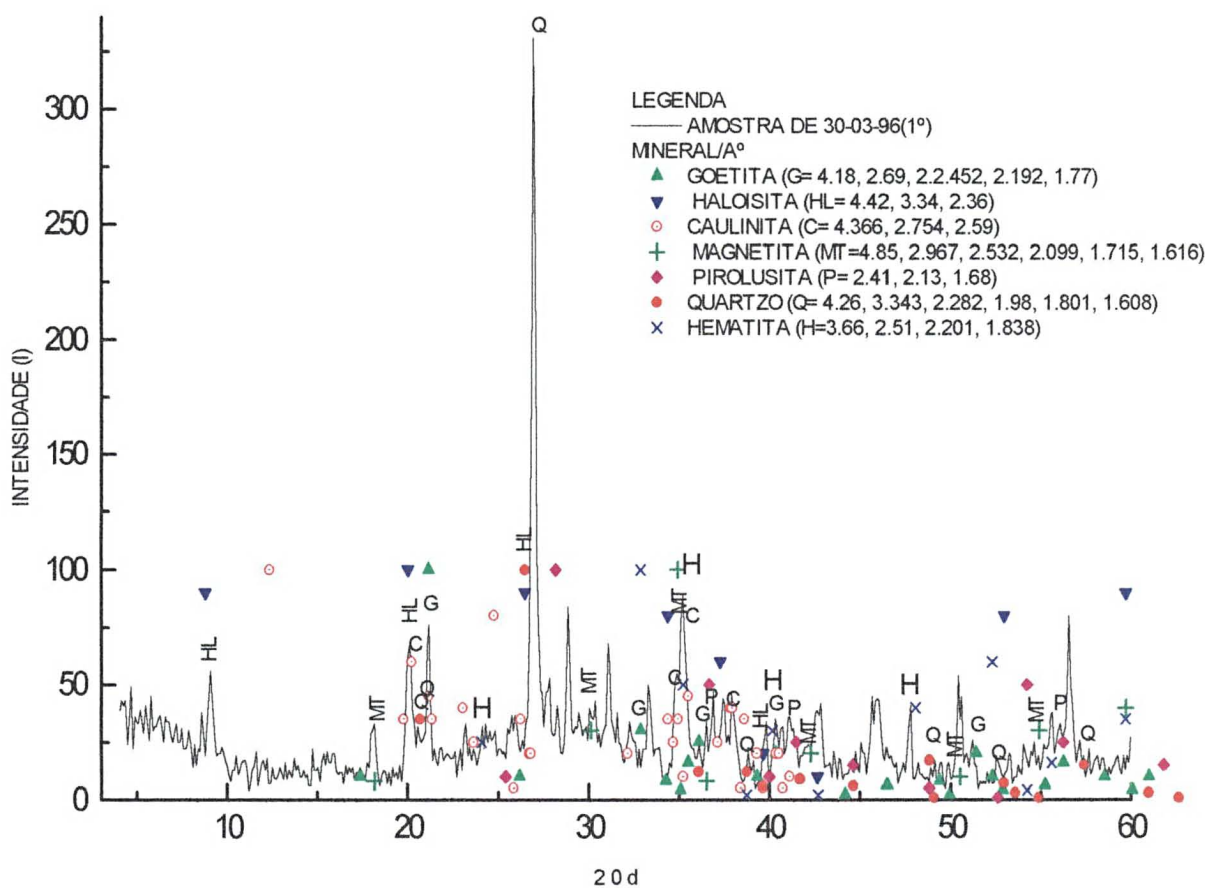


Figura 45, Minerais hidrotransportado no material particulado em 30-03-96 (1°)

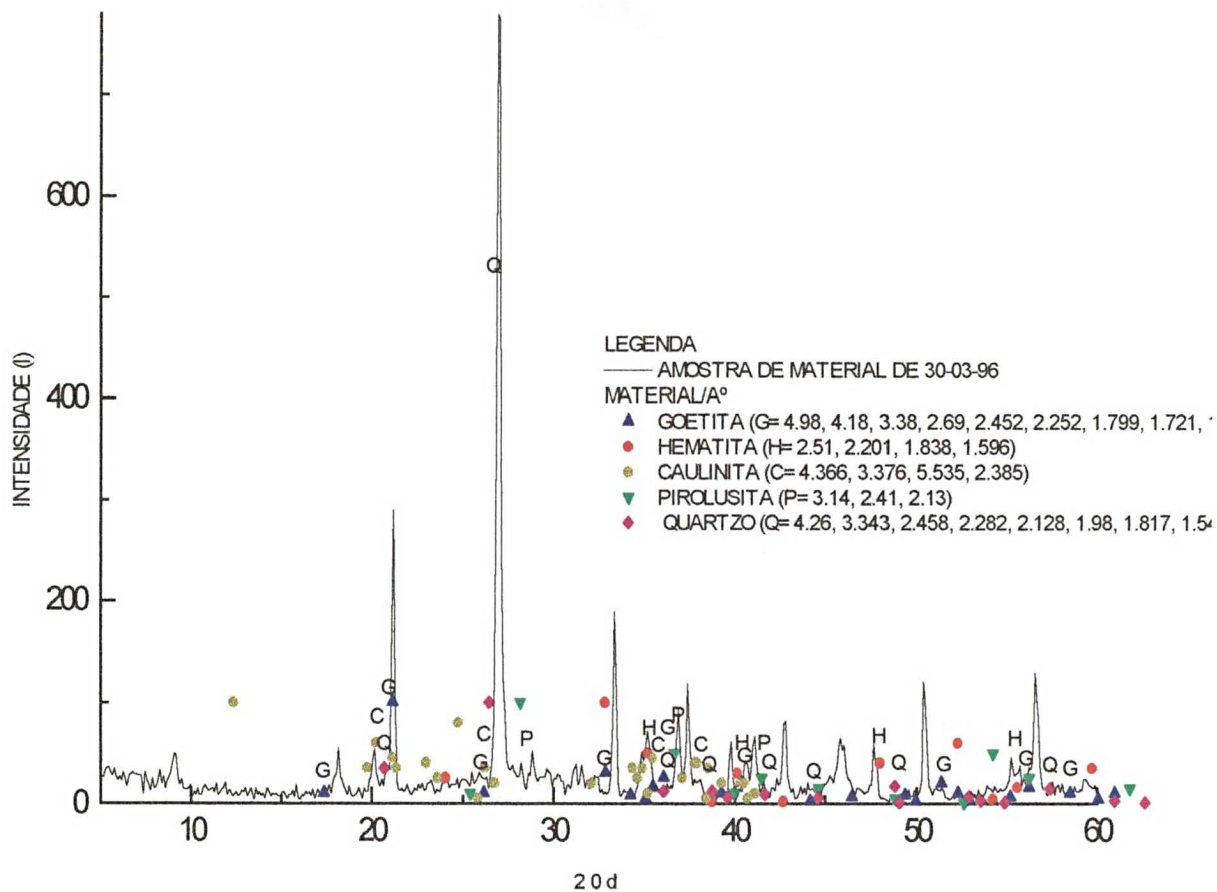


Figura 46, Minerais hidrotransportado no material particulado em 30-03-96 (2°)

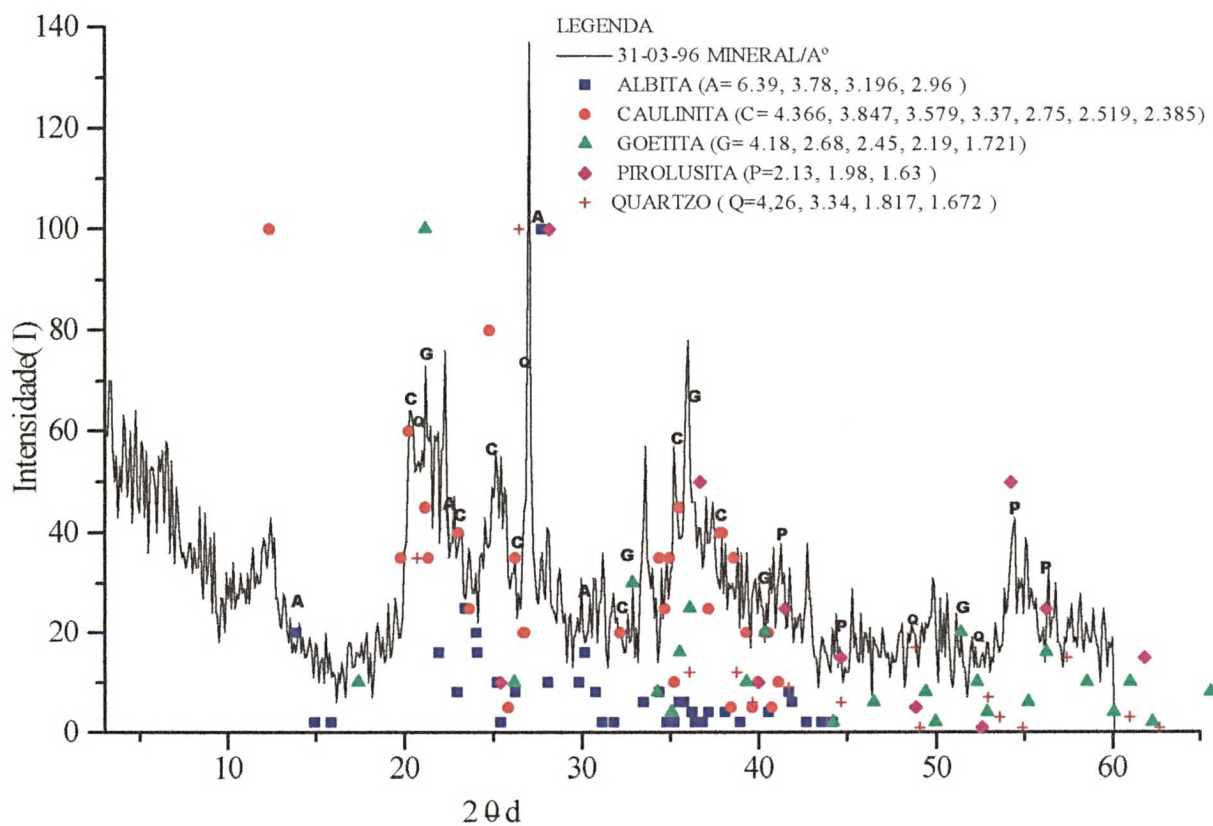


Figura 47, Minerais hidrotransportado no material particulado em 31-03-96

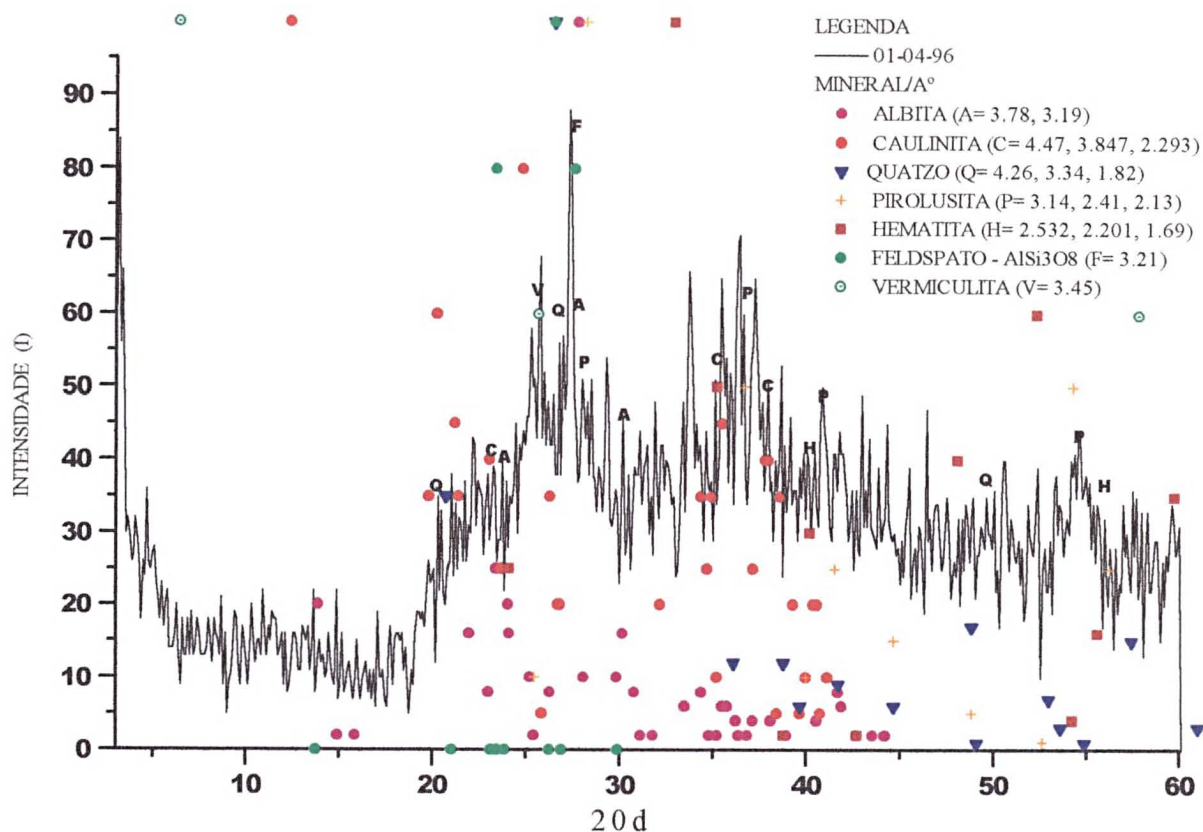


Figura 48, Minerais hidrotransportado no material particulado em 01-04-96

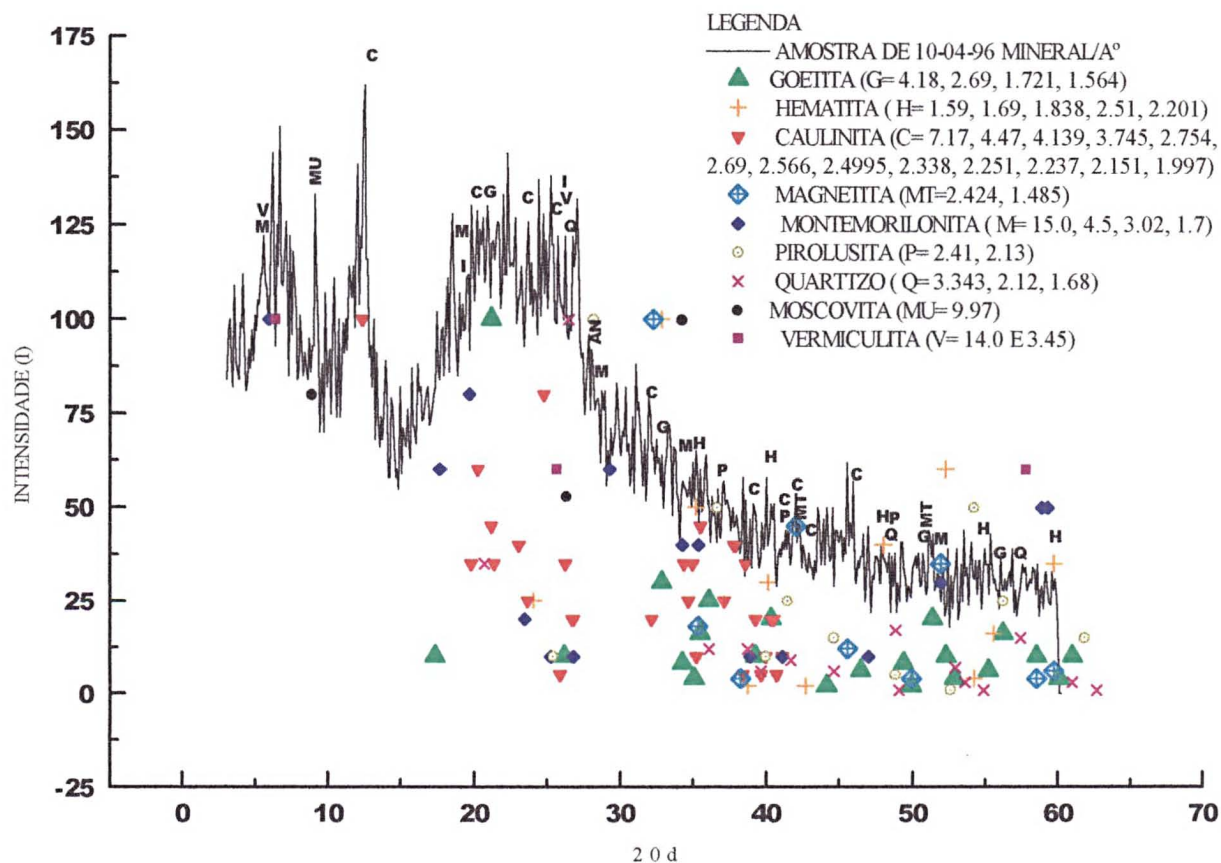


Figura 49, Minerais hidrotransportado no material particulado em 10-04-96

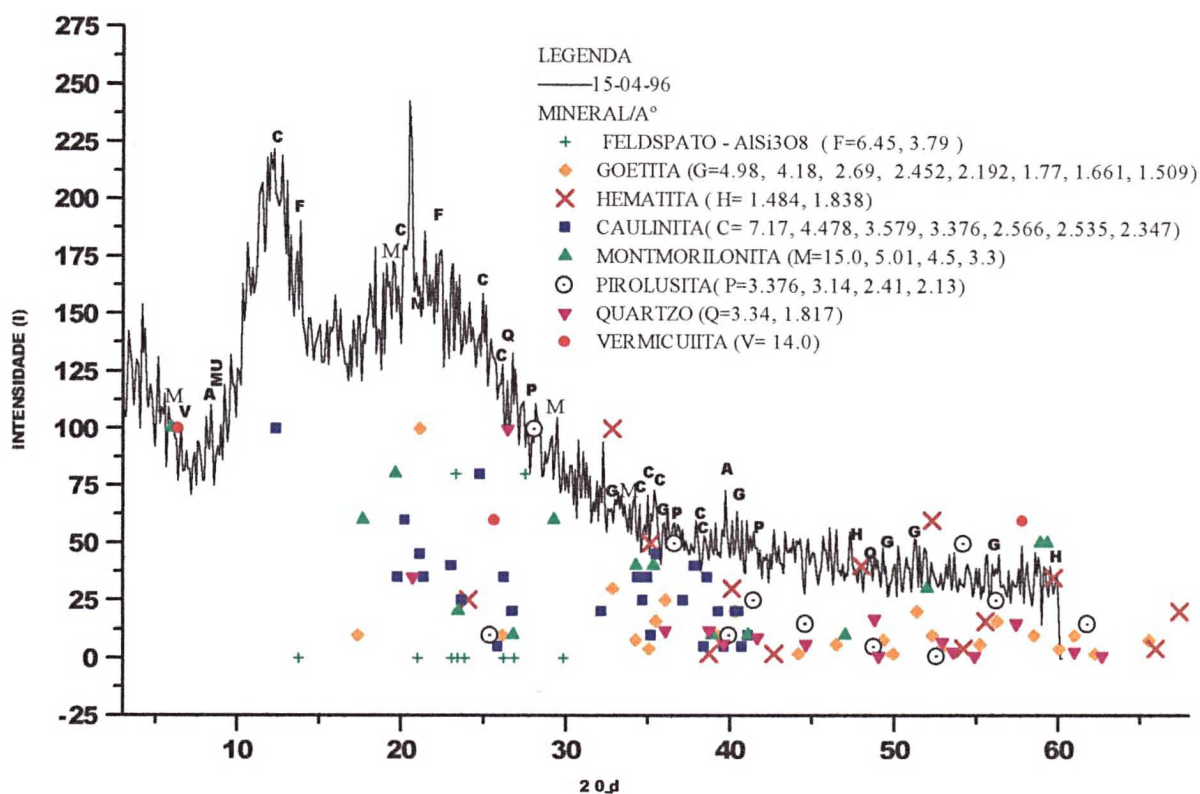


Figura 50, Minerais hidrotransportado no material particulado em 15-04-96

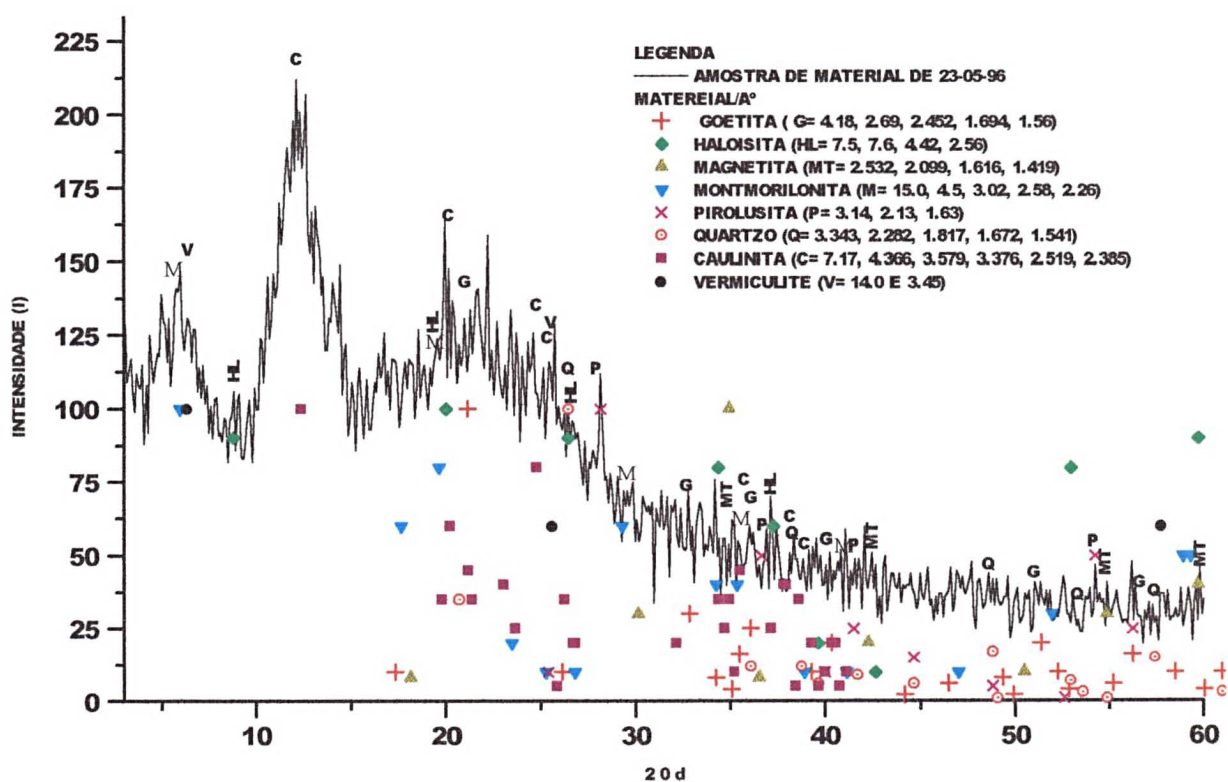


Figura 51, Minerais hidrotransportado no material particulado em 23-05-96

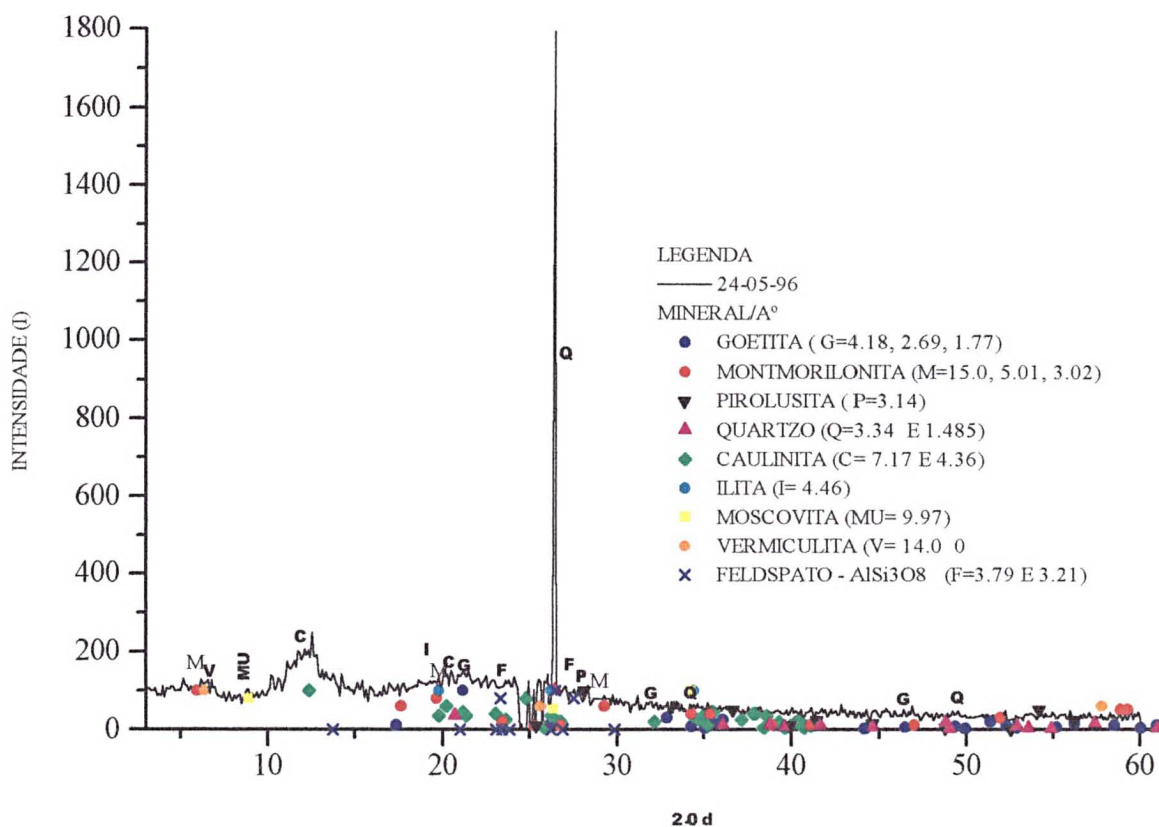


Figura 52, Minerais hidrotransportado no material particulado em 24-05-96

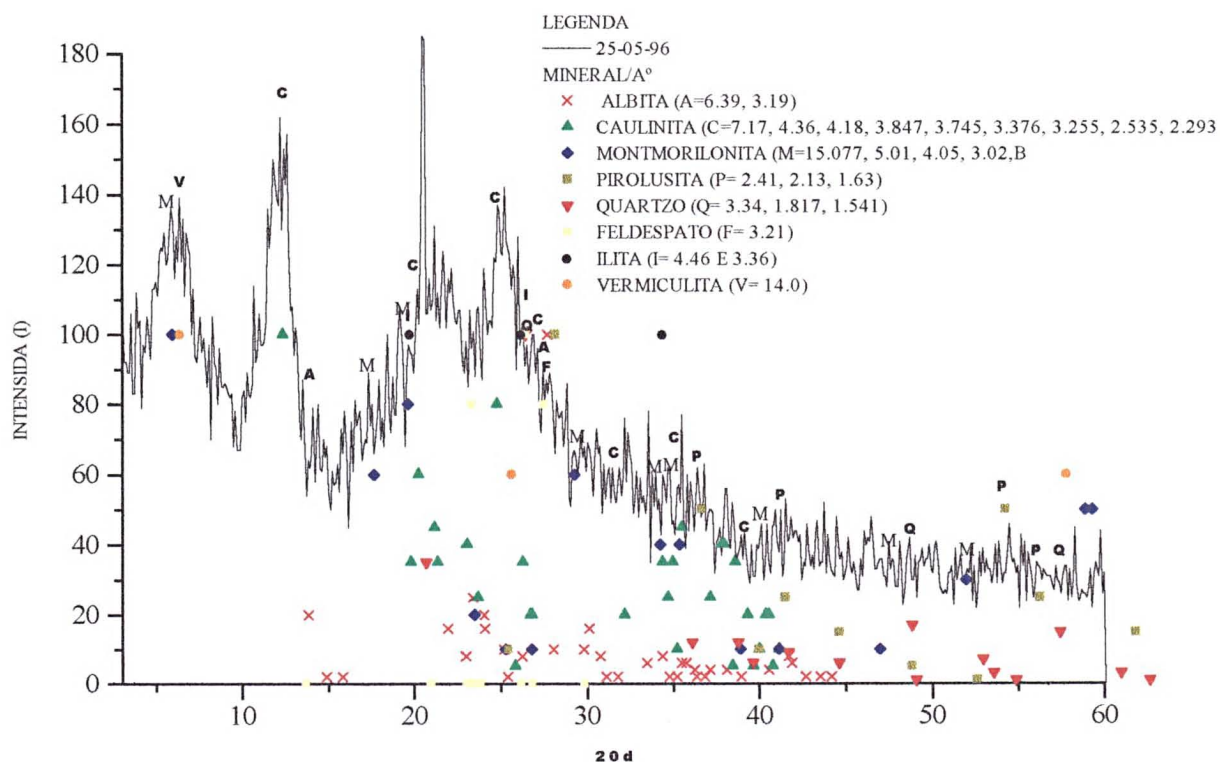
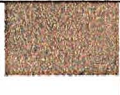



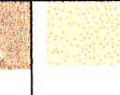






Figura 53, Minerais hidrotransportado no material particulado em 25-05-96

Tabela 41, Amostras e respectivos minerais encontrados

Discriminação	Amostras								
	30-03(1°)	30-3(2°)	31-03	01-04	10-04	15-04	23-05	24-05	25-05
Albita				X					X
Caulinita	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Feldspato $AlSi_3O_8$				X		X		X	X
Goetita	X	X	X		X	X	X	X	
Haloisita	X						X		
Hematita	X	X		X	X	X			
Ilita								X	X
Magnetita	X				X		X		
Montmorilonita					X	X	X	X	X
Muscovita					X			X	
Pirolusita	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Quartzo	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Vermiculita				X	X	X	X	X	X
Amostra									

Fonte: Pesquisa de campo.

Os minerais encontrados são o reflexo da localização latitudinal da bacia, clima reinante do tipo mesotérmico úmido e estrutura geológica constituída por rochas basálticas da Formação Serra Geral - Grupo São Bento (do Jurássico-Cretáceo) e conseqüente formação dos tipos de solos hoje existentes.

Os fatores que contribuíram para a existência desses minerais na bacia, abordados na tabela 42, vão desde o material de origem até o processo pedogenético.

Segundo dados de CARDOSO et al (1984), as rochas basálticas da Formação Serra Geral possuem certa uniformidade na composição, constituídas, essencialmente, por plagioclásios cálcicos, sendo mais freqüente labradorita, augita e piegeonita, ocorrendo subordinadamente, titano-magnetita, apatita, quartzo, feldspato K e raramente biotita. É característico textura rica em vidrointersticial.

A tabela 42 mostra uma adaptação feita por nós, a partir dos trabalhos de DANA (1978) e (*).GOMES (1986), descrevendo a possível origem dos minerais encontrados nas análises de Raio-X.

Tabela 42, Possível origem dos minerais existentes na bacia

Mineral	Origem possível para a área
Albita $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$	Os feldspatos plagioclásios, como minerais formadores de rochas estão amplamente distribuídos e são mais abundante que os potássicos, são encontrados em rochas ígneas. A albita está presente em dique de pigmatito, podendo ser encontrada em cristais substituindo o ortoclásio mais precoce.
Caulinita $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$	É de ocorrência ampla. É o principal mineral, Sempre um mineral de origem superágena, sendo derivada por alteração dos silicatos de alumínio, particularmente do feldespato. Como produto da alteração das rochas, encontra-se nos solos e sendo transportada pelas água deposita-se sob a forma de argilas.
Feldspato $(\text{K}_{0-65}\text{Rb}_{0-35})\text{AlSi}_3\text{O}_8$	É um dos minerais mais comuns. Formou-se durante a cristalização das rochas ígneas, e pelas atividades hidrotermais de dique pigmatíticos e nas dursas das rochas. Mais raramente pela cristalização de soluções aquosas, em temperaturas baixas, nos filões. Amplamente distribuído como constituinte importante das rochas ígneas.
Goetita $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{H}_2\text{O}$	Forma-se pelo processo de oxidação de minerais portadores de Fe. Forma-se também, como um precipitado direto inorgânico ou biogênico existente nas águas. A goetita, com a limonita, forma o ou chapéu de ferro sobre os filões ou veios metalíferos.
Halloysita $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ e $\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Originária do ortoclásio
Hematita Fe_2O_3	Como produto da sublimação das atividades vulcânicas, como mineral acessório das rochas ígneas.
Ilita (*) $\text{K-Na-Mg-Fe-Al-Si-O-H}_2\text{O}$	Pode se formar a partir da combinação de íons em solução resultante da meteorização ou da ação hidrotermal sobre alumínio silicatos, quer sejam filossilicatos (micas parcialmente degradadas ou abertas, clorites, montemorilonitas ou caulinitas) ou filossilicatos (feldspatos, piroxenas, anfíbolos, etc).
Magnetita Fe_3O_4	É um minério de Fe comum, distribuído sob a forma de minerais acessórios, em muitas rochas magmáticas, ocorre também freqüentemente em rochas ricas em ferro-magnesianos.
Montmorilonita (*) $\text{Ca-Na-Mg-Fe-Al-Si-O-OH-H}_2\text{O}$	Pode ser neoformada, em solos derivados de alteração residual de vidro, cinzas vulcânicas e tufo vulcânicos ou depósitos sedimentares situados próximos a fontes vulcânicas onde a drenagem seja fraca a moderada de modo a permitir um ambiente químico alcalino. Na alteração pode intervir a ação de fluidos hidrotermais, sobre vidros e vidros feldspatos e outros feldspatos.
Moscovita $\text{K-Na-Al-Mg-Fe-Si-O-OH}$	É mineral formador de rocha espalhado e muito comum. Característico das rochas ígneas silicosas situadas profundamente, como o granito e o sienito. Pode originar-se da alteração de diversos outros minerais: topázio, cianita, espodumênio, andaluzita, escapolita.
Pirolusita MnO_2	É mineral superágeno, verificam-se revestimentos dendríticos sobre superfície de fraturas e revestindo seixos. Existem filões com quartzo e minerais metálicos.
Quartzo SiO_2	Ocorre como constituinte importante das rochas ígneas que contém excesso de sílica. É extremamente resistente ao ataque químico e físico e assim a desintegração de grão das rochas produz grão de quartzo, formando areias. Nas rochas, o quartzo está associado com o feldespato e a moscovita, nos filões, com quase toda a série de minerais de veio.
Vermiculita	É uma alteração da biotita. Tem estrutura constituída por folhas de mica interestratificadas com moléculas de água. Quando aquecida a água expande dando origem a formas semelhante a vermes. A bitotita é um mineral formador de rocha ocorrendo em rochas ígneas.

Fonte: DANA. (1978) e (*). GOMES (1986).

GOMES (1986) cita que a carga em suspensão dos rios constitui-se essencialmente por minerais argilosos. As argilas transportadas são caracterizadas pela composição dos solos e produtos de alteração das rochas além dos aspectos morfoclimáticos da região. No transporte a composição é pouco alterada, ocorrendo apenas redução no tamanho dos cristais.

Pode também ocasionar mudanças estruturais ao grau de ordem-desordem, como por exemplo, da caulinita e da illita.

A posição geográfica da bacia em região subtropical associada aos condicionantes físicos já citados, essencialmente o clima com uma estação quente e úmida e uma mais fria, possibilita a rubefação, caracterizando solos de coloração avermelhada, pela presença de Fe.

Quanto à mineralogia, estes solos não são muito evoluídos em relação à rocha mãe. Possuem em regra a caulinita como mineral principal, associada com illita e até em certos casos com montmorilonita.

O processo pedogenético de rubefação ocorre com o óxido de Fe (hematita), resultante da alteração dos minerais ferro magnesianos primários como a biotita, anfibólios e piroxênio.

A concentração de ferro pode ocorrer também por ferralitização (menor intensidade), para isso, devem produzir alternâncias climáticas sazonais bem distintas, caracterizando uma estação quente e úmida, facilitando a hidrólise de silicatos e a liberação de Fe, e uma mais amena e mais seca, que proporcione a oxidação da matéria orgânica e a fixação de óxido de Fe (H/hematita) e/ou hidróxido de Fe (goetita), ocasiona a rubrefação forte dos solos JORGE (1985).

O processo de decomposição das rochas origina minerais de composição diferentes dos que constituíram inicialmente a rocha.

A quantidade elevada de água presente e as temperaturas elevadas criam ótimos ambientes ao processo pedogenético. A decomposição química é muito mais significativa do que a física. A água vai promovendo a dissolução da rocha e pelos processos de dissolução, oxidação, carbonatação, hidrólise, hidratação troca de bases, quelação e ação químico-biológica e redução, os solos vão se formando e caracterizando sua composição mineralógica.

No caso dos solos da bacia, para se ter uma idéia da possível composição mineralógica dos mesmos, temos dados de estudos feitos por CARDOSO et al (1984) nestes tipos de solos, conforme segue:

Latossolo Roxo Eutrófico

Nesse tipo de solo, nas frações de areia e areia fina, a composição predominante são os minerais de magnetita, com quantidades menores de concreções ferruginosas hematíticas, ilmenita e algum quartzo. Aparecem traços de feldspato, concreções argilosas, carvão e concreção ferro-manganosas são, também, bastante comuns.

Quanto à composição mineralógica das argilas, dos solos do Paraná, pode se considerar os trabalhos de FASOLO (1978) e COSTA LIMA (1978), em CARDOSO et al

(1984 p223). Nesse trabalho é citado que a caulinita e gibsita são minerais predominantes, seguidos da vermiculita cloritizada, hematita e, em alguns casos, goetita e boemita. Teores variáveis de materiais amorfos (alofanas) também foram identificados.

Terra Roxa Estruturada Eutrófica

Desses solos, os dados mais concretos de composição mineralógica são dos horizontes Ap (0 a 20cm) e B1t (20 a 35cm), no Município de Formosa do Oeste, cujo material de origem é semelhante ao da bacia.

Ap - Das areias 50% são concreções ferruginosas hematíticas e areno-argilo-ferruginosas, hematíticas e limoníticas e magnetita intemperizada; 45 % de quartzo; 5% de detritos.

B1t - Nos cascalhos, 60% concreções ferruginosas hematíticas, concreções silicosas com aderência ferruginosa e concreções areno-argilo-ferruginosas limoníticas; 40% dos fragmentos de sílica, com capeamento ferruginoso.

Cambissolo Eutrófico:

Existem poucos dados sobre a mineralogia desse solo e os que encontramos são: possuem certo grau de evolução, mas não suficiente para meteorizar completamente minerais primários de fácil intemperização como os feldspato, mica, horblenda, augita e outros e não possuem acumulação significativas de óxido de ferro, húmus e argilas que permitam identificá-los como possuindo B textural ou podzol.

Solos Litólicos eutróficos:

CARDOSO et al (1984, p.714) consta que os únicos dados sobre a composição mineralógica desse solos são de dois perfis da região do derrame basáltico onde COSTA LIMA (1978), constatou a presença de caulinita, montmorilonita e mica.

Dentro de todos os aspectos já mencionados, ficou claro que os dados resultantes das análises de Raio-X, caracterizando a composição mineralógica do material particulado nas águas da bacia hidrográfica do Rio Pinhal são um retrospecto das características morfo-climáticas e conseqüente processo de pedogênese que ocorreu no local.

Em relação aos minerais, como era de se esperar, a caulinita é o dominante, seguida do quartzo, pirolusita e goetita.

A explicação para a existência de alguns minerais como o feldspato e outros que são minerais primários componente de rocha, dentro do material particulado está no fato de que a maioria dos solos da bacia constituem-se pelo litólico e cambissolo, com grande quantidade de material ainda não intemperizado, dos quais partículas podem ser arrastadas por ocasião do processo erosivo.

VII - INTERPRETAÇÃO DE CONSTITUIÇÃO MINERALÓGICA DE MATERIAL PARTICULADO E HIDRO TRANSPORTADO E SOLO POR IMAGEM DIGITALIZADA

7.1 - Materiais e métodos

Com a finalidade de ampliar o rol de métodos de estudos de material hidro-transportados, estamos tentando desenvolver uma técnica simples que, uma vez aprimorada, pode ser de grande valia como ferramenta de pesquisa de produtos transportados por ambientes fluviais.

O material submetido a este método de avaliação constitui-se de membranas filtrantes millipore, com material particulado, oriundo das análises de material em suspensão.

Coletou-se também amostras dos tipos de solos que ocorrem na bacia efetiva, inclusive sob as diferentes formas de uso (lavoura, pastagem, mata secundária). Na coleta, retirou-se amostra dos 30cm superficiais dos perfis de solo, sem danificar o material, de forma que ficasse com as mesmas características de campo. Das amostras retiramos de 550,8mg a 583,3mg, tomando o cuidado para retirar material de todo o perfil vertical da amostra.

As amostras de solo (550,8mg a 583,3mg) foram então dispersas em água destilada e filtradas em ambiente millipore, da mesma maneira do material em suspensão.

De posse de amostras de material particulado em suspensão e dos solos, iniciamos um processo de interpretação dessas utilizando o processamento digital.

Para o processamento digital das amostras, primeiramente, convertemo-nas para a forma digital, utilizando para isso “Scanner” de mão colorido GENIUS - C105 PRO, com capacidade para escanerizar até 400dpi, em formato de imagem 24bits - RGB, em 16,7 milhões de cores, com placa de digitalização de 20,5 X 27,5cm, com precisão inferior a 3 Um.

Os softwares utilizados foram o Aldus Photostyler 2.0 e drive do scanner e Idrisi 4.1.

As amostras de material em suspensão e de solo foram digitalizadas separadamente, porém cada grupo constituído por 11 amostras diferentes, foi escanerizado junto, sob a mesma regulagem do “scanner” (RGB -color em 300dpi). Esse procedimento consiste em facilitar o tratamento posterior das imagens, uma vez que todas as amostras de material em suspensão, quando convertidas para 256 cores, e desmembradas em arquivos separados, ficaram com paleta de cores semelhante, o mesmo acontecendo com as amostras de solo.

Se não for adotado esse procedimento, cada amostra ficará com uma paleta de cores, tornando muito trabalhoso o cruzamento de dados.

Já citamos que após escanizadas as imagens foram convertidas para 256 cores 8bits em formato TIF, para serem tratadas no Idrisi. Pode se tratar diretamente em cores verdadeiras compostas por três canais, porém existe dificuldades devido à imagem inicial ao ser tratada fica desmembrada em três canais diferentes R- vermelho, G- verde e B- azul, tendo de ser usado o módulo COMPOSIT daquele software para transformá-las novamente em uma única imagem. Não utilizamos esta forma, por concluirmos que a imagem perdia detalhes.

As imagens dos solos submetidas ao scanner, mesmo com o máximo de abertura de foco, não ficavam claras, sendo necessário o ajuste de brilho, saturação e tonalidade.

Estando as imagens em 256 cores 8 bits, devidamente preparadas, utilizando o software Idrisi, através dos módulos a seguir especificados, procedemos o tratamento das imagens.

No módulo de gerenciamento de projetos, EVERION, configuramos o ambiente operacional do software;

No módulo importa e exporta TIFIDRIS, efetuamos a leitura das imagens, convertendo-as do formato “Tif” para o Idrisi;

Gerados os arquivos em formato “Idrisi”, usamos comando COLOOR do Módulo de Exibição, para visualizar as imagens. Na visualização, optamos pelo comando: “User-Defined Palhete (16-level)”, por ser o que melhor permite interpretar a imagem em 256 incrementos de cores, pois avança-se de 16 em 16 níveis de cores por vez, sendo a forma que possibilita a melhor interpretação pelo olho humano.

Usando o comando HISTO desse mesmo módulo, produzimos um histograma gráfico e numérico de cada imagem e geramos dados estatísticos simples. Estes dados foram capturados e transportados para o software Origin, para geração de gráficos.

Para identificarmos corretamente os incrementos de cores que trabalham os softwares Aldus Photostyler e Idrisi, efetuamos uma interpretação das paletas de cores dos mesmos, conforme especificado a seguir.

Como já citamos, foi efetuado o imageamento via scanner de todas as amostras de material em suspensão de uma única vez, e da mesma forma para as de solos. Desta maneira, geramos imagens de material em suspensão com uma paleta de cores característica e uma para as de solos.

Verificando nas duas paletas, percebemos que o Aldus Phostyler trabalha com 256 incrementos de cores (0 a 255) para vermelho, verde e azul. Portanto, cada cor da imagem

corresponde a um valor de vermelho (0-255), verde (0-255) e azul (0-255), e a combinação desses incrementos resulta na cor que visualizamos. Pegamos as duas paletas e para cada um dos 256 incrementos identificamos os valores de vermelho, verde e azul e geramos as tabelas 46 e 52.

Observando a paleta do Idrisi, constatamos que este também utiliza 256 incrementos de cores, porém os valores demonstrados no vídeo quando acionado o comando “kolor”, os incrementos de cores são representados por números de 0-63. Diante disso, convertemos os valores das tabelas das paletas de cores, também para a forma representada no Idrisi.

Utilizando o scanner, devidamente regulado, iniciamos o processo de scannerização da Carta de Munsell, na mesma resolução adotada para as amostras. Digitalizada a carta em imagens coloridas, identificamos as cores (vermelho, verde e azul, 0-255), componentes dos arranjos de cada matiz. Através desse procedimento, geramos dados que nos permitiram quantificar as cores das amostras pelo método de Munsell.

De posse de todos os parâmetros necessários para avaliação das imagens, identificamos a possibilidade de cor que os minerais e MO podem apresentar no solo e no material particulado hidro-transportado, levando em consideração a alteração no processo de formação do solo e também o fato de que a bacia possui na, grande maioria, solos jovens como o litólico eutrófico e cambissolo eutrófico que possuem fragmentos de minerais originários, podendo ser transportados ou estar contidos nas amostras.

Para analisarmos a possibilidade de existência de alguns minerais executamos os software Idrisi e Aldus Photostyler, simultaneamente, abrindo nos dois, imagem das mesmas amostras e enquanto evoluíamos no Idrisi de 16 em 16 níveis de cores, sempre também analisando o comportamento da imagem no Aldus, fomos percebendo que os mesmos aspectos da imagem vão aparecendo em incrementos de cores diferentes na imagem, ou seja, em respostas eletromagnéticas diferentes. Em seguida, estes valores foram cruzados com os dados resultantes da digitalização da carta de Munsell.

Por esse processo, pela análise dos gráficos foi possível identificarmos as prováveis presenças de alguns minerais, substâncias e MO nas amostras.

7.2 - Princípios

O scanner é um imageador ativo que produz energia que interagirá com os objetos, convertendo as imagens em representação numérica do formato digital, passível de ser processadas em computadores. O equipamento possui um focalizador de luz e um foto detector. Uma imagem ou objeto quando submetidos ao scanner, seus elétrons irradiam ondas

eletromagnéticas que são captadas e armazenadas por representação numérica de incrementos de cores refletidas, que para o caso em tela, foi de 0 a 255, para cores vermelha, verde e azul. A combinação dessas três cores básicas em incrementos diferentes é que possibilitou a formação de imagens com 256 cores diferentes.

A cor dos materiais hidro transportados, solos, arranjo de cores da Carta de Munsell e demais formas de matéria, são na verdade uma resposta em ondas eletromagnéticas em diferentes comprimentos, em porções específicas do espectro eletromagnético.

O scanner Genius é um equipamento que captura dados na faixa reflectiva do espectro eletromagnético, com concentração na faixa do visível (0,35 a 0,75Um).

O material particulado e solo emitem comprimentos de onda que vão do visível ao infravermelho, sendo que no visível os comprimentos de onda e respectivas cores constam na tabela 43.

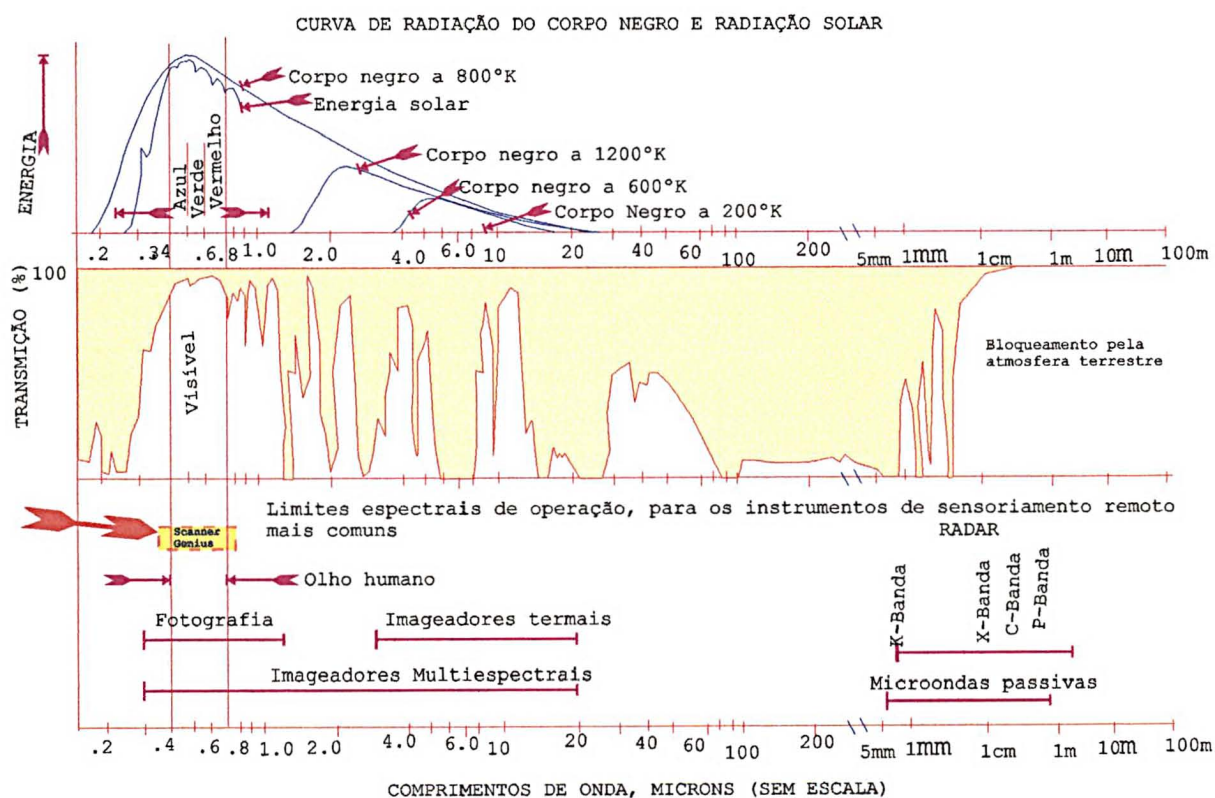


Figura 54, Espectro eletromagnético, com enfoque da faixa de captura do scanner.
Fonte: adaptado de MARCHETTI e GARCIA (1989).

Tabela 43, Comportamento espectral das cores do solo, na faixa do visível.

Cor	Comprimento de onda 75Um	
Purpura	0,38	0,45
Azul	0,45	0,49
Verde	0,49	0,57
Amarelo	0,57	0,60
Laranja	0,60	0,62
Vermelho	0,62	0,75

Fonte: KONKE (1968 p195)

Os solos têm o comportamento espectral intimamente relacionados com o teor de M.O.- matéria orgânica, granulometria, opacos, umidade e capacidade de troca de cátions (CTC).

Quanto maior o teor de M.O., menor é a resposta espectral. Em relação à granulometria, as partículas transparentes, quanto menor o tamanho, maior é a reflectância.

Quando o solo possui altos teores de opacos, quanto menor a granulometria, menor será a reflectância e atenuação das bandas de absorção.

Quanto à umidade e CTC, os solos úmidos possuem reflectância mais baixa do que os secos, dentro dos espectro refletido. O aumento da CTC tende a diminuir a reflectância dos solos.

Os solos escuros são geralmente mais férteis;

Calcário e sais solúveis, se presentes dão ao solo coloração esbranquiçada;

ESWARAN e SYS (1970) em JORGE (1985), citam que: A presença de sesquióxidos de ferro influencia na formação do matiz do solo, portanto solos vermelhos terão tendência a ter maior teor de ferro na fração argila;

Os solos de clima quentes e úmidos de regiões tropicais e subtropicais possuem cor avermelhada pela presença de hematita, e amareladas pela presença de goetita.

As temperaturas mais elevadas favorecem o aparecimento da hematita, já o excesso de umidade, que origina altos teores de carbono orgânico e pH baixo, favorecem o desenvolvimento da goetita KAMPF e SCHWERTMANN (1983) em JORGE (1985).

KONKE (1968) em JORGE (1985) cita que, em relação à constituição mineralógica e seus efeitos na cor do solo, os óxidos de ferro conferem a coloração avermelhada, roxa ou amarelada, dependendo do grau de hidratação; o ferro reduzido apresenta-se azul-esverdeado; o quartzo é, principalmente, branco e a rocha calcária pode ser branca, acinzentada ou verde-oliva. Os minerais de argila, normalmente de coloração cinza, branca ou vermelha recebendo forte influência na cor dos revestimentos de ferro.

Quanto mais escuros os solos, em geral mais matéria orgânica, que pode estar em diferentes estágios de decomposição. Os teores de húmus aparecem em tons preto e marrom. Solos ricos em MO apresentam cor marrom, porém o escurecimento do solo não está só nesse aspecto. Dependendo da situação da decomposição da MO, suas partículas serão menores, muitas em estado coloidal e, portanto, com maior superfície específica, podendo recobrir maior volume de partículas minerais no solo, JORGE (1985).

Solos úmidos ou molhados apresentam-se mais escuros do que os seco, pois os últimos refletem mais a luz.

Presença de mosqueamento indica uma má drenagem;

No que tange aos tipos de rochas, as ácidas são as que possuem maior reflectância, aparecendo em seguida as ultrabásicas e as com menores propriedades reflectivas são as básicas como o basalto, fato explicado devido à maior concentração de máficos como a magnetita.

Em relação aos minerais, os íons ferroso, férrico, água e hidroxila são os elementos mais importantes que determinam as feições diagnósticas na faixa do espectro reflectivo (0,4 a 2,575Um). Os demais minerais como os Si, Al e Mg são menos expressivos.

Alguns minerais e a matéria orgânica, nos solos da bacia podem refletir respostas eletromagnéticas dentro da faixa do visível nas cores constantes da tabela 43. Muitas das cores citadas são para os minerais na condição de componentes de rochas, os quais, portanto, quando originados do processo de alteração da rocha, podem apresentar cor específica diferente da original, como componentes do solo, como é o caso da caolinita.

No caso dos solos litólicos da bacia, esses podem possuir fragmento de rochas não intemperizados, por isso optamos em usar todas as cores pelas quais os minerais podem ser identificados.

7.2.1 - Significado da cor do solo interpretado pela carta de Munsell

A cor do solo é formada por três componentes básicos, o matiz (hue), valor (value) e croma (chroma).

Matiz- define a cor espectral dominante ou a qualidade que distingue o vermelho do amarelo, por exemplo.

Valor ou tonalidade - refere-se à intensidade quando comparado ao branco absoluto, na carta de MUNSELL (1975) este valor vai de 0 (preto) a 10.(branco).

Croma, ou intensidade, ou saturação - relaciona-se ao grau de pureza da cor, ou grau de distanciamento da cor cinza ou branca.

Para identificar uma cor pela carta de Munsell, procede-se da seguinte maneira;

1º matiz, 2º valor e 3º croma (Ex. 7,5YR5/6).

As cores amarela e vermelha contribuem decisivamente na formação do matiz do solo, isto pode ser observado na tabela 44

Tabela 44, Contribuição das cores amarelo e vermelho na formação da matiz

Matiz	Proporção (8/8)		Proporção em %	
	Vermelho	Amarelo	Vermelho %	Amarelo %
5R	8/8	-----	100	0,0
7,5R	7/8	1/8	87,5	12,5
10R	6/8	2/8	75	25
2,5R	5/8	3/8	62,5	37,5
5YR	4/8	4,8	50	50
7,5YR	3/8	5/8	37,5	62,5
10YR	2/8	6/8	25	75
2,5Y	1/8	7/8	12,5	87,5
5Y	----	8,8	0,0	100

Fonte: JORGE (1985).

Conhecidos os aspectos já citados, que descrevem a cor dos solos e, que, portanto, estarão também afetando o material particulado hidrotransportado, efetuamos a escanização da carta de Munsell e identificamos os valores de vermelho, verde e azul que compõem os diferentes arranjos de cores de cada matiz. Os dados constam das figuras 56 a 62.

De posse dos dados da digitalização da Carta de Munsell e identificadas em bibliografias as cores predominantes dos principais minerais, argilo minerais e da MO que ocorrem no solo, caracterizamos as cores possíveis destes em solos e materiais particulado hidro-transportado na bacia, conforme tabela 45.

Submetidas em primeira etapa à escanização, as amostras do material particulado hidro-transportado, a paleta de cores gerada constitui-se de 256 incrementos de cores para cada uma das cores básicas, vermelho, verde e azul, ou seja, as cores resultantes que nossos olhos captam são, na verdade, combinações destas cores em três valores de intensidade que podem para cada uma delas estarem de 0 a 255.

Tabela 45, Cor de matéria orgânica no solo e de alguns minerais no solo e em fragmentos de rochas

Mineral	Cor no solo ou em fragmentos de rocha
Albita – $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$	cinza, verde, esverdeado, avermelhado, azulado, cinza e verde
Anortita - $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$	cinza, verde e esverdeado, avermelhado e azulado
Argilo-minerais (Caolinita - $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})$, Ilita - $\text{K-Na-Mg-Fe-Al-Si-O-H}_2\text{O}$) ₄ Moscovita - $\text{K-Na-Al-Mg-Fe-Si-O-OH}$, Vermiculita - $\text{Mg}_{11}\text{Al}_5\text{FeSi}_{11}\text{O}_{42}40\text{H}_2\text{O}$	branco a cinza, amarelado esverdeado, brunado e verde luminoso a opaco
Goetita – $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{H}_2\text{O}$	amarelada, bruno-amarelado, bruno a preto
Haloisita - $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ e $\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4 2\text{H}_2\text{O}$	Incolor
Hematita - Fe_2O_3	avermelhado ou vermelhão ou bruno amarelado, ou roxo.
Matéria orgânica	preto, cinza escuro e bruno.
Magnetita - Fe_3O_4	incolor/descolorido, Fe – preto
Montemorilonita - $\text{Ca-Na-Mg-Fe-Al-Si-O-OH-H}_2\text{O}$	incolor, cinza, branco, azulado, esverdeado, avermelhado
Pirolusita - MnO_2	preto
Quartzo – SiO_2	branco brilhante ou leitoso, esfumaçado

A paleta de cores das imagens das amostras do material hidro-transportado possui as características apresentadas na figura 63, sendo que quando as três cores têm intensidade 0, temos uma resposta eletromagnética na cor preta e quando as três têm resposta em 255, temos o máximo de intensidade formando o branco.

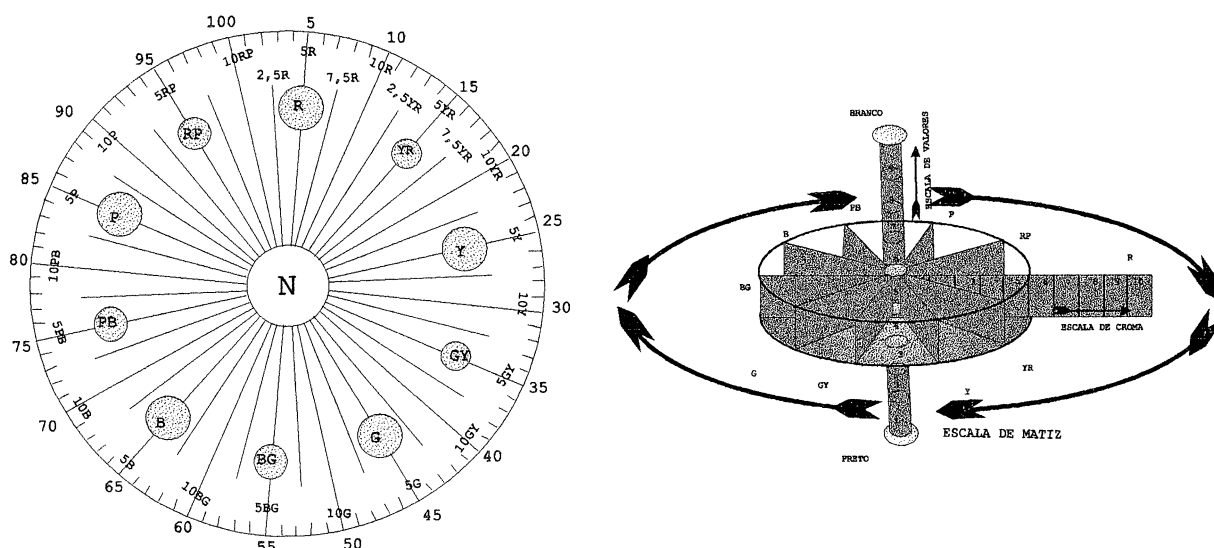


Figura 55, Escala de cores de Munsell; adaptado de KOHNKE (1968, p.197 e 198)

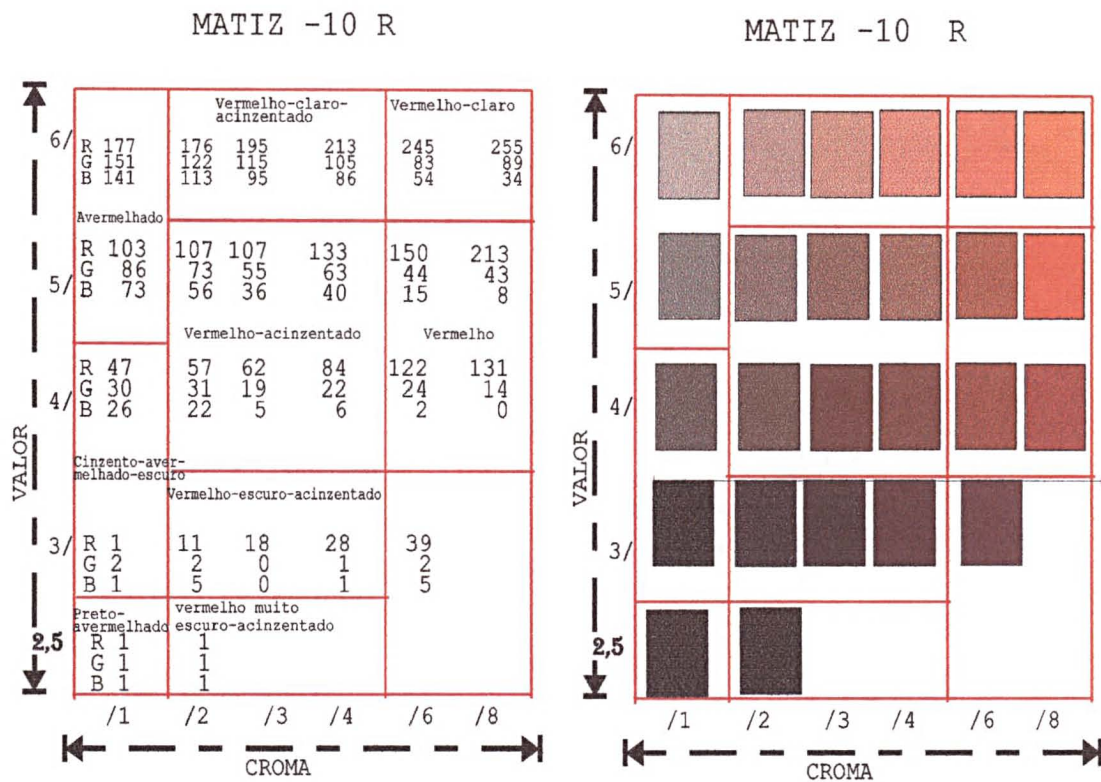


Figura 56, Matiz 10 R

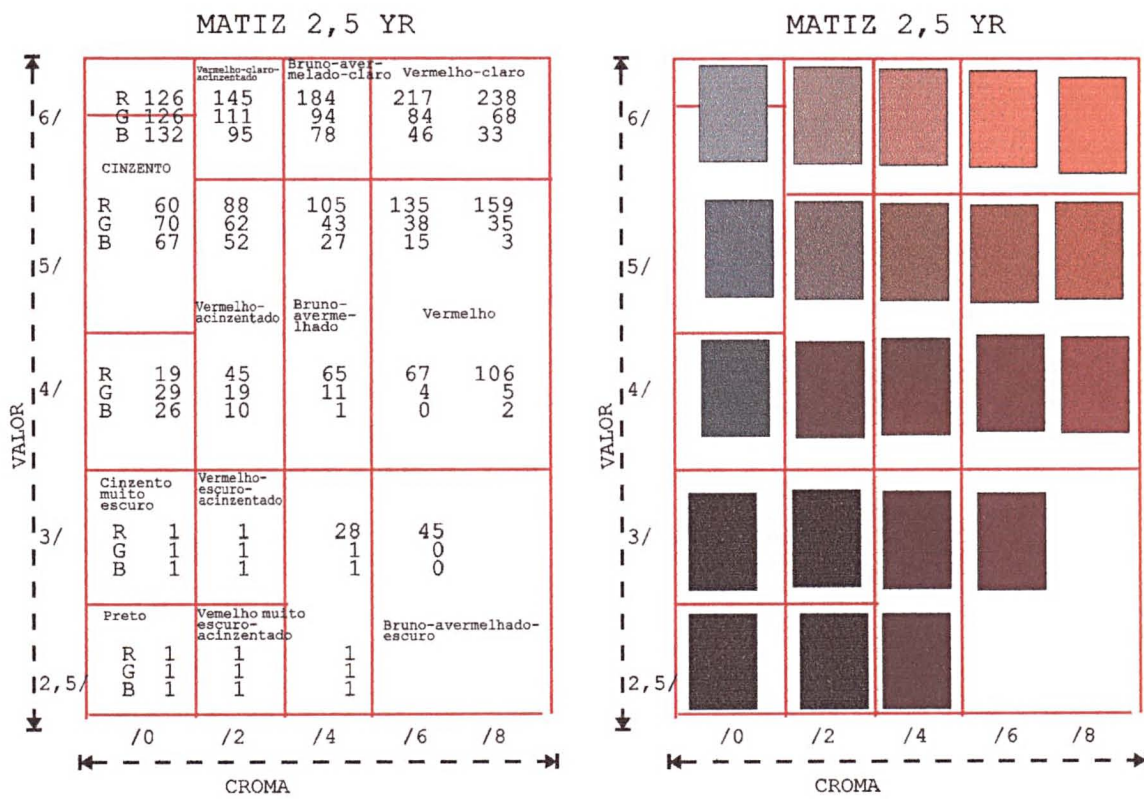


Figura 57, Matiz2,5 YR

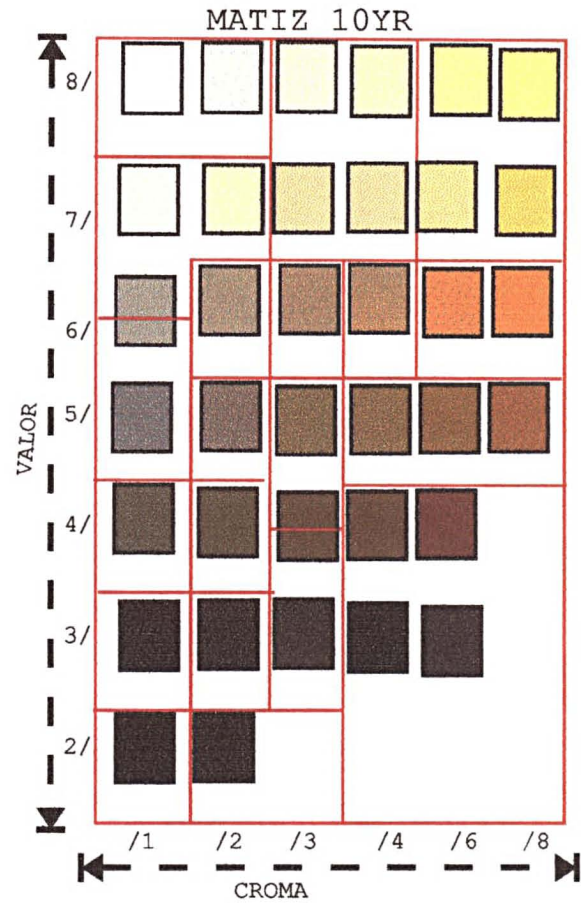
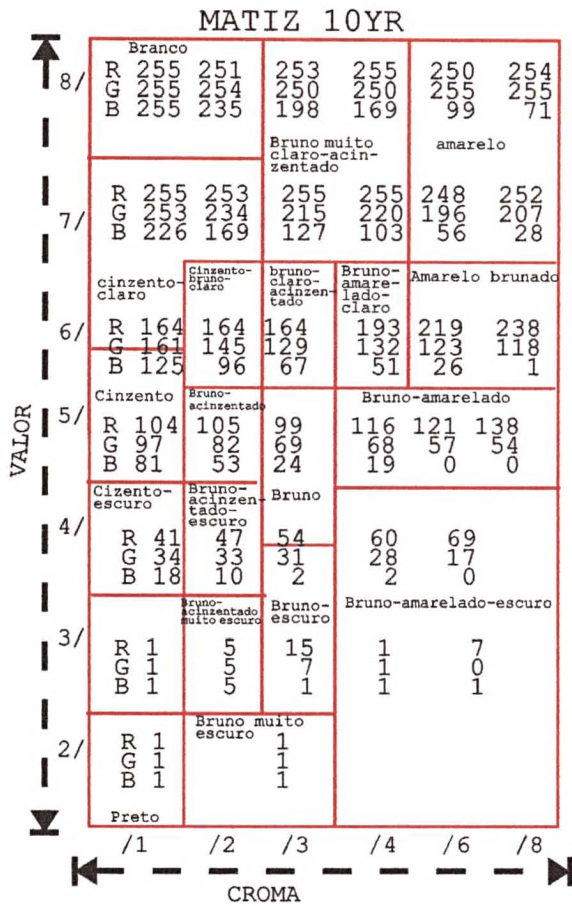


Figura 60, Matiz 10YR

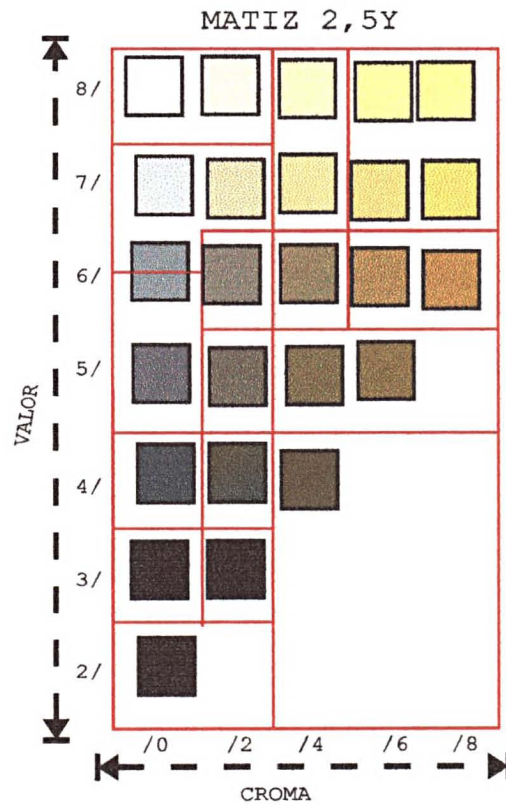
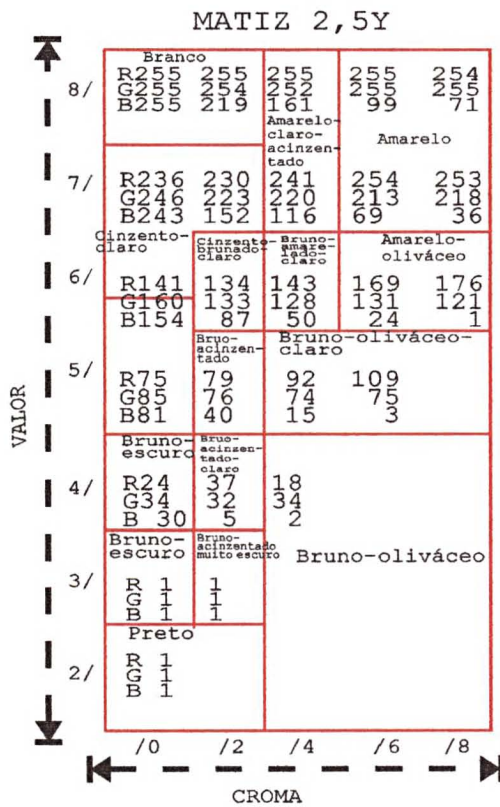


Figura 61, Matiz 2,5Y

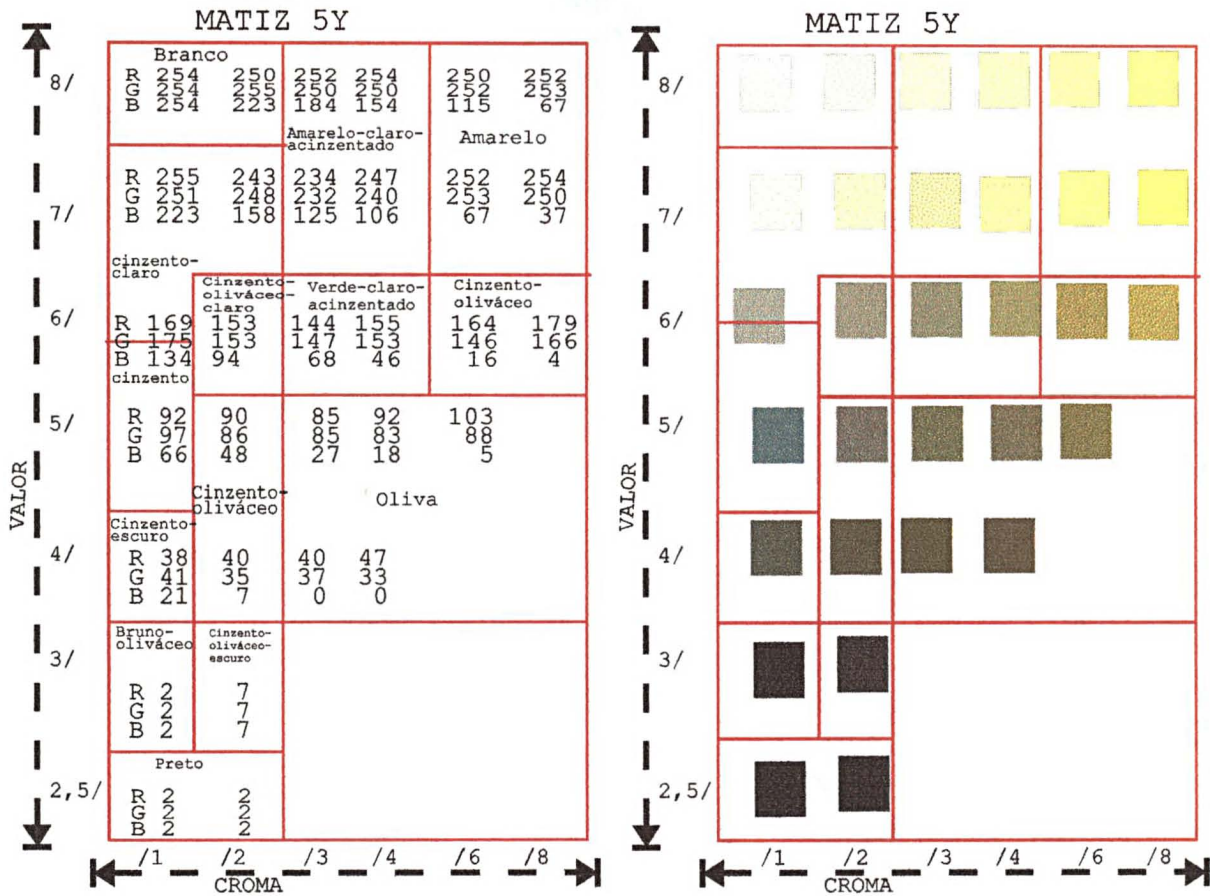


Figura 62, Matiz 5Y

7.3 - Amostras de material particulado em suspensão



Figura 63, Paleta de cores do material transportado em suspensão

Os valores correspondentes a cada cor da paleta contam na tabela na seqüência.

Ressaltamos que a paleta interpretada que originou a figura e tabela anterior, têm origem no software Aldus Phostyler ou CORELDRAW, nos quais a representação na tela com o movimento do curso aparecem valores de 0 a 255 para cada uma das cores básicas.

O software Idrisi também trabalha com 0 a 255 valores de cores, mas a representação em tela é em valores de 0 a 63. Para saber a correspondência dos valores da tabela anterior aos representado na tela do Idrisi basta multiplica-los por 0,246. Isso é válido também para as amostras de solos.

Na seqüência, visualiza-se imagens das amostras de material hidrotransportado.

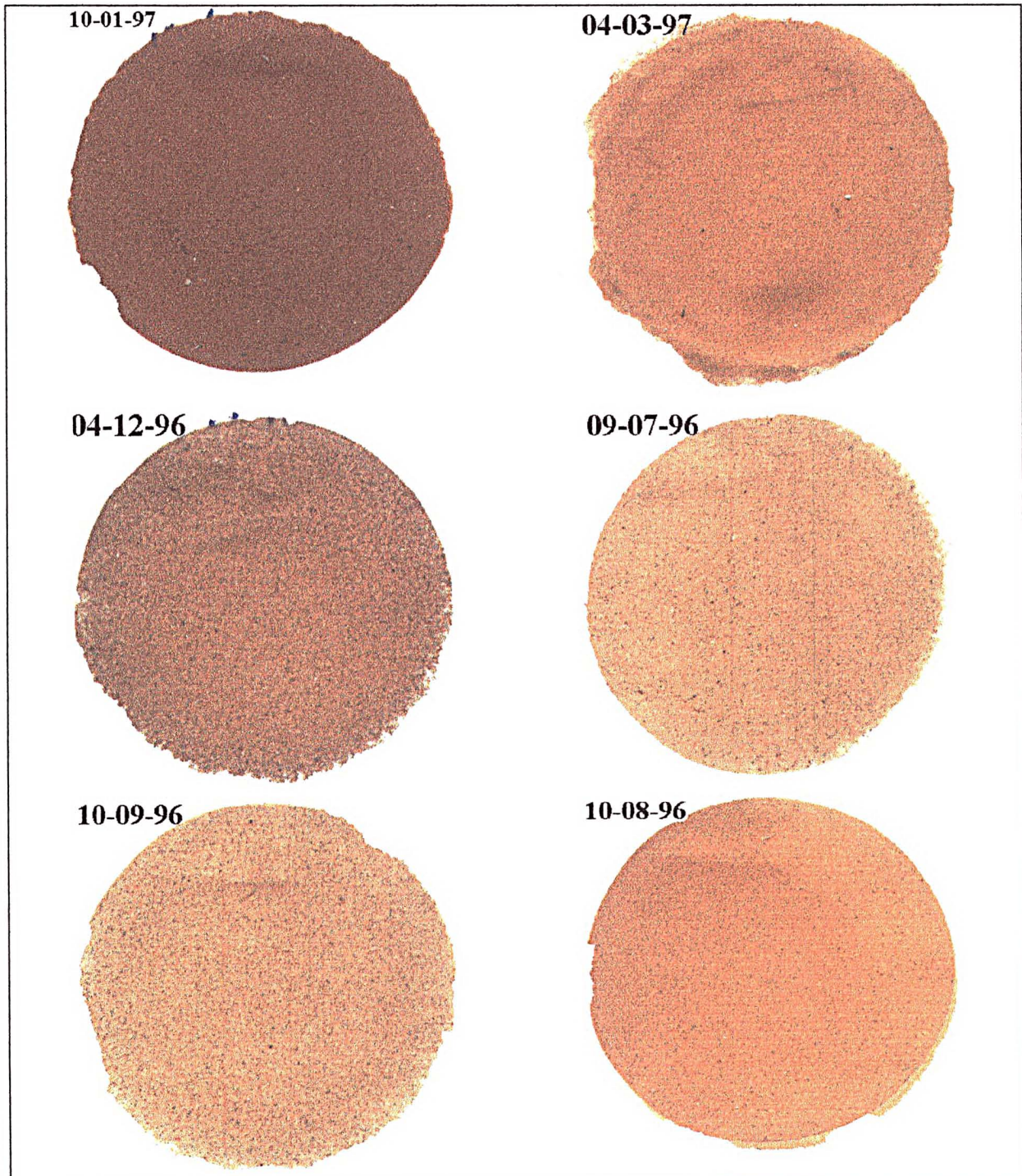


Figura 64, Imagens das amostras doe dias ,10-01-97, 04-03-97, 04-12-96, 09-07-96, 10-09-96 e 10-08-96

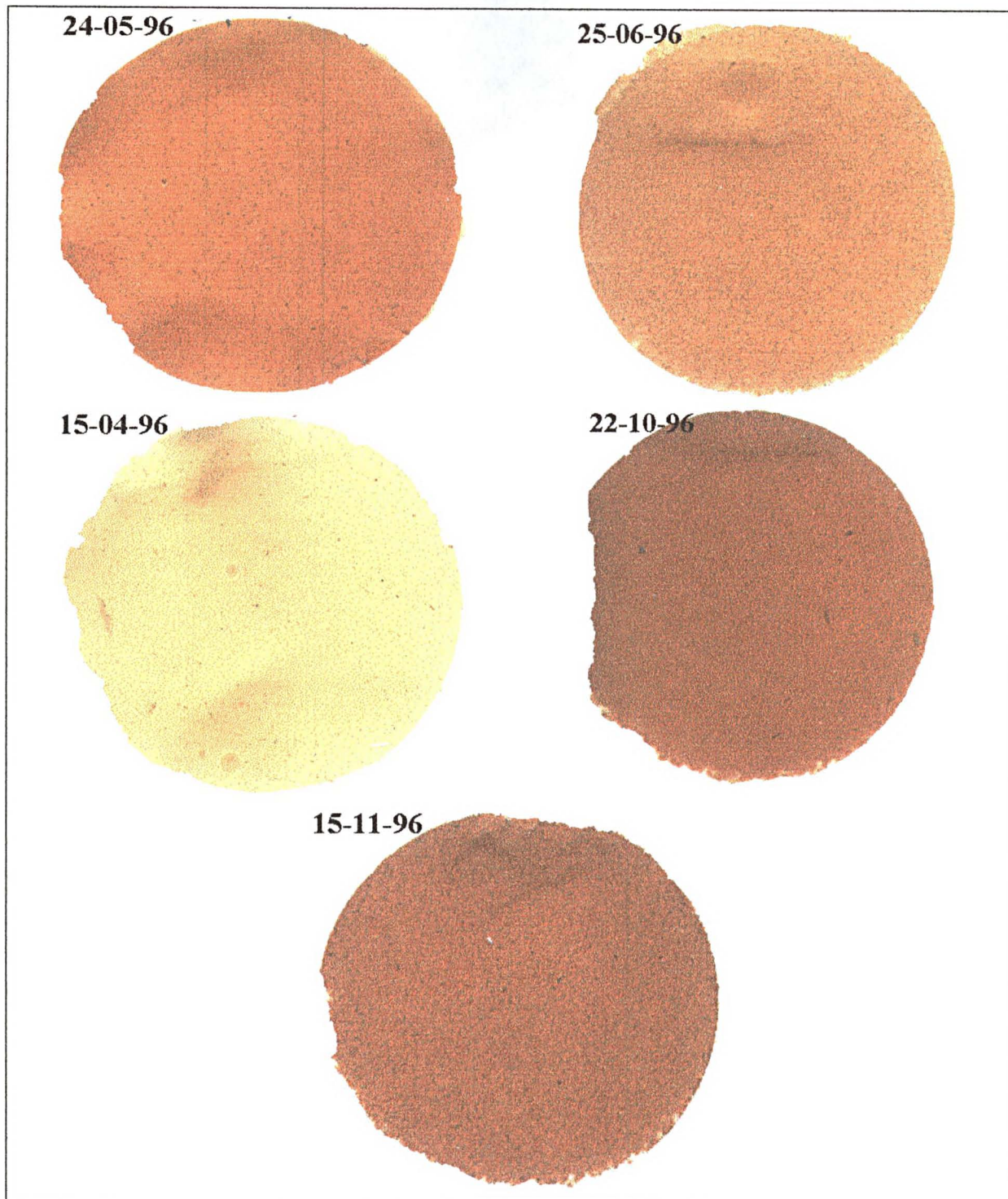


Figura 65, Imagens das amostras dos dias 25-06-96, 24-05-96, 15-04-96, 22-10-96 e 15-11-96.

Observando as amostras, verifica-se que as dos dias 22-10-96, 15-11-96 e 10-01-97 apresentam tonalidade mais escuras indicando, portanto, coletas de material em dias com grande volume de material particulado e concentração de MO acentuada. No dia 15-04-96, a membrana apresentou tonalidade clara, indicando pouca concentração de material. Nos demais dias a coloração indica transportes razoáveis de material.

As amostras submetidas ao “scanner”, apresentaram as respostas eletromagnéticas, conforme consta nos gráficos de figuras 65 a 67.

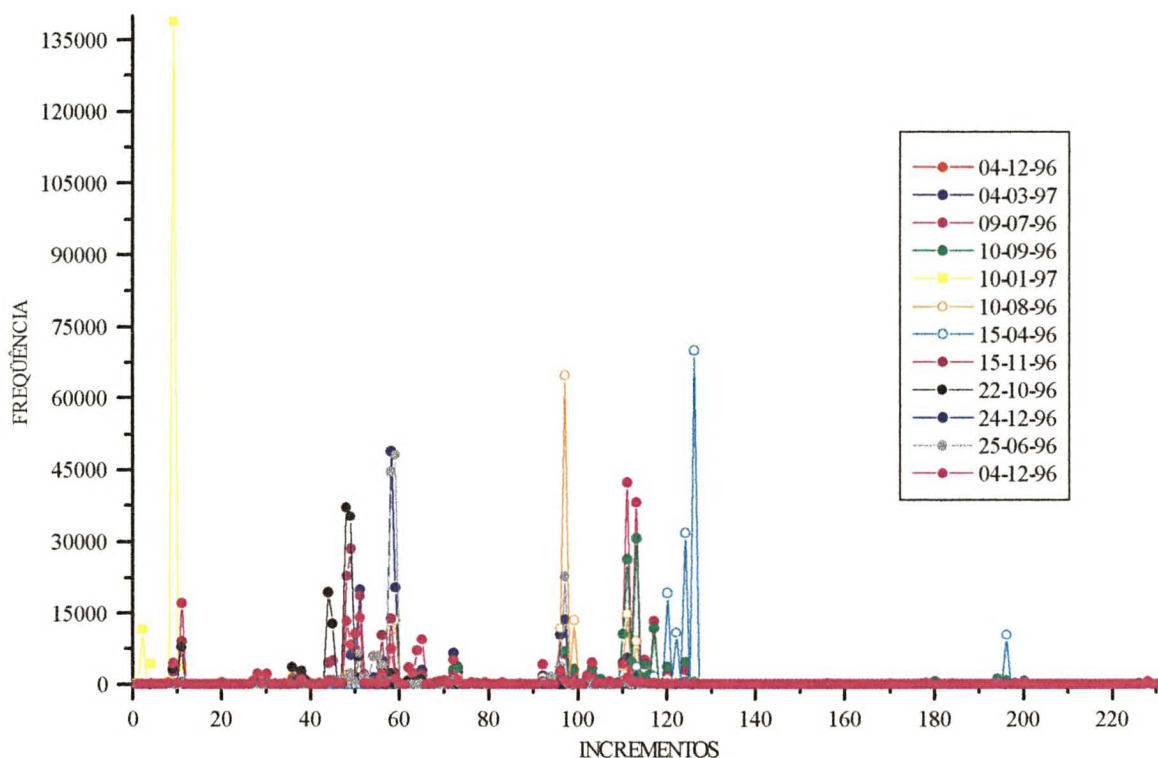


Figura 66, Gráfico demonstrando a frequência de pixels por incremento de cor, de todas as amostras.

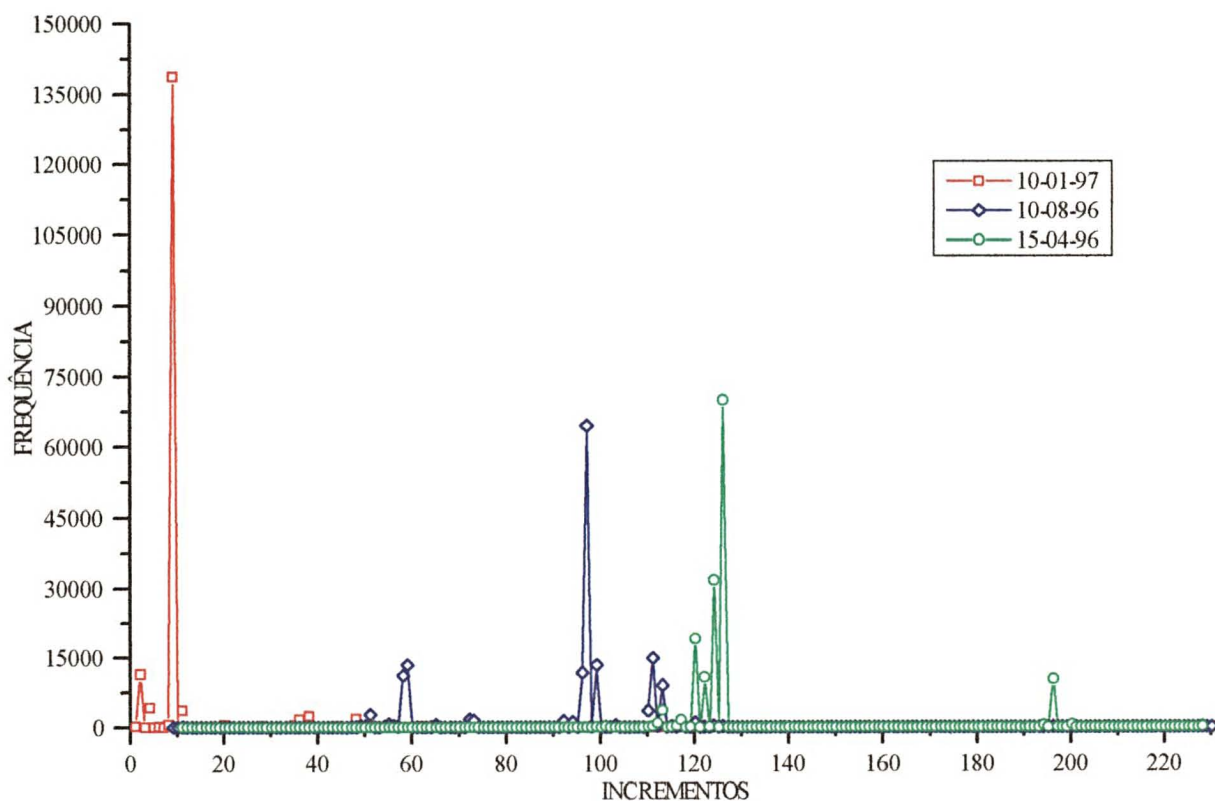


Figura 67, Gráfico demonstrando a frequência de pixels por incremento de cor, das amostras de 10-01-97, 10-08 e 15-04-1996.

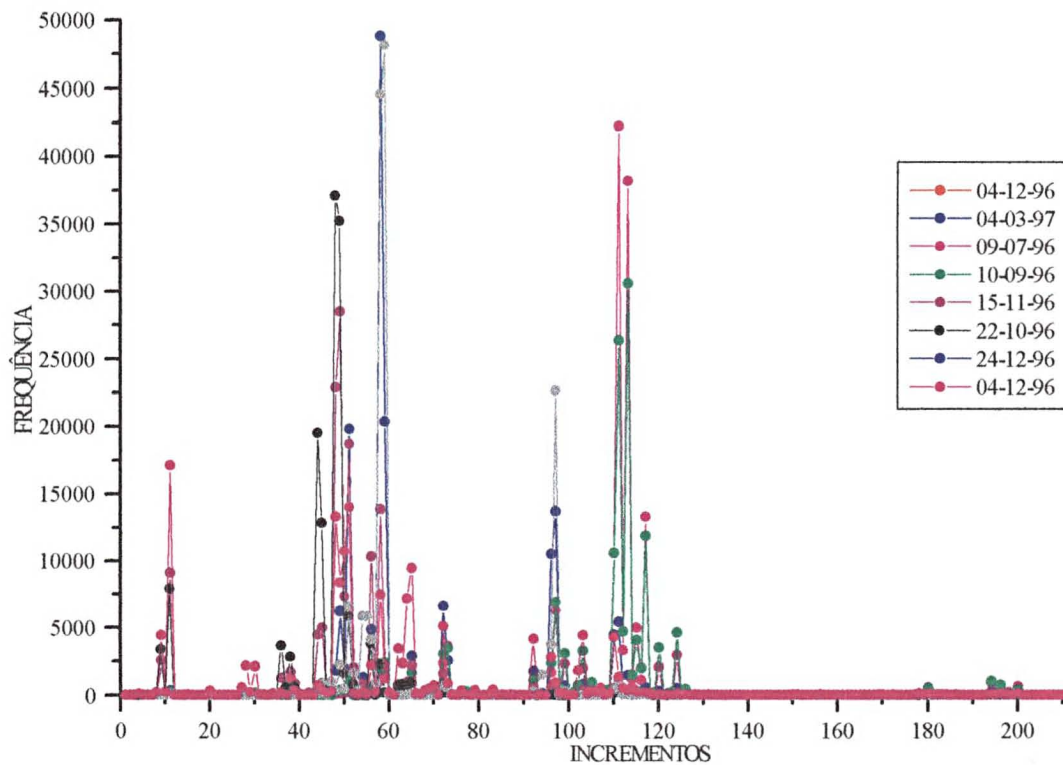


Figura 68, Gráfico demonstrando a frequência de pixels por incremento de cor, nos dias, 04-03-97, 04-12, 09-07, 10-09, 15-11, 22-10, 24-12 e 04-12-96.

Tabela 47, Contém dados dos incrementos de cores dos dias 10-09 e 10-08-96,

10-09-96			10-08-96		
Incremento	Frequência	% em relação total	Incremento	Frequência	% em relação total
113	30586	21,49	97	64632	40,71
111	26336	18,50	111	14883	9,37
117	11845	8,32	99	13498	8,50
110	10575	7,43	59	13482	8,49
97	6855	4,82	96	11778	7,42
112	4711	3,31	58	11243	7,08
124	4618	3,24	113	9033	5,69
115	4063	2,85	110	3619	2,28
120	3514	2,47	51	2739	1,73
73	3494	2,45	72	1789	1,13
103	3281	2,31	73	1480	0,93
99	3101	2,18	92	1368	0,86
72	3030	2,13	94	1200	0,76
59	2396	1,68	120	1040	0,66
96	2388	1,68	Sub total	151784	95,60
116	2000	1,41	Outros	6991,00	4,40
58	1948	1,37	Total geral	158775,00	100,00
65	1694	1,19			
114	1533	1,08			
92	1100	0,77			
51	1085	0,76			
194	1049	0,74			
105	980	0,69			
196	764	0,54			
Subtotal	132946	93,41			
Outros	9381	6,59			
Total Geral	142327	100,00			

Tabela 48, Contém dados dos incrementos de cores dos dias, 04-12-96, 04-03-97, 09-07-96.

04-12-96			04-03-97			09-07-96		
Incr.	Freq.	% freq.	Incr.	Freq.	% freq.	Incr.	Freq.	% freq.
11	17115	11,62	58	48794	29,29	111	42263	28,05
51	13990	9,49	59	20370	12,22	113	38203	25,36
48	13266	9,00	51	19820	11,89	117	13264	8,80
50	10677	7,25	97	13673	8,20	110	10542	6,99
65	9405	6,38	96	10499	6,30	97	6327	4,20
49	8334	5,66	72	6602	3,96	115	4984	3,30
58	7404	5,02	49	6217	3,73	73	3658	2,428
64	7110	4,83	111	5444	3,26	112	3304	2,19
72	5121	3,48	56	4887	2,93	124	2953	1,96
103	4421	3,00	110	4452	2,67	72	2343	1,55
9	4414	3,00	65	2900	1,74	99	2298	1,52
110	4298	2,92	73	2585	1,55	120	2078	1,37
92	4166	2,83	50	1939	1,16	103	1980	1,31
62	3459	2,35	48	1855	1,11	96	1690	1,12
96	2792	1,89	92	1751	1,05	59	1577	1,04
63	2335	1,58	113	1462	0,87	114	1216	0,80
56	2257	1,53	54	1325	0,79	116	1133	0,75
28	2176	1,48	Sub total	154575	92,78	58	1025	0,68
30	2101	1,43	Outros	12011	7,21	194	926	0,614
102	1807	1,23	Total	166586	100	65	839	0,55
111	1357	0,92				Sub total	142603	94,67
38	1291	0,88				Outros	8022	5,32
59	1240	0,84				Total	150625	100
97	924	0,63						
73	894	0,61						
Sub total	132354	89,83						
Outros	14992	10,17						
Total	147346	100						

Tabela 49, Contém dados dos incrementos de cores dos dias 04-05, 15-11 e 22-10-96-96,

24-05-96			15-11-96			22-10-96		
Incr.	Freq.	% freq.	Incr.	Freq.	% freq.	Incr.	Freq.	% freq.
11	17115	11,62	49	28460	19,31	48	37115	25,35
51	13990	9,49	48	22879	15,52	49	35241	24,07
48	13266	9,00	51	18712	12,69	44	19509	13,33
50	10677	7,25	58	13827	9,38	45	12840	8,77
65	9405	6,38	56	10296	6,99	11	7919	5,41
49	8334	5,66	11	9048	6,14	51	5893	4,03
58	7404	5,02	50	7305	4,96	56	3837	2,62
64	7110	4,83	45	4964	3,37	36	3687	2,52
72	5121	3,48	44	4455	3,02	9	3372	2,30
103	4421	3,00	9	2586	1,75	38	2814	1,92
9	4414	3,00	59	2227	1,51	58	2325	1,59
110	4298	2,92	65	2217	1,50	50	1663	1,14
92	4166	2,83	52	2025	1,37	65	979	0,67
62	3459	2,35	38	1736	1,18	63	844	0,58
96	2792	1,89	72	1603	1,09	52	838	0,57
63	2335	1,58	36	1265	0,86	72	836	0,57
56	2257	1,53	64	990	0,67	62	725	0,50
28	2176	1,48	47	959	0,65	Sub total	140437	95,93
30	2101	1,43	39	854	0,58	Outros	5956	4,07
102	1807	1,23	54	850	0,58	Total	146393	100,00
111	1357	0,92	63	847	0,57			
38	1291	0,88	57	764	0,52			
59	1240	0,84	62	754	0,51			
97	924	0,63	Sub total	139623	94,73			
73	894	0,61	Outros	7774	5,27			
Sub total	132354	89,82	Total	147397	100,00			
Outros	14992	10,17						
Total	147346	100						

Tabela 50, Contém dados dos incrementos de cores dos dias 25-06-96 e 15-01-97 e 15-04-96,

25-06-96			15-01-97			15-04-96		
Incr.	Freq.	% freq.	Incr.	Freq.	% freq.	Incr.	Freq.	% freq.
59	48115	30,62	9	138716	81,83	126	69977	46,37
58	44572	28,37	2	11467	6,76	124	31687	21,00
97	22639	14,41	4	4241	2,50	120	19176	12,71
51	6523	4,15	11	3568	2,10	122	10867	7,20
54	5850	3,72	38	2297	1,36	196	10371	6,87
55	5827	3,71	48	1788	1,05	113	3630	2,41
56	4092	2,60	36	1628	0,96	117	1536	1,02
96	3738	2,38		163705	96,58	112	911	0,60
49	2233	1,42		5804	3,42	Sub total	148155	98,18
52	1682	1,07		169509	100	Outros	2743	1,82
94	1534	0,98				Total	150898	100
111	1139	0,72						
47	1006	0,64						
57	931	0,59						
45	907	0,58						
Sub total	150788	95,96						
Outros	6346	4,04						
Total	157134	100,00						

Interpretando a paleta de cores e respectiva tabela de valores de incrementos e gráficos e tabela de dados de frequência de pixels por tipo de cor de cada amostra de material em suspensão, foi possível identificar as cores mais frequentes, conforme demonstrado nas quatro tabelas anteriores.

Dos minerais e substâncias mais abundantes presentes nas amostras, a goetita, a hematita, matéria orgânica e vários amorfos difuso são os que têm forte potencial de pigmentação com cores características.

Os incrementos que constam nas mesmas correspondem as cores identificadas na tabela 51, através das quais pode-se identificar a possível presença de minerais.

Tabela 51, Demonstrando incrementos de cores com presença mais marcante nas amostras

Incremento	Cor pela Carta de Munsell		Indicativo da possível presença do(s) mineral(is) e substâncias
196	2.5Y8/4	Amarelo-claro-acinzentado	Argilo-minerais (Caolinita, moscovita e vermiculita)
194	10YR 7/3	Bruno muito claro-acinzentado	Argilo-minerais (Caolinita, moscovita e vermiculita)
126	10YR7/5	Amarelo	Argilo-minerais (Caolinita, moscovita e vermiculita)
124	5Y7/4	Amarelo-claro- acinzentado	Matéria orgânica
122	10YR7/3	Bruno-claro-acinzentado	Argilo-minerais (Caolinita, moscovita e vermiculita)
120	10YR7/4	Bruno muito-claro-acinzentado.	Matéria orgânica.
117	7,5YR 7/4	Rosado	Argilo-minerais (Caolinita, moscovita e vermiculita)
116	7,5YR7/4	Rosado	Argilo-minerais (Caolinita, moscovita e vermiculita)
115	7,5YR6/2	Cinzento-rosado	Hematita
114	7,5YR6/2	Cinzento rosado	Hematita
113	5YR7/8	Amarelo-avermelhado	Goetita/Hematita
112	5YR7/6	Amarelo-avermelhado	Goetita/Hematita
111	10R6/5	Vermelho-claro	Hematita
110	10R6/4 -	Vermelho-claro acinzentado	Hematita/ Argilo-minerais (Caolinita, moscovita e vermiculita)
105	5y6/3	Verde claro-acinzentado	Argilo-minerais (Caolinita, moscovita e vermiculita)
103	2.5Y6/3	Bruno-amarelado-claro	Goetita

Continua tabela 51.

Incremento	Cor pela Carta de Munsell		Indicativo da possível presença do(s) mineral(is) e substâncias
102	2,5Y6/3 -	Cinzeno-brunado-claro	Goetita
99	5YR7/6	Amarelo-avermelhado	Goetita/Hematita
97	5YR7/6	Amarelo-avermelhado	Goetita/Hematita
96	10R6/4	Vermelho-claro-acinzentado	Hematita/Goetita
94	5YR7/8	Amarelo-avermelhado	Goetita/Hematita
92	7,5YR6,4	Bruno-claro	Matéria orgânica
73	10R6/4	Vermelho-claro-acinzentado	Argilo-minerais (Caolinita, moscovita e vermiculita)
72	10R6/4	Vermelho-claro-acinzentado	Argilo-minerais (Caolinita, moscovita e vermiculita)
65	5YR6/2	Avermelhado	Hematita
64	2,5Y6/4	Cinzeno-brunado-claro	Goetita/Matéria orgânica
63	2,5YR6/4	Bruno-avermelhado-claro	Matéria orgânica
62	10R5/1	Avermelhado	Hematita
59	7,5YR6/8	Avermelhado	Hematita
58	5YR6/4	Avermelhado	Hematita/Matéria orgânica
57	10R6/8	Vermelho claro	Hematita
56	2,5YR6/6	Vermelho claro	Hematita
55	5YR6/6	Amarelo-avermelhado	Goetita-hematita
54	5YR6/8	Amarelo-avermelhado	Hematita- Argilo-minerais (Caolinita, moscovita e vermiculita)
52	2,5YR6,6	Vermelho-claro	Hematita
51	5Y6/2	Verde-claro-acinzentado	Argilo-minerais (Caolinita, moscovita e vermiculita)
50	2,5Y6/4	Bruno-amarelado-claro	Matéria orgânica-Goetita
49	10R5/4	Vermelho-acinzentado	Hematita/ Argilo-minerais (Caolinita, moscovita e vermiculita)
48	10R5/4	Vermelho-acinzentado	Hematita
47	10R5/5	Vermelho-acinzentado	Hematita
45	10R5/5	Vermelho- acinzentado	Hematita
44	10R5/4	Vermelho acinzentado a vermelho	Hematita
38	10R5/4	vermelho-acinzentado	Hematita/matéria orgânica
36	10R5/2	Vermelho-acinzentado	Hematita/ Argilo-minerais (Caolinita, moscovita e vermiculita)
30	10YR5/1	Cinzeno	Argilo-minerais (Caolinita, moscovita e vermiculita)
28	10R5/1	Avermelhado	Hematita
11	10YR5/2	Bruno-acinzentado	Matéria orgânica
9	10YR5/3	Bruno-acinzentado	Matéria orgânica
4	10R4/2	Bruno-acinzentado	Matéria orgânica
2	5YR4/2	Cinzeno-avermelhado-escuro	Matéria orgânica/hematita

Com base em todos os fatores já demonstrados, para a amostra do dia 10-09-96, os minerais com presença mais marcantes são a goetita e hematita, seguido das argilo-minerais como a caolinita, e outros argilo-minerais 2:1 e, em terceira colocação estão os teores e de matéria orgânica.

Na amostra do dia 10-08-96, predomina cor indicando a presença de minerais de ferro constituído por goetita e hematita, os teores de matéria orgânica aparecem na seqüência e por último estão os argilo-minerais, com presença pouco expressiva.

Os dados da amostra do dia 04-12-96, indicam como mineral principal a hematita, aparecendo em segunda proporção tons de cores que indicam a presença de MO, e na seqüência argilo-minerais e goetita.

As cores da hematita e MO, são as mais marcantes na amostra do dia 04-03-97, seguida por cores que indicam a presença de argilo-minerais e goetita.

Em 09-07-96, as cores da hematita são as predominantes, aparecendo associado a goetita, na seqüência estão os argilo minerais e MO.

No dia 24-05-96, as cores predominantes são de hematita e goetita, seguidas por MO e argilo-minerais.

Em 15-11-96, predominam as cores de hematita e MO, seguidas pelas de argilo-minerais e goetita.

As cores da hematita e MO são predominantes na amostra de 22-10-96, seguidas das de argilo-minerais e goetita.

Na amostra de 25-06-96, as cores de hematita, com realces de goetita são predominantes, seguidas das de argilo-minerais e MO.

Na amostra de 10-01-97, as cores predominantes são de MO, seguidas em pequenas proporções pela hematita e pequena presença de argilo-minerais.

Em 15-04-96 as cores predominantes são de argilo-minerais, na seqüência está a MO e em pequena proporção, a goetita e hematita.

7.4 - Amostras de Solo

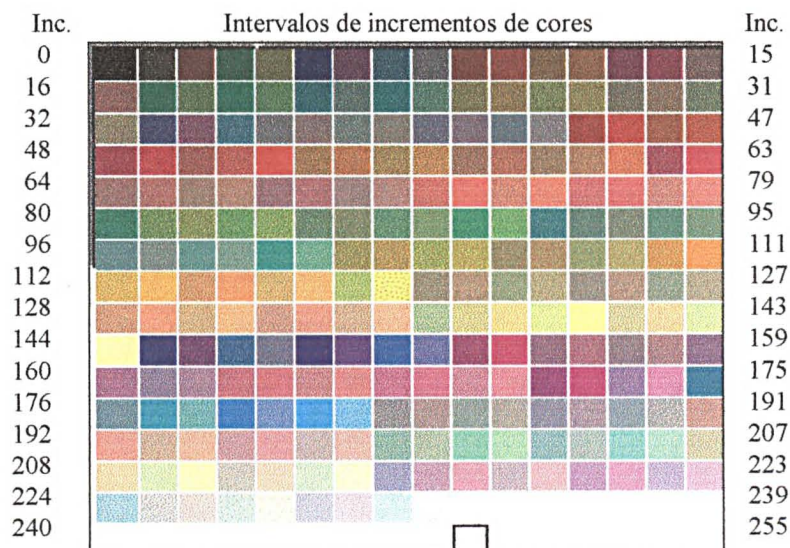


Figura 69, Paleta de cores das amostras de solos

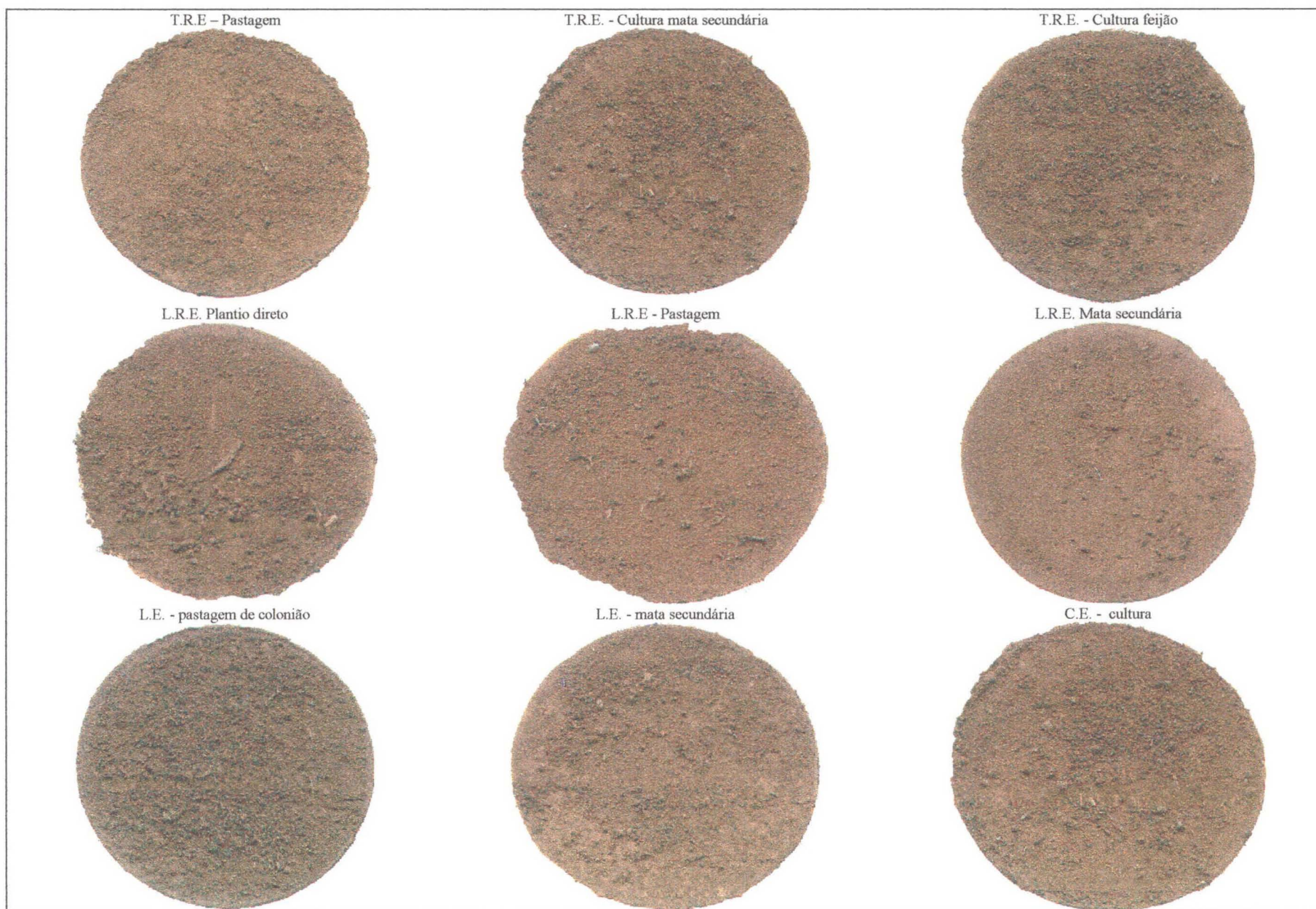


Figura 70, Imagens das amostras de solos

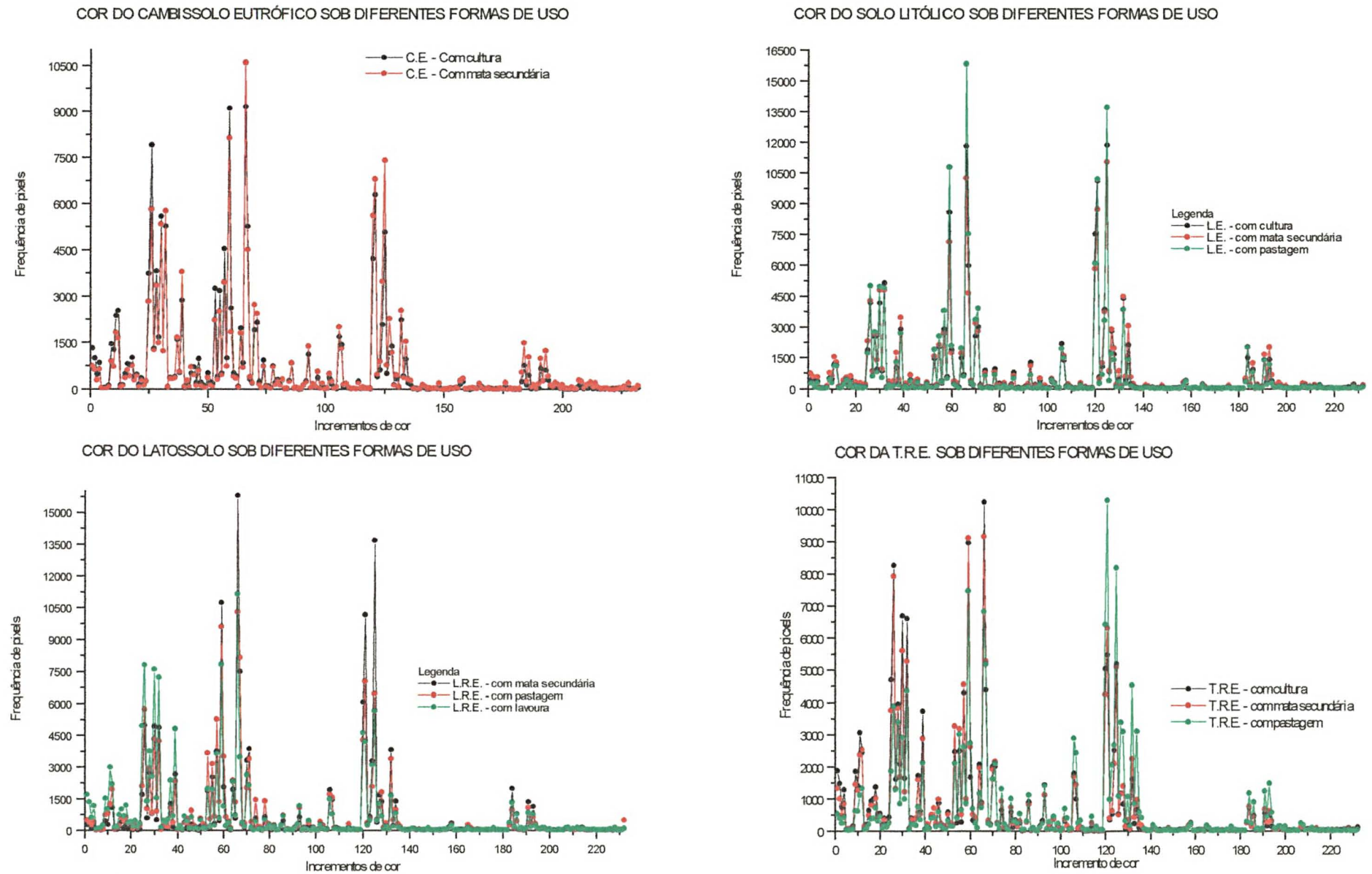
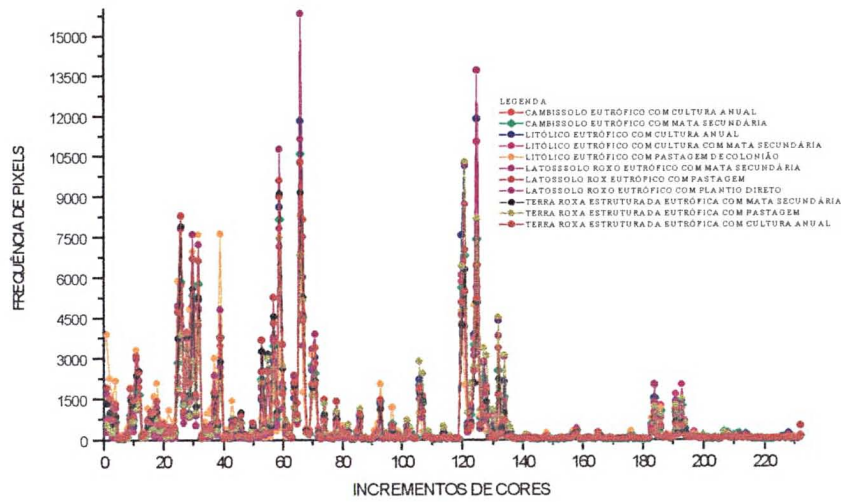
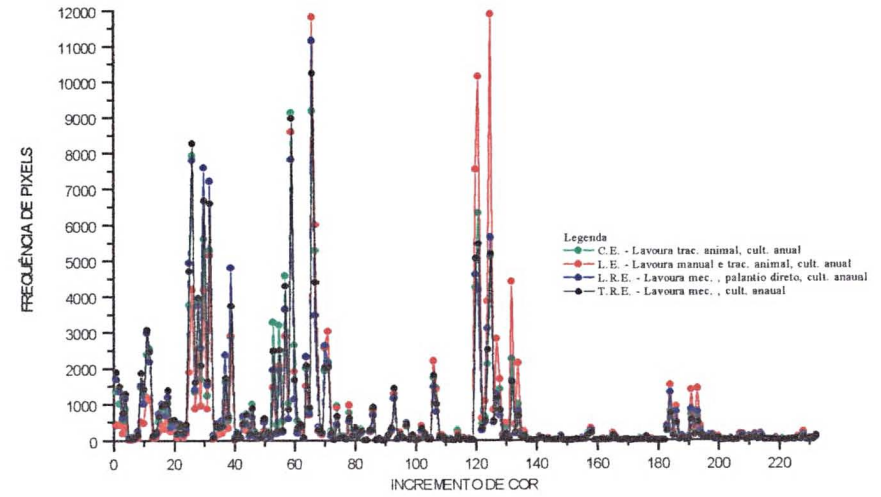


Figura 71, Gráficos demonstrando a frequência dos incrementos de cores nas amostras de solo

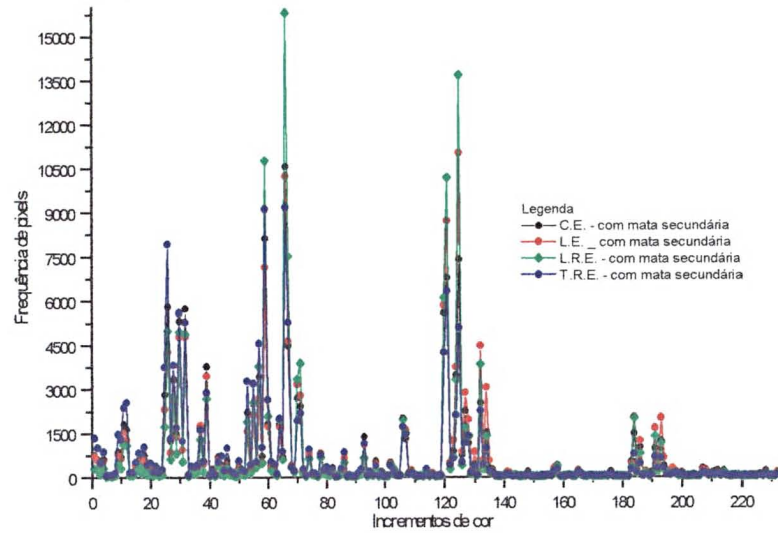
O COMPORTAMENTO GERAL DA COR DOS SOLOS



COMPORTAMENTO DA COR DOS SOLOS, USADOS COM CULTURAS



COR DOS SOLOS, SOB MATA SECUNDÁRIA



COR DOS SOLOS SOB PASTAGEM

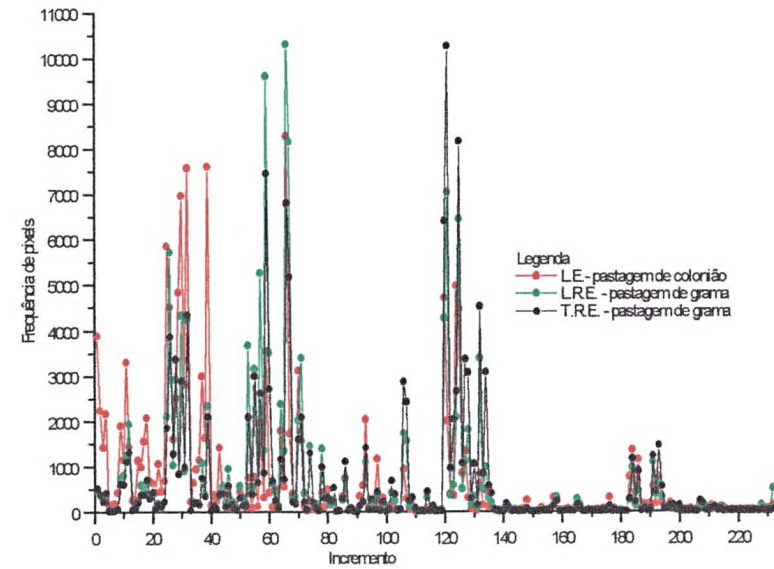


Figura 72, Gráficos demonstrando a frequência dos incrementos de cores nas amostras de solo

Tabela 53 Frequência dos principais incrementos de cor , no cambissolo

Cambissolo Eutrófico com cultura			Cambissolo Eutrófico com mata secundária		
Incremento	Frequência	% em relação total	Incremento	Frequência	% em relação total
66	9163	6,14	66	10576	7,06
59	9113	6,11	59	8127	5,43
26	7915	5,31	125	7398	4,94
121	6299	4,22	121	6789	4,53
30	5588	3,75	26	5810	3,88
32	5267	3,53	32	5751	3,84
67	5265	3,53	120	5605	3,74
125	5084	3,41	30	5326	3,56
57	4548	3,05	67	4500	3,00
120	4230	2,84	39	3779	2,52
28	3813	2,56	124	3477	2,32
25	3742	2,51	57	3440	2,30
53	3259	2,18	28	3345	2,23
55	3175	2,13	25	2820	1,88
39	2871	1,92	70	2713	1,81
60	2620	1,76	132	2528	1,69
12	2529	1,70	55	2499	1,67
11	2367	1,59	71	2426	1,62
132	2240	1,50	127	2260	1,51
71	2154	1,44	53	2220	1,48
124	2091	1,40	106	1995	1,33
64	1975	1,32	60	1833	1,22
70	1918	1,29	11	1809	1,21
106	1699	1,14	64	1799	1,20
29	1677	1,12	37	1656	1,11
37	1599	1,07	12	1638	1,09
9	1452	0,97	134	1529	1,02
107	1438	0,96	29	1484	0,99
128	1390	0,93	184	1483	0,99
1	1325	0,89	93	1372	0,92
27	1316	0,88	107	1305	0,87
10	1277	0,86	27	1252	0,84
31	1218	0,82	193	1228	0,82
127	1155	0,77	31	1214	0,81
93	1121	0,75	128	1170	0,78
18	1014	0,68	186	1022	0,68
58	1002	0,67	191	972	0,65
2	994	0,67	123	880	0,59
46	978	0,66	9	877	0,59
134	965	0,65	86	832	0,56
74	928	0,62	126	757	0,51
65	855	0,57	18	746	0,50
4	847	0,57		120242,00	80,28
86	820	0,55		29527	19,7150278
16	807	0,54		149769,00	100,00
17	777	0,52			
184	759	0,51			
	124639	83,5617265			
	24519	16,44			
	149158	100			

Tabela 54 Frequência dos principais incrementos de cor , na Terra roxa

Terra Roxa Eutrófico com cultura			Terra Roxa E. com mata 2°			Terra Roxa E. com pastagem		
Incr.	Freq.	% freq.	Incr.	Freq.	% freq.	Incr.	Freq.	% freq.
66	10239	6,68	66	9163	6,17	121	10273	6,94
59	8976	5,86	59	9113	6,13	125	8165	5,52
26	8276	5,40	26	7915	5,33	59	7458	5,04
30	6683	4,36	121	6299	4,24	66	6803	4,60
32	6597	4,31	30	5588	3,76	120	6405	4,33
121	5466	3,57	32	5267	3,55	67	5164	3,49
125	5191	3,39	67	5265	3,54	132	4519	3,05
120	5056	3,30	125	5084	3,42	32	4334	2,93
25	4707	3,07	57	4548	3,06	26	3874	2,62
67	4395	2,87	120	4230	2,85	127	3374	2,28
57	4294	2,80	28	3813	2,57	28	3368	2,28
28	3958	2,58	25	3742	2,52	134	3087	2,09
39	3737	2,44	53	3259	2,19	128	3080	2,08
11	3070	2,00	55	3175	2,14	55	2997	2,03
124	2516	1,64	39	2871	1,93	30	2896	1,96
55	2503	1,63	60	2620	1,76	106	2875	1,94
53	2486	1,62	12	2529	1,70	60	2723	1,84
12	2460	1,61	11	2367	1,59	124	2665	1,80
29	2088	1,36	132	2240	1,51	57	2622	1,77
64	2080	1,36	71	2154	1,45	107	2428	1,64
70	2024	1,32	124	2091	1,41	39	2107	1,42
71	2024	1,32	64	1975	1,33	53	2099	1,42
1	1891	1,23	70	1918	1,29	71	2090	1,41
9	1864	1,22	106	1699	1,14	123	2049	1,38
106	1797	1,17	29	1677	1,13	25	1854	1,25
37	1727	1,13	37	1599	1,08	70	1606	1,09
60	1679	1,10	9	1452	0,98	193	1467	0,99
31	1642	1,07	107	1438	0,97	93	1420	0,96
132	1621	1,06	128	1390	0,94	12	1307	0,88
27	1616	1,05	1	1325	0,89	74	1304	0,88
2	1491	0,97	27	1316	0,89	27	1283	0,87
93	1436	0,94	10	1277	0,86	191	1233	0,83
10	1424	0,93	31	1218	0,82	184	1171	0,79
18	1380	0,90	127	1155	0,78	64	1160	0,78
4	1287	0,84	93	1121	0,75	11	1108	0,75
127	1177	0,77	18	1014	0,68	86	1106	0,75
17	1002	0,65	58	1002	0,67	126	1070	0,72
107	997	0,65	2	994	0,67	130	1057	0,71
16	934	0,61	46	978	0,66	78	998	0,67
86	908	0,59	134	965	0,65	31	987	0,67
65	897	0,59	74	928	0,62	122	973	0,66
46	876	0,57	65	855	0,58	186	893	0,60
58	849	0,55	4	847	0,57	58	863	0,58
128	837	0,55	86	820	0,55	29	848	0,57
	128158	83,63	16	807	0,54	133	841	0,57
	25081	16,37	17	777	0,52	37	743	0,50
	153239	100	184	759	0,51		122747	82,97
			78	736	0,50		25200	17,03
				125375	84,39		147947	100
				23185	15,61			
				148560	100			

Tabela 55, Frequência dos principais incrementos de cor , no Latossolo

L. R. E. Plant. direto			L. R. E. Pastag.			L. R. E. Mata 2°		
Incr.	Freq.	% freq.	Incr.	Freq.	% freq.	Incr.	Freq.	% freq.
66	11133	7,52	66	10289	7,02	66	15805	10,59
59	7807	5,27	59	9591	6,54	125	13678	9,16
26	7791	5,26	67	8143	5,56	59	10755	7,20
30	7582	5,12	121	7021	4,79	121	10175	6,82
32	7206	4,87	125	6432	4,39	67	7500	5,02
125	5624	3,80	26	5705	3,89	120	6072	4,07
25	4922	3,32	57	5246	3,58	26	4971	3,33
39	4785	3,23	30	4305	2,94	30	4934	3,31
120	4587	3,10	120	4257	2,90	32	4867	3,26
121	4168	2,82	32	4222	2,88	71	3876	2,60
28	3728	2,52	53	3654	2,49	132	3820	2,56
57	3634	2,45	60	3502	2,39	57	3770	2,53
67	3461	2,34	71	3380	2,31	70	3333	2,23
124	3085	2,08	132	3370	2,30	124	3292	2,21
11	2965	2,00	55	3135	2,14	28	2727	1,83
70	2609	1,76	28	2903	1,98	39	2663	1,78
29	2544	1,72	64	2362	1,61	55	2526	1,69
37	2354	1,59	39	2321	1,58	60	2064	1,38
64	2304	1,56	25	2087	1,42	184	1986	1,33
12	2165	1,46	124	2073	1,41	64	1942	1,30
71	2114	1,43	70	2001	1,37	106	1935	1,30
53	1943	1,31	12	1925	1,31	53	1879	1,26
55	1929	1,30	128	1797	1,23	25	1711	1,15
1	1677	1,13	106	1712	1,17	127	1672	1,12
132	1635	1,10	107	1561	1,07	107	1469	0,98
31	1512	1,02	74	1435	0,98	134	1392	0,93
9	1500	1,01	78	1378	0,94	128	1372	0,92
106	1467	0,99	58	1344	0,92	191	1366	0,92
27	1379	0,93	65	1333	0,91	37	1271	0,85
2	1335	0,90	11	1227	0,84	193	1149	0,77
184	1301	0,88	127	1100	0,75	11	1093	0,73
127	1252	0,85	93	1086	0,74	12	1073	0,72
18	1170	0,79	191	1072	0,73	29	790	0,53
93	1145	0,77	37	1056	0,72	186	781	0,52
4	1142	0,77	27	1019	0,70		129709	86,89
60	1127	0,76	134	975	0,67		19565	13,11
10	998	0,67	184	955	0,65		149274	100
16	980	0,66	46	941	0,64			
191	820	0,55	31	896	0,61			
134	794	0,54	29	827	0,56			
186	763	0,52	10	784	0,53			
107	762	0,51		120422	82,16			
193	750	0,51		26149	17,84			
	123949	83,73		146571	100,			
	24083	16,27						
	148032	100						

Tabela 56, Frequência dos principais incrementos de cor , no litólico

L. E. Cultura			L. E. Pastagem colônião			L. E. Mata 2°		
Incr.	Freq.	% freq.	Incr.	Freq.	% freq.	Incr.	Freq.	% freq.
125	11873	7,95	66	8272	5,48	125	11027	7,21
66	11807	7,91	39	7603	5,03	66	10241	6,70
121	10127	6,78	32	7569	5,01	121	8707	5,69
59	8584	5,75	30	6957	4,61	59	7132	4,66
120	7532	5,05	25	5849	3,87	120	5829	3,81
67	5985	4,01	124	4960	3,28	30	4779	3,13
32	5138	3,44	29	4824	3,19	32	4774	3,12
132	4393	2,94	120	4703	3,11	67	4629	3,03
26	4182	2,80	26	4500	2,98	132	4462	2,92
30	4167	2,79	125	4454	2,95	26	4260	2,79
124	3853	2,58	1	3872	2,56	124	3737	2,44
71	3010	2,02	59	3525	2,33	39	3441	2,25
39	2894	1,94	11	3294	2,18	70	3161	2,07
57	2888	1,93	70	3103	2,05	134	3041	1,99
127	2806	1,88	37	2990	1,98	127	2866	1,87
70	2552	1,71	31	2797	1,85	71	2776	1,82
28	2537	1,70	28	2498	1,65	57	2687	1,76
106	2186	1,46	2	2235	1,48	28	2654	1,74
134	2121	1,42	4	2160	1,43	25	2304	1,51
55	2053	1,38	18	2066	1,37	55	2106	1,38
60	1896	1,27	93	2025	1,34	184	2010	1,31
25	1881	1,26	121	1988	1,32	193	1996	1,31
128	1681	1,13	57	1973	1,31	128	1953	1,28
184	1506	1,01	9	1890	1,25	106	1936	1,27
64	1494	1,00	64	1780	1,18	37	1742	1,14
53	1458	0,98	67	1718	1,14	60	1719	1,12
193	1413	0,95	38	1626	1,08	64	1711	1,12
107	1387	0,93	27	1594	1,06	191	1644	1,08
191	1372	0,92	71	1567	1,04	107	1592	1,04
93	1273	0,85	17	1552	1,03	53	1554	1,02
11	1177	0,79	12	1431	0,95	11	1529	1,00
12	1103	0,74	3	1419	0,94	29	1370	0,90
123	1071	0,72	43	1402	0,93	12	1259	0,82
37	1009	0,68	184	1343	0,89	123	1226	0,80
78	952	0,64	127	1333	0,88	186	1215	0,79
29	934	0,63	97	1157	0,77	93	1106	0,72
186	914	0,61	10	1144	0,76	31	941	0,62
74	884	0,59	36	1139	0,75	126	858	0,56
27	861	0,58	186	1138	0,75	130	838	0,55
31	851	0,57	15	1129	0,75	27	827	0,54
126	819	0,55	22	1051	0,70	78	804	0,53
86	798	0,53	16	984	0,65	74	774	0,51
	127422	85,35	35	933	0,62		125217	81,88
	21869	14,65	106	933	0,62		27708	18,12
	149291	100,00	126	847	0,56		152925	100
			132	832	0,55			
			55	754	0,50			
			193	753	0,50			
			183	748	0,50			
				126414	83,69			
				24624	16,30			
				151038	100			

Tabela 57, Demonstrando possíveis minerais presentes nas amostras de solo, segundo as cores componentes

Incremento	Cor pela Carta de Munsell		Possível presença do mineral ou substância
1	10Yr3/3	Bruno escuro	Matéria orgânica
2	5YR4/3	Bruno-avermelhado	Matéria orgânica/Hematita
3	7,5YR4/0	Cinzento-escuro	Matéria orgânica
4	10YR4/3	Bruno-escuro	Matéria orgânica
9	10R4/3	Vermelho-acinzentado	Hematita/ Matéria orgânica
10	10R4/8	Vermelho	Hematita
11	7,5YR4/4	Bruno	Matéria orgânica
12	10YR5/4	Bruno-amarelado	Matéria orgânica/Goetita
15	2,5YR5/2	Vermelho-acinzentado	Hematita
16	5YR5/3	Bruno-avermelhado	Matéria orgânica
17	5Y4/2,5	Oliva	Argilo-minerais (Caolinita, moscovita e vermiculita)/ Albita/Anortita
18	5Y4/2,5	Oliva	Argilo-minerais (Caolinita, moscovita e vermiculita)/ Albita/Anortita
22	5Y4/3	Oliva	Argilo-minerais (Caolinita, moscovita e vermiculita)/ Albita/Anortita
25	5Y5/4	Oliva	Argilo-minerais (Caolinita, moscovita e vermiculita)/ Albita/Anortita
26	5Y6/6	Cinzento-oliváceo	Matéria orgânica/Argilo-minerais (Caolinita, moscovita e vermiculita)
27	5Y5/4	Oliva	Argilo-minerais (Caolinita, moscovita e vermiculita)/ Albita/Anortita
28	5Y5/5	Oliva	Argilo-minerais (Caolinita, moscovita e vermiculita)/ Albita/Anortita
29	2,5Y5/4	Bruno-oliváceo-claro	Matéria orgânica/Argilo-minerais (Caolinita, moscovita e vermiculita)
30	2,5Y5/4	Bruno-acinzentado	Matéria orgânica
31	5Y5/4	Oliva	Argilo-minerais (Caolinita, moscovita e vermiculita)/ Albita/Anortita
32	2,5Y5/4	Bruno-oliváceo-claro	Matéria orgânica/Argilo-minerais (Caolinita, moscovita e vermiculita)
35		Arroxeadado	Hematita
36	5Y5/2	Cinzento	Argilo-minerais (Caolinita, moscovita e vermiculita)
37	5YR5/6	Cinzento	Argilo-minerais (Caolinita, moscovita e vermiculita)
38	5Y6/3	Verde-claro- acinzentado	Argilo-minerais (Caolinita, moscovita e vermiculita)/ Albita/Anortita
39	10YR5/2	Bruno-acinzentado	Matéria orgânica
43	10YR5,5/ 1	Cinzento	Argilo-minerais (Caolinita, moscovita e vermiculita)
46	10R5/6	Vermelho	Hematita
53	10YR5/4	Bruno-amarelado	Matéria orgânica/Goetita
55	10YR5/4	Bruno-amarelado	Matéria orgânica/Goetita
57	10R5/3	Vermelho-acinzentado	Hematita
58	2,5YR6/4	Bruno-avermelhado-claro	Matéria orgânica/Hematita
59	10YR5/2	Bruno-acinzentado	Matéria orgânica
60	10YR5/2	Bruno-acinzentado	Matéria orgânica/Goetita
64	2,5YR6/2	Bruno-avermelhado-claro	Matéria orgânica/Hematita
65	2,5YR6/2	Bruno-avermelhado- claro	Matéria orgânica
66	2,5Y6/4	Bruno-amarelado-claro	Matéria orgânica/Goetita
67	2,5Y6/4	Bruno-amarelado-claro	Matéria orgânica/Goetita
70	5YR6/4	Vermelho-claro- acinzentado	Hematita/Argilo-minerais (Caolinita, moscovita e vermiculita)
71	10R6/2	Vermelho-claro- acinzentado	Hematita/Argilo-minerais (Caolinita, moscovita e vermiculita)
74	10R6/4	Vermelho-claro- acinzentado	Hematita
86	5Y5/3	Oliva	Argilo-minerais (Caolinita, moscovita e vermiculita) Albita / Anortita
93	5Y5/2	Cinzento-oliváceo	Matéria orgânica/Argilo-minerais (Caolinita, moscovita e vermiculita)
97	5Y6/2	Cinzento-oliváceo-claro	Argilo-minerais (Caolinita, moscovita e vermiculita)

Continua tabela 57

Incremento	Cor pela Carta de Munsell		Possível presença do mineral ou substância
106	5Y6/3	Verde-claro-acinzentado	Argilo-minerais (Caolinita, moscovita e vermiculita)/Albita/Anortita
107	10YR6/4	Amarelado-claro	Argilo-minerais (Caolinita, moscovita e vermiculita))
120	10YR6/4	Cinzeno-bruno-claro	Goetita/Matéria orgânica
121	10YR6/3	Bruno-claro-acinzentado	Argilo-minerais (Caolinita, moscovita e vermiculita))
123	10YR6/3	Bruno-claro-acinzentado	Argilo-minerais (Caolinita, moscovita e vermiculita))
124	5YR6/1	Cinzeno-claro	Argilo-minerais (Caolinita, moscovita e vermiculita)
125	7,5YR6/2	Cinzeno-rosado	Argilo-minerais (Caolinita, moscovita e vermiculita)/Hematita
126	5Y6/3	Verde-claro-acinzentado	Argilo-minerais (Caolinita, moscovita e vermiculita)/Albita/Anortita
127	7,5YR6/0	Cinzeno-claro	Argilo-minerais (Caolinita, moscovita e vermiculita)/Hematita
128	10R6/4	Vermelho-claro-acinzentado	Hematita
130	4R7/6	Amarelo-avermelhado	Goetita/Hematita
132	5YR7/6	Amarelo-avermelhado	Goetita/Hematita
133	5YR7/3	Rosado	Argilo-minerais (Caolinita, moscovita e vermiculita)/Hematita
134	5YR7/6	Amarelo-avermelhado	Goetita/Hematita
183	5Y6/1	Cinzeno	Argilo-minerais (Caolinita, moscovita e vermiculita)
184	5YR6/2	Cinzeno-rosado	Argilo-minerais (Caolinita, moscovita e vermiculita)/Hematita
186	5YR6/1	Cinzeno	Argilo-minerais (Caolinita, moscovita e vermiculita)
191	5YR6/3	Rosado	Argilo-minerais (Caolinita, moscovita e vermiculita)/Hematita
193	10R6/2	Vermelho-claro-acinzentado	Hematita/Argilo-minerais (Caolinita, moscovita e vermiculita)

Verificando os dados anteriores em relação aos solos, pode-se dizer que as cores das amostras indicam a possível presença, principalmente, dos seguintes minerais:

Cambissolo Eutrófico com cultura e mata secundária, as cores indicam uma presença marcante da MO associado com goetita. Na seqüência, estão as cores dos argilo-minerais e hematita. Por último, estão as cores da anortita e albita.

Na Terra Roxa Eutrófica, com cultura, mata secundária e pastagem predominam as cores de Mo e argilo-minerais seguidas das de hematita por último a albita, anortita e goetita.

No Latossolo Roxo Eutrófico com plantio direto, a cor principal é da MO e em segunda proporção estão os argilo-minerais. Na seqüência, aparecem as cores da goetita e hematita e por último a anortita e albita. Nas de pastagem e mata secundária predominam as cores da MO e goetita e em segundo plano estão as de argilo-minerais e hematita e por último anortita e albita.

No Litólico Eutrófico com cultura e mata secundária predominam cores de MO, seguidas das de goetita e em terceiro lugar estão as de argilo-minerais e hematita e por último estão as cores da anortita albita. Na amostra sob pastagem as cores dominantes são de MO, seguidas pelos argilo-minerais. Por último, estão goetita e hematita.

VIII - CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DAS ÁGUAS DO RIO PINHAL

8.1 Materiais e métodos

Na caracterização hidroquímica das águas do rio Pinhal foram efetuadas duas campanhas de campo, para determinação “in situ” e coleta de amostras para análise laboratorial. A nível de campo, foram assinalados a temperatura e o pH e utilizando 2 frascos plásticos adequados, com capacidade de armazenar 5 litros, coletadas duas amostras de água integralizando totalmente a capacidade de armazenamento de cada embalagem. As amostragens foram feitas na estação Pinhal e em mais duas estações sendo uma à montante e outra à jusante (Vide figura 80).

Após coletadas as amostras, imediatamente, estas foram transportadas por veículo particular até a UFPR para realização das análises químicas finais, sendo que o tempo decorrido da coleta e entrada das amostras em laboratório nunca foi superior a 12h00.

As amostras de 03-11-96 foram enviadas para o CEPPA- Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos UFPR, para quantificação de ânions e ao LAQ- - COPEL, para identificação de cátions e SiO₂. Das análises feitas no CEPPA existem valores um tanto altos de SO₄, principalmente, para estação montante deixando os dados dos ânions relativamente perturbados.

As amostras de 06-04-97 foram analisadas pelo Laboratório de Pesquisas Hidrogeológicas - L.P.H. - UFPR.

8.2 Caracterização química da água

Do total das águas do planeta, 97% compõem oceanos e mares salgados, 0,001% a atmosfera, 2,99% águas doce. Desses 2,99%, 2,5% estão congelados nas calotas polares e geleiras ou em lençóis subterrâneos profundos. A evaporação e a precipitação reciclam um volume considerável de água, mas, do total evaporado, 86% é dos oceanos, 78% da precipitação ocorre sobre os mesmos e 22% sobre os continentes. Só 0,5% do total de água do planeta está disponível para o consumo humano, WHITE et al (1992).

A água só é pura em estado de vapor, na condensação, inicia o acúmulo de impurezas. Gases dissolvem-se nas gotas de chuva e, ao atingir a superfície, a água dissolve uma série de substâncias, aderindo impurezas como o Ca, Mg, Na, CaCO₃, Cl, SO₄ e NO₃. Há traços de alguns metais como Pb, Cl, Mn e diversos compostos orgânicos do processo de decomposição de matéria orgânica - MO, de origem animal e vegetal. Podendo ser ácidos húmicos, compostos orgânicos sintéticos como detergentes, pesticidas e solventes, BRANCO et al. (1991).

As impurezas das águas superficiais sofrerão a influência de fatores tais como:

☒ O clima regula a distribuição das chuvas, temperatura e ventos em uma região, controlando o processo de meteorização das rochas e erosão e transporte de material. Dependendo do tipo de rocha, haverá maior quantidade dos elementos de sua composição.

☒ O tipo de cobertura vegetal em uma região recebe influência do clima e, portanto, na quantidade de água natural. Em climas úmidos, a vegetação é exuberante, abundante e existem baixas concentrações de sólidos nas águas e altos teores de compostos orgânicos e em climas secos acontece o inverso. O clima regula também a variação das concentrações ao longo do ano.

☒ A ação antrópica sobre o meio aquático é um dos principais fatores na alteração da composição das águas. Esgotos urbanos lançam efluentes orgânicos, as indústrias contribuem com dejetos de compostos sintéticos e metais pesados; a agricultura é responsável pela presença de pesticidas e excesso de fertilizantes nas águas. As mudanças na qualidade da água são umas das maiores evidências do impacto das atividades humanas sobre a biosfera.

Os dados químicos são os índices mais importantes que caracterizam a qualidade da água, através deles pode-se:

- ☒ classificar a água por seu conteúdo mineral, pela composição de seus íons;
- ☒ identificar o grau de contaminação e a origem e natureza dos principais poluentes ou efeitos;
- ☒ tipificar casos de cargas ou picos de concentração de substâncias tóxicas e apontar as principais fontes poluentes;
- ☒ avaliar o equilíbrio bioquímico necessário para a manutenção da vida aquática e estimar as necessidades de nutrientes, tais como compostos de N, P, SiO₂, Fe e de co-fatores enzimáticos.

A química da água, de superfície, do solo, rios e lagos, está em constante e progressiva alteração da composição relativa e concentração em relação a que tinha a água da chuva original. Estas mudanças são conseqüentes das adições e perdas com o solo e regolito,

envolvendo o processo de meteorização, e com plantas pela retirada de nutrientes e decomposição de matéria orgânica. A concentração efetiva é alterada pela concentração e diluição, ocasionada pela evaporação e precipitação, respectivamente. Porém o mais significativo destes é a adição de matéria dissolvida e suspensa, originária das rochas da litosfera por desgaste químico e físico que ocorre em contato com a água, WHITE et al. (1992).

O movimento de material dissolvido e sólido em suspensão carregados pelas águas é que faz com que haja o fluxo de elementos entre a litosfera e hidrosfera. A proporção de material dissolvido em qualquer ambiente hídrico natural depende dos minerais presentes na rocha de origem. A composição média das águas superficiais está expressa em termos de componentes. Maiores detalhes poderão ser vistos na tabela 58.

Tabela 58, Composição média das águas

Espécie	Concentração média em mg/l		
	Oceanos (*)	Rios da Terra (*)	Rios de Basalto (+)
Cl ⁻	18,98	7,8	1,35
Na ⁺	10,54	6,3	1,92
SO ₄ ⁻	2,46	11,2	>1
Mg ⁺⁺	1,27	4,1	2,2
K ⁺	0,38	2,3	1,14
HCO ₃ ⁻	0,02	-x-	
SiO ₂	-x-	13,1	15,17
Fe ²⁺	-x-	0,67	-
Ca ²⁺	0,4	15	2,19
Al			0,02 -0,09
NO ₃ ⁻			2,19

Fonte: (*) HENDERSON (1984, p263 e 280), (+) BITTENCOURT (1978).

Sob este prisma efetuaremos a avaliação da composição das águas da bacia do Rio Pinhal.

8.3 Interpretação de dados químicos de amostras do rio Pinhal.

A apuração dos dados e a caracterização química das águas do rio Pinhal, constam da tabela 59.

Tabela 59, Teores de cátions e sílica das águas do rio Pinhal, rios de basalto e rios do mundo.

A	B /mg/l			C /mg/l			D /mg/l			E /mg/l			F mg/l	G/mg/l
	Jus.	Pin.	Mon.	Jus.	Pin.	Mon.	Mí.	Máx.	Média	Mí.	Máx.	Média	Média	Média
Ca ²⁺	3,65	3,65	5,30	8,23	8,63	10,23	6,40	20,44	9,50	4,24	14,90	7,29	2,19	15
Mg ²⁺	2,22	2,30	2,83	4,62	4,50	5,23	2,32	7,54	4,30	0,60	4,91	2,65	2,2	4,1
K ⁺	1,70	1,10	0,84	1,40	1,20	1,07				0,67	2,08	1,47	1,14	2,3
Na ⁺	1,98	4,50	2,30	1,97	1,79	1,28				1,13	3,92	2,33	1,92	6,3
Fe ⁺				0,56	0,935	0,855	0,10	1,40	0,54					0,67
SiO ₂	14,9	14,3	18,8	14,9	14,3	18,8				10,0	28,0	17,2	15,1	13,1

Legenda: A - Discriminação; B - Amostras coletadas em campanhas - R. Pinhal (03-11-96); C - Amostras coletadas em campanhas - R. Pinhal (06-04-97) D - Rio Pinhal, período de 26/06/89 a 30/09/96 (SANEPAR); E - De vários rios do Sudoeste do Paraná (SANEPAR); F - Rios de Basalto (Bittencourt, 1978); G - Rios do mundo.

Tabela 60, Características química das águas do rio Pinhal e rios do Sudoeste do PR

Discriminação	Amostras coletadas em campanhas durante trabalhos de campo						Dados da SANEPAR	
	A	B	C	D	E	F	G	H
pH – campo	8,40	7,66	7,51	8,10	8,06	7,70	7,60	7,14
pH – laboratório	-----	7.675	-----	7.055	-----	6.975	-----	-----
Cor (@+..)	-----	-----	-----	20,00	15,00	10,00	38,30	-----
Temperatura da água °C	23,00	17,50	20,00	17,00	21,00	18,00	22,73	20,00
Temperatura amb. °C	24,5	-----	20	-----	22	-----	-----	-----
Condutividade (uS/cm) a 25°	-----	78	-----	79.5	-----	94	-----	-----
Acidez – CaCO ₃	-----	9	-----	11	-----	12	-----	-----
Alcalinidade total CaCO ₃ (mg/l)	6,00	36,00	8,00	41,50	8,50	45,50	41,79	35,68
Bicarbonatos HCO ₃ (mg/l)	7,32	43,92	9,75	50,63	10,36	55,51	41,79	35,68
Carbonatos CaCO ₃ (mg/l)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cloretos Cl ⁻ (mg/l)	1,00	2,09	1,00	1,15	1,00	2,17	0,70	2,54
Dureza total CaCO ₃ (mg/l)	24,25	39,50	26,58	40,00	33,38	47,00	39,89	58,39
Cálcio Ca ²⁺ (mg/l)	3,65	8,23	3,65	8,63	5,30	10,23	9,50	7,29
Magnésio Mg ²⁺ (mg/l)	2,22	4,62	2,30	4,50	2,83	5,23	4,30	2,65
Potássio K ⁺ (mg/l)	1,70	1,40	1,10	1,20	0,84	1,07	-----	1,47
Sódio Na ⁺ (mg/l)	1,98	1,97	4,50	1,79	2,30	1,28	-----	2,33
Ferro solúvel Fe ⁺³ (mg/l)	-----	-----	-----	-----	-----	-----	0,42	1,36
Ferro total Fe (mg/l)	-----	0,56	-----	0,94	-----	0,86	0,54	-----
Fluoretos F ⁻ (mg/l)	-----	-----	-----	-----	-----	-----	0,35	-----
Bióxido de carbono livre CO ₂ (mg/l)	5,28	7,92	7,04	9,68	7,47	10,56	2,24	5,05
Nitratos NO ₃ ⁻ (mg/l)	5,40	-----	3,60	-----	4,60	-----	0,32	0
Sulfatos SO ₄ (mg/l)	11,70	2,80	10,60	1,44	27,10	5,30	1,67	1,59
SiO ₂ mg/l	14,98	15,34	14,33	15,15	18,82	17,93	0,35	17,25
CO ₃ ²⁻	3,60	0,00	4,80	0,00	5,10	0,00	2,24	0
Oxigênio cons. Em meio ácido O ₂ (mg/l)	-----	-----	-----	-----	-----	-----	1,75	-----
Manganês Mn (mg/l)	-----	-----	-----	-----	-----	-----	0,08	-----
Nitritos NoL (mg/l)	-----	-----	-----	-----	-----	-----	0,17	-----
Nitrogênio amoniacal NH ₄ ⁺ (mg/l)	-----	-----	-----	-----	-----	-----	0,33	-----
Nitrogênio orgânico NH mg/l	-----	-----	-----	-----	-----	-----	0,64	-----
Sólidos Totais dissolvidos (mg/l)	140,00	81,87	140,00	86,45	80,00	100,77	89,87	-----
Oxigênio dissolvido O ₂ (mg/l)	-----	-----	-----	-----	-----	-----	7,60	-----

Legenda: A - Jusante 3/11/96, B - Jusante 6/4/97, C - Pinhal 3/11/96, D - Pinhal 6/4/97, E - Montante 3/11/96, F - Montante 6/4/97, G - Média - Rio Pinhal (SANEPAR - período de 26/06/89 a 30/09/96), H - De vários rios do Sudoeste do Paraná (Média SANEPAR).

Os teores de Ca e Mg das amostras de 03-11-96 são inferiores a médias das águas do Rio Pinhal (dados da SANEPAR). Confrontando com as águas de rios do Sudoeste do Paraná, os teores de Ca são menores e os de Mg estão dentro da mesma média. Para a média dos rios

de basalto, os teores dos dois elementos nas amostras são maiores, mas, com diferença pouco significativa. Referente às águas dos rios do mundo são menores. Os teores de K e Na estão dentro da média dos rios do sudoeste e rios de basalto, mas inferiores à média dos rios do mundo.

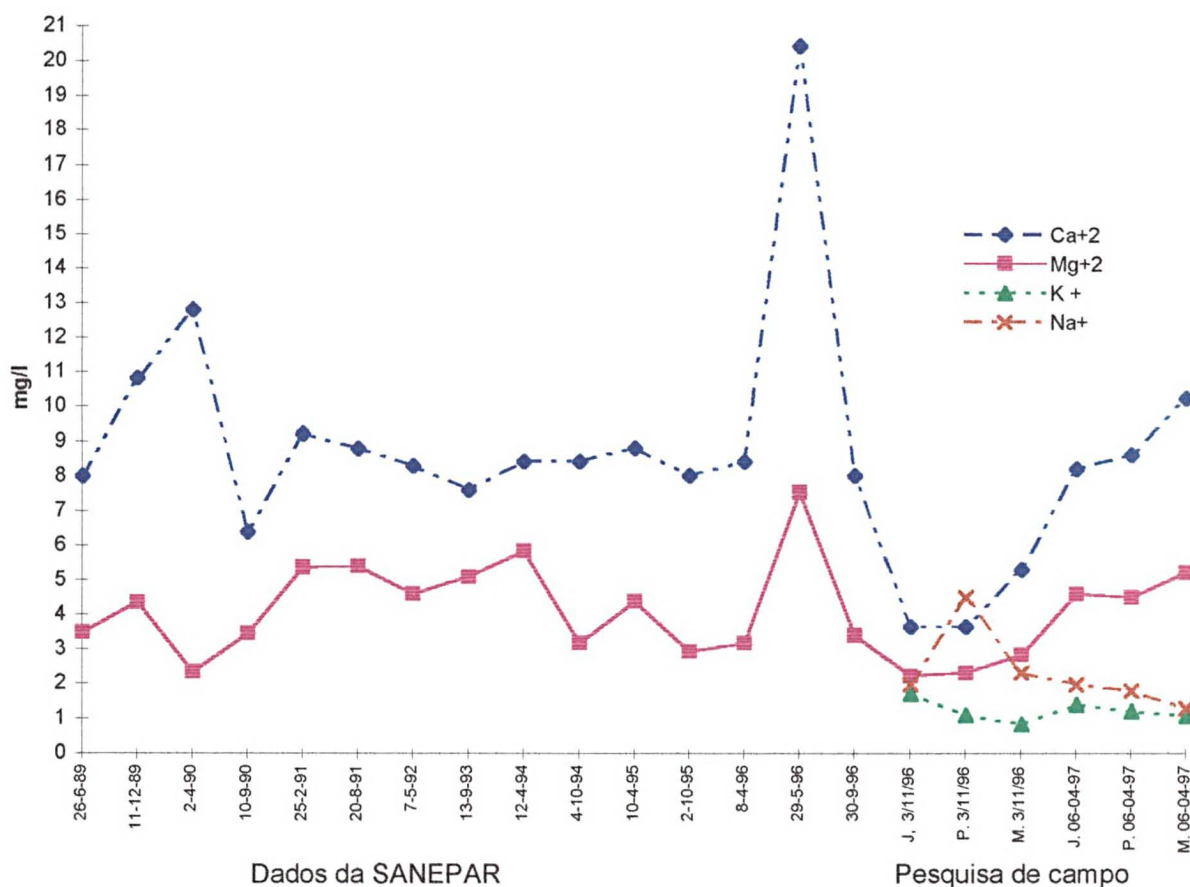


Figura 73, Cátions das águas do rio Pinhal

Os teores de sílica em relação aos rios de basalto da bacia estão dentro da mesma média e em relação aos rios do mundo, são superiores.

Os teores das amostras de 06-04-97 em relação a:

Os teores de Ca da amostra de 06-04-96 estão dentro da média encontrada pela SANEPAR para as águas do Rio Pinhal e também para rios do Sudoeste e são superiores à média de rios de basalto e inferiores a dos rios do mundo. Os teores de Mg estão dentro da média dos valores da SANEPAR para a bacia e são superiores à média dos rios do Sudoeste, de basalto e do mundo. Os teores de K e Na estão dentro da média dos rios do Sudoeste e são inferiores aos dos rios do mundo. Os teores de Fe estão dentro da média caracterizada para as águas da bacia pela SANEPAR e dos teores médios dos rios do mundo. Os teores de sílica não foram avaliados; considerando que os teores da amostra de 03-11-96 ficaram dentro da média de todos os fatores de ponderação, estes foram assumidos também para 06-04-97. Maiores detalhes vide figura 74.

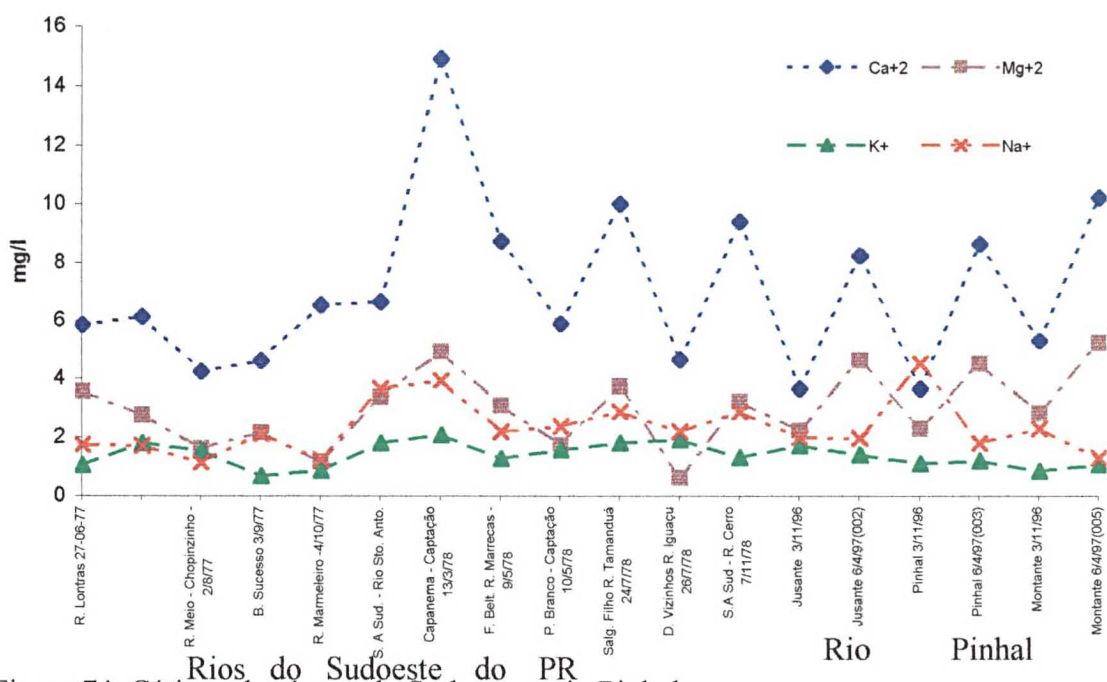


Figura 74, Cátions das águas do Sudoeste e rio Pinhal.

Tabela 61, Teores de ânions e de CO₂, das águas do rio Pinhal e de vários rios do Sudoeste.

Discriminação	A (mg/l)			B (mg/l)			C (mg/l)			D (mg/l)	E (mg/l)
	Jus.	Pin.	Mon.	Mín.	Máx.	Média	Mínimo	Máximo	Média	Média	Média
HCO ₃ ⁻	43,9	50,6	55,51	27,0	85,1	41,79	15,86	78,08	35,68		
Cl ⁻	2,1	1,1	2,17	0,5	1,1	0,70	0,00	15,00	2,54	1,35	7,8
CO ₂	7,9	9,6	10,56	0,83	3,9	2,24	1,34	16,30	5,05		
SO ₄ ⁻	2,8	1,4	5,30	0,0	5,0	1,67	0,00	8,00	1,59	>1	11,2

Legenda: A - Amostras de 06-04-97; B - Rio Pinhal (SANEPAR, de 26/06/89 a 30/09/96); C - De vários rios do Sudoeste (fonte SANEPAR); D - Rio de basalto (Bittencourt, 1978); E - Rios da Terra.

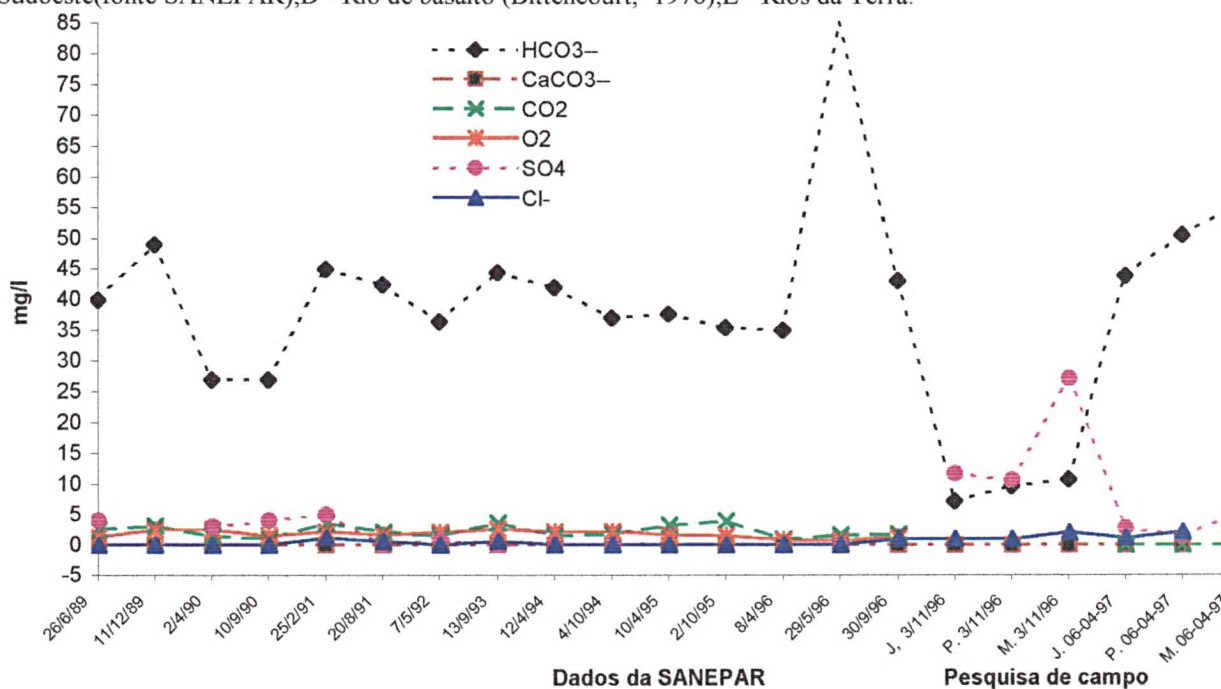


Figura 75, Ânions e CO₂ do rio Pinhal.

Os teores HCO₃⁻ e SO₄⁻, estão dentro da média de dados da SANEPAR, para a bacia e rios do Sudoeste. Os teores de SO₄⁻, são maiores do que o encontrado sobre rios de

basalto e menores do que os teores em rios do mundo. Os teores de Cl^- são inferiores apenas aos dos rios do mundo, estando na mesma média para os demais casos. O CO_2 apresenta valores mais elevados do que os encontrados pela SANEPAR na bacia e está dentro da média do valores dos rios do Sudoeste.

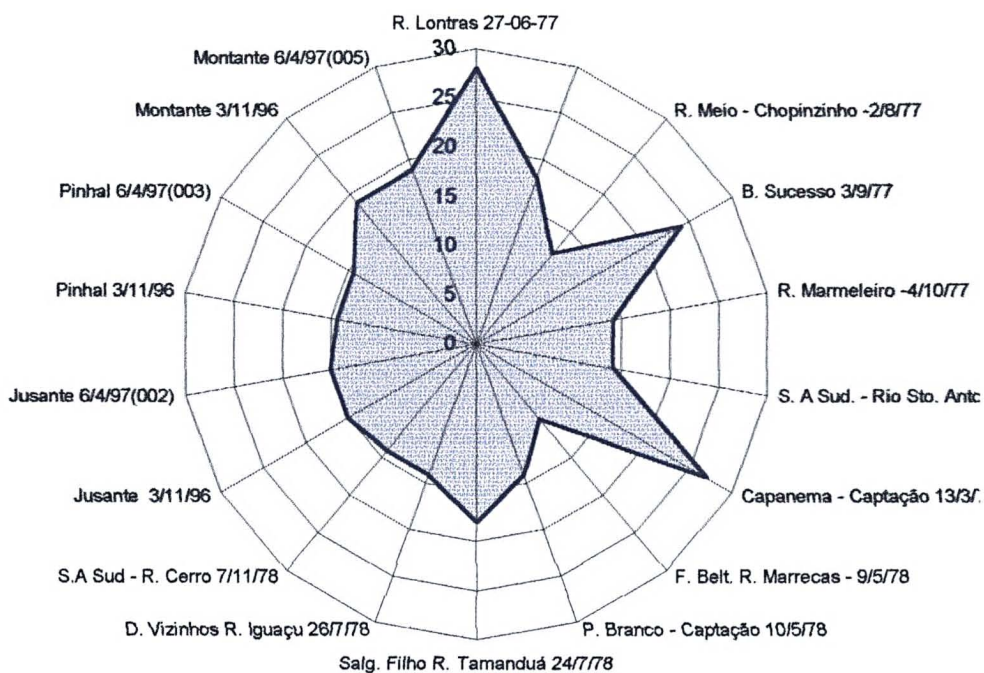
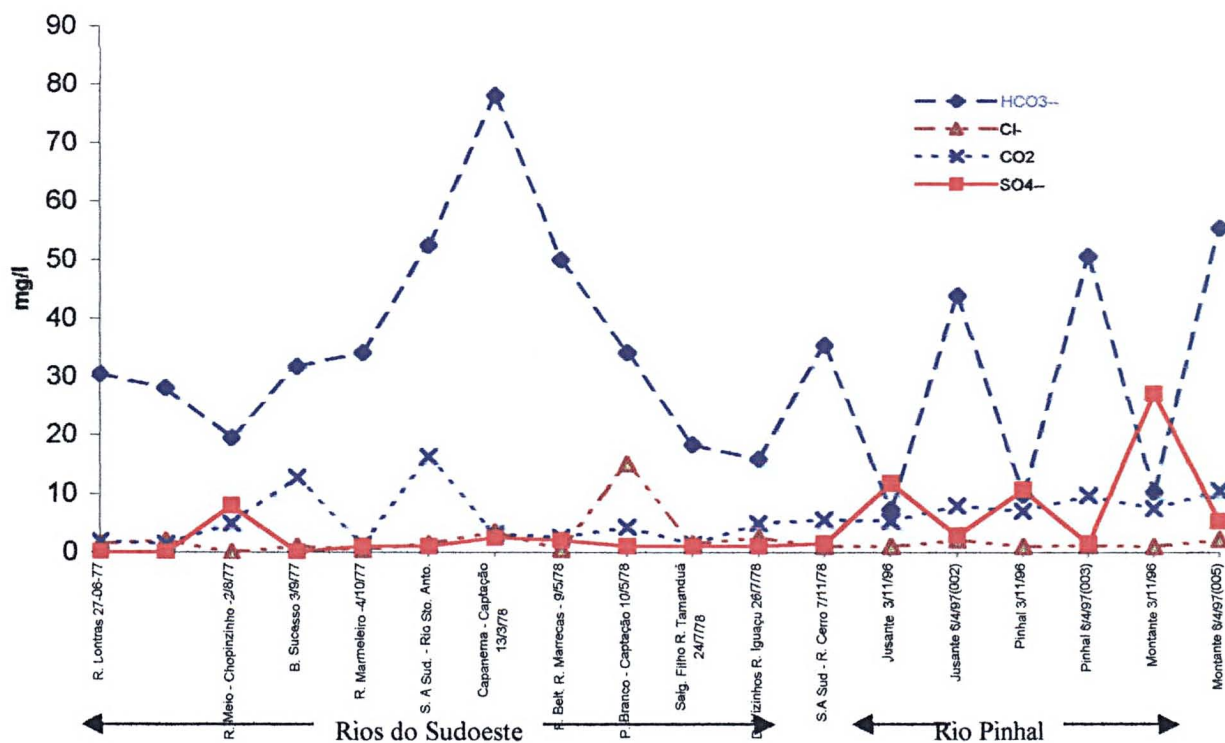


Figura 76, SiO_2 das águas do rio Pinha e rios do Sudoeste.



Legenda: Os dados de Jusante, montante e pinhal, são do rio Pinhal e os demais de rios do Sudoeste.

Figura 77, Ânions e CO_2 do rio Pinhal e de rios do Sudoeste

Conforme dados internacionais e segundo Resolução da CONAMA de N°20, apresentados em BITTENCOURT (1994), que determinam os índices máximos de

substâncias nas águas para que possam ser utilizadas para consumo humano, e com base em dados citados por DRISCOOL (1987), foram verificados os teores aceitáveis, para indústria e agricultura. Confrontando todos os dados identificados nas análises, com tais padrões, pode-se concluir que a água pode ser utilizada para fins potáveis, industrial e agrícola.

Adaptando citações de BITTENCOURT (1978), pode-se dizer que os cátions e ânions da bacia têm suas origens assim caracterizadas:

O alto teor de íons de cálcio está associado, principalmente, aos plagioclásios cálcicos, dos basaltos, podendo também se relacionar ao uso de calcário no solo.

A sílica para água sobre basalto é resultante, principalmente, do intemperismo químico dos silicatos, liberando H_4SiO_4 .

O sódio é o íon de maior mobilidade, quando lixiviado de rochas e sedimentos estes permanecem em solução.

Dureza 39,5 e 45 mg/l de $CaCO_3$, alcalinidade para pH superior a 7, predomina a alcalinidade bicarbonatada livre de CO_2 .

Outro alcalino terroso em concentração considerável é o Mg, sendo a sua principal fonte os piroxênios hidrolizados.

O K é proveniente das fases vítrea cristalina e microcristalina e em parte da adubação química dos solos. Sua mobilidade mais alta na bacia do Paraná diferindo do relatado pela literatura é interpretada pelo fato do mesmo estar associado à porção microcristalina e mais facilmente intemperizável.

O HCO_3^- que provêm da dissolução de CO_2 atmosférico e da atividade orgânica do solo e dissolução do calcário e NO_3^- que tem origem na decomposição da M.O. no solo e processos de nitrificação artificial. Os demais têm origem, principalmente, no processo de meteorização do substrato da bacia.

8.3.1 - O pH das águas do Rio Pinhal

Durante as campanhas de campo, ao coletarmos água para análises químicas, por meio de potenciômetro, foi medido o pH das água.

Por ocasião da primeira coleta em 03-11-96, o pH identificado nas estações foi: Jusante pH=8,40; Pinhal pH=7,51; Montante, pH= 8,06. Valores que consideramos relativamente altos, por isso, efetuamos pesquisa de dados existentes de outros rios do Sudoeste para compararmos com os que tínhamos obtidos. Os dados são: pH =Mínimo 6,55; Máximo, 7,60; Média, 7,14.

A SANEPAR possui estação de captação no rio Pinhal algumas centenas de metros a jusante da estação Pinhal e, dentre outros dados, avalia semestralmente o pH das águas do rio desde 26-03-89 até 30-09-96, e os dados encontrados foram: pH= Mínimo, 7,25 Máximo, 8,02; Média, 7,6.

Em dezembro de 1996, efetuamos uma seqüência de avaliação de pH, fazendo diversas coletas em todo o percurso da estação jusante até a montante, bem como de alguns afluentes para caracterização definitiva do parâmetro. Os dados constam da tabela 62.

Tabela 62, Caracterização do pH nas águas do rio Pinhal e alguns de seus afluentes.

Local	Ponto amostrado	Data	Hora	T° amb.	T° água	pH aparelho	pH tab.	Altitude	Observações
Estação J	EJ	13/12/96	10:00	24,5	22	7,24	7	418	Leito de rochas basálticas
Poço - 7	EJ 1	15/12/96	10:00	22,5	20	7,69	6,5	430	Leito de rochas basálticas
Foz sanga Zacki	EJ2	15/12/96	11:00	23,2	21,8	7,7	7	440	Leito de rochas basálticas
Ponte - 1	EJ3	13/12/96	17:30	28,5	24	7,41	6,5	478	Leito de rochas basálticas
Ponte - 2	EJ4	13/12/96	18:00	27,5	24,8	7,42	7	485	Leito de rochas basálticas
Estação Pinhal	EP	15/12/96	19:00	26,5	24,5	7,36	6,5	490	Leito de rochas basálticas
Passo do menino	EP1	15/12/96	19:20	25,5	24	7,58	6,5	510	Leito de rochas basálticas
Ponte do chorão	EP2	15/12/96	19:40	26	24	7,63	6,5	540	Leito de rochas basálticas
Estação montante	EM	15/12/96	20:00	24,3	22,5	7,44	6,5	560	Leito de rochas basálticas
Cabeceira	EM1	15/12/96	20:20	21	21	6,78	6	620	Leito sedimentar, constituído de argilas
Sanga Tomazoni (cabeceira)	DT1	13/12/96	09:30	27	22	6,09	5,5	500	Leito sedimentar, constituído de argilas
Sanga Tomazoni (foz)	DT2	13/12/96	10:30	22	21,5	7,31	5,5	420	Leito de rochas basálticas
Sanga Tomazoni (cabeceira)	DT1	19/12/96	09:20	31	28	6,67	6	500	Leito sedimentar, constituído de argilas
Sanga Tomazoni (foz)	DT2	19/12/96	10:00	24	23	7,68	6,5	420	Leito de rochas basálticas
Sanga Zacki (foz)	DZ1	15/12/96	11:10	21,5	20,3	7,37	6,5	440	Leito de rochas basálticas
Sanga Zacki (Cabeceira)	DZ2	15/12/96	17:30	27	25,5	6,77	6	495	Leito sedimentar, constituído de argilas
Sanga Savoldi (Foz)	ES1	19/12/96	09:30	23,8	24	7,68	7	425	Leito de rochas basálticas
Sanga Savoldi (topo)	ES2	19/12/96	10:00	24	25	7,23	6	480	Leito de rochas basálticas
Sanga Savoldi (Cabeceira)	ES3	19/12/96	10:30	27	25,5	6,9	6	500	Leito sedimentar, constituído de argilas
Estação Pinhal	EP	06/04/97	19:00	18	17	7,8	6,5	490	Leito de rochas basálticas
Estação montante	EM	06/04/97	20:00	20	19	7,7	6,5	560	Leito de rochas basálticas
Estação J	EJ	06/04/97	18:00	19	17,5	7,66	6,5	418	Leito de rochas basálticas

Os dados levantados indicam no leito do Rio Pinhal do total de 13 medições, os seguintes pH = Médio 7,49, mínimo 6,78 e máximo 7,87.

Em alguns afluentes das duas margens, efetuamos 9 medidas de pH e os dados apurados foram: Médio, 7,08, mínimo, 6,09, máximo, 7,68.

Na última campanha de campo, 06-04-97, identificamos os seguintes pH de campo: Jusante 7,66; Pinhal, 8,1, Montante, 7,69; em laboratório: Jusante, 7,675, Pinhal, 7,055, Montante, 6,975.

Os dados indicam que as águas do rio Pinhal têm pH alto e que estes valores estão dentro da média do pH das águas de rios do Sudoeste do Paraná, em cuja região a estrutura geológica é similar a da bacia.

O pH encontra-se na maioria das vezes na faixa alcalina, sendo superior a 7 e com máximo medido de 8.4.

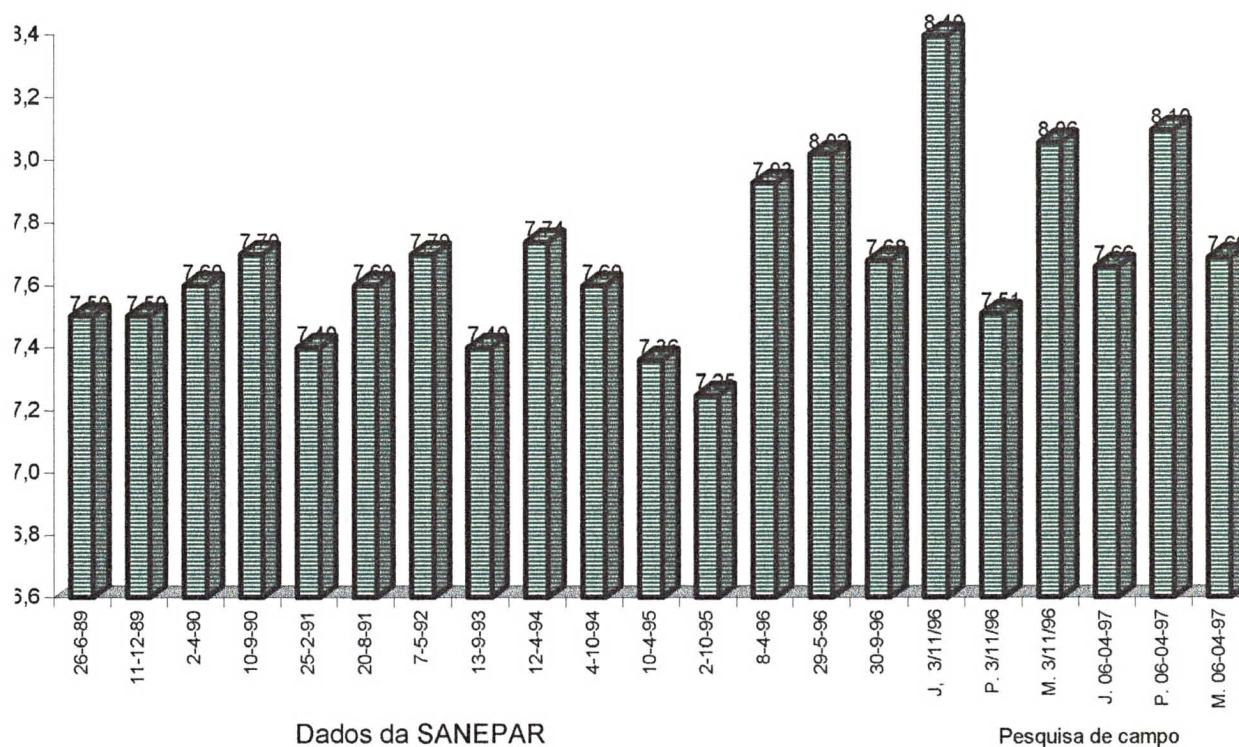


Figura 78, pH das águas do rio Pinhal

Foi observado que o pH não está relacionado com a altitude, mas, quando medido em afluentes, nos locais com leitos de argilas, os valores foram inferiores a 7. Já nos locais com leito rochoso, estava sempre acima de 7. Fica evidente, portanto, a influência das reações de hidrólise dos silicatos, especificamente os feldspatos, na elevação do pH das soluções circulantes em porções não totalmente alteradas dos basaltos. Nos níveis mais intensamente pedogenizados, sob intemperismo monosialitizante, a tendência esperada e encontrada é de pH mais baixo, por que as reações de hidrólise se realizam em baixa escala, BITTENCOURT (1978).

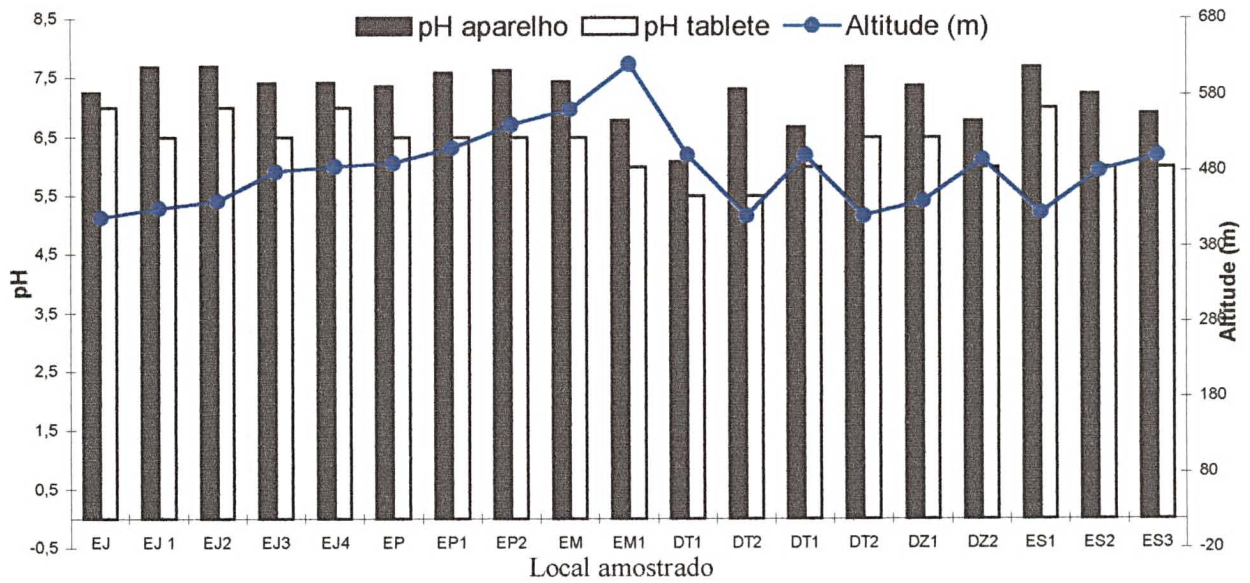


Figura 79, pH das águas do rio Pinhal e alguns afluentes

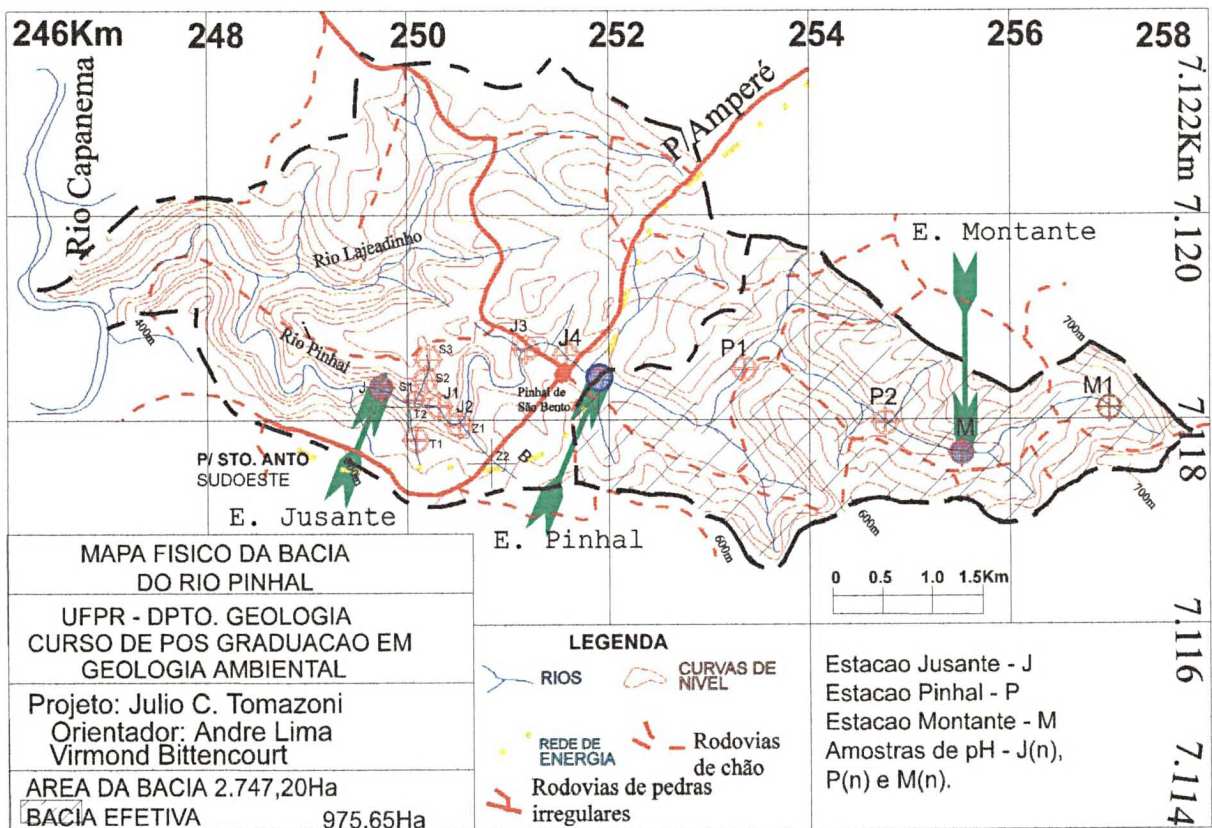


Figura 80, Bacia Hidrográfica do rio Pinhal, com destaque para estações fluvio sedimentométrica e locais de amostragem de pH.

8.3.2 - Interpretação dos dados das análises químicas

Na interpretação da análise efetuamos o tratamento dos dados no software DATAGEN4.EXE e WQ4F.EXE, desenvolvido por ROLLINS (1988), e manualmente.

Após todas as rotinas de cálculos dentro dos parâmetros já identificados foi possível identificar alguns parâmetros em relação à qualidade das águas da bacia.

Tabela 63, Análise química de 03-11-96.

ESPÉCIE		Jusante			Pinhal			Montante		
Espécie	Peso Mol.	mg/l	Mmol/l	Meq/l	mg/l	mmol/l	Meq/l	mg/l	mmol/l	Meq/l
Na ⁺	22,990	1,980	0,086	0,086	4,500	0,196	0,196	2,300	0,100	0,100
Mg ²⁺	24,305	2,220	0,091	0,183	2,300	0,095	0,189	2,830	0,116	0,233
K ⁺	39,098	1,700	0,043	0,043	1,100	0,028	0,028	0,840	0,021	0,021
Ca ²⁺	40,078	3,650	0,091	0,182	3,650	0,091	0,182	5,300	0,132	0,264
Total	-----	-----	0,312	0,494	-----	0,409	0,595	-----	0,370	0,619
CO ₃ ²⁻	60,008	3,594	0,060	0,120	4,794	0,080	0,160	5,325	0,089	0,177
HCO ₃ ⁻	61,159	7,310	0,120	0,120	9,750	0,160	0,160	10,830	0,178	0,178
NO ₃	62,004	5,400	0,087	0,087	3,600	0,058	0,058	4,600	0,074	0,074
Cl ⁻	35,453	1,000	0,028	0,028	1,000	0,028	0,028	1,000	0,028	0,028
SO ₄ ⁻	96,062	11,700	0,122	0,244	10,600	0,110	0,221	27,100	0,282	0,564
Total	-----	-----	0,417	0,598	-----	0,436	0,626	-----	0,651	1,022
SiO ₂	60,084	14,970	0,249	-----	14,330	0,238	-----	18,820	0,313	-----

Tabela 64, Análise química de 06-04-97.

ESPÉCIE		Conc. Jusante			Conc. Pinhal			Conc. Montante		
Espécie	Peso Mol.	mg/l	Mmol/l	Meq/l	mg/l	mmol/l	Meq/l	mg/l	mmol/l	Meq/l
Na ⁺	22,990	1,970	0,086	0,086	1,790	0,078	0,078	1,275	0,055	0,055
Mg ²⁺	24,305	4,620	0,190	0,380	4,500	0,185	0,370	5,225	0,215	0,430
K ⁺	39,098	1,395	0,036	0,036	1,200	0,031	0,031	1,070	0,027	0,027
Ca ²⁺	40,078	8,225	0,205	0,410	8,625	0,215	0,430	10,230	0,255	0,510
Total	-----	-----	0,517	0,912	-----	0,509	0,909	-----	0,553	1,023
CO ₃ ²⁻	60,008	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
HCO ₃ ⁻	61,159	43,920	0,720	0,720	50,630	0,830	0,830	55,510	0,910	0,910
Cl ⁻	35,453	2,085	0,059	0,059	1,145	0,032	0,032	2,170	0,061	0,061
SO ₄ ⁻	96,062	2,800	0,029	0,058	1,435	0,015	0,030	5,300	0,055	0,110
Total	-----	-----	0,808	0,837	-----	0,877	0,892	-----	1,026	1,081
SiO ₂	60,084	15,34	0,2552	-----	15,15	0,2520	-----	17,93	0,2983	-----

8.3.3 - Balanço iônico

Segundo BITTENCOURT (1994), as águas são eletricamente neutras e, portanto, as cargas relativas aos cátions são compensadas pelas cargas aniônicas.

A soma do total de cargas positivas, em termos de equivalentes de cátions, e o total de cargas negativas, em equivalentes de ânions, diminuindo-se um valor do outro é obtida uma diferença de balanço iônico (DBI) através da relação:

$$DBI = \frac{\sum \text{cátions} - \sum \text{ânions}}{\sum \text{cátions} + \sum \text{ânions}} * 100$$

Tabela 65, Balanço iônico

Discriminação	DE 03-11-96			DE 06-04-97		
	Jusante	Pinhal	Montante	Jusante	Pinhal	Montante
Cátions total	0,49423	0,595	0,619	0,91	0,909	1,023
Anions total	0,598	0,626	1,022	0,84	0,892	1,081
D.B, I,	9,5173	-2,56	-24,57	4,28	0,95	-2,769

Segundo BITTENCOURT (1994 p. 45), em boas e completas análises é de se esperar balanços de íons –D.B.I. menores do que 2%, porém pode se aceitar até a 10%.

Diante desses fatos, com exceção da de montante de 03-11-96, cujo valor é de 24,57%, as demais análises estão dentro de resultados aceitáveis.

8.3.4 - Interpretação dos dados das amostras pelo digrama de Piper

O Diagrama de Piper representa a composição iônica das águas em termos de miliequivalentes.

No triângulo inferior esquerdo, são plotados dados relativos Mg + Fe em relação Na+K, Ca em relação a Mg e Na + K em relação a Ca. No triângulo superior são plotados os dados de SO₄ + Cl em relação a linha do CO₃+HCO₃ e de Ca+Mg em relação a Na+K. No triângulo inferior direito, são plotados os dados de CO₃+HCO₃ em relação a SO₄, SO₄ em relação a NO₃+Cl e em relação a CO₃+HCO₃. Em cada triângulo identifica-se o ponto comum das espécies e procede-se a interseção dos pontos dos três triângulo, cujo resultado deverá ser dois segmentos de reta com vértice no triângulo superior.

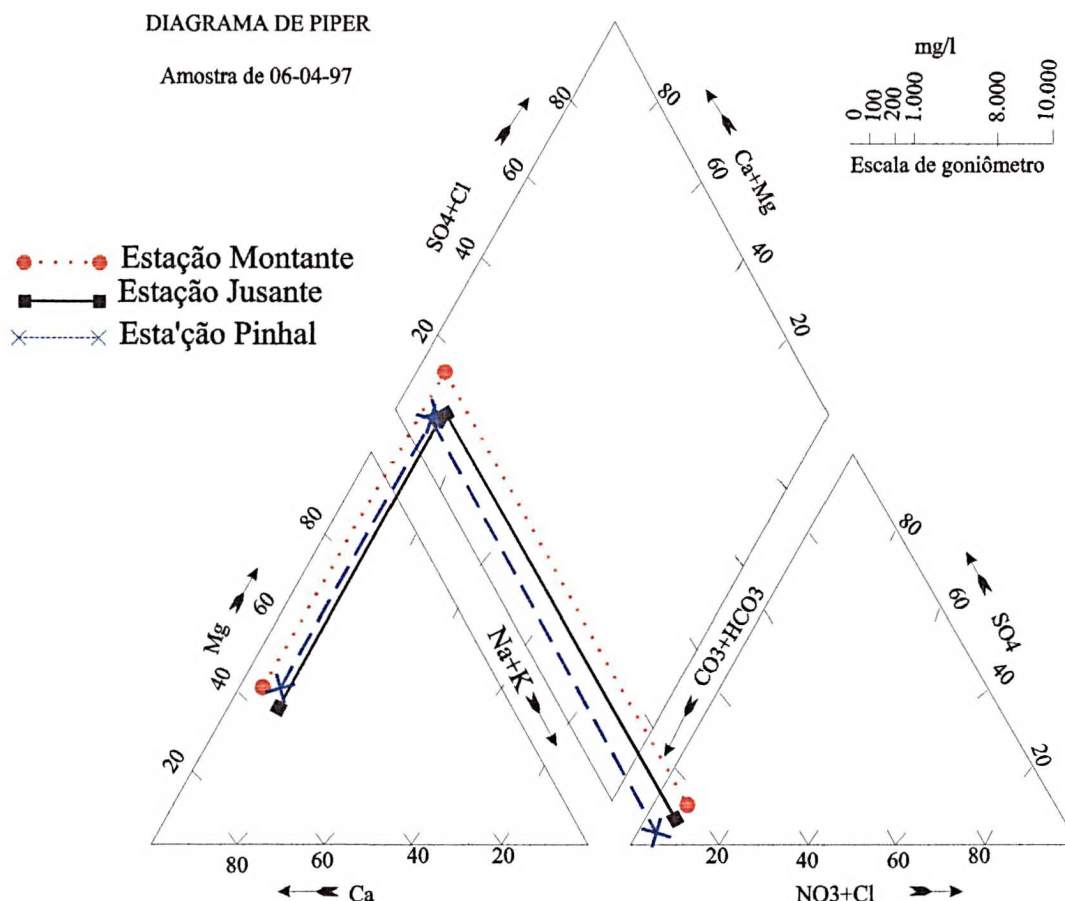
Observando a posição dos pontos em cada triângulo, em cujas bordas estão indicados os percentuais de cada espécie, pode-se então determinar a classificação de uma água pelos minerais que a compõem.

Tabela 66, % em mEq de Cátions.

Cátions	% mEq corrigida(03-11-96)			% mEq corrigida(06-04-97)		
	Jusante	Pinhal	Montante	Jusante	Pinhal	Montante
Na ⁺	17,4	32,9	16,2	9,4	8,6	5,4
Mg ²⁺	37,0	31,8	37,6	41,7	40,7	42,0
K ⁺	8,8	4,7	3,5	3,9	3,4	2,7
Ca ²⁺	36,9	30,6	42,8	45,0	47,3	49,9
Total %	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Tabela 67, % em mEq de Ânions.

Ânions	% mEq corrigida(03-11-96)			% mEq corrigida(06-04-97)		
	Jusante	Pinhal	Montante	Jusante	Pinhal	Montante
HCO ₃ ⁻	20,0	25,53	17,38	86	93,03	84,16
NO ₃ ⁻	14,6	9,265	7,267	0	0	0
Cl ⁻	4,7	4,505	2,762	7,03	3,621	5,663
SO ₄ ⁻²	40,7	35,24	55,26	6,96	3,349	10,21
CO ₃ ⁻²	20,0	25,51	17,38	0	0	0
Total %	100,0	100	100	100	100	100



Obs. Os dados estão representados em termos de percentuais de miliequivalente.

Figura 81, Classificação das águas do rio Pinhal pelo diagramas de Piper.

As três amostras de 03-11-96 não foram introduzidas no diagrama de Piper por possuírem altos teores de SO_4^{-2} , advindo principalmente de contaminação em laboratório.

Nas três amostras de 06-04-97, as águas enquadram-se como bicarbonatadas cálcio-magnesianas. No triângulo inferior esquerdo, o ponto nos diagramas está concentrado na região do Ca, vindo em segunda proporção o Mg. Os teores sódico-potássicos são baixos. No triângulo superior verifica-se concentrações que classificam as amostras como cálcio-magnesianas, sendo os teores de sulfato pouco significativos.

8.3.5 - Diagramas de equilíbrio

A termodinâmica permite aproximar a natureza de equilíbrio entre os minerais primários, secundários e soluções. Este método pode ser usado sendo conhecida a composição mineral de rochas originárias e a composição de minerais secundários neoformados ou minerais transformados pela ação da água TARDY (1971).

Utilizando este método demonstraremos o equilíbrio entre alguns minerais e as águas do Rio Pinhal. As equações das constantes de solubilidade dos minerais considerados foram obtidas de Tardy (1971), conforme demonstrado a seguir.

Anortita	$2\text{Log}[\text{Al}^{+3}] = 27,07 - 2\text{Log}[\text{H}_4\text{SiO}_4] - \text{Log}K[\text{Ca}^{+2}] + 8\text{Log}[\text{H}^+]$
Caulinita	$2\text{Log}K[\text{Al}^{+3}]^2 = -7,43 + 2\text{log}[\text{H}_4\text{SiO}_4]^2 - [\text{H}^+]^6$
Gibbsite	$\text{Log}K[\text{Al}^{+3}] = 8,23 + 3\text{log}[\text{H}^+]$
Pirofilita	$2\text{Log}[\text{Al}^{+3}] = 1,06 - 4\text{Log}[\text{H}_4\text{SiO}_4] + 6\text{log}[\text{H}^+]$
Piroxênio	$2\text{Log}[\text{Al}^{+3}] = 36,46 - \text{Log}[\text{Mg}^{+2}] - \text{Log}[\text{H}_4\text{SiO}_4] + 8\text{Log}[\text{H}^+]$
Quartzo	$\text{Log}[\text{H}_4\text{SiO}_4] = -3,99$
Sílica Amorfa	$\text{Log}[\text{H}_4\text{SiO}_4] = -2,714$
Albita/Caulinita	$\text{Log}[\text{Na}^+]/[\text{H}^+] + 0,93; -2\text{Log}[\text{H}_4\text{SiO}_4]$
Albita/Gibbsite	$\text{Log}[\text{Na}^+]/[\text{H}^+] - 3,90; -3\text{Log}[\text{H}_4\text{SiO}_4]$
Albita/Montmorilonita	$\text{Log}[\text{Na}^+]/[\text{H}^+] = -3,90; -3\text{Log}[\text{H}_4\text{SiO}_4]$
Anortita/Caulinita	$\text{Log}[\text{Ca}^{+2}]/[\text{H}^+]^2 = 16,41$
Anortita/Gibbsite	$\text{Log}[\text{Ca}^{+2}]/[\text{H}^+]^2 + 6,78; -2\text{Log}[\text{H}_4\text{SiO}_4]$
Anortita/Montmorilonita	$\text{Log}[\text{Ca}^{+2}]/[\text{H}^+] = 65,37; -4\text{Log}[\text{H}_4\text{SiO}_4]$
Anortita/Pirofilita	$\text{Log}[\text{Ca}^{+2}]/[\text{H}^+]^2 = 26 + 2\text{Log}[\text{H}_4\text{SiO}_4]$
Anortita/Pirofilita	$\text{Log}[\text{Ca}^{+2}]/[\text{H}^+]^2 = 26 + 2\text{Log}[\text{H}_4\text{SiO}_4]$
Caulinita/Gibbsite	$\text{Log}[\text{H}_4\text{SiO}_4]^2 = -4,82$
Caulinita/Montmorilonita	$\text{Log}[\text{Ca}^{+2}]/[\text{H}^+] = -41,27 - 8\text{Log}[\text{H}_4\text{SiO}_4]$
Microclínio/Caulinita	$\text{Log}[\text{K}^+/\text{H}^+] = -2,45 - \text{Log}[\text{H}_4\text{SiO}_4]$
Microclínio/Gibbsite	$\text{Log}[\text{K}^+/\text{H}^+] = -7,28 - 3\text{Log}[\text{H}_4\text{SiO}_4]$
Microclínio/Muscovita	$\text{Log}[\text{K}^+/\text{H}^+] = -5,93$
Montmorilonita	$14\text{Log}[\text{Al}] = 10,74 - \text{Log}[\text{Ca}] - 22\text{Log}[\text{H}_4\text{SiO}_4] + 44\text{Log}[\text{H}^+]$
Montmorilonita/Gibbsite	$\text{Log}[\text{Na}^+]/[\text{H}^+] = -43,11; -11\text{Log}[\text{H}_4\text{SiO}_4]$
Montmorilonita/Gibbsite	$\text{Log}[\text{Na}^+]/[\text{H}^+] = -43,11; -11\text{Log}[\text{H}_4\text{SiO}_4]$
Muscovita/Caulinita	$\text{Log}[\text{K}^+/\text{H}^+] = 4,52$
Muscovita/Gibbsite	$\text{Log}[\text{K}^+/\text{H}^+] = -9,96 - 3\text{Log}[\text{H}_4\text{SiO}_4]$
Pirofilita/Anortita	$\text{Log}[\text{Ca}^{+2}]/[\text{H}^+]^2 + 26 + 2\text{Log}[\text{H}_4\text{SiO}_4]$
Piroxênio/Caulinita	$\text{Log}[\text{Mg}^{+2}/\text{H}^+]^2 = 29,03 - 2\text{Log}[\text{H}_4\text{SiO}_4]$
Piroxênio/Gibbsite	$\text{Log}[\text{Mg}^{+2}]/[\text{H}^+] = 20 - \text{Log}[\text{H}_4\text{SiO}_4]$
Piroxênio/Pirofilita	$\text{Log}[\text{Mg}^{+2}/\text{H}^+]^2 = 35,4 + 3\text{Log}[\text{H}_4\text{SiO}_4]$

Estes dados foram plotados no diagrama de equilíbrio de Korzinski, dentro dos seguintes critérios: As figuras 82 a 85, são diagramas de equilíbrio, sendo que as abcissas representam a concentração da Sílica e as ordenadas os valores da razão $[\text{Ca}^{+2}]/[\text{H}^+]^2$, $[\text{Na}^+]/[\text{H}^+]$, $[\text{K}^+]/[\text{H}^+]^2$ e $[\text{Mg}^{+2}]/[\text{H}^+]^2$. Nestes gráficos foram plotados os campos de estabilidade para alguns minerais

8.3.5.1 - Equilíbrio do Ca

Foi usada a razão $\log [Ca^{+2}]/[H^+]$ e $\log H_4SiO_4$, sendo plotado o campo de estabilidade da pirofilita, anortita, gibsita, caulinita, montmorilonita, quartzo, sílica amorfa e dados das análises das águas do rio Pinhal.

Montmorilonita/Gibsita	$\log [Na^+]/[H^+] = -43,11; -11 \log [H_4SiO_4]$
Gibsita/Caulinita	$\log [H_4SiO_4] = -4,82$
Pirofilita/Anortita	$\log [Ca^{+2}]/[H^+]^2 = 26 + 2 \log [H_4SiO_4]$
Montmorilonita/Caulinita	$\log [Ca^{+2}]/[H^+]^2 = -15,7; -8 \log [H_4SiO_4]$
Anortita/Caulinita	$\log [Ca^{+2}]/[H^+]^2 = 16,41$
Anortita/Gibsita	$\log [Ca^{+2}]/[H^+]^2 = 6,78; -2 \log [H_4SiO_4]$
Anortita/Montmorilonita	$\log [Ca^{+2}]/[H^+]^2 = 65,37; -4 \log [H_4SiO_4]$
Sílica amorfa	$\log [H_4SiO_4] = -2,714$
Quartzo	$\log [H_4SiO_4] = -3,999$
Jusante 06-04-97	$\log [Ca^{+2}]/[H^+]^2 = 11,56910 - 3,594 \log H_4SiO_{4aq}$
Pinhal - 06-04-97	$\log [Ca^{+2}]/[H^+]^2 = 12,4669 - 3,604 \log H_4SiO_{4aq}$
Montante 06-04-97	$\log [Ca^{+2}]/[H^+]^2 = 11,7324 - 3,527 \log H_4SiO_{4aq}$

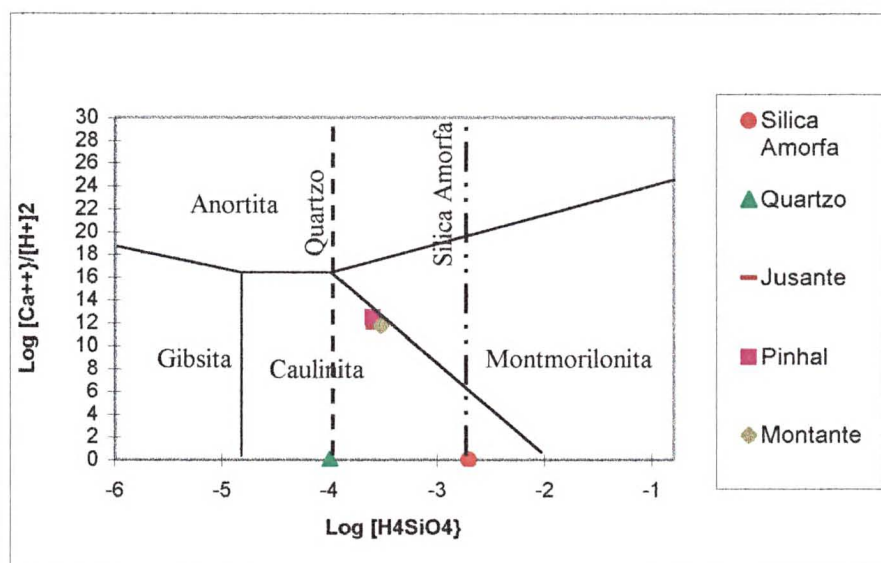


Figura 82, Diagrama de equilíbrio do Cálcio

Construído o gráfico, verificou-se o predomínio da caulinita. Os dados da amostra da água estão muito próximos limite entre caulinita e montmorilonita.

8.3.5.2 - Equilíbrio do Na

Foi usada a razão $\log [Na^+]/[H^+]^2$ e $\log H_4SiO_4$, sendo plotado o campo de estabilidade da albita, gibsita, caulinita, montmorilonita, quartzo, sílica amorfa e dados das análises das águas do rio Pinhal.

Montmorilonita/Gibbsite	$\text{Log} [\text{Na}^+]/[\text{H}^+] = -43,11; -11\text{Log} [\text{H}_4\text{SiO}_4]$
Montmorilonita/Caulinita	$\text{Log} [\text{Na}^+]/[\text{H}^+] = -9,31; -4\text{Log} [\text{H}_4\text{SiO}_4]$
Caulinita/Gibbsite	$\text{Log} [\text{H}_4\text{SiO}_4] = -4,82$
Albita/Montmorilonita	$\text{Log} [\text{Na}^+]/[\text{H}^+] = -3,90; -3\text{Log} [\text{H}_4\text{SiO}_4]$
Albita/Caulinita	$\text{Log} [\text{Na}^+]/[\text{H}^+] = +0,93; -2\text{Log} [\text{H}_4\text{SiO}_4]$
Albita/Gibbsite	$\text{Log} [\text{Na}^+]/[\text{H}^+] = -3,90; -3\text{Log} [\text{H}_4\text{SiO}_4]$
Sílica amorfa	$\text{Log} [\text{H}_4\text{SiO}_4] = -2,714$
Quartzo	$\text{Log} [\text{H}_4\text{SiO}_4] = -3,999$
Jusante 06-04-97	$\text{Log} [\text{Na}^+]/[\text{H}^+] = 3.569 - 3.594\text{Log} \text{H}_4\text{SiO}_4\text{aq}$
Pinhal – 06-04-97	$\text{Log} [\text{Na}^+]/[\text{H}^+] = 3.604 - 3.976 \text{H}_4\text{SiO}_4\text{aq}$
Montante 06-04-97	$\text{Log} [\text{Na}^+]/[\text{H}^+] = 3.3104 - 3.527\text{Log} \text{H}_4\text{SiO}_4\text{aq}$

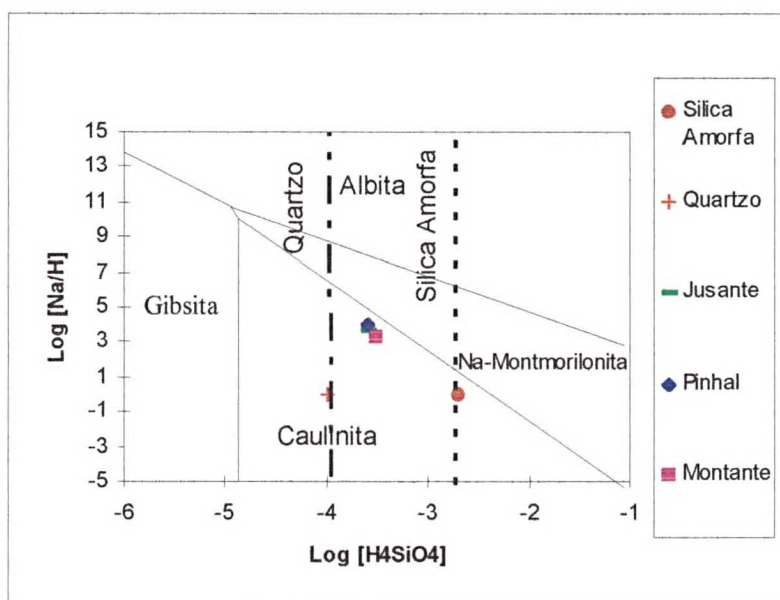


Figura 83, Diagrama de equilíbrio do Na

Plotados os dados das amostra de água da bacia, estas ficaram dentro do domínio da caulinita.

8.3 5.3 - Equilíbrio do Mg

Foi usada a razão $\text{log} [\text{Mg}^+]/[\text{H}^+]^2$ e $\text{log} \text{H}_4\text{SiO}_4$, sendo plotado o campo de estabilidade da gibbsite, caulinita, quartzo, sílica amorfa e dados das análises das águas do rio Pinhal.

Montmorilonita/Caulinita	$\text{Log} [\text{Mg}^+]/[\text{H}^+]^2 = -9,31; -4\text{Log} [\text{H}_4\text{SiO}_4]$
Caulinita/Gibbsite	$\text{Log} \text{H}_4\text{SiO}_4 = -4,82$
Piroxênio/Caulinita	$\text{Log} [\text{Mg}^+/\text{H}^+]^2 = 29,03 - 2\text{Log}[\text{H}_4\text{SiO}_4]$

Piroxênio/Pirofilita	$\text{Log} [\text{Mg}^+/\text{H}^+]^2 = 35,4 + 3\text{Log}[\text{H}_4\text{SiO}_4]$
Piroxênio/Gibsita	$\text{Log} [\text{Mg}^+/\text{H}^+]^2 = 20 - \text{Log}[\text{H}_4\text{SiO}_4]$
Sílica amorfa	$\text{Log} [\text{H}_4\text{SiO}_4]^2 = -2,714$
Quartzo	$\text{Log} [\text{H}_4\text{SiO}_4]^2 = -3,999$
Jusante 06-04-97	$\text{Log} [\text{Mg}^{+2}/[\text{H}^{+2}]] = 11,503 - 3,594\text{Log} \text{H}_4\text{SiO}_{4\text{aq}}$
Pinhal – 06-04-97	$\text{Log} [\text{Mg}^{+2}/[\text{H}^{+2}]] = 12,338 - 3,604\text{Log} \text{H}_4\text{SiO}_{4\text{aq}}$
Montante 06-04-97	$\text{Log} [\text{Mg}^{+2}/[\text{H}^{+2}]] = 11,66981 - 3,527\text{Log} \text{H}_4\text{SiO}_{4\text{aq}}$

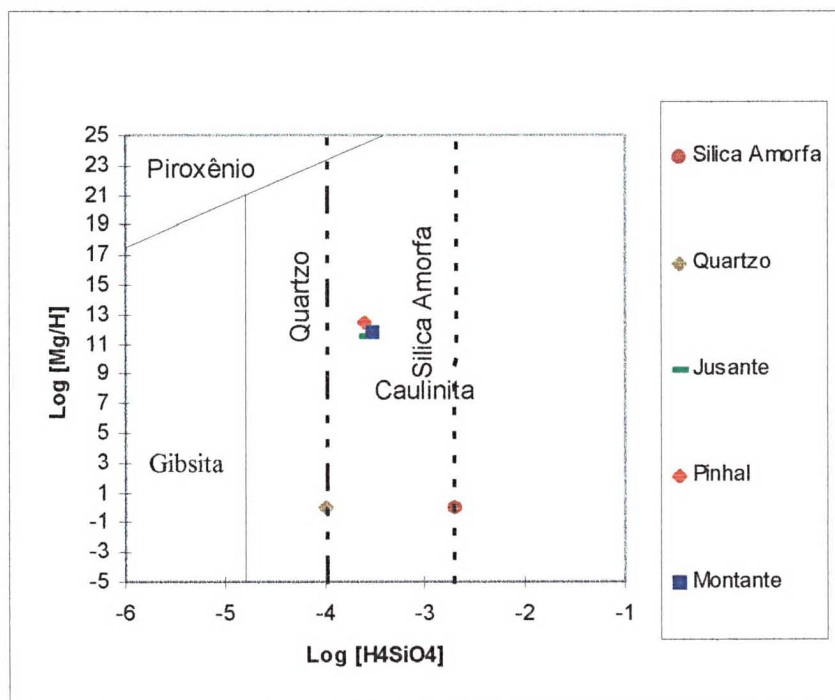


Figura 84, Diagrama de equilíbrio do Mg

Os dados de todas as amostras estão no domínio da caulinita.

8.3.5.4 Equilíbrio do K

Foi usada a razão $\text{log} [\text{K}^+]/[\text{H}^+]$ e $\text{log} \text{H}_4\text{SiO}_4$, sendo plotado o campo de estabilidade da muscovita, gibsita, caulinita, microclínio quartzo, sílica amorfa e dados das análises das águas do rio Pinhal.

Caulinita/Gibsita	$\text{Log} \text{H}_4\text{SiO}_4 = -4,82$
Muscovita/Gibsita	$\text{Log} [\text{K}^+/\text{H}^+] = -9,96 - 3\text{Log} [\text{H}^+\text{SiO}_4]$
Muscovita/Caulinita	$\text{Log} [\text{K}^+/\text{H}^+] = 4,52$
Microclínio/Muscovita	$\text{Log} [\text{K}^+/\text{H}^+] = -5,93$
Microclínio/Caulinita	$\text{Log} [\text{K}^+/\text{H}^+] = -2,45 - \text{Log}[\text{H}_4\text{SiO}_4]$

Microclínio/Gibbsite

$$\text{Log } [K^+/H^+] = -7,28 - 3\text{Log}[H_4SiO_4]$$

Jusante 06-04-97

$$\text{Log } [K^+]/[H^+] = 3,1808 - 3,594\text{Log } H_4SiO_{4aq}$$

Pinhal – 06-04-97

$$\text{Log } [K^+]/[H^+] = 3,562 - 3,604 \text{Log } H_4SiO_{4aq}$$

Montante 06-04-97

$$\text{Log } [K^+]/[H^+] = 3,1219 - 3,527\text{Log } H_4SiO_{4aq}$$

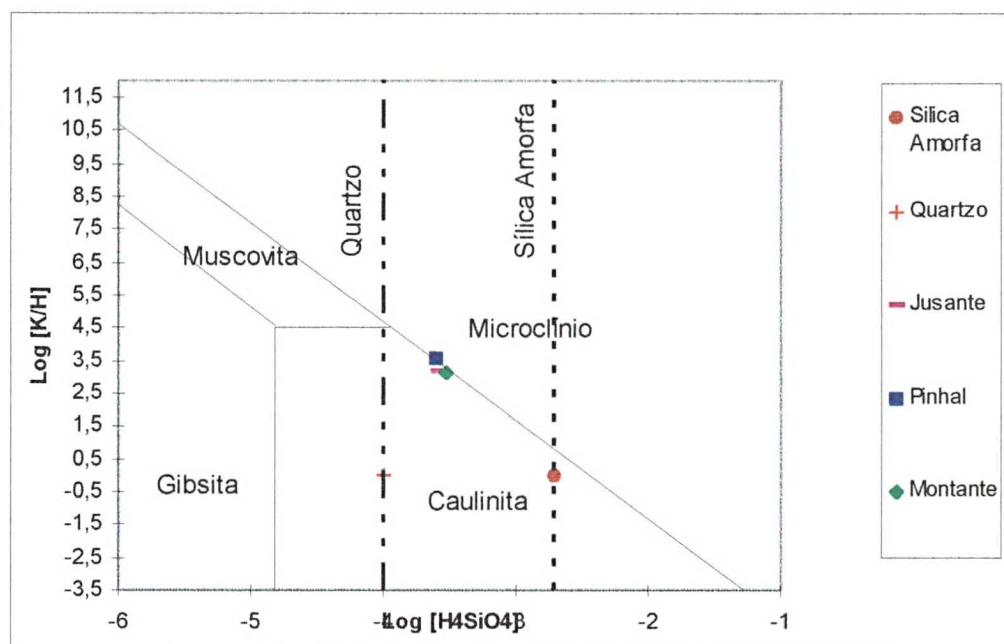


Figura 85, Diagrama de equilíbrio do K.

Os dados das amostras de água plotados também ficaram no domínio da caulinita, muito próxima ou até no limite com o microclínio.

Analisando as figuras 82 a 85, no que tange a esses minerais, pode-se concluir que nestas amostras a composição das águas é controlada pela caulinita.

Este fato se justifica por serem amostras de região de basalto onde as rochas são ricas em cálcio. A calcita e a dolomita são pouco solúveis em água pura; entretanto, sua solubilidade aumenta na água com CO_2 dissolvido, desse modo forma-se o bicarbonato.

8.3.6 - Grau de saturação

As constantes de equilíbrio que demonstram as reações de dissolução dos minerais MAYNARD et al (1995, p12) constam na tabela 68:

Tabela 68, Equilíbrio de dissolução de minerais

AP/K	Log AP/K	Solução
>1	+	Supersaturada
1	0	Saturada
<1	-	Insaturada

Na solução saturada há equilíbrio entre a quantidade de soluto e solvente;

Na solução insaturada existe pequena quantidade de soluto em relação ao solvente.

Na Solução supersaturada há grande quantidade de soluto em relação ao solvente.

O grau de saturamento das águas do Rio Pinhal que consta na tabela anterior pode ser assim resumido:

Tabela 69, Grau de saturamento das águas da bacia.

Estação/amostra	Grau de saturamento do mineral		
	Insaturada	Saturada	Supersaturada
Jusante 06-04-97	Demais minerais	-----	Calcedonia, Cristobalita e Quartzo
Pinhal 06-04-97	Demais minerais	-----	Calcedonia, Cristobalita, e Quartzo
Montante 06-04-97	Demais minerais	-----	Calcedonia, Cristobalita e Quartzo

8.4 – Características bacteriológicas das águas do rio Pinhal

As águas destinadas ao consumo, no que se refere a processos de contaminação bacteriológica, as pesquisas são direcionadas a contaminação por coliformes totais e fecais. A maioria das doenças bacterianas de veiculação hídrica têm origem em fezes contaminadas. O grupo coli-aerogêneos é habitante normal do intestino humano, por isso a colimetria é o parâmetro indicativo da qualidade bacteriológica das águas.

Como processo de investigação suplementar faz-se a contagem geral de bactérias

Por isso os exames bacteriológicos mais comuns são: coliformes totais – contagem geral de colônias e coliformes fecais – contagem do grupo-coliformes.

Para uma caracterização da qualidade da água do rio Pinhal, usamos dados de amostras da SANEPAR, da barragem de captação para abastecimento da sede do município, situada logo a baixo da estação pinhal. Estes dados constam na tabela 70.

Tabela 70, Resultado de análises bacteriológicas efetuados nos anos de 1996 e 1995 pela SANEPAR

Data da amostra	Condições do tempo	Água in natura			Água tratada		
		Resíduo Cl	Col. Totais	Col. fecais	Resíduo Cl	Col. Totais	Col. fecais
23/01/95	Bom	0	3800	3000	1,8	1	0
06/02/95	Cuvas fraças	0	1700	1200	1,5	1	0
27/03/95	Bom	0	1500	1200	1,8	1	0
25/05/95	Bom	0	2900	2300		1	0
22/05/95	Bom	0	900	500	1,6	1	0
26/06/95	Chuvas fortes	0	6600	5900	1,6	1	0
24/07/95	Bom	0	2700	1900	1,7	1	0
21/08/95	Bom	0	2800	2300	1,6	1	0
25/09/95	Chuvas fortes	0	9100	6900	1,6	1	0
23/10/95	Bom	0	1700	1100	1,5	1	0
20/11/95	Bom	0	2100	700	1,6	1	0
19/12/95	Bom	0	700	400	1,7	1	0
29/01/96	Chuvas médias	0	20000	10900	1,8		
26/02/96	Chuvas fraças	0	5500	2700	1,5	1	0

Continua tabela 70

Data da amostra	Condições do tempo	Água in natura			Água tratada		
		Resíduo Cl	Col. totais	Col. fecais	Resíduo Cl	Col. Totais	Col. fecais
25/03/96	Bom	0	2300	1500	1,5	1	0
22/04/96	Bom	0	1700	300	1,7	1	0
27/05/96	Chuvas médias	0	3300	1500	1,5	1	0
24/06/96	Bom	0	1500	<100	1,6	1	0
30/07/96	Bom	0	2900	1200	1,6	1	0
26/08/96	Bom	0	5100	1500	1,5	1	0
23/09/96	Bom	0	2300	1400	1,8	1	0
21/10/96	Chuva forte	0	9700	2200	1,6	1	0

O resíduo de Cl é em mg/l e o coliformes total e fecal é número por 100 ml de amostra.

Os níveis bacteriológicos desejáveis e aceitáveis de qualidade da água in natura para abastecimento de água potável segundo padrões internacionais e da CONAMA constam na tabela 71.

Tabela 71, Níveis bacteriológicos desejáveis e aceitáveis de qualidade da água in natura para potável potável.

Coliformes totais		Coliformes fecais	
Nível desejável / 100ml de água	Nível aceitável / 100ml de água	Nível desejável / 100ml de água	Nível aceitável / 100ml de água
<100	1000	<10	100

In natura: O número de coliformes totais em nenhum dia amostrado esteve dentro de padrões desejáveis e aceitável apenas nos dias 20-05-95 e 19-12-95. Os índices de coliformes fecais sempre estiveram dentro dos padrões desejáveis e só em 24-06-96 é que estiveram dentro de padrões aceitáveis.

Água tratada: após tratamento as águas números de coliformes totais e fecais que as tornam aptas ao consumo humano, resta saber se os resíduos de Cl do tratamento realmente estão dentro de padrões aceitáveis ao consumo humano.

O número de coliformes na água in natura é crítico nos períodos chuvosos, com erosão superficial do solo capaz de transportá-lo até o curso do rio.

IX - PAISAGENS CARACTERÍSTICAS DA BACIA DO RIO PINHAL

As paisagens geoquímicas de uma região estão fundamentadas nos ciclos geoquímicos. Conceitualmente, estes ciclos dividem-se em duas partes, uma geológica e outra ambiental. A parte geológica (ciclo geoquímico maior) se desenvolve em profundidade no interior da Terra, quando rochas sedimentares são enterradas por processos de diagenesis, sofrendo estado profundo de metamorfismo, que eventualmente resulta na formação de rochas cristalinas. A parte ambiental (ciclo menor) começa quando rochas cristalinas são expostas na superfície da Terra ao processo de intemperismo. Este ciclo continua durante o processo de transporte e deposição que o produto do intemperismo faz no ambiente. Ele acaba com a formação de rochas sedimentares, que depois são enterradas em profundidade entrando novamente no ciclo maior, FORTESCUE (1980).

Na bacia do rio Pinhal, o ciclo geoquímico maior são os processos magmáticos e metamórficos que ocorreram no seu interior, cuja intensidade atingiu seu ápice há 120 e 130 milhões de anos, por ocasião do vulcanismo de fissuras, quando blocos de rochas sedimentares foram recobertas por lavas basálticas modificando a estrutura geológica da região.

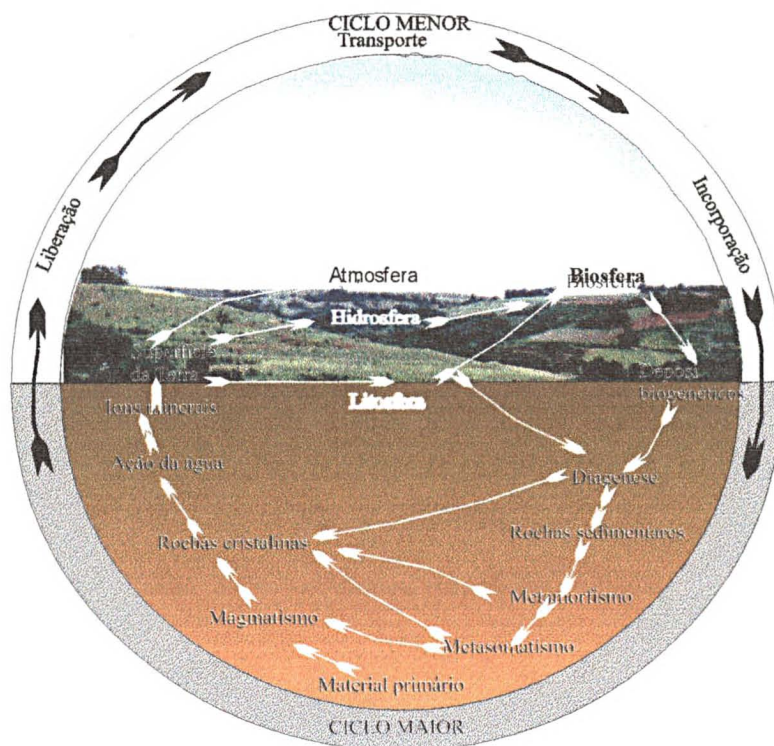


Figura 86, Ciclos geoquímicos maior e menor, na bacia do rio Pinhal, Adaptado de FORTESCUE (1980).

O ciclo geoquímico menor (atual) está fundamentado no processo de intemperismo das rochas basálticas do derrame de fissuras, cujos sedimentos deram origem aos solos daquela bacia hidrográfica. Este ciclo continua em plena atividade, pois os sedimentos erodidos dos solos continuam sendo transportados por águas superficiais, subterrâneas e ventos para outras áreas.

Outro modelo conceitual geral em geoquímica é o da pedosfera descrito por MATTSON (1938) em FORTESCUE (1980). Este conceito baseia-se em quatro geosferas, para eventos que ocorram na paisagem durante o tempo geológico e pedológico. Mattson notou que quando as quatro geosferas se integram à luz resultam em uma 5ª geosfera, a pedosfera. A natureza da pedosfera varia com o clima, condições geológicas e tempo que a geosfera demorou para se formar.

A pedosfera admissível encontrada, ocorrendo em ambiente terrestre de áreas bem drenadas, lodo e em fundo de lago.

Exemplos de diferentes ambientes que resulta da interação das quatro geosferas são demonstrado a seguir:

(A) Atmosfera; (B) biosfera; (L) litosfera; (H) hidrosfera e (P) pedosfera.

LA - Ambiente desértico;

AB - Parte superior do solo com cobertura vegetal;

HB - Lago contendo organismos na água;

LH - Areia com argila em condições estéreis;

LAH - Condições extremas entre solos salinos;

LAB - Depósitos de guanos por pássaros migrantes;

HAB - Solos orgânicos e serrapilheira;

LHB - Solos encharcados e fundo de lagos.

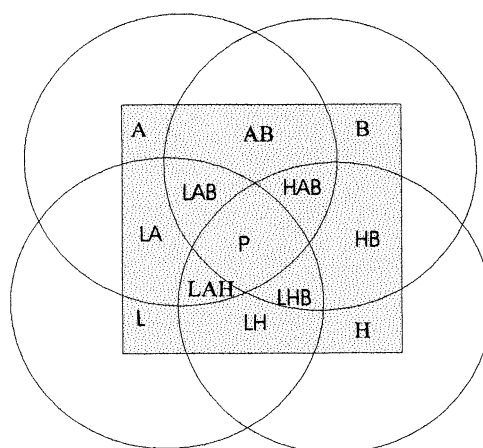


Figura 87, Geosfera de MATTSON adaptado de FORTESCUE (1980)

Na área em pauta, existe a interação das quatro geosfera formando uma pedosfera bem equilibrada, com solos razoavelmente desenvolvidos, chuvas abundantes e bem distribuídas, boa umidade do ar e temperaturas médias.

Podemos, portanto, caracterizar a área sob um terceiro modelo conceitual que é o prisma de paisagem. O prisma de paisagem constitui-se por um volume unitário com superfície vertical e centrado na pedosfera, sendo que a superfície abaixo da superfície do solo vai até as rochas sólidas da litosfera e para cima a biosfera ou hidrosfera (em lagos e rios) e atmosfera, FORTESCUE (1980).

Na área em pauta, constatamos três tipos de prismas de paisagem: eluvial, aqual e super aqual.

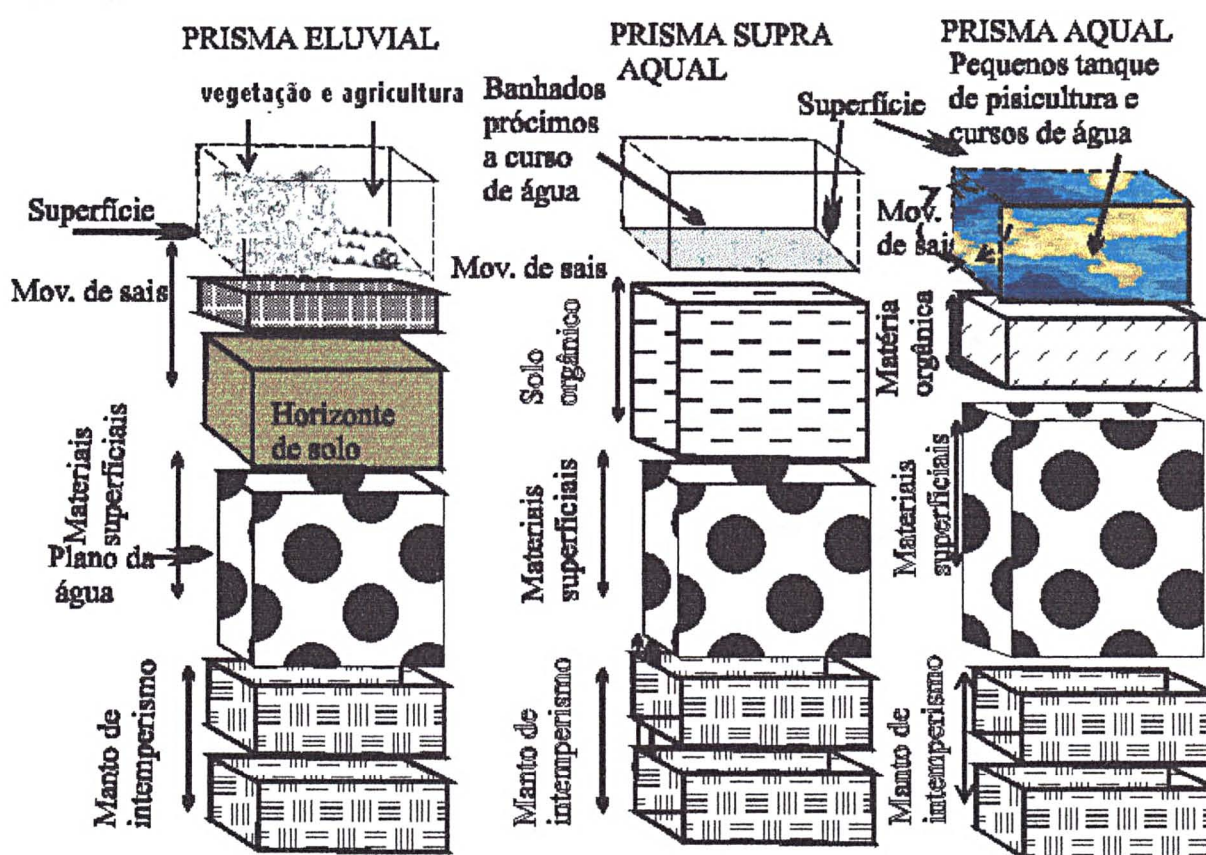


Figura 88, Prismas de paisagem, adaptado de Fortescue (1980)

• Eluviais

Na região de Cambissolo eutrófico, o prisma de paisagem constituía-se originalmente por perfis medianamente profundos e rasos no Litólico eutrófico (Pedosfera), compondo portanto a litosfera; a biosfera composta por uma cobertura arbórea de floresta subtropicais.

A região de Latossolo Roxo eutrófico e Terra Roxa Estruturada Eutrófica possui perfis profundos e a biosfera em condições naturais era constituída por florestas subtropicais.

Nos dois prismas, a hidrosfera está presente na forma de chuvas, vapor atmosférico e constituindo o próprio perfil do solo, a atmosfera, pelo ar na forma livre. Na biosfera, em função do processo de ocupação humana, as matas foram substituídas por culturas anuais de milho, feijão, soja, trigo e outra, pastagens de gramíneas e remanescentes das florestas como capoeiras, capoeirões e matas secundárias.

• Super aqual

Próximo de alguns cursos de água de forma muito restrita, existem pequenos banhados, com solos hidromórficos e cobertura vegetal de gramíneas e ervas adaptadas a esse tipo de ambiente.

• Aqual

Em algumas propriedades existem pequenos açudes, formando prisma de paisagem aqual. Este ambiente é originário de processo artificiais para construção de pequenas represas onde é desenvolvida a piscicultura de subsistência.

9.1 - Fluxos geoquímicos na paisagem

Para entender o fluxo dos elementos químicos na paisagem devemos, primeiramente saber quais são os elementos mais abundantes no planeta, crosta terrestre e, nas rochas de basalto de algumas áreas do Terceiro Planalto Paranaense e da bacia do rio Pinhal, que constam da tabela 70.

Tabela 72, Composição química da crosta e rochas basálticas em (%)

Espé- cie	I	II			III				IV	V	VI	VII	VIII	IX
	C	A	B	C	A	B	B1	C	B	B	B	D	D	D
SiO ₂	59,1	46,6	59,4	55,2	49,4	59,3	58,8	57,1	59,2	60,3	57,9	53,9	50,8	49,4
TiO ₂	1,0	2,9	1,2	1,6	1,4	0,7	0,8	0,9	0,8	1,0	1,2			1,92
Al ₂ O ₃	15,2	15,0	15,6	15,3	15,4	15,0	14,9	15,0	15,8	15,6	15,2	12,3	14,0	14,4
Fe ₂ O ₃	3,1	3,8	2,3	2,8	2,7	2,4	2,4	2,5	3,4		2,3	7,99	11,3	15,2
FeO	3,7	8,0	5,0	5,8	7,6	5,6	5,8	6,0	3,6	7,2	5,5	8,05		
MnO	0,1	0,2	0,1	0,2	0,3	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2			0,17
Mg	5,6	12,9	6,9	8,62	12,6	8,12	8,45	9,12	5,47	6,46	8,78	4,35	4,44	9,40
Ca	2,04	4,76	2,64	3,52	5,01	2,88	2,96	3,36	1,24	2,3	2,84	4,2	7,48	3,84
Na	4,98	3,36	4,18	3,91	3,50	3,37	3,37	3,37	2,83	4,31	4,04	2,79	2,92	2,91
K	3,37	1,2	2,76	2,28	0,36	2,53	2,4	2,04	4,69	3,00	2,52	0,64	1,20	1,00
H ₂ O	1,3								3,0	0				
P ₂ O ₅	0,3	0,3	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	nd	nd	0,29
Outros														1,47
Total	99,79	99,02	100,8	99,53	98,47	100	100	99,79	100	100	100	94,2	92,2	100

Legenda: I - Clarke Washginton (1924); II - Poldervaart (1955); III - Ronov e Yaroshevski (1976); IV - Goldschmidt(1954); V - Taylor (1964); VI - Pakiser e Robinson (1967); VII - Rochas basálticas de Guarapuava Pr, VIII - Rochas basálticas de União da Vitória Pr, IX - Rochas basálticas da bacia do rio Pinhal, A - Oceânica; B - Continental; B1 - Subcontinental; C - Total; D - Composição média de rochas basálticas.

Fonte: I a V, HENDERSON, (1984, p. 72); VII e VIII, MINEROPAR, IX LAMIR - UFPR

Tabela 73, Abundância dos elementos na Terra

Elemento	Mason (1966) %	Ringwood (1966) %
Fe	34.63	31
O	29.53	30
Si	15.20	18
Mg	12.70	16
Ni	2.39	1,7
S	1.93	-
Ca	1,13	1.8
Al	1.09	1.4
Na	0.57	0.9
Cr	0.26	-
Mn	0.22	-
Co	0.13	-
K	0.10	-
Ti	0.07	-
Outros	0.05	-

Fonte: HENDERSON, (1984, p. 59)

Usando modelos de simulação em determinado tipo de paisagem é possível determinar o padrão de migração para muitos elementos móveis, baseado em dados e informações obtidas pelo comportamento deles.

POLINOV (1951) em FORTESCUE (1980) definiu séries de migrações por elemento em paisagens geoquímicas, conforme tabela a seguir.

Tabela 74, Classificação de elementos migrantes segundo POLINOV (1951).

Classe de elemento migrante	Ordem de migração	Índice de migração
Removidos energeticamente	Cl (Br, I), S	$2n \times 10$
Removidos facilmente	Ca, Na, Mg, K	n
Móvel	SiO ₂ (silicato), P, Mn	$n/10$
Inertes	Fe, Al, Ti	$n/10^2$
Praticamente imóveis	SiO ₂	$n/10^x$

PEREL'MAN classificou os elementos migrantes na paisagem, da seguinte forma:

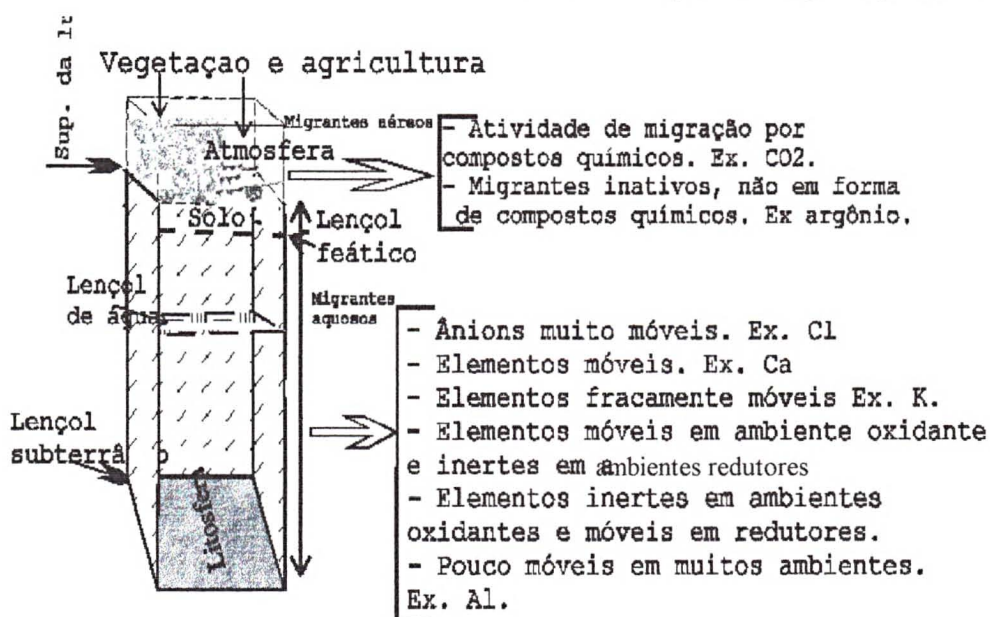


Figura 89, Elementos migrantes segundo PEREL'MAN em FORTESCUE (1980)

KOZLOWSKI (1972) em FORTESCUE (1980) começou seu trabalho com descrição de correntes imaginárias de substâncias existentes na paisagem, sobre um determinado período de tempo. Ele dividiu estas correntes em duas classes: 1 - migrantes independentes, que criam uma fase de movimento ou corrente na paisagem e; 2 - migrantes dependentes, que são transportados pelos independentes. Por exemplo o fluxo da água é um migrante independentes e as substâncias dissolvidas e sólidos nela transportados são os migrantes dependentes.

No caso específico da área, podemos dizer que as águas superficiais e subterrâneas são migrantes independentes e todo o material carregado por elas quer seja sedimentos ou compostos químicos são migrantes dependentes.

A estabilidade geoquímica das paisagens geoquímicas é determinada pela estrutura migracional que age sobre os prismas durante um tempo geológico e pedológico, por migração mecânica, pelas águas, ar e migração biológica.

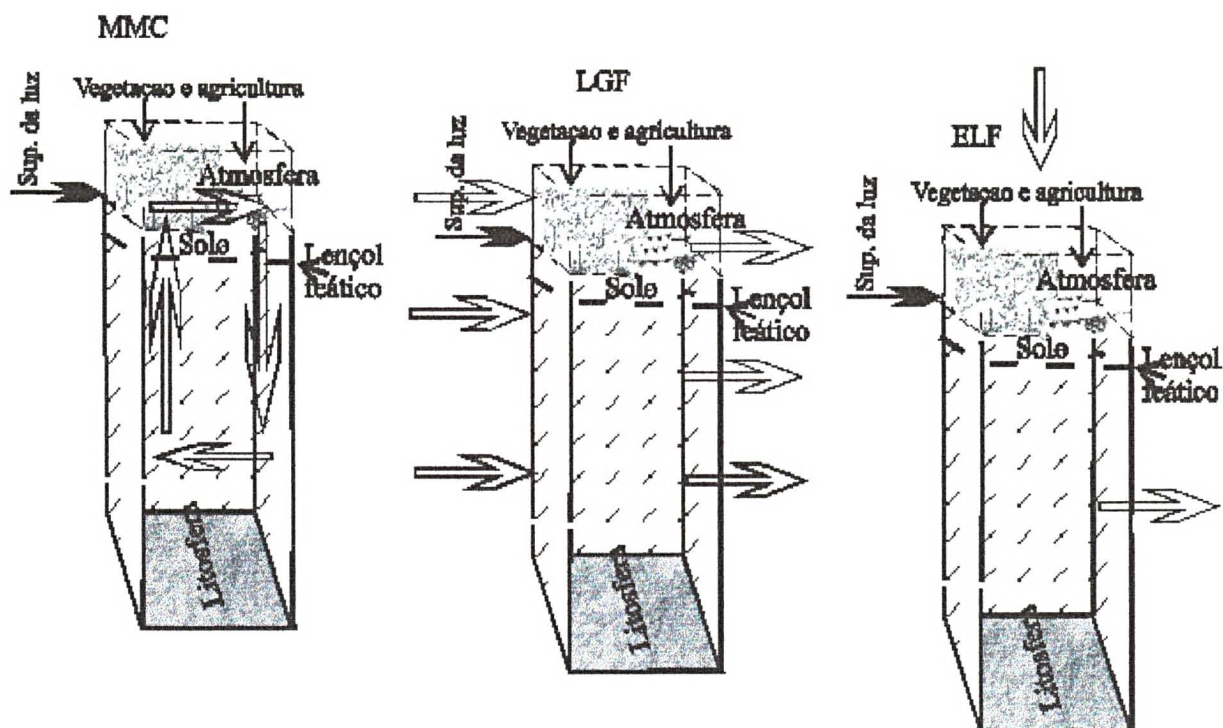


Figura 90, Descrição dos fluxos de matéria por KOSLOVSKI (1972) em FORTESCUE (1980).

• MMC - Ciclo migracional principal

A circulação de substâncias químicas dentro de um prisma de paisagem, com característica de sistema fechado. Deste modo, durante os fluxos o movimento de matéria é predominantemente vertical e quando ascendente, do solo para as plantas e animais e se

descendente de plantas e animais volta para o solo. Este tipo de fluxo, envolvendo elementos nutrientes e não nutrientes, é que caracteriza esse tipo de ciclo.

O processo pedogenético da área, para formação dos solos, é um processo semelhante.

- **LGF - Fluxo geoquímico de paisagem**

Envolve um movimento progressivo de substâncias paralelo à superfície terrestre . Este tipo de fluxo no contexto de uma paisagem ocorre na atmosfera e pedosfera, ou na litosfera.

- **ELF - Fluxo extra paisagem**

Constitui-se pela adição e remoção de elementos ou substâncias químicas no prisma de paisagem. A adição caracteriza-se por um processo positivo, envolvendo o acréscimo de elementos ou substâncias à paisagem, via água subterrânea e atmosfera; a remoção é um processo negativo, envolvendo a remoção de elementos ou substâncias da paisagem, via águas subterrâneas e superficiais, por gravidade e pela atmosfera.

Este é o tipo de fluxo em pleno desenvolvimento na bacia do rio Pinhal, pois a área recebe matéria da atmosfera e águas subterrâneas, e perde para a atmosfera por evaporação , evapotranspiração e pelos movimentos ascendentes do ar e, através do processo erosivo, perde material para outras paisagens.

9.2 Migrações dos elementos químicos nas paisagens da bacia do rio Pinhal

Segundo POLINOV em FORTESCUE (1980), o ponto inicial para a classificação geoquímica de paisagens deve ser direcionado para a interação entre a litosfera, a hidrosfera e luz à superfície destas geosferas em contato com a atmosfera. Em sua opinião, esta relação em conjunto com os efeitos dos diferentes tipos de vida, da atmosfera é que comandam a migração dos elementos na paisagem.

POLINOV concluiu que, em relação aos elementos observados, os ânions de cloro e enxofre são os mais móveis, em um grupo de mobilidade intermediária estão o cálcio, magnésio, sódio e potássio e um relativamente imóvel inclui o silício, alumínio e ferro. Esses dados estão melhor demonstrados a seguir:



Usando modelos de simulação em determinados tipos de paisagens é possível determinar o padrão de migração

Para avaliarmos a mobilidade dos elementos na bacia hidrográfica do rio Pinhal utilizamos o método proposto por TARDY (1971), através da relação:

$$Ia/Ir : Ya/Yr \Rightarrow Ia \times Yr / Ir \times Ya = Mr$$

Onde: Ia - teor em mg/l do elemento I na água; Ir - teor em g do elemento I em 100g de rocha; Ya - teor em Mg/l do elemento de referência (Na), na água; Yr - teor em g do elemento de referência (Na) em 100g de rocha.

Utilizando o Na como referência e aplicando o método acima, obtivemos a mobilidade relativa dos principais cátions dissolvidos nas águas do rio Pinhal, no período de estudo, cujos índices constam na tabela 73.

Tabela 75, A relativa mobilidade de nove elementos e íons na paisagem

Elemento ou Ion	Dados de Renov e Yaroshevsky, 1972 – 1937				Dados da Bacia			
	I	II	III	IV	V		VI	
					A	B	A	B
SiO ₂	59,09	2,80	0,20	49,427	16,040	16,140	0,323	0,325
Al ₂ O ₃	15,35	0,90	0,02	14,393	---	---	---	---
Fe ₂ O ₃	7,29	0,04	0,04	15,24	---	---	---	---
Ca	3,60	14,70	3,00	3,84	4,200	9,027	1,087	2,337
Mg	2,11	4,90	1,30	9,40	2,450	4,782	0,259	0,506
Na	2,97	9,50	2,40	2,91	2,927	1,678	1,000	0,573
K	2,57	4,40	1,25	1,00	1,213	1,222	1,206	1,215
Cl	0,05	6,75	100,00	---	1,0	1,800	---	---
So ₄	0,15	11,75	57,00	---	16,467	3,178	---	---
Co ₃	---	11,60	---	---	4,571	0,000	---	---
P ₂ O ₅	---	---	---	0,29	---	---	---	---
HCO ₃ ⁻	---	---	---	---	---	50,020	---	---

Legenda: I - Média de comp. Rochas ígneas (g/100g de rocha); II - Média de composição de resíduos minerais de águas de rios (mg/l); III - Mobilidade relativa dos elementos e compostos; IV - Comp. de rochas basálticas da bacia(g/100g de rocha); V - Composição de resíduos minerais em águas da bacia (mg/l); VI - Mobilidade relativa dos elementos na bacia. A - Amostras de 03-11-96, B - Amostras de 06-04-97.

Se fizermos a disposição da mobilidade relativa dos elementos, teremos a seguinte distribuição:

▣ Amostras de 03-11-96 K>Ca>Na> SiO₂>Mg,

▣ Amostras de 06-04-97 Ca>K>Na>Mg>SiO₂

Verifica-se portanto que o K é o mais móvel na primeira situação e na segunda o Ca. Nas amostras de 03-11-96, o Ca é o segundo mais móvel, seguido pelo Na, SiO₂ e em última colocação está o Mg. Em 06-04-97, o segundo elemento mais móvel é o K, estando em terceiro o Na, em quarto o Mg, e por último a SiO₂.

Esta alternância na posição de mobilidade entre o Ca e K e SiO₂ e Mg ocorre neste caso especificamente por que os dias anteriores a 03-11-96 (outubro) coincidiram com os maiores índices pluviométricos do ano na bacia, ocorrendo intenso transporte e diluição de

material dissolvidos, por isso, também os teores eram baixos para a maioria das espécies. Para o caso de 06-04-97, a coleta das amostras coincidiu com período de intensa estiagem (40 Dias sem precipitação), em função disso a concentração de material dissolvido é alta e existe uma maior concentração daquelas espécies mais solúveis.

LIKENS E BARMAN (1972) em FORTESCUE (1980), efetuaram estudos de transporte de material por rios, de sete classe de íons, em duas bacias hidrográficas semelhantes, por um período de três anos, sendo que uma bacia possuía cobertura vegetal e outra tinha ocupação antrópica. Os dados constam na tabela 74.

Tabela 76, Comparativo de substâncias dissolvidas em águas de rios e águas do rio Pinhal.

Espécies	(1) 1966 a 1967 (mg/l)		(1) 1967 a 1968 (mg/l)		(1) 1968 a 1969 (mg/l)		(2) Rio Itabó(mg/l)	Rio Pinhal (mg/l)	
	W2/	W6	W2	W6	W2	W6		3-11-96	6-4-97
Ca ⁺⁺	7,7	1,1	9,3	1,2	7,0	1,2	3,9	4,200	9,027
K ⁻	2,3	0,2	3,6	0,2	3,3	0,2	1,15	1,213	1,222
Al ⁺⁺⁺	1,8	0,3	2,5	0,3	2,1	0,3			
Mg ⁺⁺	1,6	0,3	1,9	0,3	1,3	0,3	1,27	2,45	4,782
Na ⁺	1,8	0,7	1,9	0,9	1,3	0,7	1,25	2,927	1,678
NH ₄	0,09	0,04	0,07	0,02	0,06	0,01			
NO ₃	46,0	0,6	65,2	1,2	46,9	1,2	0,22		
SO ₄	4,6	5,1	4,5	5,8	5,0	5,1			3,188
HCO ₃	0,1	0,2	0	0,3	0	0,1			50,02
Cl	1,1	0,5	0,9	0,5	0,7	0,5	0,0	1,000	1,800
SiO ₂ aq	6,7	3,7	7,0	3,6	5,9	2,9	16,5	16,040	16,14
Total	73,8	12,7	96,9	14,3	73,6	12,5	24,29	27,83	87,86

Legenda: W6 - bacia com cobertura florestal intacta; W2 - bacia com ocupação antrópica Fonte: (1) experimento realizado na floresta experimental de Hubbard Brook, LIKENS E BORMAN (1972). (2) BITTENCOURT, 1978.

Os dados demonstram que a perda de material e conseqüentemente de substâncias químicas é maior na área com ocupação antrópica, porque através desse processo o homem contribui decisivamente na aceleração da erosão mecânica e lixiviação e, com isso, grande quantidade de material é retirado das vertentes e conseqüentemente carregados pelas água do rios.

Para compararmos o índice de degradação ambiental na bacia do rio Pinhal, analisamos os dados coletados nessa bacia com os citados por BITTENCOURT (1978), na bacia do rio Itabó (Paraguai). A primeira bacia com ocupação antrópica e a segunda com cobertura vegetal intacta, e também é um rio sobre basalto.

Aqui, também verifica-se que a bacia do rio Pinhal, por estar com ocupação antrópica, tem maior quantidade de material solubilizado sendo transportado pelas águas, ocasionado, principalmente, pelo mau uso do solo que acelera a erosão e lixiviação dos mesmos.

9.3 Velocidade de aprofundamento do perfil de alteração das rochas

Através desse processo, quantificaremos o processo de intemperismo sobre rochas basálticas da bacia e determinaremos o índice de aprofundamento anual do manto de intemperismo.

Tabela 77, Percentagem em peso e proporção molecular dos óxido dominantes no basalto do rio Pinhal

Óxido	% em peso	peso molecular	proporção molecular
SiO ₂ (Sílica)	49,427	60,084	82,263
Al ₂ O ₃ (Óxido de Al)	14,393	101,961	14,116
Fe ₂ O ₃ (Óxido de Fe)	15,24	159,687	9,544
MgO (Óxido de Mg)	5,671	40,304	14,071
CaO (Óxido de Ca)	9,607	56,077	17,132
Na ₂ O (Óxido de Na)	2,157	61,979	3,48
K ₂ O (Óxido de K)	0,910	94,195	0,965

Tabela 78, Proporção molecular dos óxidos distribuídos nos minerais fundamentais, representando uma composição normativa teórica dos basaltos da bacia rio Pinhal

Minerais fundamentais		Proporção molecular do óxido		
Ortoclásio	K ₂ O Al ₂ O ₃ 6SiO ₂	0,965 K ₂ O	0,965 Al ₂ O ₃	5,796 SiO ₂
Albita	Na ₂ O Al ₂ O ₃ 6SiO ₂	3,48 Na ₂ O	3,48 Al ₂ O ₃	20,88 SiO ₂
Anortita	CaO Al ₂ O ₃ 2SiO ₂	9,671 CaO	9,671 Al ₂ O ₃	19,342 SiO ₂
Wolastonita	CaO SiO ₂	7,461 CaO		7,461 SiO ₂
Enstatita	MgO SiO ₂	14,069 MgO		14,069 SiO ₂
Ferrossilita	FeO SiO ₂	9,542 FeO		9,542SiO ₂

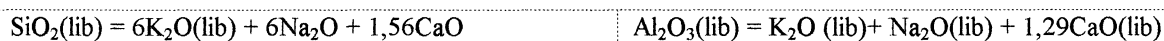
9.3.1 - Método de TARDY (1971)

Segundo BITTENCOURT (1978), a hidrólise dos feldspato, wolastonita e enstatita libera os três constituintes respectivos nas proporções moleculares que são aquelas dos cristais.

Ortoclásio	K ₂ O Al ₂ O ₃ 6SiO ₂
Albita	Na ₂ O Al ₂ O ₃ 6SiO ₂
Anortita	CaO Al ₂ O ₃ 2SiO ₂
Wolastonita	CaO SiO ₂
Enstatita	MgO SiO ₂
Ferrossilita	FeO SiO ₂

SiO ₂ = 19,342 + 7,461 = 26,803	CaO = 7,461 + 9,671 = 17,132	26,809/17,132 = 1,56
Al ₂ O ₃ = 9,671	CaO = 7,461, 9,671/7,461 = 1,29	SiO ₂ (lib) = 6K ₂ O(lib) e Al ₂ O ₃ (Lib) = K ₂ O (lib)
SiO ₂ (lib) = 6Na ₂ O(lib) e Al ₂ O ₃ (lib) =	SiO ₂ (lib) = 1,564	CaO(lib) e Al ₂ O ₃ (lib) =
Na ₂ O(lib)	1,29CaO(lib)	
SiO ₂ (lib) = MgO(lib)		

Em uma mistura com três feldspatos o número total de moléculas de sílica liberadas é dado pela fórmula;



Os íons de Na, K, Ca e Mg, quando liberados são evacuados pelas águas; $\text{Na}_2\text{O}(\text{ev})(\text{lib}) = \text{Na}_2\text{O}(\text{lib})$; $\text{K}_2\text{O}(\text{ev}) = \text{K}_2\text{O}(\text{lib})$; $\text{MgO}(\text{ev}) = \text{MgO}(\text{lib})$.

A alumina, uma vez liberada, permanece na grande maioria na paisagem. $\text{Al}_2\text{O}_3(\text{lib}) = \text{Al}_2\text{O}_3(\text{fix})$.

A sílica tem comportamento intermediário. $\text{SiO}_2(\text{lib}) = \text{SiO}_2(\text{fix}) + \text{SiO}_2(\text{ev})$.

$\text{SiO}_2(\text{fix}) = 6\text{K}_2\text{O}(\text{ev}) + 6\text{Na}_2\text{O}(\text{ev}) + 1,56\text{CaO}(\text{ev}) + \text{MgO}(\text{ev}) - \text{SiO}_2(\text{ev})$.

Em produtos em fase de neoformação, nas alterações a relação $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$, pode ser calculada a partir do conhecimento químico das águas subterrâneas e fontes.

Tabela 79, Composição química média das águas do rio Pinhal

Espécie	Concentração (mg/l)		Proporção molecular (%)		
	3-11-96	6-4-97	Óxido	3-11-96	6-4-97
Na ⁺	2,927	1,68	Na ₂ O	4,73	2,70
K ⁺	1,20	1,213	K ₂ O	1,27	1,29
Ca ⁺⁺	4,20	9,03	CaO	7,49	16,10
Mg ⁺⁺	2,45	4,78	MgO	6,08	11,86
Si O ₂	16,04	16,04	SiO ₂	26,69	26,70

(03-11-96) $Rf = \text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3 = 6\text{K}_2\text{O}(\text{ev}) + 6\text{Na}_2\text{O}(\text{ev}) + 1,56\text{CaO}(\text{ev}) + \text{MgO}(\text{ev}) - \text{SiO}_2(\text{ev}) / \text{K}_2\text{O}(\text{lib}) + \text{Na}_2\text{O}(\text{lib}) + 1,29\text{CaO}(\text{lib})$

$$Rf = (6)1,27 + (6)4,73 + (1,56)7,49 + 6,08 - 26,70 / 1,27 + 4,73 + (1,29)7,49$$

$$Rf = 27,064 / 15,662 = 1,73$$

(06-04-97) $Rf = (6)1,29 + (6)2,71 + (1,56)16,10 + 11,86 - 26,70 / 1,29 + 2,71 + (1,29)16,10$

$$Rf = 34,27 / 24,75 = 1,38$$

Os dois casos se enquadram como alteração monossilítica.

9.3.1.1 - Aprofundamento do perfil

Densidade da rocha: 3

Então $1\text{m}^3 = 1000\text{Kg} \times 3 = 3.000\text{Kg}$.

Tabela 80, Proporção de óxido em peso em 1 m³ de rocha

Óxido	Quantidade Kg/m ³
Al ₂ O ₃	431,79
MgO	170,13
CaO	288,21
Na ₂ O	64,71
K ₂ O	27,30

Exemplo: $\frac{3.000\text{Kg}}{100\%} \quad (\text{Al}_2\text{O}_3)\text{X} \quad 14,393\% \quad (\text{Al}_2\text{O}_3)\text{X} = 431,79\text{Kg}$

Tabela 81, Proporção molecular dos óxidos distribuídos nos minerais fundamentais

Mineral	Proporção molecular		
Ortoclásio	0,965 K ₂ O	0,965 Al ₂ O ₃	5,795 SiO ₂
Albita	3,48 Na ₂ O	3,48 Al ₂ O ₃	20,88 SiO ₂
Anortita	9,671 CaO	9,671 Al ₂ O ₃	19,342 SiO ₂
Wolastonita	7,461 CaO		7,461 SiO ₂
Enstatita	14,069 MgO		14,069 SiO ₂
Ferrossilita	9,542 FeO		9,542 SiO ₂
Total	45,1880	14,116	77,089

49,427% de sílica em rocha - 48,377% combinada = 1,05% de sílica livre.

Em cada m³ de rocha existe 1451,50kg de SiO₂ combinada e 31,317Kg de SiO₂ livre (usa-se regra de três simples).

Sólidos em suspensão possuem mineralogia: Caulinita + Óxido (Fe₂O₃, FeO OH, etc).

Este caso se enquadra como alteração monossilática, a formação da Caulinita é: Al₂O₃ 2SiO₂ 2H₂O.

Al₂O₃ = 431,79Kg = 14,116 Mol. 14,116 Mol Al₂O₃ ⇒ 82,263 Mol SiO₂ ou 508,95 Kg

1 Mol Al₂O₃ ⇒ 2 Mol SiO₂ $\frac{Al_2O_3}{101,95} = \frac{SiO_2}{X}$ (2*Al = 53,98+3*O=47,99=101,95).

$\frac{SiO_2}{120,17} = \frac{431,79}{101,95}$ Mol. (1*Si=28,086+2*O=31,998=60,07*2=120,17)

Al₂O₃ 101,95 SiO₂ 120,17

431,79Kg X X= 508,89Kg de SiO₂

1 Mol Al₂O₃ 2mol de H₂O (2*H=2,01+1*O=15,999= 18,099*2= 36,01).

Al₂O₃ 101,96 H₂O 36,01

431,79Kg X X= 152,50Kg.

⇒ Estas substâncias formam um total de 1.093,18Kg de Caulinita =(431,79Kg Al₂O₃ + 508,89Kg de SiO₂ + H₂O 152,50Kg)

Quartzo em dissolução de 15%=

3000Kg 100%

X 1,044% SiO₂ livre. $\frac{X}{31,31} = \frac{1,044}{100}$ X=31,31 Kg SiO₂ livre/m³.

31,3Kg 100

X 15% X= 4,70 Kg SiO₂ liberada

SiO₂ total = 1.482,81Kg + 4,725Kg = 1.487,10Kg/m³

SiO₂ consumida pela Caulinita = 508,89kg.

Sílica evacuada = 1.487,53Kg - 508,95kg consumida Caulinita = 978,61 de SiO₂ evacuada.

O volume total de água escoado na bacia efetiva foi de 35951205,8m³, ou 35951205811,10L no período e o total de SiO₂, (média de 16,09mg/l), transportado foi de 5784454900,0g ou 578454,9kg ou 578,455toneladas, correspondendo a 59,29 tonelada/km².

$$\begin{array}{rcl} 978,58 \text{ Kg de SiO}_2 & 1\text{m}^3 & \\ 59,292\text{ton/km}^2 & X & \underline{X= 0,06059\text{m}^3 \text{ ou } 60,59\text{m}^3/\text{km}^2.} \end{array}$$

Isso equívale a um aprofundamento do manto de intemperismo de 0,00006059m ou 0,06059mm. (60,59m³/1000000m²=0,00006m)

9.3.1.2 Rebaixamento superficial por erosão mecânica

A bacia do Rio Pinhal libera 15.380,9897ton/de mat. part/ano ou 1.555,5374g/m².

Das 1555,537g, 233,33g/m² é quartzo e 1322.207 g/m² Caulinita.

978.580,0g SiO₂ evacuada. 1m³

$$1.322,207\text{g/m}^2 \quad X \quad \underline{X= 0,00135\text{m}} \quad \underline{\text{ou } 1,35\text{mm/ano}} \text{ de arrosamento do}$$

perfil por erosão mecânica.

1,35mm arrosamento - 0,06mm aprofundamento = 1,29mm de erosão média na bacia no período de 22-03-96 a 22-03-97.

X - EROSÃO HÍDRICA NO INTERFLÚVIO

10.1 Materiais e métodos

O processo erosivo no interflúvio foi estudado por dois métodos empíricos, enfocando a erosão laminar, através da Equação Universal de Perdas de Solos - USLE e a degradação da bacia, através do total de material particulado transportado efetivamente pela bacia, pelo método de DJOROVIC (1974), citado em CARVALHO (1994).

Os procedimentos adotados estão relatados junto com o conteúdo de cada método, pois, permitem um melhor entendimento do leitor.

10.2 - Erosão hídrica

10.2.1 - Aspectos gerais

A erosão, em síntese, é aqui considerada como sendo a liberação ou desprendimento e transporte de partículas do solo pela ação da água e pelo vento.

Em todas as partes da Terra, um ou mais destes mecanismos erosivos está atuando e sua intensidade, dependendo das condições físicas e climáticas locais, pode ser lenta ou acelerada.

A erosão é tão antiga quanto a própria história do planeta. Começou quando as primeiras massas de ar se agitaram e as primeiras gotas de chuva caíram sobre a terra.

A erosão geológica ou natural se manifesta como uma ocorrência normal dos processos de modificações da crosta terrestre, e é reconhecível somente após longos períodos de atividade.

Esses demorados processos são considerados benéficos, pois, através dos mecanismos de erosão e sedimentação hídrica, eólica ou glacial, foi modelada a superfície da Terra, sendo formadas inúmeras colinas suaves, vales e extensas planícies. O problema aparece quando o homem retira a proteção natural, forçando o processo erosivo e deixando-o agir livremente. Quando isso ocorre, os agentes atmosféricos podem remover em poucos anos, solos que a natureza demorou séculos para formar. Quando o equilíbrio natural não é

modificado, o processo se desenvolve em ritmo tal que a remoção de partículas se equilibra em termos gerais com a formação de solo.

Para se ter uma idéia, em média, segundo BERTONI e LOMBARDI NETO (1990), um determinado solo natural coberto com matas, em condições normais, desgastaria uma camada de 15 cm por erosão em 440.000 anos; se coberto com pastagens em 4.000; com uma cultura perene em 2.000 anos e com uma cultura anual em 70 anos.

10.2.2 - Erosão laminar

É um dos tipos de erosão mais importante, porém, dificilmente perceptível. 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, diminuindo a capacidade de infiltração do mesmo. 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; BERTONI e LOMBARDI NETO (1990), comentam que pesquisadores têm calculado que uma única chuva pode desprender mais de 200 toneladas de partículas de solo por ha.

Em um terreno cultivado morro abaixo, as chuvas intensas provocam um grande movimento de partículas no sentido do declive.

Se as gotas caírem sobre finas lâminas de água, o impacto faz com que este líquido torne-se barrento, dando ao solo menor capacidade de infiltração.

Para se ter noção dos efeitos do impacto da chuva sobre o solo, verifique-se segundo BERTONI e LOMBARDI NETO (1990), uma chuva de 50mm, com duração de 30 minutos, exerce um peso sobre o solo 560 t/ha, com um diâmetro de gota de 3mm e velocidade terminal de 8 m/s.

Como conseqüência da ação do impacto das gotas de chuva, são removidas camadas delgadas de solo, aparentemente, de forma uniforme, de todas as áreas. O processo ocorre através de filetes interligados que não deixam marcas perceptíveis.

Este tipo de erosão leva, primeiramente, as partículas menores e mais leves as quais integram a parte ativa e de maior valor do solo, o que resulta em danos irreparáveis na fertilidade.

LEPSCH et al (1983) classificou o grau de erosão laminar, conforme especificado a seguir:

- Ligeira - Quando já aparente, mas com menos de 25% do solo superficial (horizonte A) removido ou, quando não for possível identificar a profundidade normal do

horizonte A de um solo virgem, com mais de 15 cm do solo superficial (horizonte A) remanescente.

- Moderada - Com 25 a 75% do solo superficial (horizonte A) removido ou, quando não for possível identificar a profundidade do horizonte A de um solo virgem, com 5 a 15 cm do solo superficial (horizonte A) remanescente.

- Severa - Com mais de 75% do solo superficial (horizonte A) removido e, possivelmente com B já aflorando; ou quando não for possível identificar a profundidade natural do horizonte A de um solo virgem, com menos de 5cm do solo superficial (horizonte) remanescente.

- Muito Severa - Com todo o solo superficial do horizonte A já removido e com o B bastante afetado, já havendo, em alguns casos, a remoção de porções de 25 a 75% da profundidade original.

- Extremamente severa - Com o horizonte B em sua maior parte já removido, e com o C já atingido, encontrando-se o solo praticamente destruído para fins agrícolas.

10.2.3 - Erosão em sulcos

A água que provoca a erosão laminar vai se concentrando em pequenas depressões do terreno até atingir volume e velocidade para escoar no sentido do declive, formando sulcos irregulares, que carregam os solos até as partes mais baixas do terreno e geralmente depositam os nos cursos de água.

10.2.4 - Erosão em voçorocas

A permanência dos sulcos de erosão, com a concentração de enxurradas, que passam por vários anos no mesmo local, vai ampliando-os pelo deslocamento de grandes massas de solo, formando cavidades extensas e profundas, chamadas voçorocas.

A voçoroca constitui-se de um canal de drenagem de paredes abruptas, com fluxos efêmeros ou eventualmente pequenos, com erosão intensa, e termina em uma cabeceira extremamente íngreme e escarpada. As voçorocas que existem atualmente resultam geralmente da ação do homem, mas, no passado geológico, originaram-se por problemas naturais. Na maioria dos casos, ocorrem em vertentes constituídas de material inconsolidado.

As voçorocas naturais são cíclicas, com quatro fases, a saber: erosão do canal e encaixamento; retrocesso de cabeceira e rápido alargamento; recomposição; e estabilização.

O fluxo concentrado tende a dissecar verticalmente o terreno, formando ravinas.

A ampliação e a velocidade de erosão de uma voçoroca depende do processo de desmoronamento das cabeceiras, acompanhado de liquefação do material arenoso das vertentes.

Os fluxos subterrâneos tubeliformes que surgem no manto de intemperismo ou nos depósitos das vertentes, que dão origem às nascentes de água, podem dar início a sulcos de erosão logo após o desmatamento, embora possam ocorrer também sob floresta em condições hídricas críticas mais raras.

Estes fenômenos surgem de forma generalizada na zona de contato entre o assoalho da voçoroca e sua paredes, que desempenham papel proeminente no alargamento da feição erosiva. Nesse contato é freqüente a ocorrência de movimentos viscosos de areia, corridas lentas formadas pela liquefação da inferior do talude da voçoroca, em um ambiente de areias movediças. Durante o surgimento, verifica-se o solapamento e o desenvolvimento de superfícies curvilíneas de cisalhamento, determinando a ocorrência de escorregamento em fatias.

10.2.5 - Erosão fluvial

Constitui-se pelos processos de retirada de detritos do fundo do leito e das margens do próprio rio, através da corrosão, corrasão e cavitação, fazendo com que passem a integrar a carga sedimentar. Atuando em todo o curso de água, a erosão fluvial é fenômeno de grande importância.

No curso superior de um rio, isto é, nas regiões próximas às suas cabeceiras, onde predomina atividade erosiva transportadora, há grande quantidade de detritos fornecidos pelas águas de rolamento, os quais correm sobre as vertentes e se juntam aos detritos da atividade erosiva do próprio rio.

No caso da água de rolamento, a parte que não é infiltrada no solo e nem é evaporada para a atmosfera sofre escoamento vertente abaixo em função da força de gravidade. Inicialmente, este processo ocorre pela erosão laminar, depois em sulcos e até em voçorocas.

Nos trechos aluviais, as marcas de erosão não são facilmente perceptíveis, pois são obliteradas pela sedimentação posterior ou pela intensa movimentação detrítica, e se

expressam pela conformação distributiva dos próprios sedimentos. Em leitos rochosos, as marcas topográficas são perenes e dão uma sensação de que a erosão só ocorre nesses trechos, SUGUIO e BIGARELLA (1990).

- **Corrosão** - compreende processos de corroer, desgastar e oxidar, ou seja, toda reação química que se verifica entre a água e as rochas superficiais que estão em contato. Abrange também as reações químicas que ocorrem entre a água e a carga detritica transportada no leito ou em suspensão.

- **Corrasão ou abrasão** - é o desgaste pelo atrito mecânico, geralmente através do impacto das partículas carregadas pelas águas.

- **Cavitação** - Ocorre sob condições de velocidade elevada da água, quando as variações de pressão sobre as parcelas do canal fluvial facilitam a fragmentação das rochas.

10.3 - Aplicação da Equação Universal de Perdas de Solo (U.S.L.E) na Quantificação da Erosão Laminar

Pesquisadores americanos, nos últimos decênios, conseguiram aprimorar equações para cálculo de perdas de solos que são usados atualmente. O método mais recente, a U.S.L.E., foi proposta por WISCHMEIER e SMITH no ano de 1965.

Para termos uma noção das perdas de solo por erosão laminar, no horizonte A, na bacia do rio Pinhal, efetuamos estudo deste fenômeno, utilizando a U.S.L.E., com base no uso da terra em 1976, 1980 e atual.

10.3.1 - Fatores da Equação Universal de Perdas de Solo - U.S.L.E.

A equação é assim expressa:

$$A = R.K.L.S.C.P$$

Onde: A= perda média anual de solo em tonelada; R= erosividade das chuvas; K= erodibilidade do solo; LS= fator declividade e comprimento de rampa; C= forma de uso e manejo; P= práticas conservacionistas usadas.

Os fatores RKLS dependem das características naturais, enquanto que o C e P estão relacionados com as formas de ocupação e uso da terra. Portanto, a mudança na forma de atuação dos primeiros dependem de alterações ambientais, como mudanças climáticas ou

erosões importantes que possam alterar a topografia por exemplo, porém o CP pode ser modificado pela ação do homem, alterando as formas de ocupação e uso das terras.

10.3.2 - Fator Erosividade das Chuvas - R

As precipitações pluviométricas associadas à sua intensidade, precipitação média anual e umidade do solo, determinam as perdas ou erosividade das chuvas. O método de cálculo é o citado por BERTONI e LOMBARDI NETO (1990), cuja relação é:

$$EL - 67,359 \times (r^2/P)^{0,85}$$

Onde - EL é a média mensal do índice de erosão, MJ/ha mm; r, precipitação média mensal em milímetro, para o caso 163.53mm; P, precipitação média anual, no caso 1.962.4 mm/ano.

Os cálculos resultam em um EL - 620,32 MJ/ha - mm/mês.

R - 620,32 x 12 meses;

R - 7443,84MJ/ha - mm/ano;

10.3.3 - Fator Erodibilidade do Solo - K

A erodibilidade varia para cada tipo de solo, pois se os fatores declividade, precipitação, cobertura vegetal e práticas conservacionistas forem iguais em solos argilosos e arenosos, o último, devido às suas características físicas e químicas, é mais susceptível a erosão.

As propriedades do solo que influenciam na erodibilidade são as que afetam a velocidade de infiltração, permeabilidade, capacidade de armazenamento d'água, oferecem resistência às formas de dispersão, salpico, abrasão, transporte e escoamento pelas chuvas. As propriedades dos solos da bacia utilizados necessárias à sua determinação constam na tabela 84.

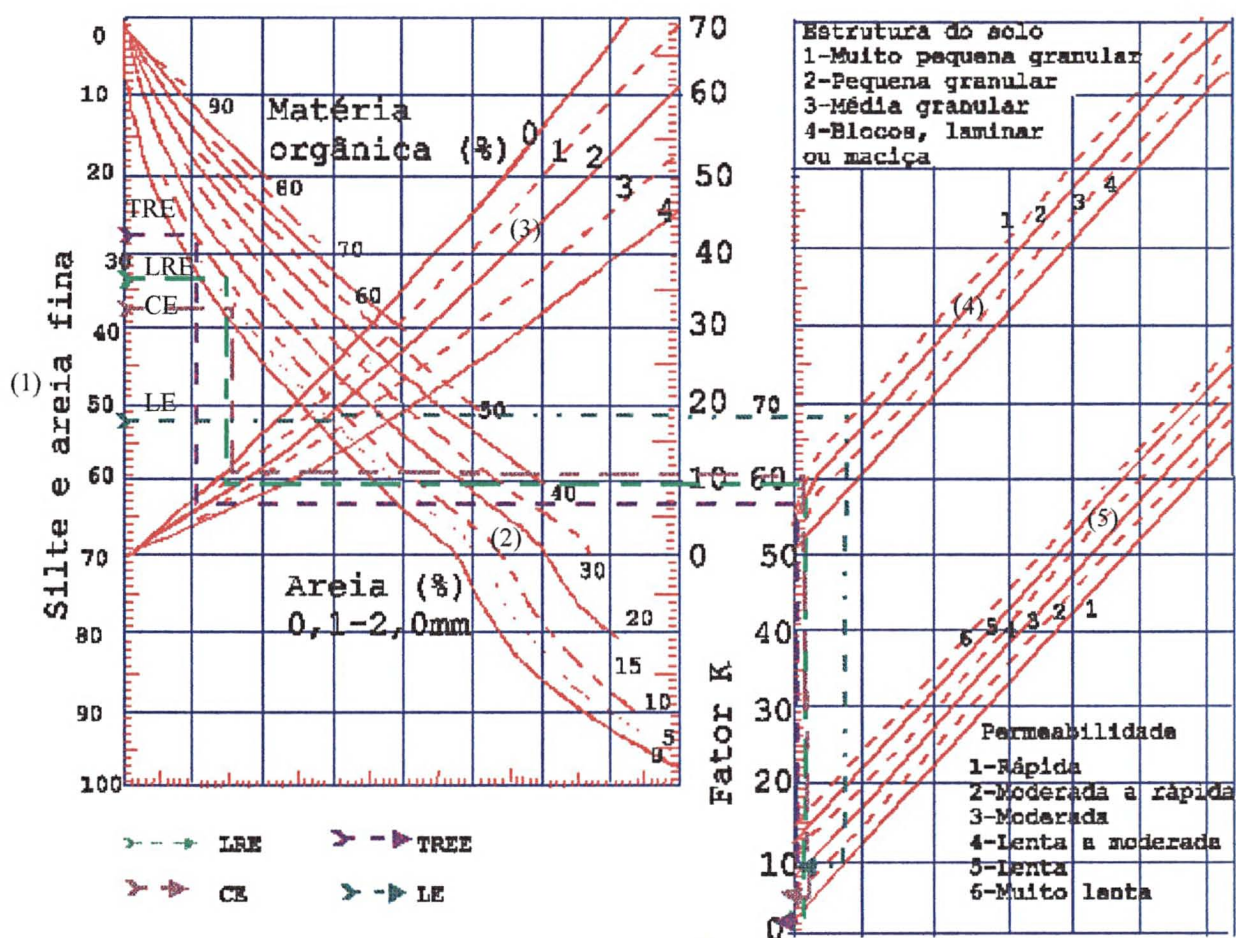
Tabela 82,-Fator K

Discriminação	L.R.E.	C. E.	L. E.	T.R.E.E.
% de silte + areia fina	34	38	52	28
% de areia	10	4	6	6
% de MO	1,58	1,58	2,58	1,73
Estrutura do horizonte A	Muito pequena	Muito pequena a pequena	Muito pequena a pequena	Muito pequena
Permeabilidade	Muito rápida	Rápida	Rápida	Muito rápida
Fator K	0,02	0,06	0,09	0,018

Para determinação de K dos solos da área de estudos, utilizamos de um normograma ou ábaco desenvolvido por WISCHMEIER, cujo método usa teores de silte mais areia fina (0,002 a 0,1 mm), percentagem de areia (0,1 a 2,0 mm), matéria orgânica e estrutura e permeabilidade.

Analisados estes dados através do nomograma, obteve-se o fator K para todos os tipos de solos que ocorrem na área, conforme especificado na figura 91:

Estes dados demonstram que o Latossolo é menos erodível, a Cambissolo é medianamente erodível e o Litólico é o que apresenta maior índice.



Leitura do K dos solos da bacia. Procedimento: Começando respectivamente para os L.R.E., C. E., L. E., T.R.E.E, com a % de silte + areia fina, 34, 38, 52, 28; % de areia, 10, 4, 6, 6; % de MO, 1,58, 1,58, 2,58, 1,73; Est. Do horizonte A, Muito pequena, Muito pequena a pequena, Muito pequena a pequena, Muito pequena; Permeabilidade, Muito rápida, rápida, Rápida, Muito rápida; Fator K+ 0.02, 0.06, 0.09, 0.018.

Legenda: (1) Silte e argila; (2) areia; (3) MO; (4) Estrutura do solo e (5) permeabilidade.

Fonte: Adaptado de REZENDE et al (1985).

Figura 91, Abaco para estimar a erodibilidade - K.

10.3.4 - Comprimento de Rampa e Grau de declive - LS

O grau de declive e o comprimento da encosta é que determinarão a velocidade de escoamento superficial caracterizando o potencial de carregamento em termos de tamanho e quantidade de material pela erosão.

Para cálculos do LS, utilizamos a equação citada por BERTONI et al (1990).

$$LS = \sqrt{L/100} \times (1,36 + 0,97 + 0,1385 \times S^2)$$

L - Comprimento de rampa em m;

S - declive em %;

Dividimos a área em setores de acordo com as características do relevo, setorizando-a por microbacias, e identificamos o comprimento médio das rampas e o grau de declive dentro de cada um destes setores, para cada tipo de solo. O comprimento de rampa para LRE e TREE, na situação atual, foi reduzido a 30m, devido a estes solos contarem com terraços tipo murundum com 1,5m de altura e 2,5m de largura, espaçados a cada 30m. Os dados constam da tabela a seguir:

Tabela 83, Comprimento e declividade das encosta e fator LS

Solo		Encosta 1976 e 1980			Atual		
Tipo	ha	S.(%)	L (m)	LS	S %	L (m)	LS
CE	349,7	9,9	132,5	3,0	9,9	132,5	3,0
LE	485,6	19,5	149,1	9,3	19,5	149,1	9,3
LRE	24,3	2,6	128,0	0,5	2,6	30,0	0,3
TREE	116,0	5,5	124,6	1,2	5,5	30,0	0,6
Total	975,6						
CE	Máx.	16,5	180,0	7,0	16,5	180,0	7,0
	Min.	4,0	89,0	0,9	4,0	89,0	0,9
LE	Máx.	29,0	196,0	19,2	29,0	196,0	19,2
	Min.	12,4	81,0	4,3	12,4	81,0	4,3
LRE	Máx.	2,7	178,0	0,6	2,7	30,0	0,3
	Min.	2,5	71,0	0,4	2,5	30,0	0,3
TREE	Máx.	9,3	160,0	2,0	9,3	30,0	1,2
	Min.	2,3	80,0	0,5	2,3	30,0	0,2

10.3.5 - Fator Uso – Manejo - C

A cobertura vegetal é um escudo natural que protege o solo. As perdas de solo são reguladas de acordo com a capacidade de proteção que cada cultura oferece.

Identificadas as características de cada forma de uso que ocorriam na área, em cada período observado, que para o das lavouras foi o sistema de cultivo e culturas utilizadas, via adaptação com auxílio de bibliografias, determinamos os valores de C, conforme especificado a seguir.

Tabela 84, Fator C e P

Tipo de uso	Valor de C	Valor de P
Mata primária	0,001	0,01
Mata secundária e capoeirão	0,001	0,01
Capoeira	0,003	0,04
Pastagens	0,01	1
Lavavoura Mecanizada	0,20	0,5
Lav. de tração animal e manual com técnica de pousio	0,0574	0,4
Outras	0,00	1

As características das vertentes, comprimento de rampas e direção do declive constam na figura 11 às fls 21.

10.3.6 - Fator Práticas Conservacionistas - P

As práticas conservacionistas são técnicas adotadas que visam o controle da erosão e os índices para a área foram: lavouras mecanizadas 0,5, Lavouras de tração animal e manuais c/ técnicas de pousio 0,4, pastagens 1, matas e capoeirão 0,01 e capoeiras,0,04.

Tabela 85, Uso da Terra em 1976, 1980 e atual

Solo		I	II	III	IV	V	VI	VII
Tipo	ha							
CE	349,7	1976	57,6	1,0	108,9	84,2		98,0
		1980	42,7	14,7	97,0			196,1
		Atual	33,3	17,5	92,1			211,7
LE	485,6	1976	47,0	41,8	36,2	173,4		187,1
		1980	54,8	65,0	70,0			295,0
		Atual	65,5	24,1	113,7			272,1
LRE	24,3	1976			24,3			
		1980	3,0		5,4		6,1	9,8
		Atual	6,0		6,5		7,0	4,8
TREE	116,0	1976	0,5	10,9	22,5	21,8		60,3
		1980	1,8		9,1		47,5	57,7
		Atual		5,0	25,3		89,1	2,8
Total	975,6	1976	105,2	53,7	191,9	279,4		345,4
		1980	102,3	79,7	181,4		53,6	558,5
		Atual	104,8	46,6	237,6		96,1	491,3

Legenda: I - Uso da terra no período de 1976, 1980 e atual; II - Mata secundária e capoeirão; III - Capoeira; IV - Pastagem; V - Mata primária; VI - Lavavouras mecanizada; VII - Lavavoura de tração animal e manual com técnica de pousio

10.3.7 - Perdas de Solo

Identificados e calculados todos os fatores da área, foi possível quantificar as perdas de solo por erosão laminar, aplicando a USLE.

A=R.K.LS.C.P

Os dados constam nas tabelas 86 a 92.

Tabela 86, Resumo das perdas de solo por erosão laminar em 1976, 1980 e atual.

Solo		I	II		III		IV		V		VI		VII		VIII
Tipo	ha		/ha	total	/ha	total	/ha	total	/ha	total	/ha	Total	/ha	total	t/ano
CE	349,7	1976	0,015	0,88	0,22	0,22	16,0	1737,6	0,01	1,5			29,4	2883,6	4623,8
		1980	0,018	0,761	0,198	2,91	14,2	1374,9					35,9	7030,7	8409,3
		Atual	0,018	0,59	0,23	4,05	11,3	1129,7					38,4	8133,5	9267,8
LE	485,6	1976	0,073	3,45	0,8	33,4	59,9	2168,7	0,1	11,8			127,9	23927,8	26145,2
		1980	0,09	4,913	0,743	48,29	76,4	5346,7					133,2	39293,5	44293,5
		Atual	0,075	4,936	0,79	19,07	57,9	7986,6					134,6	36633,5	44644,1
LRE	24,3	1976					0,8	19,5							19,5
		1980	0,001	0,003			0,8	4,3			9,8	38,2	2,0	19,4	62,0
		Atual	0,0001	0,002			0,4	2,5			3,9	27,6	0,9	4,3	34,5
TREE	116,0	1976	0,3	0,1	0,4	3,9	2,3	51,8	0,2	4,1			3,5	208,4	260,3
		1980	0,001	0,002			1,2	10,7			20,9	994,3	3,4	196,1	1201,1
		Atual			0,01	0,05	0,7	18,7			11,3	1009,2	2,3	6,4	1034,4
Total	975,6	1976		4,32		33,8		3977,6		13,4				27019,8	31048,8
		1980		5,679		51,2		6736,7				1032,5		46539,8	54365,9
		Atual		5,528		23,17		9137,5				1036,9		44777,8	54980,9

Legenda: I - Uso da terra no período de 1976, 1980 e atual; II - Mata secundária e capoeirão (t/a); III - Capoeira (t/a); IV - Pastagem (t/a); V - Mata primária (t/a); VI - Lavoura mecanizada (t/a); VII - Lavoura tração animal e manual com técnica de pousio (t/a); VIII - Perdas Totais.

Tabela 87, Formas de uso e perdas de solo em 1976

Dados da micro bacia						Formas de uso e perdas de solo por erosão laminar em 1976															Total	
Bacia	Solo					Mata secundária			Capoeira			Pastagem			Mata primária			L. Man. c/ uso de t. de pousio.			III	II
	Tipo	ha	S.(%)	L (m)	LS	I	tII	III	I	tII	III	I	tII	III	I	tII	III	I	tII	III		
1	CE	15,1	13,0	125,0	4,2	11,0	0,019	0,21	1,0	0,22	0,2							3,1	42,9	132,8	133,3	8,8
	LE	1,0	14,0	142,0	5,0													1,0	77,1	77,9	77,9	77,1
	TREE	36,9	4,5	107,0	0,9				10,9	0,01	0,2							26,0	2,7	70,6	70,7	1,9
2	CE	19,7	14,0	125,0	4,7	6,1	0,021	0,13				2,4	21,0	51,1				11,2	48,3	540,4	591,6	30,0
	LE	3,8	18,7	81,0	6,1	1,0	0,041	0,04										2,8	94,0	259,6	259,6	69,0
	LRE	6,1	2,7	71,0	0,4							6,1	0,6	3,8							3,8	0,6
	TREE	24,7	9,3	80,0	2,0	0,5	0,003	0,00				15,5	2,7	41,5				8,7	6,2	53,6	95,1	3,8
3	CE	11,8	11,2	125,0	3,3	3,0	0,015	0,04				3,0	14,8	44,3	3,0	0,0	0,0	2,8	33,9	95,0	139,4	11,8
	LE	6,1	28,0	107,0	14,2													6,1	218,1	1335,1	1335,1	218,1
	LRE	11,4	2,5	135,0	0,5							11,4	0,8	9,2							9,2	0,8
	TREE	5,6	5,0	136,0	1,1							3,0	1,5	4,5				2,6	3,5	8,9	13,4	2,4
4	LE	20,7	22,2	178,0	12,2	16,0	0,081	1,30				2,0	81,5	162,9				2,7	187,1	505,1	669,3	32,3
	TREE	5,5	2,3	143,0	0,5													5,5	1,6	8,7	8,7	1,6
5	CE	15,2	7,0	142,0	1,8										8,2	0,0	0,1	7,0	18,3	127,8	127,8	8,4
	LE	25,8	22,0	165,0	11,5										15,0	0,1	1,2	10,8	177,3	1914,8	1916,0	74,3
	TREE	4,7	5,3	160,0	1,3										2,0	0,0	0,0	2,7	4,0	10,9	10,9	2,3
6	CE	14,5	7,4	175,5	2,1													14,5	21,9	317,6	317,6	21,9
	LE	20,0	18,0	145,0	7,7				12,8	0,62	7,9				3,0	0,1	0,2	4,2	118,0	495,5	503,5	25,2
	TREE	0,8	5,0	150,0	1,2													0,8	3,6	2,9	2,9	3,6
7	CE	2,6	7,4	107,0	1,7													2,6	17,1	44,5	44,5	17,1
	LE	13,5	28,0	196,0	19,2				10,0	1,54	15,4							3,5	295,2	1033,4	1048,8	77,7
	TREE	2,8	6,5	91,0	1,3													2,8	4,0	11,1	11,1	4,0
8	LE	13,5	12,4	178,0	4,6				9,0	0,37	3,3							4,5	71,2	323,1	326,5	24,1
	TREE	4,5	5,6	125,0	1,2							1,0	1,7	1,7				3,5	3,8	13,2	14,9	3,3
9	LE	4,3	17,0	145,0	7,0				1,0	0,56	0,6	1,0	46,7	46,7				2,3	107,2	244,4	291,7	68,1
	LRE	6,8	2,6	178,0	0,6							6,8	1,0	6,5							6,5	1,0
10	CE	7,4	7,0	142,0	1,8							7,4	7,9	58,8							58,8	7,9
	LE	5,8	17,2	160,0	7,5							3,0	50,0	150,0				2,8	114,8	321,5	471,6	81,3
	TREE	7,8	5,0	107,0	1,0							3,0	1,3	4,0				4,8	3,1	14,8	18,8	2,4
11	CE	15,4	14,5	135,0	5,2							15,4	23,1	356,0							356,0	23,1
	LE	15,0	24,0	125,0	11,7							11,0	78,2	860,3	4,0	0,1	0,2				860,5	57,4
	TREE	15,0	6,0	130,0	1,4										15,0	0,0	0,0				0,0	0,0

Continua tabela N°87,

Dados da micro bacia						Formas de uso e perdas de solo por erosão laminar em 1976															Total	
Bacia	Solo					Mata secundária			Capoeira			Pastagem.			Mata primária			L. Man. c/ uso de t. de pousio.			III	II
	Tipo	ha	S.(%)	L (m)	LS	I	tII	III	I	tII	III	I	tII	III	I	tII	III	I	tII	III		
12	CE	6,2	14,6	108,0	4,7							6,2	20,9	129,6							129,6	20,9
	LE	7,8	19,7	171,0	9,7				2,0	0,78	1,6	3,8	65,0	247,1				2,0	149,3	298,6	547,2	70,2
13	CE	4,7	4,0	135,0	0,9							1,0	3,9	3,9	0,7	0,0	0,0	3,0	8,9	26,7	30,5	6,5
	LE	17,5	18,5	128,0	7,5				2,0	0,61	1,2							15,5	116,1	1799,3	1800,6	102,9
14	CE	14,1	11,4	89,0	2,9	5,1	0,013	0,07				9,0	12,8	115,3							115,4	8,2
15	CE	9,3	6,5	125,0	1,5										1,3	0,0	0,0	8,0	15,5	124,0	124,0	13,3
	LE	11,8	17,9	178,0	8,4	1,0	0,056	0,06	3,0	0,68	2,0							7,8	129,5	1010,0	1012,1	85,8
16	CE	5,4	6,5	92,0	1,3										4,4	0,0	0,0	1,0	13,3	13,3	13,3	2,5
	LE	7,6	28,0	196,0	19,2										7,6	0,0	0,2				0,2	0,0
17	CE	26,6	14,8	140,0	5,4	4,0	0,024	0,10				10,0	24,3	243,4	10,6	0,0	0,3	2,0	55,9	111,8	355,5	13,4
	LE	3,0	18,7	96,0	6,7	3,0	0,045	0,13													0,1	0,0
	TREE	7,8	6,1	142,0	1,5										4,8	0,0	0,0	3,0	4,6	13,7	13,7	1,8
18	CE	8,4	13,0	125,0	4,2	1,0	0,019	0,02				1,4	18,7	26,1	6,0	0,0	0,1				26,3	3,1
	LE	9,0	20,2	140,0	9,2										9,0	0,1	0,6				0,6	0,1
19	LE	11,4	12,0	178,0	4,4	4,0	0,029	0,12				4,0	29,4	117,8				3,4	67,6	229,9	347,8	30,5
	CE	34,3	16,5	162,0	7,0							8,0	31,3	250,5	19,3	0,0	0,6	7,0	71,9	503,2	754,2	22,0
20	CE	31,7	11,1	128,0	3,3							1,0	14,8	14,8	27,7	0,0	0,4	3,0	33,9	101,6	116,8	3,7
	LE	18,4	29,0	145,0	17,6	8,4	0,118	0,99							10,0	0,1	1,2				2,2	0,1
21	CE	8,6	7,0	125,0	1,7	7,1	0,007	0,05										1,5	17,1	25,7	25,7	3,0
	LE	32,0	18,0	107,0	6,6										4,0	0,0	0,2	28,0	101,3	2837,6	2837,8	88,7
22	CE	9,1	6,0	148,0	1,5	3,1	0,007	0,02				6,0	6,6	39,7							39,7	4,4
	LE	14,9	15,0	89,0	4,4	4,5	0,030	0,13										10,4	68,3	710,4	710,5	47,7
23	CE	14,6	10,5	156,0	3,3	1,5	0,015	0,02				7,0	15,0	104,7				6,1	34,3	209,5	314,2	21,5
	LE	16,5	15,0	145,0	5,7										7,6	0,0	0,3	8,9	87,2	776,0	776,3	47,0
24	CE	9,2	11,1	160,0	3,7	4,0	0,016	0,07				5,2	16,5	85,8							85,8	9,3
	LE	20,2	22,2	179,0	12,2										20,2	0,1	1,7				1,7	0,1
25	CE	4,7	12,0	121,5	3,6	4,7	0,016	0,08													0,1	0,0
	LE	32,1	14,8	177,0	6,1							4,1	41,0	168,3	28,0	0,0	1,1				169,4	5,3
26	CE	10,0	9,3	110,0	2,3							10,0	10,5	104,7							104,7	10,5
	LE	36,4	13,0	130,0	4,3	1,0	0,029	0,03							13,0	0,0	0,4	22,4	65,6	1468,3	1468,7	40,4

Continua tabela 87

Dados da micro bacia						Formas de uso e perdas de solo por erosão laminar em 1976															Total		
Bacia	Solo					Mata secundária			Capoeira			Pastagem			Mata primária			L. Man. c/ uso de t. de pouso:			III	II	
	Tipo	ha	S.(%)	L (m)	LS	I	tII	III	I	tII	III	I	tII	III	I	tII	III	I	tII	III			
27	CE	18,5	6,0	107,0	1,3							8,0	5,6	45,0	3,0	0,0	0,0	7,5	12,9	96,8	141,8	7,7	
	LE	21,5	14,0	136,0	4,9	2,0	0,033	0,07								4,5	0,0	0,1	15,0	75,5	1132,4	1132,6	52,7
28	CE	7,9	6,5	180,0	1,8							7,9	8,1	64,0								64,0	8,1
	LE	9,3	18,0	178,0	8,5				2,0	0,68	1,4	7,3	56,9	415,6								417,0	44,8
29	CE	6,0	14,0	140,0	5,0	2,0	0,022	0,04										4,0	51,1	204,3	204,3	34,1	
	LE	20,5	26,0	150,0	14,7										16,5	0,1	1,6	4,0	226,5	905,8	907,4	44,3	
30	CE	18,7	6,0	150,0	1,5	5,0	0,007	0,03										13,7	15,3	208,9	208,9	11,2	
	LE	66,1	24,0	180,0	14,0	6,1	0,094	0,58							31,0	0,1	2,9	29,0	215,5	6249,0	6252,5	94,5	
Total		975,6	12,9	138,1	5,3	105,15		4,32	53,7		33,8	191,9		3977,6	279,4		13,4	345,4		27019,8	31048,8	31,8	

Legenda: I Área ha; II - Tonelada por ha por ano; III - Total em tonelada por ano

Tabela 88, Resumo do uso da terra e perdas de solo por erosão laminar em 1976

Solo	Solo				Mata secundária e capoeirão			Capoeira			Pastagem			Mata primária			Lav.trac. na. e manual c/ téc. pouso			Total	
	ha	S.(%)	L (m)	LS	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	III	II
CE	349,7	9,9	132,5	3,0	57,6	0,015	0,88	1,0	0,22	0,2	108,9	16,0	1737,6	84,2	0,0	1,5	98,0	29,4	2883,6	4623,8	13,2
LE	485,6	19,5	149,1	9,3	47,0	0,073	3,45	41,8	0,80	33,4	36,2	59,9	2168,7	173,4	0,1	11,8	187,1	127,9	23927,8	26145,2	53,8
LRE	24,3	2,6	128,0	0,5							24,3	0,8	19,5							19,5	0,8
TREE	116,0	5,5	124,6	1,2	0,5	0,003	0,00	10,9	0,01	0,2	22,5	2,3	51,8	21,8	0,0	0,0	60,3	3,5	208,4	260,3	2,2
Total	975,6				105,2		4,32	53,7		33,8	191,9		3977,6	279,4		13,4	345,4		27019,8	31048,8	
CE	Máx.	16,5	180,0	7,0	11,0	0,024	0,21	1,0	0,22	0,2	15,4	31,3	356,0	27,7	0,0	0,6	14,5	71,9	540,4	754,2	34,1
	Min.	4,0	89,0	0,9	1,0	0,007	0,02	1,0	0,22	0,2	1,0	3,9	3,9	0,7	0,0	0,0	1,0	8,9	13,3	0,1	0,0
LE	Máx.	29,0	196,0	19,2	16,0	0,118	1,30	12,8	1,54	15,4	11,0	81,5	860,3	31,0	0,1	2,9	29,0	295,2	6249,0	6252,5	218,1
	Min.	12,4	81,0	4,3	1,0	0,029	0,03	1,0	0,37	0,6	1,0	41,0	46,7	3,0	0,0	0,1	1,0	65,6	77,9	0,1	0,0
LRE	Máx.	2,7	178,0	0,6							11,4	1,0	9,2							9,2	1,0
	Min.	2,5	71,0	0,4							6,1	0,6	3,8							3,8	0,6
TREE	Máx.	9,3	160,0	2,0	0,5	0,003	0,00	10,9	0,01	0,2	15,5	2,7	41,5	15,0	0,0	0,0	26,0	6,2	70,6	95,1	4,0
	Min.	2,3	80,0	0,5	0,5	0,003	0,00	10,9	0,01	0,2	1,0	1,3	1,7	2,0	0,0	0,0	0,8	1,6	2,9	0,0	0,0

Legenda: I Área ha; II - Tonelada por ha por ano; III - Total em tonelada por ano

Tabela 89, Formas de uso e perdas de solo por erosão laminar em 1980

Solo		Mata secundária e capoeirão			Capoeira			Pastagem			Lavoura mecanizada			Lav. trac. animal. e.man. c/ uso pousio			total	média			
Bacia	tipo	ha	S	L	LS	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	III	II		
1	CE	15,10	13,00	125,00	4,18	5,7	0,019	0,106							9,4	42,9	402,8	402,9	26,7		
	LE	1,01	14,00	142,00	5,02										1,0	77,1	78,0	78,0	77,1		
	TREE	36,90	4,50	107,00	0,88	1,8	0,001	0,002				9,1	1,2	10,7	15,0	11,8	177,3	11,0	2,7	30,0	218,0
2	CE	19,73	14,00	125,00	4,71										19,7	48,3	952,0	952,0	48,3		
	LE	3,76	18,70	81,00	6,11										3,8	94,0	353,6	353,6	94,0		
	LRE	6,10	2,70	71,00	0,42							6,1	6,3	38,2	0,0	1,4	0,0	38,2	6,3		
	TREE	24,71	9,30	80,00	2							24,7	26,8	662,1	0,0	6,2	0,0	662,1	26,8		
3	CE	11,80	11,20	125,00	3,31				1,8	0,177	0,32				10,0	33,9	339,3	339,7	28,8		
	LE	6,12	28,00	107,00	14,2										6,1	218,1	1335,1	1335,1	218,1		
	LRE	11,40	2,50	135,00	0,54							5,4	0,8	4,3	6,0	1,8	11,1	15,4	1,4		
	TREE	5,56	5,00	136,00	1,13										5,6	3,5	19,3	19,3	3,5		
4	LE	20,70	22,20	178,00	12,2				9,0	0,978	8,80				11,7	187,1	2188,6	2197,4	106,2		
	TREE	5,50	2,30	143,00	0,52										5,5	1,6	8,7	8,7	1,6		
5	CE	15,20	7,00	142,00	1,78										15,2	18,3	277,4	277,4	18,3		
	LE	25,80	22,00	165,00	11,5				8,0	0,927	7,41				17,8	177,3	3155,9	3163,3	122,6		
	TREE	4,70	5,30	160,00	1,31										4,7	4,0	19,0	19,0	4,0		
6	CE	14,50	7,40	175,50	2,14				2,0	0,114	0,23				12,5	21,9	273,8	274,0	18,9		
	LE	20,00	18,00	145,00	7,67				7,0	0,617	4,32				13,0	118,0	1533,7	1538,0	76,9		
	TREE	0,80	5,00	150,00	1,18										0,8	3,6	2,9	2,9	3,6		
7	CE	2,60	7,40	107,00	1,67										2,6	17,1	44,5	44,5	17,1		
	LE	13,50	28,00	196,00	19,2	6,0	0,129	0,772							7,5	295,2	2214,4	2215,1	164,1		
	TREE	2,80	6,50	91,00	1,29										2,8	4,0	11,1	11,1	4,0		
8	LE	13,54	12,40	178,00	4,63	4,0	0,031	0,125	5,5	0,372	2,05				4,0	71,2	284,7	286,9	21,2		
	TREE	4,45	5,60	125,00	1,24										4,5	3,8	17,0	17,0	2,0		
9	LE	4,30	17,00	145,00	6,97							2,0	46,7	94,4	2,3	107,2	244,4	338,8	78,8		
	LRE	6,80	2,60	178,00	0,64	3,0	0,001	0,003							3,8	2,2	8,3	8,4	1,2		
10	CE	7,40	7,00	142,00	1,78							7,4	7,9	58,8	0,0	18,3	0,0	58,8	7,9		
	LE	5,80	17,20	160,00	7,47							5,8	50,0	290,1	0,0	114,8	0,0	290,1	50,0		
	TREE	7,80	5,00	107,00	1										7,8	3,1	24,0	24,0	3,1		
11	CE	15,40	14,50	135,00	5,18				6,4	0,277	1,78	4,0	23,1	92,5	5,0	53,1	265,4	359,6	23,4		
	LE	15,00	24,00	125,00	11,7				8,0	0,939	7,51	5,0	78,2	389,5	2,0	179,6	363,0	760,0	50,7		
	TREE	15,00	6,00	130,00	1,39										15,0	4,3	64,0	64,0	4,3		

Continua tabela 89

Solo					Mata secundária e capoeirão			Capoeira			Pastagem			Lavoura mecanizada			Lav. trac. animal. e.man. c/ uso pousio			total	médi a	
Bacia	tipo	ha	S	L	LS	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	III	II
12	CE	6,20	14,60	108,00	4,68							6,2	20,9	129,6				0,0	48,0	0,0	129,6	20,9
	LE	7,80	19,70	171,00	9,71							7,3	65,0	474,7				0,5	149,3	74,6	549,3	70,4
13	CE	4,70	4,00	135,00	0,87							0,5	3,9	1,9				4,2	8,9	37,3	39,2	8,4
	LE	17,50	18,50	128,00	7,55							1,0	50,6	50,6				16,5	116,1	1915,4	1966,0	112,3
14	CE	14,10	11,40	89,00	2,87							2,0	12,8	25,6				12,1	29,4	356,1	381,7	27,1
15	CE	9,30	6,50	125,00	1,51	0,6	0,007	0,004										8,7	15,5	134,8	134,8	14,5
	LE	11,80	17,90	178,00	8,42													11,8	129,5	1528,0	1528,0	129,5
16	CE	5,40	6,50	92,00	1,3	3,0	0,006	0,017	2,4	0,069	0,17							0,0	13,3	0,0	0,2	0,0
	LE	7,60	28,00	196,00	19,2													7,6	295,2	2243,9	2243,9	295,2
17	CE	26,60	14,80	140,00	5,45							15,5	24,3	377,2				11,1	55,9	620,2	997,5	37,5
	LE	3,00	18,70	96,00	6,66													3,0	102,4	307,1	307,1	102,4
	TREE	7,80	6,10	142,00	1,48										7,8	19,8	154,8	0,0	4,6	0,0	154,8	19,8
18	CE	8,40	13,00	125,00	4,18				0,4	0,224	0,09							8,0	42,9	342,8	342,9	40,8
	LE	9,00	20,20	140,00	9,17	4,8	0,061	0,295										4,2	141,0	592,2	592,5	65,8
19	LE	11,40	12,00	178,00	4,4							6,0	29,4	176,7				5,4	67,6	365,1	541,8	47,5
	CE	34,30	16,50	162,00	7,01	9,1	0,031	0,285				3,0	31,3	94,9				22,2	71,9	1598,5	1693,8	49,3
20	CE	31,70	11,10	128,00	3,3	8,9	0,015	0,131				4,3	14,8	63,4				18,5	33,9	626,5	690,1	21,8
	LE	18,40	29,00	145,00	17,6	3,0	0,118	0,353	0,5	1,413	0,71							14,9	270,4	4025,8	4026,8	218,9
21	CE	8,60	7,00	125,00	1,67	2,0	0,007	0,015										6,6	17,1	113,0	113,0	13,1
	LE	32,00	18,00	107,00	6,59	1,0	0,044	0,044										31,0	101,3	3141,7	3141,7	98,2
22	CE	9,12	6,00	148,00	1,48													9,1	15,2	138,4	138,4	15,2
	LE	14,90	15,00	89,00	4,44													14,9	68,3	1017,8	1017,8	68,3
23	CE	14,60	10,50	156,00	3,35	4,0	0,015	0,060				6,3	15,0	94,2				4,3	34,3	147,7	242,0	16,6
	LE	16,50	15,00	145,00	5,67							0,5	38,0	19,0				16,0	87,2	1395,0	1414,0	85,7
24	CE	9,20	11,10	160,00	3,69	4,4	0,016	0,073				1,5	16,5	24,7				3,3	37,9	125,0	149,8	16,3
	LE	20,20	22,20	179,00	12,2	7,0	0,082	0,572	9,0	0,980	8,82	1,0	81,7	81,7				3,2	187,6	600,3	691,4	34,2
25	CE	4,70	12,00	121,50	3,63	3,0	0,016	0,049	1,7	0,195	0,33							0,0	37,2	0,0	0,4	0,1
	LE	32,10	14,80	177,00	6,13				16,0	0,493	7,88							16,1	94,2	1517,3	1525,2	47,5
26	CE	10,00	9,30	110,00	2,35	2,0	0,010	0,021				8,0	10,5	83,8				0,0	24,0	0,0	83,8	8,4
	LE	36,40	13,00	130,00	4,26							2,0	28,6	57,1				34,4	65,6	2255,0	2312,1	63,5
27	CE	18,50	6,00	107,00	1,26							10,0	5,6	56,2				8,5	12,9	109,7	165,9	9,0
	LE	21,50	14,00	136,00	4,91				2,0	0,395	0,79							19,5	75,5	1472,1	1472,9	68,5

Continua tabela 89

Solo						Mata secundária e capoeirão			Capoeira			Pastagem			Lavoura mecanizada			Lav. trac. animal e.man. c/ uso pousio			total	média
Bacia	tipo	ha	S	L	LS	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	III	II
28	CE	7,90	6,50	180,00	1,81							3,9	8,1	31,6				4,0	18,6	74,4	106,0	13,4
	LE	9,30	18,00	178,00	8,5													9,3	130,7	1215,6	1215,6	130,7
29	CE	6,00	14,00	140,00	4,98							5,0	22,2	111,2				1,0	51,1	51,1	162,3	27,0
	LE	20,50	26,00	150,00	14,7	7,0	0,099	0,690				4,0	98,6	394,5				9,5	226,5	2151,3	2546,5	124,2
30	CE	18,67	6,00	150,00	1,49							19,4	6,7	129,1				0,0	15,3	0,0	129,1	6,7
	LE	66,13	24,00	180,00	14	22,0	0,094	2,062				35,4	93,9	3318,6				8,0	215,5	1723,9	5044,5	77,2
Total		975,6	12,87	138,10	5,27	102,3		5,679	79,7		51,20	181,4		6736,7	53,6		1032,5	558,5		46539,8	54365,9	55,7

Legenda: I Área ha; II - Tonelada por ha por ano; III - Total em tonelada por ano

Tabela 90, Resumo de uso da terra e perdas de solo por erosão laminar em 1980

Solo					Mata secundária			Capoeira			Pastagem			Lavoura mecanizada			Lav. trac. animal e man. c/ uso pousio			total	média
	ha	S %	L m	LS	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	III	II
CE	349,7	9,9	132,5	3,0	42,7	0,018	0,761	14,7	0,198	2,91	97,0	14,2	1374,9				196,1	35,9	7030,7	8409,3	24,0
LE	485,6	19,5	149,1	9,3	54,8	0,090	4,913	65,0	0,743	48,29	70,0	76,4	5346,7				295,0	133,2	39293,5	44693,5	92,2
LRE	24,3	2,6	128,0	0,5	3,0	0,001	0,003				5,4	0,8	4,3	6,1	6,3	38,2	9,8	2,0	19,4	62,0	2,5
TREE	116,0	5,5	124,6	1,2	1,8	0,001	0,002				9,1	1,2	10,7	47,5	20,9	994,3	57,7	3,4	196,1	1201,1	10,4
Total	975,6				102,3		5,679	79,7		51,20	181,4		6736,7	53,6		1032,5	558,5		46539,8	54365,9	
CE	Máx.	16,5	180,0	7,0	9,1	0,031	0,285	6,4	0,277	1,78	19,4	31,3	377,2				22,2	71,9	1598,5	1693,8	49,3
	Min.	4,0	89,0	0,9	0,6	0,006	0,004	0,4	0,069	0,09	0,5	3,9	1,9				0,0	8,9	0,0	0,2	0,0
LE	Máx.	29,0	196,0	19,2	22,0	0,129	2,062	16,0	1,413	8,82	35,4	98,6	3318,6				34,4	295,2	4025,8	5044,5	295,2
	Min.	12,4	81,0	4,3	1,0	0,031	0,044	0,5	0,372	0,71	0,5	28,6	19,0				0,0	65,6	0,0	78,0	21,2
LRE	Máx.	2,7	178,0	0,6	3,0	0,001	0,003				5,4	0,8	4,3	6,1	6,3	38,2	6,0	2,2	11,1	38,2	6,3
	Min.	2,5	71,0	0,4	3,0	0,001	0,003				5,4	0,8	4,3	6,1	6,3	38,2	0,0	1,4	0,0	8,4	1,2
TREE	Máx.	9,3	160,0	2,0	1,8	0,001	0,002				9,1	1,2	10,7	24,7	26,8	662,1	15,0	6,2	64,0	662,1	26,8
	Min.	2,3	80,0	0,5	1,8	0,001	0,002				9,1	1,2	10,7	7,8	11,8	154,8	0,0	1,6	0,0	2,9	1,6

Legenda: I Área ha; II - Tonelada por ha por ano; III - Total em tonelada por ano

Tabela 91, Formas de uso e perdas de solo por erosão laminar, atuais

Bacia	Solo					Mata secundária e capoeirão			Capoeira			Pastagem			Lavoura mecanizada.			Lav.trac. animal e man. c/ uso pousio.			Total perdas	
	Tipo	ha	S %	L m	LS	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	III	II
1	CE	15,10	13,00	125,00	4,1788				1,0	0,22	0,22							14,1	42,9	604,2	604,4	40,0
	LE	1,01	14,00	142,00	5,0151													1,0	77,1	77,9	77,9	77,1
	TREE	36,90	4,50	30,00	0,4672							12,5	0,6	7,8	24,4	12,5	305,5				313,3	8,5
2	CE	19,73	14,00	125,00	4,7054				2,0	0,25	0,50	12,0	21,0	252,2				5,7	48,3	276,5	529,2	26,8
	LE	3,76	18,70	81,00	6,1138							1,8	41,0	72,1				2,0	94,0	188,1	260,2	69,2
	LRE	6,10	2,70	30,00	0,2732							2,1	0,4	0,9	4,0	4,1	16,3				17,1	2,8
	TREE	24,71	9,30	30,00	1,2247										24,7	16,4	405,5				405,5	16,4
3	CE	11,80	11,20	125,00	3,3091													6,1	33,9	207,7	207,7	33,9
	LE	6,12	28,00	107,00	14,182													6,1	218,1	1335,1	1335,1	218,1
	LRE	11,40	2,50	30,00	0,2547	4,0	0,000	0,002				4,4	0,4	1,7	3,0	3,8	11,4				13,0	1,1
	TREE	5,56	5,00	30,00	0,5298							1,0	0,7	0,7	4,6	7,1	32,4				33,1	5,9
4	LE	20,70	22,20	178,00	12,161	5,2	0,081	0,424	1,5	0,98	1,47							14,0	187,1	2618,9	2620,8	126,6
	TREE	5,50	2,30	30,00	0,2368										5,5	3,2	17,5				17,5	3,2
5	CE	15,20	7,00	142,00	1,7799							7,0	7,9	55,6				8,2	18,3	149,7	205,3	13,5
	LE	25,80	22,00	165,00	11,527							3,1	77,2	239,4				22,7	177,3	4024,7	4264,1	165,3
	TREE	4,70	5,30	30,00	0,5692										4,7	7,6	35,8				35,8	7,6
6	CE	14,50	7,40	175,50	2,1358							12,0	9,5	114,5				2,5	21,9	54,8	169,2	11,7
	LE	20,00	18,00	145,00	7,6698	4,0	0,051	0,206				14,0	51,4	719,4				2,0	118,0	236,0	955,5	47,8
	TREE	0,80	5,00	30,00	0,5298				0,8	0,01	0,01										0,0	0,0
7	CE	2,60	7,40	107,00	1,6677	2,6	0,007	0,019													0,0	0,0
	LE	13,50	28,00	196,00	19,195	4,5	0,129	0,579										9,0	295,2	2657,2	2657,8	196,9
	TREE	2,80	6,50	30,00	0,7403													2,8	2,3	6,4	6,4	2,3
8	LE	13,54	12,40	178,00	4,6274	6,0	0,031	0,186										7,5	71,2	536,7	536,9	39,7
	TREE	4,45	5,60	30,00	0,6099										4,5	8,2	36,4				36,4	3,5
9	LE	4,30	17,00	145,00	6,9693	1,0	0,047	0,047	1,3	0,56	0,73							2,0	107,2	214,4	215,2	50,0
	LRE	6,80	2,60	30,00	0,2639	2,0	0,000	0,001										4,8	0,9	4,3	4,3	0,6
10	CE	7,40	7,00	142,00	1,7799	0,4	0,008	0,003				1,5	7,9	11,9				5,5	18,3	100,4	112,3	15,2
	LE	5,80	17,20	160,00	7,4652							3,6	50,0	180,0				2,2	114,8	252,6	432,7	74,6
	TREE	7,80	5,00	30,00	0,5298							1,8	0,7	1,3	6,0	7,1	42,6				43,9	5,6
11	CE	15,40	14,50	135,00	5,1756	4,5	0,023	0,104	5,0	0,28	1,39	2,4	23,1	55,5				3,5	53,1	185,8	242,7	15,8
	LE	15,00	24,00	125,00	11,674	7,0	0,078	0,547				6,0	78,2	469,3				2,0	179,6	359,1	828,9	55,3
	TREE	15,00	6,00	30,00	0,6664				4,2	0,01	0,04	10,0	0,9	8,9	7,0	8,9	62,5				71,5	3,4

Continua tabela 91

Bacia	Solo					Mata secundária e capoeirão			Capoeira			Pastagem			Lavoura mecanizada			Lav.trac. animal e man. c/ uso pousio.			Total perdas	
	Tipo	ha	S %	L m	LS	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	III	II
12	CE	6,20	14,60	108,00	4,6812	5,2	0,021	0,109	1,8	0,78	1,40							1,0	48,0	48,0	48,1	7,8
	LE	7,80	19,70	171,00	9,7055													6,0	149,3	895,7	897,1	115,0
13	CE	4,70	4,00	135,00	0,8663				5,0	0,61	3,03	4,7	3,9	18,2				12,5	116,1	1451,1	1454,1	83,1
	LE	17,50	18,50	128,00	7,547													14,1	29,4	414,9	414,9	29,4
14	CE	14,10	11,40	89,00	2,8696													14,1	29,4	414,9	414,9	29,4
	LE	11,80	17,90	178,00	8,4186													2,2	0,68	1,49	9,6	129,5
15	CE	9,30	6,50	125,00	1,5112				1,0	0,07	0,07							4,0	13,3	53,2	53,3	9,9
	LE	7,60	28,00	196,00	19,195													2,0	0,129	0,257	3,6	1,54
17	CE	26,60	14,80	140,00	5,4491	2,6	0,024	0,063				10,6	24,3	258,0				24,0	55,9	1341,1	1599,1	43,0
	LE	3,00	18,70	96,00	6,6559													3,0	102,4	307,1	307,1	102,4
	TREE	7,80	6,10	30,00	0,6809													7,8	9,1	71,2	71,2	9,1
18	CE	8,40	13,00	125,00	4,1788	2,4	0,019	0,045	5,0	0,22	1,12							1,0	42,9	42,9	44,0	5,2
	LE	9,00	20,20	140,00	9,1661	5,5	0,061	0,338	3,5	141,0	493,5							493,8	54,9			
19	LE	11,40	12,00	178,00	4,3953	2,0	0,029	0,059	1,5	0,35	0,53							7,0	67,6	473,3	473,8	45,1
	CE	34,30	16,50	162,00	7,0095	1,0	0,031	0,031	1,0	0,38	0,38							32,3	71,9	2321,7	2322,1	67,7
20	CE	31,70	11,10	128,00	3,3027	1,7	0,015	0,025	1,0	0,18	0,18							29,0	33,9	982,2	982,4	31,0
	LE	18,40	29,00	145,00	17,577	6,4	0,118	0,754	12,0	270,4	3244,4							3245,1	176,4			
21	CE	8,60	7,00	125,00	1,67	1,0	0,007	0,007				1,0	7,5	7,5				6,6	17,1	113,0	120,5	14,0
	LE	32,00	18,00	107,00	6,5886	10,0	44,1	441,4				22,0	101,3	2229,6				2671,0	83,5			
22	CE	9,12	6,00	148,00	1,4801				1,0	0,36	0,36	5,0	6,6	33,1				4,1	15,2	62,5	95,6	10,5
	LE	14,90	15,00	89,00	4,4408							4,6	29,8	136,9				9,0	68,3	614,8	752,0	51,5
23	CE	14,60	10,50	156,00	3,3491	1,5	0,015	0,022				7,0	15,0	104,7				6,1	34,3	209,5	314,2	21,5
	LE	16,50	15,00	145,00	5,6683	1,5	0,038	0,057				15,0	87,2	1307,8				1307,9	79,3			
24	CE	9,20	11,10	160,00	3,6925	4,0	0,016	0,066	2,2	0,98	2,16							5,2	37,9	196,9	197,0	21,4
	LE	20,20	22,20	179,00	12,195	3,0	0,082	0,245										15,0	187,6	2813,8	2816,2	139,4
25	CE	4,70	12,00	121,50	3,6313	3,0	0,016	0,049	2,0	0,49	0,99	10,0	41,0	410,5				1,7	37,2	63,3	63,4	13,5
	LE	32,10	14,80	177,00	6,127	20,1	94,2	1894,3										2305,8	71,8			
26	CE	10,00	9,30	110,00	2,3451	4,4	0,029	0,126	1,5	0,13	0,19	4,0	10,5	41,9				4,5	24,0	108,2	150,3	15,0
	LE	36,40	13,00	130,00	4,2616				32,0	65,6	2097,6	2097,8	57,6									

Continua tabela 91

Bacia	Solo					Mata secundária e capoeirão			Capoeira			Pastagem			Lavoura mecanizada			Lav.trac. animal e man. c/ uso pousio.			Total perdas	
	Tipo	ha	S %	L m	LS	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	III	II
27	CE	18,50	6,00	107,00	1,2585													18,5	12,9	238,7	238,7	12,9
	LE	21,50	14,00	136,00	4,908	2,0	0,033	0,066				1,5	32,9	49,3				18,0	75,5	1358,9	1408,3	65,5
28	CE	7,90	6,50	180,00	1,8134							7,0	8,1	56,7				0,9	18,6	16,7	73,4	9,3
	LE	9,30	18,00	178,00	8,4978				2,0	0,68	1,37	8,0	56,9	455,4				1,3	130,7	169,9	626,7	55,5
29	CE	6,00	14,00	140,00	4,9797	2,0	0,022	0,044										4,0	51,1	204,3	204,3	34,1
	LE	20,50	26,00	150,00	14,722	3,0	0,099	0,296				3,0	98,6	295,9				3,5	226,5	792,6	1088,8	114,6
30	CE	18,67	6,00	150,00	1,49	1,0	0,007	0,007				8,6	6,7	57,2				9,0	15,3	137,5	194,8	10,5
	LE	66,13	24,00	180,00	14,009	8,0	0,094	0,751				48,1	93,9	4517,1				10,0	215,5	2154,8	6672,6	100,9
	Total	975,6	12,87	118,47	5,16	104,80		5,536	46,60		23,17	237,59		9137,52	96,12		1036,88	491,34		44777,77	54980,9	56,4

Legenda: I Área ha; II - Tonelada por ha por ano; III - Total em tonelada por ano

Tabela 92, Resumo de uso da terra e perdas de solo por erosão laminar atuais

Tipo	Solo				Mata secundária e capoeirão			Capoeira			Pastagem			Lavoura mecanizada			L.trac. animal e man. c/ uso pousio			total	mé dia
	ha	S %	L m	LS	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	III	II
CE	349,7	9,9	132,5	3,0	33,3	0,018	0,590	17,5	0,23	4,05	92,1	11,3	1129,7				211,7	38,4	8133,5	9267,8	26,1
LE	485,6	19,5	149,1	9,3	65,5	0,075	4,936	24,1	0,79	19,07	113,7	57,9	7986,6				272,1	134,6	36633,5	44644,1	93,9
LRE	24,3	2,6	30,0	0,3	6,0	0,000	0,002				6,5	0,4	2,5	7,0	3,9	27,6	4,8	0,9	4,3	34,5	1,4
TREE	116,0	5,5	30,0	0,6				5,0	0,01	0,05	25,3	0,7	18,7	89,1	11,3	1009,2	2,8	2,3	6,4	1034,4	8,5
Total	975,6				104,8		5,528	46,6		23,17	237,6		9137,5	96,1		1036,9	491,3		44777,8	54980,9	
CE	Máx.	16,5	180,0	7,0	5,2	0,031	0,109	5,0	0,38	1,39	12,0	24,3	258,0				32,3	71,9	2321,7	2322,1	67,7
	Mín.	4,0	89,0	0,9	0,4	0,006	0,002	1,0	0,07	0,07	1,0	3,9	7,5				0,9	12,9	16,7	0,0	0,0
LE	Máx.	29,0	196,0	19,2	8,0	0,129	0,754	3,6	1,54	5,56	48,1	98,6	4517,1				32,0	295,2	4024,7	6672,6	218,1
	Mín.	12,4	81,0	4,3	1,0	0,029	0,047	1,0	0,36	0,36	1,5	29,8	49,3				1,0	65,6	77,9	77,9	39,7
LRE	Máx.	2,7	30,0	0,3	4,0	0,000	0,002				4,4	0,4	1,7	4,0	4,1	16,3	4,8	0,9	4,3	17,1	2,8
	Mín.	2,5	30,0	0,3	2,0	0,000	0,001				2,1	0,4	0,9	3,0	3,8	11,4	4,8	0,9	4,3	4,3	0,6
TREE	Máx.	9,3	30,0	1,2				4,2	0,01	0,04	12,5	0,9	8,9	24,7	16,4	405,5	2,8	2,3	6,4	405,5	16,4
	Mín.	2,3	30,0	0,2				0,8	0,01	0,01	1,0	0,6	0,7	4,5	3,2	17,5	2,8	2,3	6,4	0,0	0,0

Legenda: I Área ha; II - Tonelada por ha por ano; III - Total em tonelada por ano

10.4 - Estimativa de perdas de solo por erosão através do método de Djorovic (1974)

Este método avalia a produção de sedimentos na bacia, ou seja, prevê a quantidade de material que eventualmente pode ser transportado, oriundo da ação erosiva na vertente e que atingiu o canal do rio para ser transportado.

Conforme mencionado por CARVALHO (1994, p42), esse modelo foi desenvolvido por M. Djorovic, de Instituto Florestal e de Indústria da Madeira de Belgrado, Iugoslávia, que se baseou em estudos e experiências realizadas por S. Grivilovic.

O modelo se adapta bem para cálculo de erosão em bacias não muito extensas, com fortes precipitações. Os parâmetros avaliados são: precipitação e clima, solo, relevo e vegetação, incluindo um parâmetro que estima a intensidade do processo erosivo na bacia.

O modelo é definido através da equação:

$$W1 = T \times F \times h \times \Pi \times \sqrt{Z^3} \times 1,75$$

W1 = vazão sólida em toneladas/ano para cada micro-bacia;

$$T = \sqrt{t_0/10+1}$$

T₀ = temperatura média anual em °C

F = área da bacia em km²

h = precipitação média anual em mm;

$$\Pi = 3,1416$$

1,75 = densidade do solo, 1,75 toneladas /m³.

Z = coeficiente de erosão que reflete a intensidade do processo na bacia por fatores relacionados ao solo, vegetação e relevo.

A identificação do fator Z passa pelos seguintes processos:

$$Z = Y \times X_a \times (\frac{C}{P})^{\sqrt{p}} \quad \text{Onde:}$$

Y = coeficiente de erosividade dos solos, que pode variar de 0,5 para solos com boa estrutura e pouco erodíveis, a 2,0 para areias, pedregulhos e solos soltos.

X_a = coeficiente adimensional que quantifica o estado da cobertura vegetal e as práticas de conservação do solo, variando de 0,05 para bosques e vegetação arbustivas com boa cobertura, a 1,0 para solos desnudos sem lavouras. Para esse caso, convertemos os dados de C e P da USLE para os parâmetros da fórmula, conforme demonstrado a seguir:

Tabela 93, Fator Xa

Tipo de uso	Valor de CP (USLE)	Valor Xa
Mata primária	0,00001	0,05
Mata secundária e capoeirão	0,00001	0,05
Capoeira	0,00012	0,05013
Pastagens	0,01	0,06053
Lav. Mec.	0,10	0,10526
Lav. de tração animal e manuais c/ téc. de pousio	0,0287	0,08021
Solo Nú	1,0	1,0

@ = coeficiente adimensional que quantifica o estado erosivo da bacia, desde 0,2 para aquelas com pouquíssima erosão, como pequenos deslizamentos de margens da rede de drenagem, a 0,1 para bacias que tenham em sua totalidade processos avançados. Para a bacia este fator foi considerado de acordo com o tipo de solo.

p = declividade média da bacia como parâmetro do fator relevo, em %.

O fator Z representativo de cada micro-bacia foi calculado pela fórmula:

$$Z = Z_1 + Z_2 + \dots + Z_n / N$$

Z = média do Z nos diferentes tipos de solo em cada micro bacia; N= número de elementos.

$$Z_{1,2,\dots,n} = \sum Z_i \times f_i / F$$

Z_i = valor de Z para cada forma de uso em cada tipo de solo;

f_i = área com o tipo de solo na microbacia;

F = área total da micro bacia;

Em função de Z, as microbacias podem ter o processo erosivo classificado da seguinte forma:

Valor de Z	Classe	Erosão na bacia
1,01 - 1,5	I	excessiva
0,71 - 1,0	II	intensa
0,41 - 0,70	III	média
0,20 - 0,40	IV	fraca
0,01 - 0,19	V	muito fraca

Os dados dos fatores Y, Xa, @, p e Z, constam nas tabelas 94 e 95.

Tabela 94, Resumo da distribuição do fator Z na bacia

Solo		Período	Fator Z								Média
tipo	Área ha		Decl. (%)	Erosividade (Y)	Erosão @	M. 2°	Capoeira	Pastagem	Mata 1°	L.av. trac. animal e man. c/ pousio	
CE	349,7	1976	9,9	0,6	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,116
		1980	9,9	0,6	0,1	0,1	0,1	0,1		0,2	0,1
		atual	9,9	0,6	0,1	0,1	0,1	0,1		0,2	0,121
LE	485,6	1976	19,5	0,7	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,219
		1980	19,5	0,7	0,1	0,2	0,2	0,2		0,3	0,2
		atual	19,5	0,7	0,1	0,2	0,1	0,2		0,2	0,262
LRE	24,3	1976	2,6	0,5	0,2	0,0		0,1	0,1	0,1	0,0
		1980	2,6	0,5	0,2			0,1			0,021
		atual	2,6	0,5	0,2	0,0		0,1	0,1	0,1	0,055
TREE	116,0 116,0	1976	5,5	0,5	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,047
		1980	5,5	0,5	0,2	0,1		0,1	0,2	0,1	0,1
		atual	5,5	0,5	0,2		0,1	0,1	0,1	0,1	0,051
Total	975,6 975,6 975,6	1976	9,4	0,6	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,101
		1980	9,4	0,6	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1
		atual	9,4	0,6	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,122

Perdas total de solo por ano na bacia

$W = \sum W1$; W = perdas de solos total em toneladas por ano na bacia total; $\sum W1$ = soma das perdas em cada micro bacia.

$W/ha = W/F$; W/ha = perdas por ha; F = área da bacia em ha.

Perdas total toneladas por ano			Perdas em toneladas por ha		
1976	1980	atual	1976	1980	atual
12517,9	13696,2	14673,8	12,8	14,0	15,0

A aplicação deste método só foi possível, após conhecidos os dados fluviossedimentométricos medidos através de monitoramento de uma estação por um ano. Dados da Equação Universal de perdas de Solo, como C e P, foram utilizados como base para identificar os valores médios de Xa (cobertura vegetal e práticas conservacionistas) deste método.

O método de Djorovic é uma forma de avaliação de material erodido e transportado em uma bacia por processo indireto (empírico), e por estação fluvi sedimentométrica procede-se a medição direta na bacia desse mesmo processo. A USLE mede a erosão laminar no interflúvio, estando implícita a quantificação desse processo só na vertente.

Portanto, esta técnica serve como um parâmetro complementar para avaliação da degradação ambiental em bacias e não deve ser usada isoladamente, mas sim obedecendo o seguinte processo: 1 – Dentro de uma bacia macro, faz a avaliação da erosão pelo monitoramento de estação flúvio-sedimentométrica e quantifica-se os dados de erosão laminar pela USLE em microbacia(s) pré-determinada(s), que permita(m) uma boa noção de toda a bacia maior; 2 – Após, aplica-se o método de Djorovic para avaliar a degradação por erosão nas bacias em torno.

10.5 - Rebaixamento do perfil

Para calcular o índice de rebaixamento superficial do perfil dos solos da bacia usamos como base os dados relativos a perda de solos por erosão laminar (USLE), transporte de material erodido, pelo método de Djorovic e material transportado quantificado por estação fluvio-sedimentométrica. Os dados constam a seguir:

Tabela 96 Resumo geral das perdas de solos por erosão, rebaixamento superficial do perfil e do manto de intemperismo.

Discriminação	Erosão Laminar - Período avaliado			Pelo método de Djorovic (1974)			Através de monitoramento direto
	1976	1980	atual	1976	1980	atual	23-03-96 a 23-03-97
a) Total de perdas de solo na área (t/ano)	31048,8	54365,9	54980,9	12517,9	13696,2	14673,8	15.380,99
b) Rebaixamento superficial em (mm/ano)	1,82	3,18	3,22	0,73	0,80	0,86	1,35(*)
c) Tempo necessário para denudar 1m de solo (anos)	549,9	314,0	310,5	1363,9	1246,6	1163,5	740,7
d) Rebaixamento do manto de intemperismo (mm/ano)	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
e) Tempo necessário para formar 1m de solo (anos)	16.666,7	16.666,7	16.666,7	16.666,7	16.666,7	16.666,7	16.666,7

Vide cálculos a seguir:

a) Total de perdas de solo na área (t/ano avaliado no período)

a = por Erosão Laminar, pelo método de Djorovic (1974) e através de monitoramento direto.

b) Rebaixamento superficial em (mm/ano)

Exemplos de cálculos em relação a perdas por erosão laminar.

1976

$$31048,8\text{ton}/9,756\text{km}^2 = 3182,5338\text{ton}/\text{Km}^2.$$

$$3182,5338\text{ton} / 1,75\text{ton}/\text{m}^3 = 1818,59\text{m}^3 \text{ de solo removido em um ano em toda a bacia.}$$

$$1750\text{Kg} \dots 1\text{m}^3$$

$$3182,5338\text{ton} \dots X \dots X = 1,8186\text{mm ou } 0,00181\text{m.}$$

Obs: a densidade do solo é $1,75 \text{ g}/\text{cm}^3$ ou $1.750.000\text{g}/\text{m}^3$ ou 1.750Kg m^3 ou $1,75\text{ton}/\text{m}^3$ de solo.

1980

$$54365,9\text{ton}/9,756\text{km}^2 = 5572,56048\text{ton}/\text{Km}^2.$$

5572,56 Ton. /1,75ton = 3184,32m³ de solo removido em um ano em toda a bacia.

$$1750\text{Kg} \quad 1\text{m}^3$$

$$5572,56\text{Ton} \quad X \quad \underline{X=3,1843 \text{ mm ou } 0,003184\text{m}}$$

Atual

$$54980,9\text{ton}/9,756\text{km}^2 = 5635,9861\text{ton}/\text{Km}^2.$$

5635,9861 Ton /1,75ton = 3220,342m³ de solo removido em um ano em toda a bacia.

$$1750\text{Kg} \quad 1\text{m}^3$$

$$5635,9861\text{Ton} \quad X \quad \underline{X=3,22056 \text{ mm ou } 0,00322\text{m}}$$

Para as perdas segundo Djorovic, usar o mesmo procedimento e (*) medição direta assumimos o valor obtido no Capítulo IX item 9.3.1.2.

c) Tempo necessário para denudar 1m de solo (anos)

$$c = 1000\text{mm de solo} / b$$

d) Rebaixamento do manto de intemperismo (mm/ano)

d = dados resultante da medição direta.

e) Tempo necessário para formar 1m de solo (anos)

$$c = 1000\text{mm}/d$$

10.6 - Determinação da tolerância de perda de solos

Este parâmetro representa a quantidade de terra que pode ser perdida em tonelada por ano por unidade de superfície, permanecendo o solo com capacidade produtiva por longo período de tempo. Isto reflete sobre a perda máxima para que, sob o uso, dentro das técnicas atuais, um solo mantenha produção dentro de um futuro permissível, BERTONI e LOMBARDI NETO (1990).

Embora seja um aspecto bastante complexo de ser avaliado, em função de fatores topográficos, climáticos e econômicos, várias pesquisas têm avançado neste sentido.

BERTONI e LOMBARDI NETO (1990 p.86 a 89) descrevem um método para determinação de tolerância de perdas de solos, que desenvolveram para avaliar este aspeto de solos do Estado de São Paulo. Com base neste método, efetuaremos a seguir avaliação para os solos da bacia.

Para os cálculos, levamos em considerações os seguintes fatores, BERTONI e LOMBARDI NETO (1990):

Profundidade: a profundidade máxima para desenvolvimento radicular admitida foi 1m.

Relação textural entre os horizontes superficiais e subsuperficiais: é a relação textural entre esses horizontes que afeta a infiltração e a permeabilidade do solo. Uma relação textural de argila alta indica uma infiltração menor nos horizontes subsuperficiais, acelerando a erosão na superfície. Estabelecemos o seguinte critério para cálculo do peso de solo: quando a relação textural era menor do que 1,5, consideramos o peso total por hectare; de 1,5 a 2,5, 75% do peso e da espessura, e maior que 2,5, apenas 50% do peso e da espessura.

Para obtermos a relação textural entre os horizontes, verificamos a proporção do percentual de argila em cada um.

O tempo considerado para desgastar aquela superfície foi 1000 anos, portanto o peso por ha / 1000anos, obtivemos as perdas toleráveis por ano.

Obs. Não foi considerado o processo de formação de solo no período.

Os dados resultante estão dentro de um patamar aceitável.

Tabela 97, Tolerância de perdas de solo em toneladas por ano e parâmetros utilizados.

Discriminação	LRE	TRE	CE	LE
Argila no horizonte A (%)	70,0	48,0	41,0	45,0
Argila no horizonte B (%)	80,0	74,5	46,0	-----
Relação textural entre os horizontes A e B	1,1	1,6	1,1	< 1
Profundidade – cm (h)	100,0	82,5	50,0	35,0
Densidade g/cm ³ (d)	1,75	1,75	1,75	1,75
Peso de terra t/há (P) (P=100 x h x d)	17500,0	14437,5	8750,0	6125,0
Tolerância perda./ano t/ha (pT) (pT=P/1000)	17,50	14,44	8,75	6,12

10.7 - Determinação da capacidade de uso do solo

Na determinação da capacidade de uso, tomamos por base a redução do processo erosivo, para níveis aceitáveis em perdas por erosão laminar. Este processo, uma vez controlado, também reduzirá a erosão em sulcos e boçoroca, que na grande maioria das vezes resultam de uma ação em cadeia.

Os fatores que não dependem da natureza, mas sim da ação do homem, são o C e P (formas de uso do solo e práticas conservacionistas). Estes dois fatores combinados permitem identificar a capacidade de uso da bacia, ou micro-bacia, ou tipos de solos e até de cada propriedade agrícola. Como primeira etapa, combinamos as diferentes formas de uso com as práticas conservacionistas que consideramos adequadas para a área e o resultado consta a seguir:

Tabela 98, Capacidade de uso e práticas conservacionistas

Fator C - Uso		Fator P - Práticas conservacionistas							
TIPO	C	<i>h</i>	<i>G</i>	<i>f</i>	<i>e</i>	<i>d</i>	<i>c</i>	<i>b</i>	<i>a</i>
		1	0,5	0,4	0,2	0,2	0,1	0,04	0,01
1	0,001								0,00001
2	0,001								0,00001
3	0,003							0,00012	
4	0,003							0,00012	
5	0,01	0,01	0,005	0,004	0,002	0,002	0,001		
6	0,01				0,002	0,002	0,001		
7	0,2	0,2	0,1	0,08	0,04	0,04	0,02		
8	0,01	0,01	0,005	0,004	0,002	0,002	0,001		
9	0,01	0,01	0,005	0,004	0,002	0,002	0,001		
10	0,1376	0,1376	0,0688	0,05504	0,02752	0,02752	0,01376		
11	0,0574	0,0574	0,0287	0,02296	0,01148	0,01148	0,00574		
CP=C*P		CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP

Legenda: Fator - C - 1 - Floresta primária; 2 - Floresta secundária; 3 - Reflorestamento; 4 - Capoeira; 5 - Erva-mate; 6 - Pastagem; 7 - Lavoura mecanizada de milho, soja, feijão e trigo ou aveia (rotação); 8 - Fruticultura (pêssego e citrus); 9 - Fruticultura (videira); 10 - Lavouras de tração animal de milho, feijão e Soja (consórcio); 11 - Lavouras manuais de milho, feijão e Soja (com uso de pousio).

Fator P: a - Cobertura florestal de médio a grande porte com subbosque e serapilheira, b - cobertura vegetal natural de porte médio a baixo e Reflorestamento ambos com serapilheira; c - Muros de pedra (desnivelados 80cm), aradura e cultivo a enxada em contorno, adubação equilibrada; d - Faixas anti erosão (2-4m largura); e - Cordões de vegetação permanente; f - Alternância de capina + plantio em contorno; g - plantio em contorno; h - Plantio morro a baixo;

A CP tolerável foi determinada através da fórmula:

$$CPt = Pt/R \times K \times L \times S; \text{ onde:}$$

CPt - capacidade de uso e prática conservacionista tolerável;

Pt - perdas de solo tolerável para cada tipo de solo;

R, K, L,S - fatores da USLE.

Tabela 99, CP tolerável para cada tipo de solo

Micro - Bacia	Solo					CP Tolerável	Capacidade de uso e práticas recomendadas	
	Tipo	Área ha	Decl.(%)	Rampa (m)	LS			
3	LRE	11,40	2,50	30,00	0,3	0,4615	Lavouras mecanizadas de culturas anuais como milho, soja, feijão, etc. com o emprego de práticas conservacionistas simples, como plantio em nível, construção de curvas de nível e rotação de culturas. Não existem restrições para o uso com pastagem, fruticultura, erva-mate e cobertura vegetal florestada ou reflorestadas (I).	
9	LRE	6,80	2,60	30,00	0,3	0,4454		
2	LRE	6,10	2,70	30,00	0,3	0,4302		
1	TREE	36,90	4,50	30,00	0,5	0,2307		
3	TREE	5,56	5,00	30,00	0,5	0,2034		
6	TREE	0,80	5,00	30,00	0,5	0,2034		
10	TREE	7,80	5,00	30,00	0,5	0,2034		
5	TREE	4,70	5,30	30,00	0,6	0,1893		Lavouras mecanizadas de milho, soja, feijão, trigo, adotando práticas conservacionistas como plantio em nível, alternância de capinas e construção de terraços de base estreita. Não existem restrições para o uso com pastagem, fruticultura, erva-mate e cobertura vegetal florestadas ou reflorestadas (II).
8	TREE	4,45	5,60	30,00	0,6	0,1767		
11	TREE	15,00	6,00	30,00	0,7	0,1617		
17	TREE	7,80	6,10	30,00	0,7	0,1583		
7	TREE	2,80	6,50	30,00	0,7	0,1456		
2	TREE	24,71	9,30	30,00	1,2	0,0880		
4	TREE	5,50	2,30	30,00	0,2	0,0827		

Cotinha tabela 99

Micro-Bacia	Solo					CP Tolerável	Capacidade de uso e práticas recomendadas
	Tipo	Área ha	Decl.(%)	Rampa (m)	LS		
13	CE	4,70	4,00	135,00	0,9	0,0226	Lavouras tração animal com as culturas de milho, soja, feijão, arroz, mandioca etc, de protegidas por faixas anti erosão (2 a 4m de largura), ou muros de pedras desnivelados 80cm, aradura e plantio em contorno. Uma vez protegidas por faixas anti erosão não existem restrições para o uso com pastagem, fruticultura e erva-mate. O uso com cobertura vegetal florestada ou reflorestadas, não apresenta restrições (III).
27	CE	18,50	6,00	107,00	1,3	0,0156	
16	CE	5,40	6,50	92,00	1,3	0,0151	
22	CE	9,12	6,00	148,00	1,5	0,0132	
30	CE	18,67	6,00	150,00	1,5	0,0131	
15	CE	9,30	6,50	125,00	1,5	0,0130	
7	CE	2,60	7,40	107,00	1,7	0,0117	Lavouras manuais de milho, feijão, soja, arroz, etc, protegidas por faixas anti erosão ou cordões de vegetação permanente, sendo imprescindível o uso da técnica de pousio. De forma criteriosa em algumas áreas podem ser desenvolvido lavouras de tração animal com as culturas de milho, soja, feijão, arroz, mandioca etc, de protegidas por faixas anti erosão (2 a 4m de largura), ou muros de pedras desnivelados 80cm, aradura e plantio em contorno. Uma vez protegidas por faixas anti erosão não existem restrições para o uso com pastagem, fruticultura, erva-mate. Não apresenta restrições quanto ao uso com cobertura vegetal natural florestada ou reflorestada (IV).
21	CE	8,60	7,00	125,00	1,7	0,0117	
5	CE	15,20	7,00	142,00	1,8	0,0110	
10	CE	7,40	7,00	142,00	1,8	0,0110	
28	CE	7,90	6,50	180,00	1,8	0,0108	
6	CE	14,50	7,40	175,50	2,1	0,0092	
26	CE	10,00	9,30	110,00	2,3	0,0084	
14	CE	14,10	11,40	89,00	2,9	0,0068	
3	CE	11,80	11,20	125,00	3,3	0,0059	
20	CE	31,70	11,10	128,00	3,3	0,0059	
23	CE	14,60	10,50	156,00	3,3	0,0058	
25	CE	4,70	12,00	121,50	3,6	0,0054	Fruticultura, com o uso de faixas anti erosão, ou muros de pedras e cobertura morta. Uma vez protegidas por faixas anti erosão não existem restrições para o uso com pastagem e erva-mate. Não apresenta restrições quanto ao uso com cobertura vegetal natural florestada ou reflorestada. De forma criteriosa podem ser desenvolvidas lavouras manuais de milho, feijão, soja, arroz, etc, protegidas por faixas anti erosão ou cordões de vegetação permanente, sendo imprescindível o uso da técnica de pousio em períodos de cultivo alternados de 2 a 3 anos (V).
24	CE	9,20	11,10	160,00	3,7	0,0053	
1	CE	15,10	13,00	125,00	4,2	0,0047	
18	CE	8,40	13,00	125,00	4,2	0,0047	
2	CE	19,73	14,00	125,00	4,7	0,0042	
12	CE	6,20	14,60	108,00	4,7	0,0042	
29	CE	6,00	14,00	140,00	5	0,0039	
11	CE	15,40	14,50	135,00	5,2	0,0038	
17	CE	26,60	14,80	140,00	5,4	0,0036	
19	CE	34,30	16,50	162,00	7	0,0028	
19	LE	11,40	12,00	178,00	4,4	0,0021	Pastagem permanente, protegida por faixas anti erosão ou muros de pedras, ou com cordões de vegetação permanente. Não apresenta restrições quanto ao uso com cobertura vegetal natural ou florestada. Em algumas áreas de forma criteriosa podem ser desenvolvidas lavouras manuais de milho, feijão, soja, arroz, etc, protegidas por faixas anti erosão ou cordões de vegetação permanente, sendo imprescindível o uso da técnica de pousio em períodos cultivo alternados no intervalo mínimo de 3 em 3 anos (VI).
22	LE	14,90	15,00	89,00	4,4	0,0021	
26	LE	36,40	13,00	130,00	4,3	0,0021	
8	LE	13,54	12,40	178,00	4,6	0,0020	
27	LE	21,50	14,00	136,00	4,9	0,0019	
1	LE	1,01	14,00	142,00	5	0,0018	
23	LE	16,50	15,00	145,00	5,7	0,0016	
2	LE	3,76	18,70	81,00	6,1	0,0015	
25	LE	32,10	14,80	177,00	6,1	0,0015	
17	LE	3,00	18,70	96,00	6,7	0,0014	
21	LE	32,00	18,00	107,00	6,6	0,0014	
9	LE	4,30	17,00	145,00	7	0,0013	
6	LE	20,00	18,00	145,00	7,7	0,0012	
10	LE	5,80	17,20	160,00	7,5	0,0012	
13	LE	17,50	18,50	128,00	7,5	0,0012	
15	LE	11,80	17,90	178,00	8,4	0,0011	
28	LE	9,30	18,00	178,00	8,5	0,0011	
18	LE	9,00	20,20	140,00	9,2	0,0010	Áreas indicadas somente à manutenção da cobertura florestal, com matas florestadas ou reflorestada de médio a grande porte. (VII)
12	LE	7,80	19,70	171,00	9,7	0,0009	
4	LE	20,70	22,20	178,00	12	0,0008	
5	LE	25,80	22,00	165,00	12	0,0008	
11	LE	15,00	24,00	125,00	12	0,0008	
24	LE	20,20	22,20	179,00	12	0,0007	
30	LE	66,13	24,00	180,00	14	0,0007	
3	LE	6,12	28,00	107,00	14	0,0006	
29	LE	20,50	26,00	150,00	15	0,0006	
7	LE	13,50	28,00	196,00	19	0,0005	
16	LE	7,60	28,00	196,00	19	0,0005	
20	LE	18,40	29,00	145,00	18	0,0005	

Usando os dados de CP desta tabela 99, combinada com os da de 98, pode-se identificar para cada ponto da bacia a forma de uso adequada e as práticas conservacionistas recomendáveis, conforme consta no mapa figura 92.

A partir da carta de capacidade de uso, pode-se chegar ao planejamento das atividades agrícolas dentro de cada propriedade, de acordo com os respectivos potenciais individuais, de forma perfeitamente integrada, sem provocar danos a natureza.

As atividades que o agricultor será orientado a executar estarão em primeiro plano sincronizadas com a realidade de sua propriedade e com o mercado de consumo a que os produtos serão destinados, vinculando a utilização racional da terra com resultados econômicos satisfatório e sem prejuízo ao meio ambiente. Um exemplo de replanejamento das formas de uso que devem sofrer as propriedades consta na figura 93. Nesta figura estão duas representações tridimensionais de um imóvel rural, sendo que a esquerda temos a capacidade de uso e a direita as formas de uso atuais. Feita a comparação, percebe-se a necessidade de reprogramar o uso da terra nesta propriedade, para explorá-la adequadamente, com bons retornos financeiros.

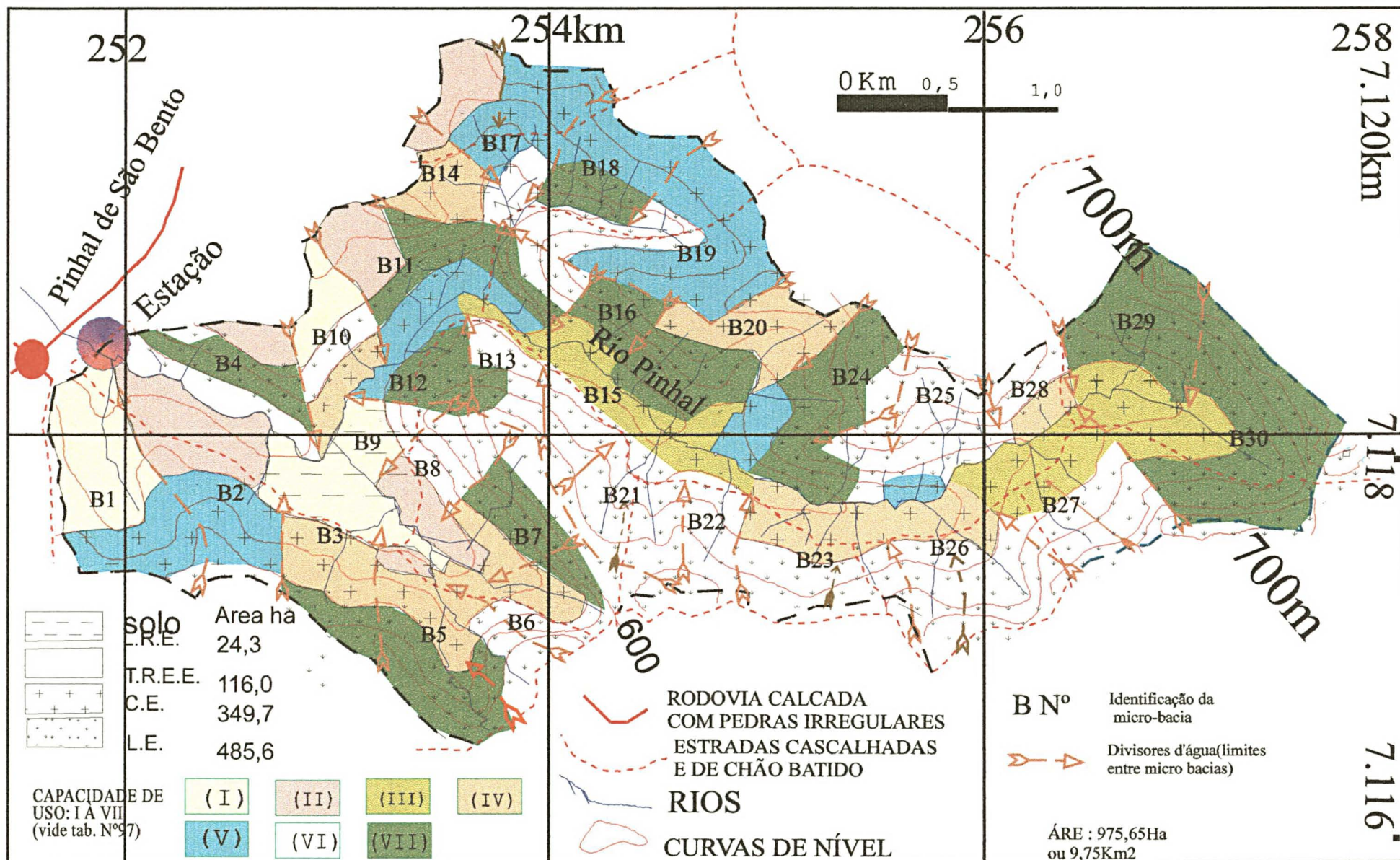


Figura 92, Carta de caracterização de capacidade de uso

Lote 21 da GL 203 SA, Localizado na Bacia 03

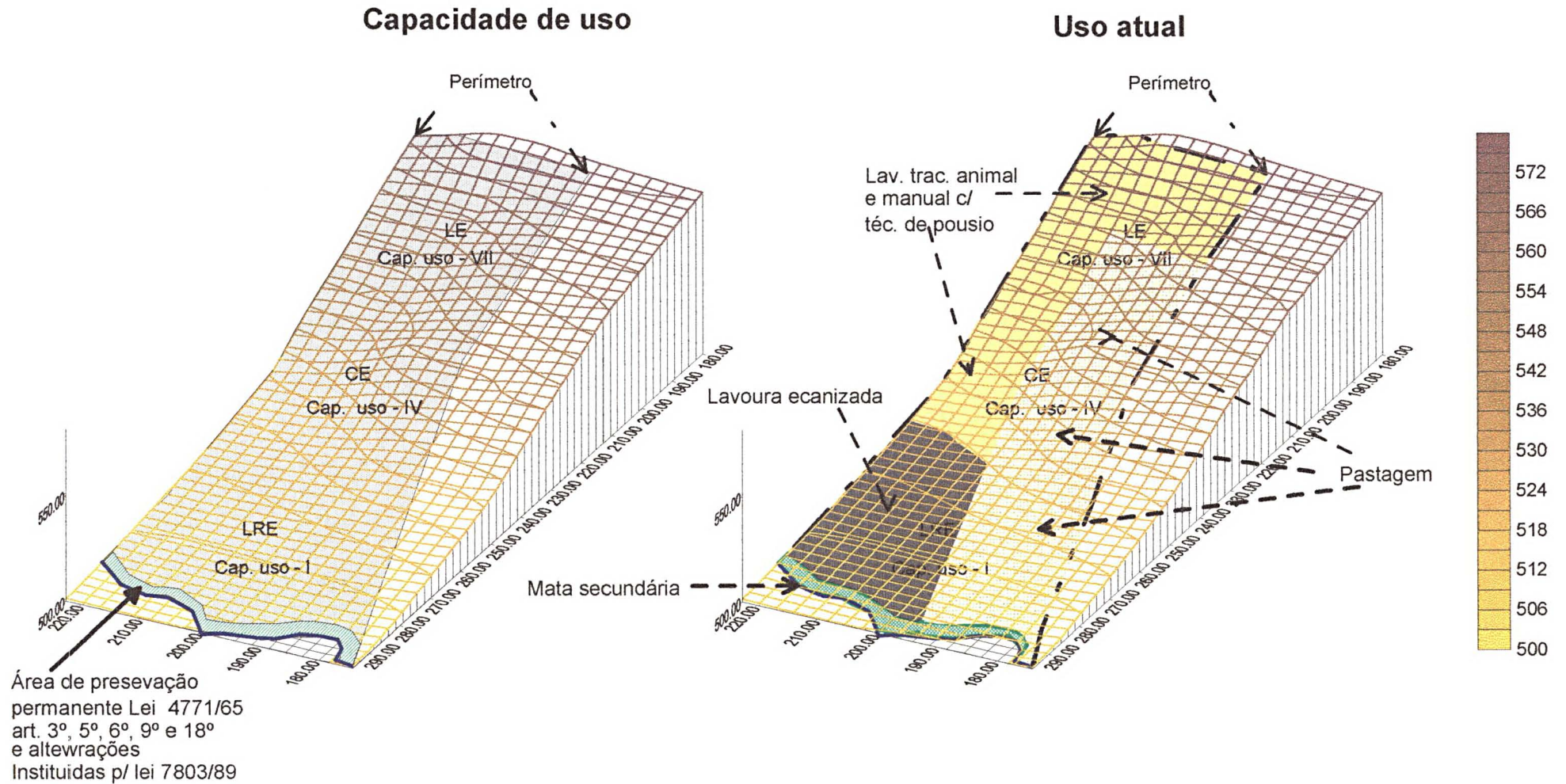


Figura 93, Mapa tridimensional do lote 21 da GL 204 SA, comparando a capacidade de uso com a utilização atual.

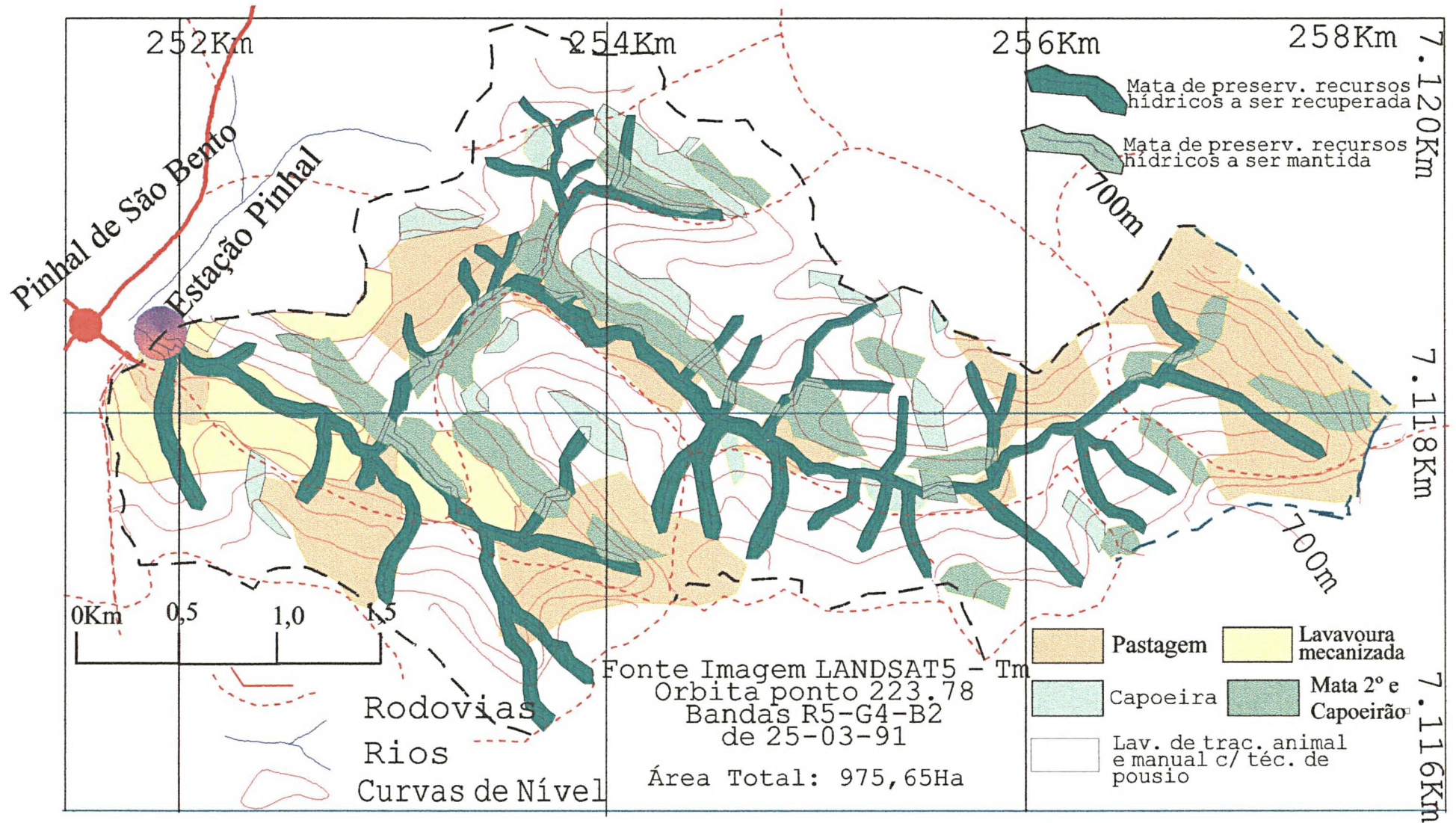


Figura 94, Mapa de uso atual das terras e situação das matas de preservação de recursos hídricos.

XI CONCLUSÕES

A bacia do rio Pinhal está localizada no Terceiro Planalto Paranaense, em estrato geológico da Formação Serra Geral, Grupo São Bento, com litologia de rochas efusivas básicas da Era Mesozóica. O relevo dominante é o ondulado, seguido pelo forte ondulado, suave ondulado e plano. O clima é o mesotérmico úmido. A interação clima estrato geológico permitiu o desenvolvimento dos solos Litólico Eutrófico, Cambissolo Eutrófico, Terra Rocha Estruturada Eutrófica e Latossolo Roxo Eutrófico e conseqüentemente o surgimento da flora e fauna exuberante, sendo a primeira composta pela Matas de Araucária.

A bacia permaneceu intacta até por volta de 1958, quando teve início o processo de ocupação e formação do espaço geográfico. O uso indiscriminado do solo leva praticamente a erradicação das matas primárias de araucária, e, atualmente a vegetação natural mais expressiva é caracterizada por pequenas áreas de matas secundárias e capoeirões, geralmente bem degradadas.

As atividades desenvolvidas na bacia são essencialmente agrícolas, predominando as lavouras de tração animal e manual, em seguida estão as pastagens e lavouras mecanizadas. As culturas mais empregadas são o milho, soja e feijão.

Salvo as lavouras mecanizadas, as demais não são protegidas por práticas conservacionistas, e os dados relativos a degradação ambiental podem ser verificados pelos métodos utilizados na quantificação desse processo na bacia.

Para quantificação de material hidro-transportado no período de 22-03-96 a 22-03-97, foi instalada no médio curso do rio Pinhal, estação flúvio-sedimentométrica, para monitorar o fluxo de material particulado e dissolvido e um pluviômetro, para medir a pluviosidade.

Constatou-se que o material particulado em suspensão hidro-transportado no período foi de 15.252,9 toneladas e o fluxo de água de 33.724.541 m³. Do total de material particulado movimentado em suspensão, 35,2% ou 5.367,14 ton, foi no dia 31-03-96 e em 16 dias ocorreu o transporte de 97,3% ou 14.481,83ton, o restante (2,7%) ocorreu nos demais dias observados.

Correlacionando os dias com maiores índices de material em suspensão, com os de maiores cotas, maiores movimentos de material e índices pluviométricos, conforme consta na tabela 100, observa-se que:

A concentração de material particulado em suspensão coincide com os períodos chuvosos, porém este fator está ligado diretamente à intensidade da precipitação e seu tempo de duração, por isso não necessariamente coincide com os maiores índices de precipitações diárias e maiores cotas.

No transporte de material em suspensão concorrem a velocidade de fluxo que estabelece a capacidade de transporte, o nível da água na capacidade de aporte e a concentração na quantidade de material disponível para o transporte. Portanto, em alguns casos a concentração é mais significativa e em outros o nível e a velocidade.

Tabela 100, Fatores mais importantes no transporte de material em suspensão

Cotas		Velocidade		Concentração		Transporte/dia	
Dia	(m)	Dia	(m/s)	Dia	(mg/l)	Dia	(t/dia)
31-03-96	2,5	21/12/96	2,91-3,11	09/01/97	2220,0	31/03/96	5367,14
12-10-96	2,08	12/10/96	3,02	30/03/96	1910,0	09/01/97	2985,12
21-12-96	1,24-1,74	09/01/97	2,65	02/12/96	1751,6	12/10/96	1539,96
30-03-96	0,45-1,3	31/03/96	2,50	13/11/96	1618,3	21/12/96	1432,03
09-01-96	1,2	30/03/96	1,0-2,33	19/10/96	1198,3	30/03/96	1224,88
11-10-96	0,7-1,06	11/10/96	1,05-2,06	01/12/96	876,3	13/11/96	1134,20
13-11-96	1,02	13/10/96	1,87	05/10/96	866,6	19/10/96	309,10
09-07-96	0,92	09/07/96	1,87	31/03/97	740,0	05/10/96	181,93
02-02-97	0,6-0,9	18/06/96	1,75	21/12/96	673,0	18/06/96	155,85
18-06-96	0,88	19/06/96	1,67	31/08/96	427,7	27/03/96	136,18
20-10-96	0,88	13/11/96	1,62	20/12/96	382,2	11/10/96	121,27
19-10-96	0,49-0,86	20/12/96	1,06-1,53	12/10/96	379,1	20/12/96	69,20
01-02-97	0,6-0,82	02/02/97	1,12-1,52	27/03/96	358,6	02/12/96	63,10
20-12-96	0,78	20/10/96	1,06-1,38	07/11/96	354,4	19/01/97	49,46
19-06-96	0,76	19/10/96	0,69-1,37	09/11/96	292,2	01/02/97	41,22
27-03-96	0,72	01/04/96	1,37	19/01/97	286,6	02/02/97	30,80
01-04-96	0,72	01/02/97	0,94-1,32	11/10/96	254,1	13/10/96	27,35
22-12-96	0,70	27/03/96	1,25	16/06/96	243,3	09/07/96	26,63
07-07-96	0,66	22/12/96	1,25	18/06/96	238,8	08/09/96	25,96
14-10-96	0,63	27/06/96	1,04	08/09/96	227,7	10-10-96	25,53
Demais	<0,63	Demais	<1,04	Demais	<200	Demais	<25,52

Verifique-se a relação entre os dados pluviométricos e fatores mais importantes no transporte de material em suspensão na tabela 08, nas fls 18.

Fica evidente que o transporte de material particulado em suspensão, ocorre em alguns dias do ano, sendo necessário o uso de práticas conservacionistas capazes de controlar a erosão nesses períodos críticos.

A granulometria do material particulado em suspensão foi determinada pelo método do tubo de retirada pelo fundo. Os dados demonstram que predomina o material siltico, argiloso ou siltico argiloso, sendo a presença de areis pequena. Esta característica de granulometria tem origem na estrutura geológica de basalto da Formação Serra Geral, rochas estas que quando intemperizadas por decomposição química geram produtos residuais nas frações já mencionadas.

A granulometria do material do material de fundo transportado por arraste, rolamento e saltação é constituída por cascalhos finos até areia e também tem origem no material erodido das vertentes nos períodos de precipitações intensas.

Este tipo de material, pode ser constituído por agregados de silte e argila que no processo de transporte tenderão a se desintegrar e passar a compor a carga em suspensão.

Nos períodos chuvosos a tendência da carga de fundo é de constituir-se por material originário do processo erosivo que ocorre no interflúvio e possuir granulometria mais fina, na faixa de cascalho fino até areias. A medida que as precipitações diminuem o material tende a possuir granulometria maior, pois o fluxo carrega a parte erodida das vertentes, permanecendo aqueles que fazem parte efetiva do leito do rio, como cascalhos ou seixos que são rolados lentamente a medida que o fluxo tem capacidade para isso.

Comparados as cargas de fundo e em suspensão, verifica-se que em cotas elevadas o material de fundo tem aumento significativo, porém a carga em suspensão tem um acréscimo ainda maior e continua como a carga principal, pois a carga de fundo representa apenas 0,33 a 0,0009% da carga total. Em cotas baixas, embora a capacidade de transporte na carga de fundo seja baixa, o material em suspensão diminui acentuadamente e então o material de fundo torna-se mais expressivo e corresponde de 1,44 a 3,28% da carga total.

Plotado em gráfico único na figura 95 o material particulado em suspensão, o de fundo e o de arraste, percebe-se que é uma característica de material normal, ou seja, a carga em suspensão é constituída por silte e argila e a de fundo (arraste) por areias e cascalhos.

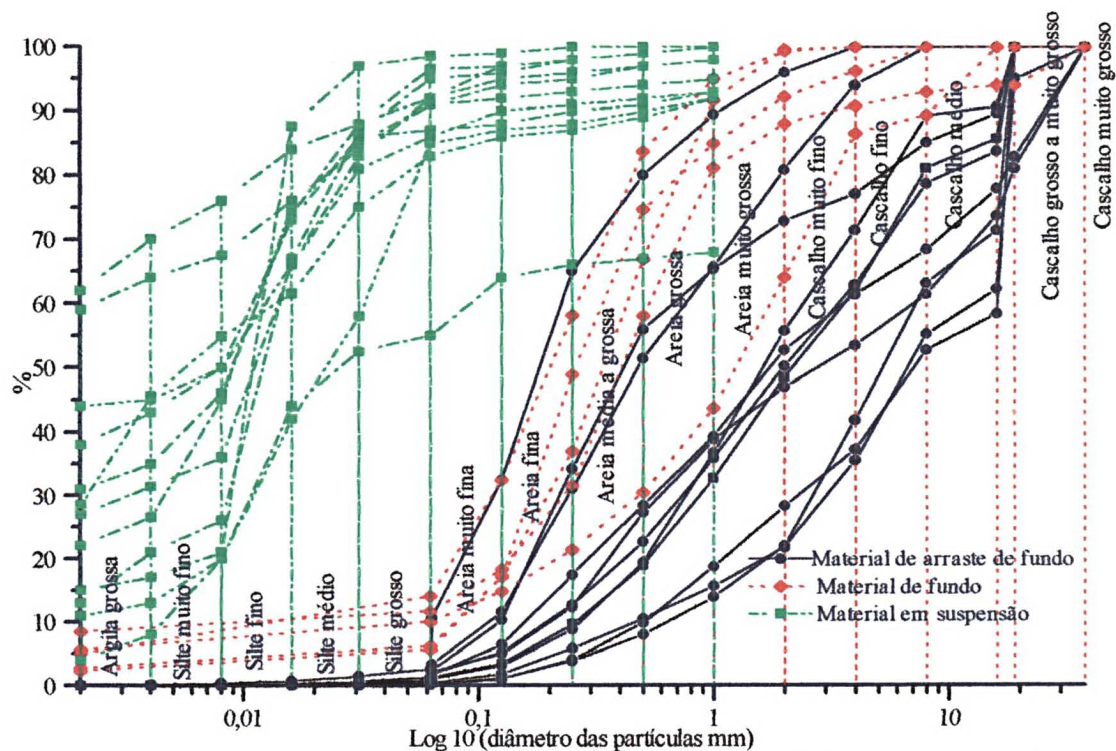


Figura 95, Comparativo da classificação granulométrica do material transportado na carga em suspensão e de fundo.

Em relação ao material dissolvido hidro-transportado, verificou-se de forma geral a tendência de manter certa estabilidade no fluxo de sais. Comparado os resultados obtidos, com dados apurados na bacia pela SANEPAR no período de 1989 a 1996, constatou-se que as médias estão dentro de patamares semelhantes.

Se confrontado o material dissolvido com o material particulado em suspensão, percebe-se que o primeiro tem uma constância ao longo do ano e o segundo apresenta picos em curtos períodos de tempo, onde ocorre a veiculação da grande maioria da carga em suspensão. Maiores detalhes constam na tabela 35, às fls 66.

A determinação da MO, resíduo mineral e água absorvida foi pelos métodos de combustão ou perda ao rubro e por Termogravimetria - TG e Calorimetria de Varredura Diferencial - DSC simultâneas.

Através da combustão e usando dados da TG - Termo Gravimetria e DSC Calorimetria de Varredura Diferencial, que permitiram deduzir a água absorvida dos resultados, determinamos os teores de MO - matéria orgânica, resíduo mineral e água absorvida de 33 dias amostrados.

Na TG e DSC simultâneas, utilizamos cinco amostras que correspondiam à material de 18 coletas diárias.

Tabela 101, Dados obtidos através da TG e DSC e Perda ao Rubro

Discriminação	TG e DSC			Perda ao Rubro		
	MO	Água abs.	Res. Min.	MO	Água abs.	Res. Min.
Máximo (%)	22,86	10,0	78,13	61,36	21,54	91,51
Mínimo (%)	14,63	5,22	70,0	6,28	2,21,	17,1
Média (%)	19,08	6,51	74,42	24,26	8,51	67,23

Tabela 102, Períodos de maior concentração de MO

Período	Perda ao Rubro		TG e DSC	
	Dia	% de MO	Dia	% de MO
No final do inverno e início da primavera	04/09/96	61,36%	09/08/96	22,86
	08/09/96	45,47%	01/09/96	21,80
	24/09/96	38,44%	08/07/96	21,74
			07/07/96	21,73
			25/09/96	21,15
Na primavera	10/10/96	37,28%	13/10/96	21,75
	12/10/96	36,16%	20/10/96	21,74
	06/10/96	28,50%		
	11/10/96	21,63%		
	19/10/96	21,25%		
No final da primavera	16/12/96	42,52%	06/12/96	20,00
	15/11/96	38,48%	08/12/96	20,00
	07/12/96	32,13%	20/12/96	19,44
	26/10/96	26,28%	22/12/96	19,43
	21/12/96	22,11%	20/12/96	15,97
	02/12/96	21,75%	21/12/96	15,97
No verão			19/01/97	17,75

Quando o solo está revestido de restos culturais, vegetação e no início do cultivo, existe grande quantidade de material em decomposição na superfície e de fácil remoção até o rio, é que existe a maior concentração de MO no material particulado. Outros teores significativos desse amorfo nas amostras, coincide com períodos chuvosos e nas épocas de maturação de lavouras.

Os teores de MO encontrados no material particulado, diferem dos que foram identificados nos solos e estão dentro de uma tendência normal, em função dos seguintes aspectos: a maior concentração da MO está na superfície do solo e cai acentuadamente com a profundidade; a parte superficial do solo é a mais erodida; as amostras de solo submetidas à análise são a representação média de 30cm de profundidade do horizonte A.

Outro aspecto a ser observado é que para os dois métodos as amostras submetidas aos testes de quantificação de MO, são de períodos chuvosos, com maior concentração de material particulado em suspensão. Isso pode ser melhor visualizado nas tabelas 101, 36 e 40.

O método da TG e DSC, por ser mais sofisticado do que a combustão, e também como o material amostrado apresentava maior uniformidade, os resultados foram mais regulares.

Fica evidente a eficiência dos dois métodos na determinação da composição de material particulado, com realce para o método da TG e DSC, que por ser um processo mais avançado seus dados são de alto fator de confiança.

Pelo método de difração de raio-X foi possível verificar que a mineralogia das amostras do material particulado em suspensão é constituída por minerais de albita, caulinita, feldspato, goetita, haloisita, hematita, muscovita, pirolusita, quartzo e vermiculita. Dentre os quais a caulinita é predominante, seguida do quartzo, pirolusita e goetita.

A presença desses minerais nas amostras é expressão da localização latitudinal da bacia e processos de pedogênese.

O processo de digitalização das imagens das amostras por scanner, que é um método novo, possibilitou-nos caracterizar a composição mineralógica de amostras de material particulado e de solos sob diferentes formas de uso.

De um modo geral, as cores marcantes no material particulado hidrotransportado em suspensão são da hematita, goetita e MO. Nos solos sob diferentes formas de uso, as cores da MO, goetita, hematita e argilo minerais são mais marcantes.

Este método, uma vez aprimorado pode tornar-se ferramenta importante na identificação da constituição mineralógica de material particulado e solos.

As amostras de dois dias foram submetidas aos testes com Raio X e pelo processo de digitalização de imagem, a comparação dos resultados obtidos constam a seguir:

Tabela 103, Dados de amostras tratadas por Raio X e Imagem Digitalizada

Amostra /data	Minerais / Raio X	Minerais / Imagem Digitalizada
15-04-96	Albita, Caulinita, Feldspato, Hematita, Montmorilonita, Pirolusita, Quartzo e Vermiculita	Predomina Argilo Minerais e em pequena proporção MO, goetita e hematita.
24-05-96	Goetita, Ilita, Montmorilonita, muscovita, Pirolusita, quartzo e Vermiculita	Hematita e Goetita, seguidas por MO e Argilo Minerais.

Comparando os resultados, pode-se dizer que são técnicas que se complementam, pois o raio -X não detecta amorfos, e minerais como goetita e hematita são difíceis de interpretar por ficarem mascarados pelos argilominerais. Em contrapartida, os argilo minerais e o quartzo são facilmente detectados. A interpretação por imagem digitalizada proporciona fácil identificação das cores de MO (amorfo), goetita e hematita, sendo mais difícil a identificação dos argilominerais por que suas cores variam muito.

Portanto, evidentemente que o método de digitalização de imagens uma vez aprimorado pode ser usado associado com a Difração de Raio-X, na detecção da constituição mineralógica de amostras, pois ambas são técnicas não destrutivas e têm eficiência diferentes.

A amostra de 15-11-96 foi submetida aos teste de MO por Perda ao Rubro e também foi digitalizada; os resultados constam a seguir:

Tabela 104, Amostra submetida a identificação de MO por Perda ao Rubro e identificação da mineralogia por imagem digitalizada.

Amostra/data	Perda ao rubro	Minerais/ Imag. Dig.
15-11-96	MO - 38,48% Água abs. - 13,51% Res. Min. - 48,01	Predomínio de Hematita e MO, aparecendo em menor proporção argilo minerais e Goetita

Neste caso também verifica-se que os resultado estão parecidos, confirmando que esta técnica uma vez aprimorada tem potencial para ser usada na caracterização de constituição mineralógica de amostras de material particulado.

O resultado das análises da composição química das águas do rio Pinhal das coletas que efetuamos em campo consta das tabelas 59, 60 e 61, juntamente com dados de análises feita pela SANEPAR deste recurso hídrico no período de 26-06-89 a 30-09-96, de vários rios do Sudoeste do Paraná, rios do mundo e sobre basalto.

Confrontando os dados verifica-se que:

No que tange a cátions, ânions e SiO₂, possui teores normais.

De acordo com padrões internacionais e resolução N°20 da CONAMA, verificou-se que os teores das águas do rio Pinhal permitem seu uso para fins potáveis, agrícola e industrial.

Plotados as análises no diagrama de Piper, as águas do rio Pinhal enquadraram-se como bicarbonatadas calciomagnesianas.

O pH das águas é relativamente alto, sendo o mínimo de 6,78, o médio de 7,49 e o máximo de 7,68, mas está dentro das médias do rio Pinhal e dos rios do sudoeste do Paraná, que foram detectadas pela SANEPAR.

Observamos que o pH não está relacionado com a altitude, mas sim em relação ao tipo de leito do rio, pois quando é rochoso o pH é sempre maior que 7,0, e sedimentar (argilas), inferior a 7,0. Isso se deve a influência das reações de hidrólise dos silicatos, especificamente os feldspatos na elevação do pH das soluções circulantes em porções não totalmente alteradas dos basalto. Já nos locais mais pedogenizados, sob intemperismo monossilicizante, o pH é naturalmente mais baixo.

O equilíbrio entre os minerais e soluções, plotados no diagrama de equilíbrio de Korzinski, cujas abcissas representam a concentração da sílica e as ordenadas os valores da razão $[Ca^{+2}/H^+]$, $[Na^+/H^+]$, $[K^+/H^+]$ e $[Mg^{+2}/H^+]$, no qual identificados os campo de estabilidade de alguns minerais e a situação das águas do rio Pinhal.

Construído os diagramas, verificou-se que nas amostras analisadas a composição das águas é controlada pela caulinita. Caracterizando o processo de monossilicização dos basalto.

Os dados bacteriológicos levantados pela SANEPAR de água in natura referentes a coliformes totais e fecais, demonstram que as águas da bacia possuem grau de contaminação elevados, não podendo ser utilizada para consumo humano e animal sem tratamento prévio. As amostras de água tratada apresenta número de coliformes dentro do padrão ideal para consumo humano, resta saber se o Cl residual do tratamento é realmente o valor apresentado pela SANEPAR.

Analisando as paisagens geoquímicas da bacia no que tange a mobilidade relativa dos elementos, constatou-se a seguinte distribuição:

Amostra de 03-11-96, $K > Ca > Na > SiO_2 > Mg$.

Amostra de 06-04-97, $Ca > K > Na > Mg > SiO_2$.

O K é o mais móvel na primeira amostra e o Ca na segunda. Na amostras de 03-11-96, o Ca é o segundo mais móvel, seguido pelo Na, SiO_2 e por último aparece o Mg. Em 06-04-97, o segundo elemento mais móvel é o K e na seqüência estão o Na, Mg e SiO_2 .

Esta alternância na posição de mobilidade entre Ca e K SiO_2 e Mg, ocorre neste caso especificamente por que dias anteriores a 03-11-96 coincidiram com os maiores índices

pluviométricos do ano na bacia, com intenso transporte e diluição de material dissolvido, por isso os teores foram mais baixos para todas as espécies, e principalmente os mais solúveis como o Ca e o Mg. Para 06-04-97, a coleta coincidiu com período de estiagem, por isso a concentração de material dissolvido é maior e existe uma presença maior daquelas elementos mais solúveis como o Ca^{++} e Mg^{++} .

O processo pedogenético de rebaixamento do perfil, na formação dos solos, se caracteriza por um aprofundamento anual do manto de intemperismo de 0,06mm anuais e o rebaixamento superficial por erosão é da ordem de 1,35mm anuais. Existindo portanto 1,29mm de diferença em relação ao solo formado e o desgaste superficial por erosão.

O processo erosivo que ocorre na bacia se manifesta por erosão laminar, em sulcos, voçorocas e erosão fluvial.

O material gerado por processo erosivo, para qualquer um dos casos, cujo produto foi veiculado pelo rio, quantificamos através de medição “in situ”, através de estação fluviossedimentométrica simples e pelo método de Djorovic. Pelo primeiro processo, no período de 23-03-96 a 23-03-97, quantificou-se um total transportado em suspensão de 15.380,989 t, ou 15,7 t/ha/ano, ou 1.593,88 t/Km²/ano.

Pelo método de Djorovic, avaliamos o material transportado nos períodos de 1976, 1980 e atual, verificando que seqüencialmente o material transportado foi aumentando, em função da intensificação do uso da terra, pois em 1976 o total de material veiculado era de 12.517,9 t/ano, 1980, 13.692,2 t/ano e atual 14.673,8 t/ano. Isso corresponde respectivamente a perdas médias de solo de 12,8 t/ha/ano, 14,0t/ha/ano, 15,0ha/ano.

A erosão laminar foi quantificada pela USLE-Equação Universal de Perdas de Solo. Neste processo camadas delgadas de solo são removidas, aparentemente de forma uniforme de todas as áreas. O processo ocorre por filetes interligados que não deixam marcas perceptíveis.

A grande maioria dos solos removidos por este processo não chega aos rios, mas, vai gradativamente sendo removido para as partes mais baixas das paisagens.

Por esse método, avaliamos também as perdas de solo, nos períodos de 1976, de 31.048,8 t/ano, 1980, de 54.365,9 t/ano e atual de 54.980,9 t/ano, equivalendo respectivamente 31,8 t/ha/ano, 55,7t/ha/ano e 56,4 t/ha/ano. Foi também constatado o aumento das perdas de solo no período de 1976 até então, em função da intensificação do uso das terras, com poucas preocupação com práticas conservacionistas.

Tabela 105, Resumo das perdas de solo por erosão.

Discriminação	Erosão Laminar			Erosão (Djorovic)			Erosão (Est. Flúvio-sedimentométrica)
	1976	1980	Atual	1976	1980	Atual	Atual
Perdas ton. / ano	31.048,8	54.365,9	54.980,9	12.517,9	13.696,2	14.673,8	15.380,9
Perdas /ha /ano	31,8	55,7	56,4	12,8	14,0	15,0	15,7

Confrontando os índices de aprofundamento do manto de intemperismo, com rebaixamento superficial do solo, percebe-se um desequilíbrio, como em relação solo que forma e o que é perdido por erosão.

Esse desequilíbrio fica mais evidente quando comparado as remoções de solo em t/ha/ano, por erosão com a tolerância de perdas para cada tipo de solo.

Fica evidente que o índice de degradação da bacia está relacionado com o processo de ocupação antrópica, pois as formas de uso da terra estão distorcidas ou não são protegidas por práticas adequadas de controle da erosão. Portanto, o controle da degradação ambiental na bacia deve necessariamente passar por uma readequação do uso da terra e implantação de práticas conservacionistas corretas.

Utilizando um procedimento que pondera as formas de uso e as práticas conservacionistas para cada situação de solo e relevo da bacia, construímos um mapa de caracterização da capacidade de uso, que pode nortear a readequação do uso da terra e respectivas práticas conservacionistas adequadas.

Não adianta traçar planos de controle ambiental se não houver a preocupação com o aspecto social, por isso, técnicos que trabalham a nível de campo devem ter a sensibilidade de a partir de um mapa de capacidade de uso de uma bacia, chegar ao nível particular de cada propriedade e orientar o agricultor no processo de readequação das formas de uso, dentro do potencial de sua área, sempre pensando em explorá-la racionalmente, com os melhores resultados econômicos possíveis. Por isso, as atividades a serem desenvolvidas devem estar dentro de uma realidade de mercado local e regional.

ANEXOS

0 - Fotos coloridas, em ângulo de visada horizontal, da bacia efetiva e de parte do restante da bacia.

0 - Mosaico de fotos aéreas de 1980, com localização das fotos horizontais e respectivos ângulos de visada.

0 - Fotos coloridas de pluviômetro, amostrador de material de arraste de fundo e equipamento de filtragem, todos construídos artesanalmente .

0 - Fotos aéreas de 1976 e 1980 da bacia efetiva.

0 - Imagem de satélite da bacia efetiva.

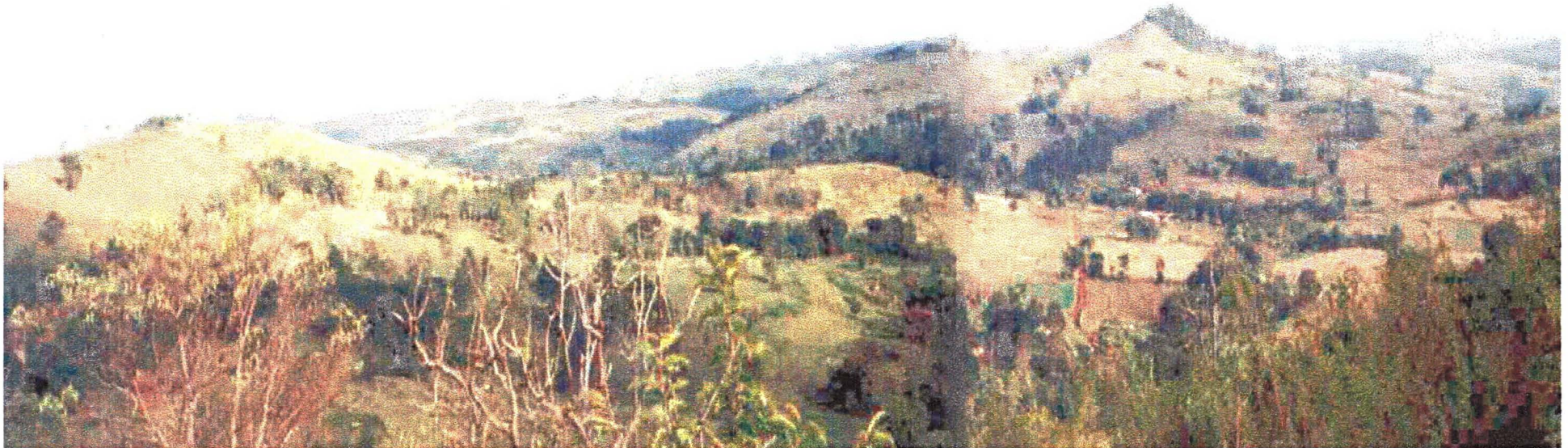


Foto 01 - Observa-se aspectos panorâmicos de lavouras manuais e de tração animal, pastagens, pequenas áreas de matas secundárias, capoeirões e capoeiras. As formas de relevo forte ondulado e ondulado estão bem esboçadas. Nas encostas, aparecem os solos litólicos e no fundo do vale os cambissolos.



Foto 02 - Nesta foto está realçado os dois pontos de extremo leste, com as maiores altitude (740m). Aparecem também área de capoeirões, capoeiras, lavouras de tração animal e pastagem. Na parte central, estão áreas com cambissolo e nas encostas o litólico. No centro, aparecem aspectos de relevo ondulado e ao fundo do forte ondulado



Foto 03 - Estação flúvio-sedimentométrica de montante. Ângulo de visada de jusante para montante.



Foto 04 - Perfil de solo Litólico Eutrófico, em um barranco de estrada, na meia encosta



Foto 05 - Estação Pinhal. Ângulo de visada de montante para jusante.



Foto 06 - Estação Pinhal, ângulo de visada de jusante para montante.



Foto 07 - Na base está área de cambissolo preparada para o plantio e ao fundo, área de pastagem em relevo forte ondulado.



Foto 08- Perfil de Cambissolo Eutrófico, em um barranco de estrada, sob mata secundária.



Foto 09 - Observa-se aspectos panorâmicos de lavouras manuais e de tração animal, pastagens, pequenas áreas de matas secundárias, capoeirões e capoeiras. As formas de relevo são o forte ondulado e ondulado. Nas encostas, aparecem os solos litólicos e no fundo do vale os cambissolos



Foto 10 - Realça o vale da bacia, salientando as formas de relevo, ondulado e forte ondulado.



Foto 11 - Enfatiza pequenas áreas de cambissolo em fundo de vale, após colheita e à esquerda lavoura de mandioca de subsistência. Ao fundo, aparece relevo forte ondulado, cujo solo é litólico e a forma de uso é pastagem.



Foto 12 - Área mecanizada de Latossolo Roxo Eutrófico, após colheita de feijão e com cultura de fumo. A direita aparecem matas secundárias de preservação de recursos hídricos.



Foto 13 - Área mecanizada de Latossolo Roxo Eutrófico, com restos culturais de milho, cultivado através de plantio direto. A esquerda aparecem matas secundárias que auxiliam na preservação de recursos hídricos. Ao fundo lavouras de tração animal.



Foto 14 - Observa-se aspectos panorâmicos de lavouras manuais e de tração animal, pastagens, no centro estão lavouras mecanizadas, protegidas por murunduns. Destacam-se áreas de matas secundárias, capoeirões e capoeiras. As formas de relevo suave ondulado, onde encontram-se latossolo e terra roxa e nas encostas onde o relevo passa para a forma ondulada e forte ondulada, aparecem respectivamente o cambissolos. litólicos.



Foto 15 - Na base aparecem latossolo e terra roxa, em relevo suave ondulado, utilizados com pastagens e lavouras mecanizadas. Na parte central estão matas secundárias de preservação de recursos hídricos. Ao fundo aparecem relevo forte ondulado, com lavouras de tração animal e manual.



Foto 16 - Demonstra ao centro, relevo suave ondulado, terra roxa com lavoura mecanizada e pastagem, ao fundo, relevo forte ondulado com solo litólico e áreas de lavouras de tração animal e manual.



Foto 17 - Aparece à base parte do perímetro urbano de Pinhal de São Bento. As formas de relevo estão constituídas pelo ondulado e forte ondulado. Aparecem lavouras de tração animal e manual, pequenos capões de mata secundária e cpoeirão.



Foto 18 - Destaca parte do perímetro urbano de Pinhal de São Bento e ao fundo lavouras de tração animal e manual. Verifica-se a esquerda uma área expressiva de mata secundária. As forma de relevo são ondulado e o forte ondulado.



Foto 19 - Realça área de lavouras mecanizadas em latossolo e terra roxa. As formas de relevo são onduladas e suave onduladas.

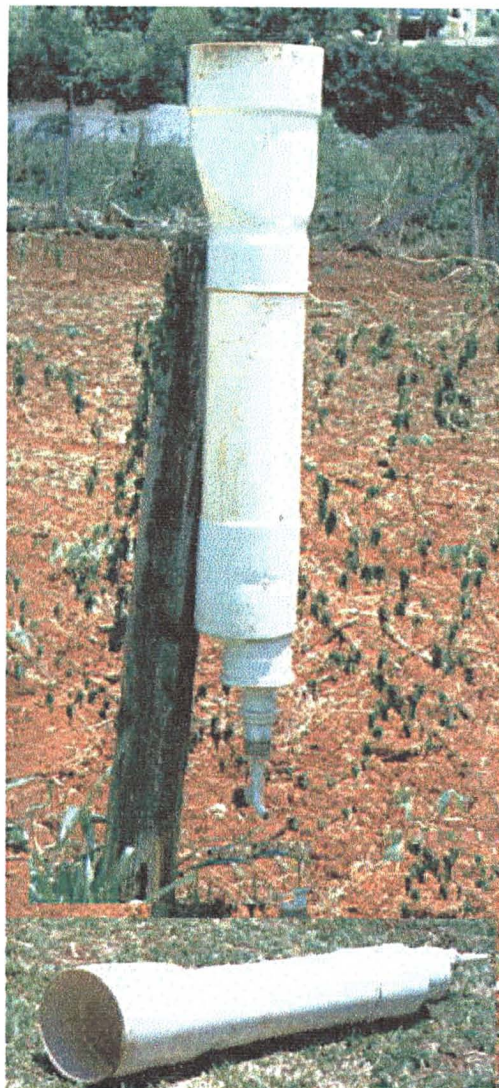


Foto 20 - Pluviômetro ordinal, construído artesanalmente, utilizando PVC branco.

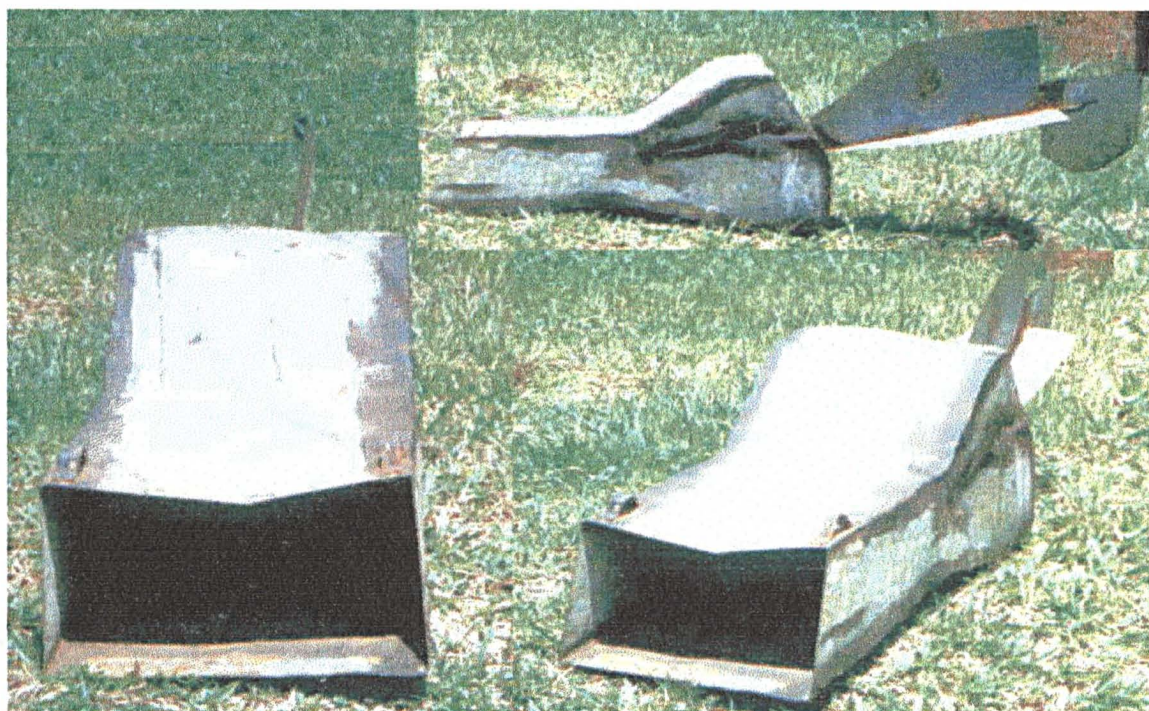
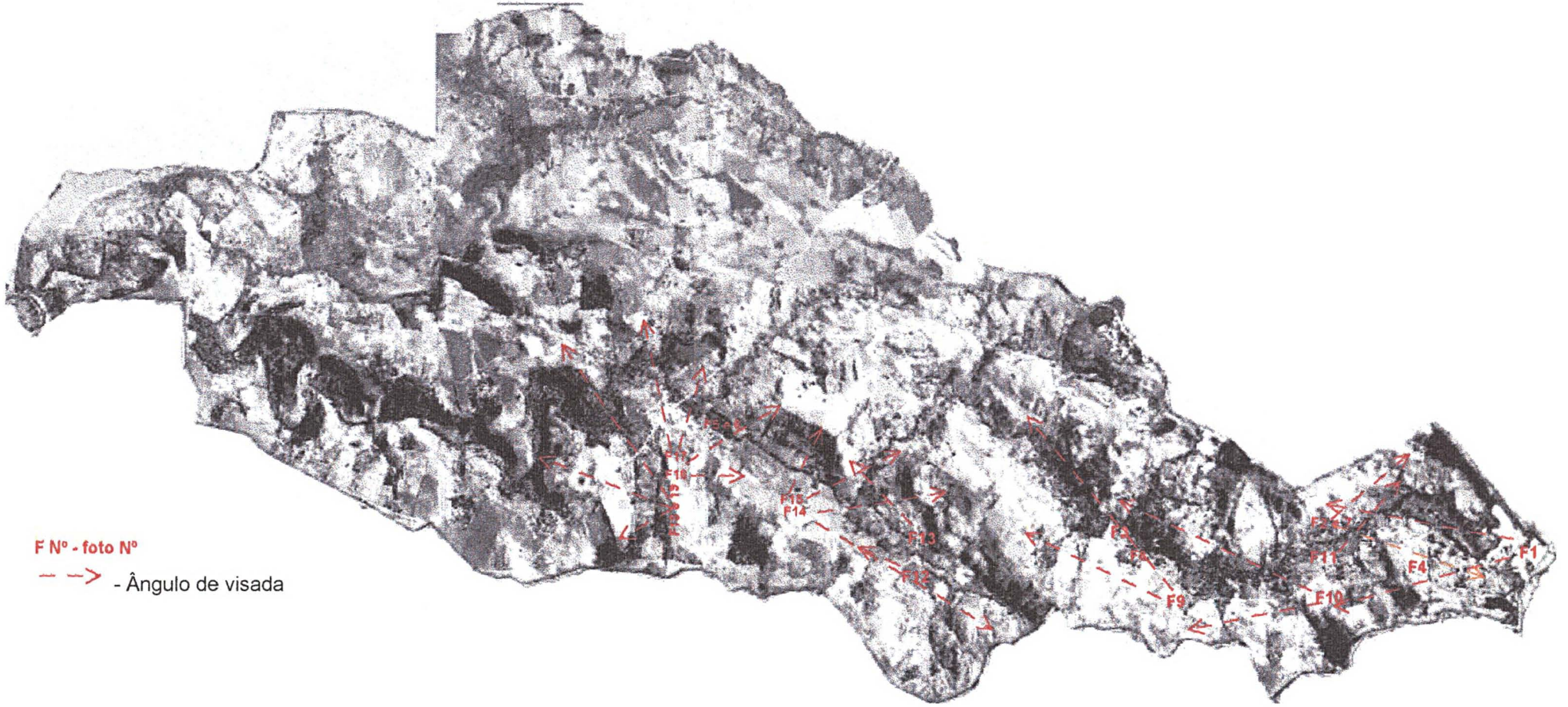


Foto 21 - Amostrador de material de arraste de fundo, tipo VUV, construído artesanalmente utilizando latão e solda a oxigênio



Foto 22 - Conjunto para filtrar água, construído artesanalmente. Observando sobre o aspirador de pó, temos atrás a esquerda, o depósito para água filtrada, constituído por um vidro, com bocal em PVC. Atrás a esquerda, a parte superior, constituído pelo funil, com saída larga onde a água a ser filtrada é colocada. No centro está a base de filtro, construído em PVC, a parte central esbranquiçada é o local sobre o qual vai a membrana filtrante, 'e porosa, construído em fibra de vidro. O aspirador de pó sobre o qual estão as peças do filtro, é utilizado para fazer sucção.



MOSAICO DE FOTOS AÉREAS DE 1980, DA BACIA DO RIO PINHAL, COM LOCALIZAÇÃO DAS FOTOS HORIZONTAIS

Mosaico da bacia efetiva, fotos aéreas de 1976

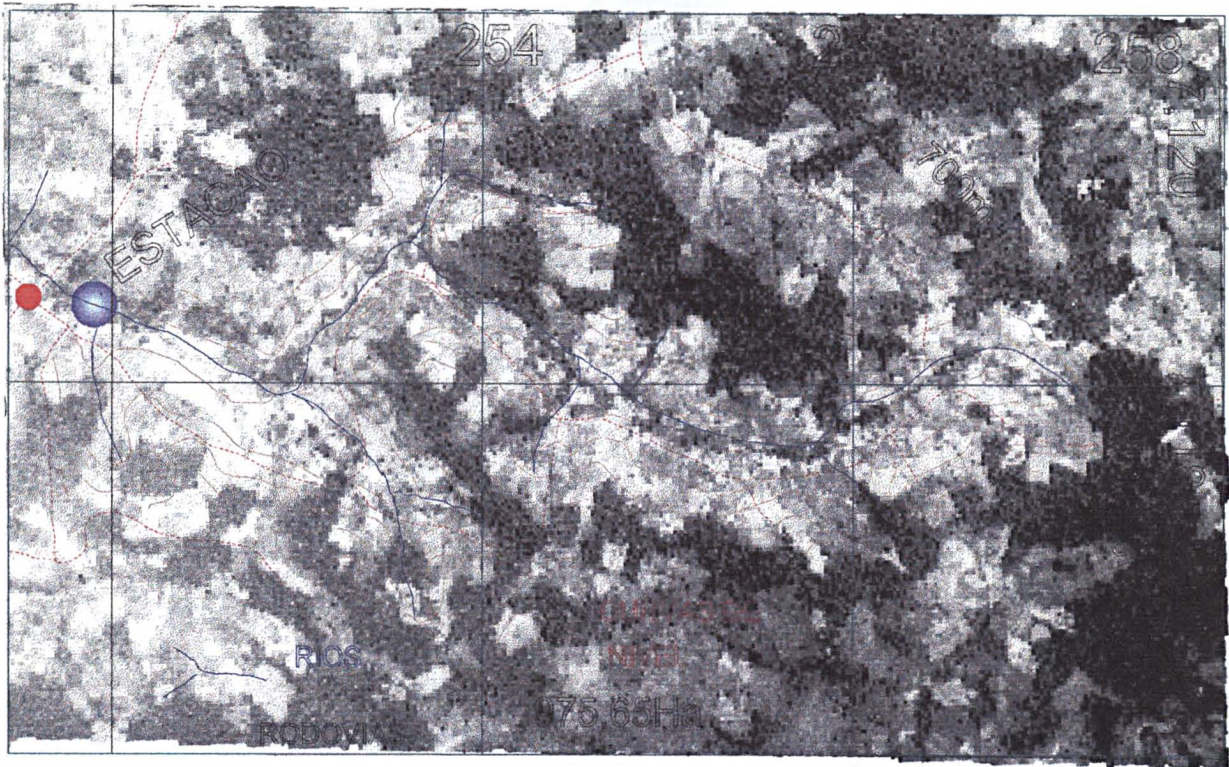
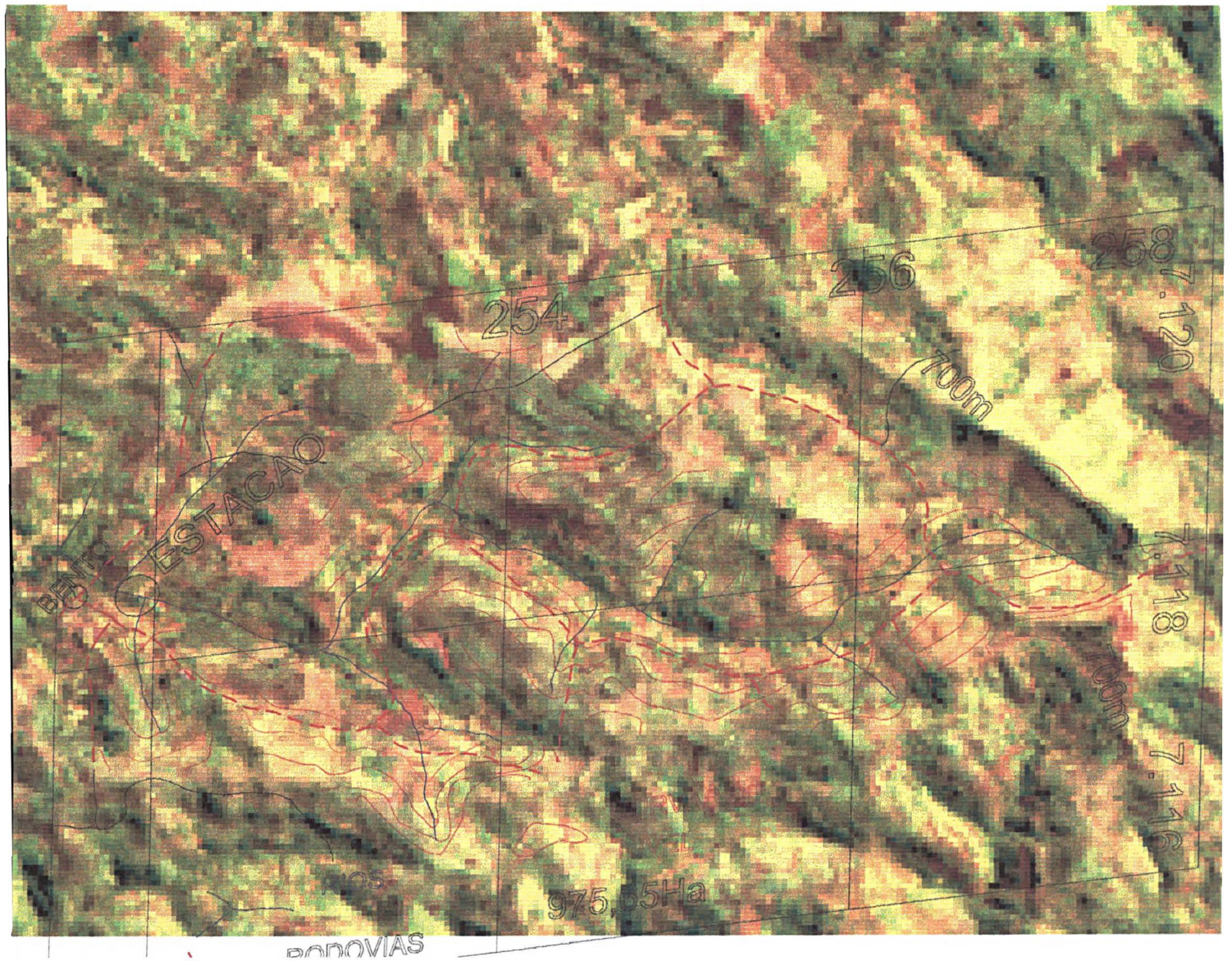
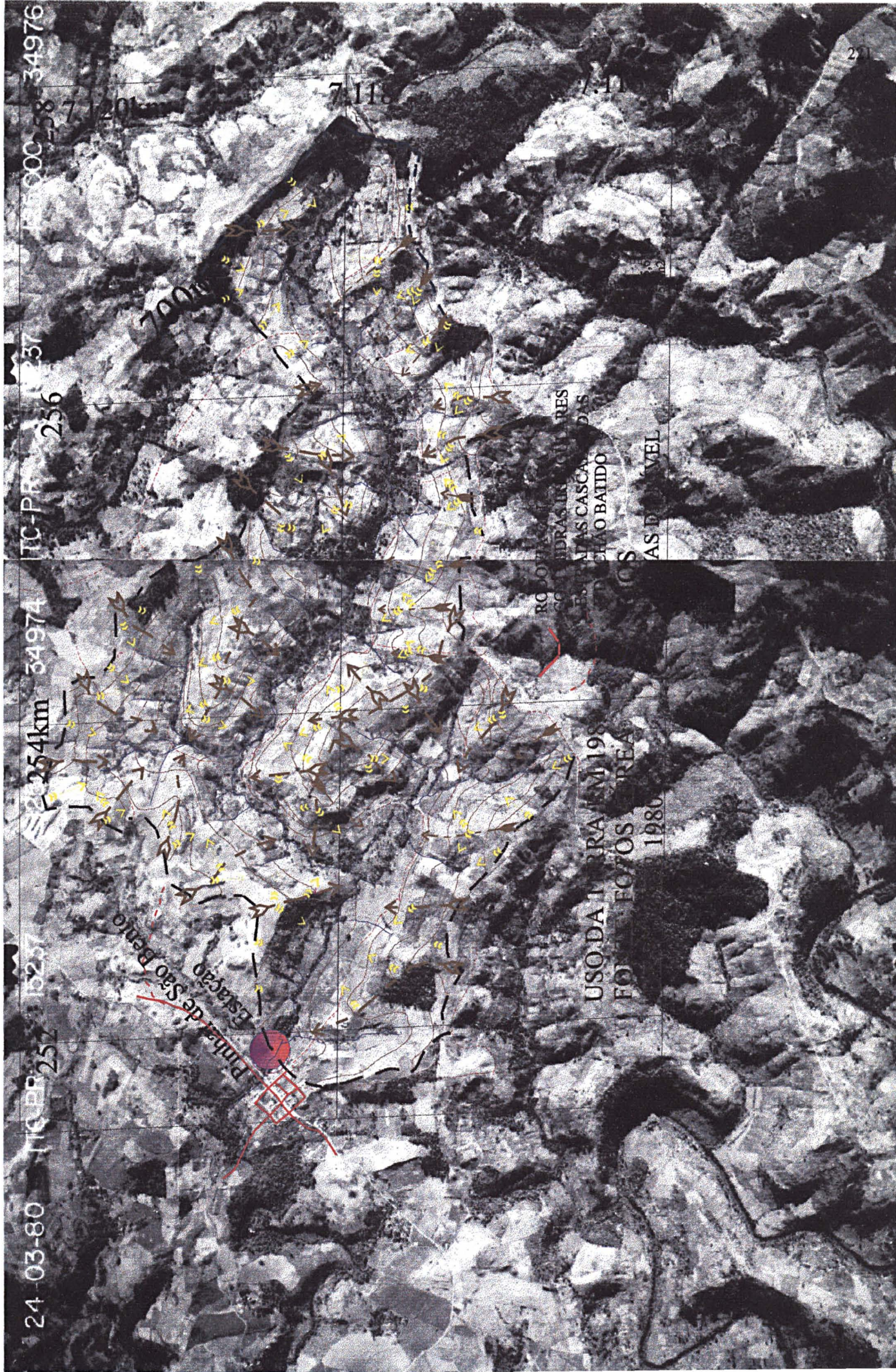


Imagem de Satélite com localização da bacia efetiva





Mosaico de fotos aéreas de 1980

GLOSSÁRIO

Absorção, sorção - Incorporação pelo sólido, gerando uma ligação forte.

Alcalinidade total CaCO_3 - A alcalinidade é uma representação da capacidade da solução em neutralizar um ácido. Para este parâmetro, concorre a presença dos íons bicarbonato, carbonato e hidróxido e, com menor significâncias boratos, silicatos, fosfatos e substâncias orgânicas, sendo estes últimos 4, representantes da alcalinidade não carbônica. A alcalinidade é expressa em termos de equivalente em CaCO_3 . As espécies representadas pela alcalinidade são dependentes do pH, composição mineral, temperatura e força iônica, no entanto a alcalinidade carbônica geralmente predomina nas faixas comuns de pH (4 – 8,5), sendo que a pH mais elevados a alcalinidade relacionada aos hidróxidos passa a ter algum significado.

Acidez, solo – Solos ácidos possuem saturação com alumínio acima de 50%, ou saturação com bases menor que 10% ou pH em água inferior a 5,0.

Ácido – Substância que em solução aquosa dá dissolução iônica, liberando como cátions, somente íons H^+ .

Ácido húmico – É um constituinte fino da matéria orgânica em alto estado de decomposição é insolúvel em pH ácido.

ADIF – Software para interpretação de dados de análise de difratograma de raio X.

Adsorção, sorção - Ligação débil do soluto com a superfície do sólido.

Afanítico – É uma textura basáltica, caracterizada por cristais bem formados, mas não reconhecidos a olho nu.

Água de cristalização, estrutural ou de hidroxilação - A água está presente na argila sob duas formas distintas: em íons OH^- (chamada água de cristalização, estrutural ou de hidroxilação) e em forma de moléculas de água (chamada água de hidratação ou adsorção).

Albita – Feldspato plagioclásio calcossódico, cuja fórmula é: $\text{Na}_2\text{O}, \text{Al}_2\text{O}_3, 2\text{SiO}_2$.

Alofana – Alumínio silicato hidratado com modelo estrutural semelhante ao da caolinita mas com defeitos, tais como as omissões de Si nas folhas tetraédricas, em alguns casos ocupados por Al, em que a relação entre as folhas tetraédricas de sílica e folhas octaédricas de gibsita é variável entre 1 – 2 e com número indeterminado de moléculas de água. Morfologicamente apresenta-se sob a forma de pequeníssimas esférulas.

Ambientes geológicos - Meio físico geológico.

Amorfos – Substâncias sem estrutura interna ordenadas, as que ocorrem naturalmente são chamadas de mineralóides Ex. alofanas e MO.

Andaluzita – Forma-se usualmente, pelo metamorfismo de folhelhos e ardósia aluminosas. Pode ser o resultado de metamorfismo regional ou um mineral de contato, encontrado, especialmente, em conexão com intrusões graníticas. É um silicato de Alumínio, $\text{AlAlO}(\text{SiO}_4)$. Al_2O_3 63,2 e SiO_2 36,8%.

Andesina – Feldspato do tipo plagioclásio, intermediário na série Tschermack entre a oligoclasita e a labradorita.

Andesito – Rochas intrusivas de origem vulcânica, ou de pequenas intrusões, ocorrendo comumente sob a forma de diques

Anfibolios - São minerais prismáticos ou granulares, de cor quase preta com clivagem que são entre si quase oblíquos.

Ânions – São íons de carga negativa.

Anortita – Feldspato plágiooclásio calcossódico, cristaliza-se no sistema triclinico, porém não é comum aparecer completamente cristalizado. Aparece frequentemente nas rochas básicas e é atacável pelo ácido clorídrico.

Antrópica, alteração – Alteração da natureza provocada pela ação humana.

Aqual – Ambiente superficial em contato com a luz, constituído por lâmina de água.

Arbóreo – Relativo a uma cobertura de árvores.

Arboretas – Vegetal intermediário entre o arbusto e o arbóreo.

Arbustivo – Corresponde a vegetais na forma de arbustos de 2 a 3m de altura.

Arenito - Rocha sedimentar resultante da junção dos grãos de areia por um cimento.

Augitas - Um piroxênio.

Bacia efetiva – Bacia efetivamente trabalhada.

Balanço iônico - Balanço de íons em uma solução. Serve para determinar se a análise de água esta dentro de padrões aceitáveis.

Basalto amigdalóides - Basalto com textura vesicular, caracterizado pelo preenchimento de minerais brancos e também pela presença de orifícios vazios.

Biosfera - Compreende a troposfera, litosfera e hidrosfera, onde existe vida.

Biotita - Variedade de mica de coloração negra, também chamada de mica negra. A biotita é um silicato hidratado ferromagnésico, cuja fórmula é a seguinte: $(\text{H}_2\text{K}_2)\text{O}$, $(\text{Al}_2\text{Fe}_2)\text{O}_3$, $2(\text{MgFe})\text{O}$, 3SiO_2 .

Calcedônia - É uma variedade mineral de quartzo, translúcida e fibrosa.

Calcita - Mineral de Cálcio, composta por carbonatos bivalente e cátions bivalentes.

Caolinita - É um silicato de alumínio hidratado, $\text{Al}_4(\text{Si}_4\text{O}_{10})(\text{OH})_8$. Al_2O_3 , 39,5% - SiO_2 46,5% - H_2O 14%. É de ocorrência ampla, sendo o principal constituinte do caulim ou argila. Sempre um mineral de origem superágica, sendo derivada da alteração, dos silicatos de alumínio, particularmente dos feldspato.

Capilaridade - É o fenômeno físico responsável pela subida ou descida do nível de água no solo, através dos tubos capilares existentes nas rochas. Este fenômeno é mais comum em rochas e solos permeáveis.

Carbonatação – Enriquecimento em carbonato de cálcio.

Carbonatos - Nesta classe, estão minerais, cujas fórmulas incluem o radical carbonato, CO_3^{2-} . Ex. calcita CaCO_3 .

Carta de Munsell - Carta de cores de MUNSELL (1946), utilizada para determinar as cores do solo através dos componentes básicos matiz, valor e croma.

Cátions - Íons de carga positiva.

Cavitação - Ocorre sob condições de velocidade elevada da água, quando as variações de pressão sobre as parcelas do canal fluvial facilitam a fragmentação das rochas.

CEPPA - Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos UFPR.

Cianita - Silicato de alumínio, igual a andaluzita e a sollimanita, $AlAlO(SiO_4)$. Al_2O_3 , 62,3% e SiO_2 , 36,8%. É um mineral acessório no gnaiss e mica xisto, associado muitas vezes com a granada, estaurolita e coridon.

Ciclo geoquímico - Ciclo dos elementos químicos na crosta terrestre no espaço e no tempo.

Cisalhamento - Fraturação das rochas onde aparecem abruptos, produzidos pelo esforço tectônico.

Clima mesotérmico - Clima de temperaturas médias.

Clímax florestal - Última sucessão florestal de uma sucessão, aquela que permanece estável e em que as populações vegetais podem reproduzir e aumentar ao invés de serem substituídas por outras.

Compostos orgânicos sintéticos – Dentre os principais compostos orgânicos sintéticos destacam-se pela sua utilização e por danos à saúde humana e ao meio ambiente, apesar da baixa concentração nos corpos de água, os defensivos agrícolas, solventes orgânicos, aromáticos e alifáticos, aromáticos polinucleados e modificadores da tensão superficial.

Compostos sintéticos – Produzidos em laboratório tais como a borracha sintética e o plástico.

Concreção – Nódulos que se formam graças a uma precipitação que se processa em torno de núcleos, os quais aparecem nos depósitos sedimentares, assim: baritina nas areias, pirita nas argilas, calcário nos mármore, sílex nas margas, ou mesmo as concreções silicosas de origem pedológica.

Condutividade (us/cm) a 25° - A condutividade ou condutância específica, representa numericamente a capacidade da água em transmitir a corrente elétrica. É usualmente determinada em microsimens por centímetro. É uma grandeza diretamente dependente da concentração iônica da solução e da temperatura fornecendo uma indicação rápida da salinidade de uma solução.

Corrasão ou abrasão - É o desgaste pelo atrito mecânico, geralmente, através do impacto das partículas carregadas pelas águas.

Corrosão – Compreende processos de corroer, desgastar e oxidar, ou seja, toda reação química que se verifica entre a água e as rochas superficiais que estão em contato. Abrange também as reações químicas que ocorrem entre a água e a carga detrítica transportada no leito ou em suspensão.

Cristal estrutural - Esta combinado com outras soluções ou compostos, fazendo parte da estrutura molecular deste.

Cristobalita - SiO_2 , com Cálcio. Está presente em muitas rochas vulcânicas ricas em sílica seja como revestimento de cavidades, seja como constituinte importante na massa fundamental de granulação fina.

Croma, ou intensidade, ou saturação - Relaciona-se ao grau de pureza da cor, ou grau de distanciamento da cor cinza ou branca.

CTC - Quantidade máxima de cátions adsorvidos e trocáveis; é expressa em miliequivalentes de cátions por 100g de solo (1 meq = peso molecular / valência expressa em mg).

Decomposição – Alteração das rochas produzidas pelo intemperismo químico.

Deflúvio - É o escoamento superficial ou drenagem externa do excesso de água que atinge o solo.

Degradação – Alteração da natureza do solo e/ou flora e fauna.

Denudação - É o conjunto de processos que agem no rebaixamento superficial de uma superfície elevada.

Depauperamento, solos – Esgotar os recursos minerais e orgânicos de um solo, tornando-o inapto.

Desidratação - É a remoção das moléculas de água de hidratação.

Desidroxilação - É a remoção de íons OH^- da estrutura da matéria.

Diagêneses – Transformação por que passa um solo após a sua formação. Esta evolução é local e posterior à gênese do solo.

Difração de raio X – Através de radiação de Raio X monocromática aplicada em amostra de material (pó), mede-se as reflexões dessa energia por intermédio de difratômetro.

Difratômetro – Equipamento usado para efetuar análise utilizando a técnica da difração de raio X.

Dique (de diabásio ou pigmatíticos). - Intromissão de magma em forma alongada através das camadas da crosta terrestre. É assim denominado quando o magma penetra na litosfera de forma perpendicular ou oblíqua aos estratos. Sua caracterização em diabásio ou pigmatito depende do tipo de material que o formou.

Dissolução - Dissolver um mineral, passa-lo do sólido para o estado líquido na forma de solução.

Distrófico - Solos com baixa saturação de bases, com fertilidade natural moderada.

Dureza - pode ser considerada como a propriedade da água em conservar sabão. É causada inicialmente pelos cátions de cálcio e magnésio. A principal fonte química de íons de Ca e Mg, são os composto de bicarbonato e sulfato. Quase todos os bicarbonatos e carbonatos são originados da dissolução de rochas como dolomita. A dureza da água pode ser dividida em carbonatada e não carbonatada. A primeira inclui uma porção de cálcio e magnésio que se combina com bicarbonato e em pequena parte com carbonato. É expressa geralmente em termo de carbonato de Ca. A segunda é a diferença entre a dureza total e a carbonatada. A total é causada pela quantidade de Ca e Mg que combinam normalmente com sulfato, cloreto e nitrato. A água que tem dureza menor que 50mg/l é considerada mole. A dureza de 50mg/l a 150mg/l é inadequada para muitas finalidades.

Edáfico - Concernente à parte agrícola ou coloidalmente mais ativa do solo.

ELF - Fluxo extra paisagem – Constitui-se pela adição e remoção de elementos ou substância químicas no prisma de paisagem.

Eluviais - Na paisagem diz-se que um prisma é eluvial quando em contato com a luz estão os detritos originários da rocha subjacente.

Enastatita – Silicato de magnésio, $\text{Mg}_2(\text{Si}_2\text{O}_6)$. É comum nos piroxênios, periodottos, garbos, notritos e basaltos, sendo, assim, um mineral muito espalhado.

Endotérmica – Reações que absorvem calor.

Erodibilidade do Solo - A erodibilidade varia para cada tipo de solo, pois, se os fatores declividade, precipitação, cobertura vegetal e práticas conservacionistas forem iguais em solos argilosos e arenosos, o último, devido às suas características físicas e químicas, é mais susceptível a erosão.

Erosão - É considerada como sendo a liberação ou desprendimento e transporte de partículas do solo pela ação da água e pelo vento

Erosão fluvial – Compreende os processos de retirada de detritos do fundo do leito e das margens do próprio rio, através da corrosão, corrasão e cavitação, fazendo com que passem a integrar as cargas do rio.

Erosão hídrica - Inclui todos os processos erosivos cujo agente é a água.

Erosividade das Chuvas - As precipitações pluviométricas associadas à sua intensidade, precipitação média anual e umidade do solo, determinam as perdas ou erosividade das chuvas.

Escapolita - São minerais metamórficos com fórmulas que lembram as dos feldspato e com estruturas consistindo em cadeias sem fim de aluminossilicatos tridimensionais, paralelamente ao eixo c. Os

cristais são prismas tetragonais alongados em direção paralelas as cadeias. A estrutura é bem aberta e acomoda ânions grandes como Cl, sulfato e carbonato. Soluções sódicas, marialita, cálcico meionita.

Espectro eletromagnético - É representação da radiação eletromagnética em termos de comprimento de onda ou frequência. Embora os seus limites não sejam bem definidos é possível dividi-lo em várias faixas: raios gama, raios X, ultravioleta, visível, infravermelho, etc.

Espodumênio - Mineral constituído por um silicato duplo de alumínio e lítio. As variedades usadas pelos joalheiros são: Kunzita e hidenita.

Estereoscópio - Aparelho usado para analisar pares de fotos aéreas, possibilitando visão tridimensional.

Estrutura fundiária - Caracterização da área média das propriedades agrícolas de uma região ou área.

Estrutura geológica - Esta relacionado aos tipos de rochas que constituem o estrato geológico de uma área ou região. Entre os diferentes tipos de estrutura podemos citar os seguintes: vacuolar, cristalina, colunar, folheada ou xistosa, esferolítica, orbicular, etc. Quanto as rochas estas podem ser agrupadas em três grandes grupos: eruptivas ou cristalinas, sedimentares e metamórficas ou cristalinas.

Eutróficos - Solos com alta saturação de bases, fertilidade natural alta.

Exotérmica, reação - Reações que liberam calor.

Feldespato - Formam um dos grupos minerais mais importantes. São silicatos de alumínio com potássio, sódio e cálcio, raramente bário. Resultam da substituição parcial do silício pelo alumínio na estrutura dos tectossilicatos. Por sua composição química formam três grupos principais: os feldspatos potássicos, os sódicos-cálcicos e os báricos.

Ferralitização - Ocorre em regiões de clima quente e úmido, sem estação seca bem marcada. Ocorre grande alteração química dos minerais primários, quartzo, inclusive. Há forte lixiviação com liberação de bases, Fe, Al e Si. Como consequência, há acumulação de sequeóxido de ferro (hematita e goetita).

Ferromagnésiano - Minerais nos quais os elementos de Fe e Mg predominam na sua composição.

Ferrossilita - O mineral de enastita quando constituído por $Fe_2(SiO_6)$ puro é chamado de ferrossilita.

Filões - Vide diques e sills.

Filossilicatos - Micas parcialmente degradadas ou abertas, clorites, montemorilonitas ou caulinitas ou ainda feldspatos, piroxenas, anfíbolos, etc.

Fisiográfica - Está relacionada aos aspectos físicos de uma região.

Fissuras - Fraturas ou fendas pouco alongadas de uma rocha, de um terreno, ou mesmo de um mineral.

Flúvio-sedimentométricos - Relativo ao fluxo fluvial e o material particulado hidrotransportado.

Fluxos geoquímicos na paisagem - Fluxos dos elementos químicos e respectivas soluções dentro dos prismas e respectivas paisagens que estes compõem.

Folhelhos - Rocha sedimentar finamente laminada, não metamórfica, constituída de material muito fino.

Friável - Propriedade de dos minerais e rochas de se fragmentarem, facilmente, até mesmo por simples pressão dos dedos.

Fusão - Está relacionado a capacidade dos minerais e rochas de em função da temperatura e pressão de

fundirem-se a outros.

Geometria da rede fluvial - Está relacionado com a extensão e as propriedades da bacia de drenagem.

Geosferas – Atmosfera; biosfera; litosfera; hidrosfera e pedosfera

Gibbsita – Sulfato de cálcio hidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), cristalizada no sistema monoclinico e dureza variando de 2 à 3.

Goetita – Óxido de ferro hidratado muito semelhante à limonita e de aspecto mamelonar.

Granito – Rocha magmática mais comum de todas, ocorrendo juntamente com os gnaises no embasamento cristalino, que constituem o substrato da rocha siálica que forma os blocos continentais.

Halóides – Inclui nesta classe cloretos, fluoretos, brometos e iodetos naturais. Ex. fluorita, CaF_2 .

Halloysita – Tem duas formas, uma com a composição da caolinita, $\text{Al}_2(\text{Si}_2\text{O}_5)(\text{OH})$, a outra $\text{Al}_2(\text{Si}_2\text{O}_5)(\text{OH}) \cdot 4\text{H}_2\text{O}$.

Hidratação – Interação de um soluto com água; as moléculas de água ficam ao redor de uma partícula de soluto.

Hidrato de carbônio sólido – carboidrato.

Hidrólise – Reação de um íon com água para formar um ácido ou base fraca e OH^- ou H^+ .

Hidromórficos - Solos de baixada, com saturação de água.

Hidroquímica - Características químicas das águas.

Hidrotransportados - Transportados por água.

Hidróxidos – Estão incluídos nessa classe os óxido contendo água ou oxidrila (OH), como radical importante.

Horblenda - É uma rocha metamórfica de granulação grosseira, que quando rica em gnaise é denominada de Horblenda Gnaise e quando rica em xisto de Horblenda Xisto

Horizonte (B) câmbico - Incipiente, ainda em evolução.

Horizonte B latossólico - Altamente intemperizado, com argila uniformemente distribuída.

Horizonte B textural - Com concentração de argila e presença de cerosidade.

Húmus – Material resultante da decomposição de compostos orgânicos (animais e vegetais).

Inconsolidado - Que não é sólido, material já decomposto.

Ilmenita – Óxido de ferro e titânio FeTiO_3 . Ocorre em camadas e em massas lenticulares encaixada nos gnaise e em outras rochas metamórficas cristalinas.

Ilita - Usa-se o termo geral ilita para identificar os minerais argilosos semelhantes à mica. As ilitas diferem das micas por ser menor, nelas a substituição do silício pelo alumínio, por conterem água em maior quantidade e porque o potássio é substituído parcialmente pelo cálcio e magnésio. É o constituinte principal em muitos folhelhos.

Intemperismo - Decomposição das rochas pelos agentes das intempéries como água, calor, ventos e pela ação de seres vivos. Pode ser químico, físico e biológico, se caracterizando através das três formas ou com a presença mais marcante de uma delas.

Intemperizada - Que sofreu a intemperização.

Interflúvio – Regiões elevadas, entre dois cursos de água.

Interstratificadas – Compreendem modelos estruturais variados que são intermediados ou mistos. Podem ser regulares e irregulares, os primeiros têm organização periódica própria das espécies minerais reais e portanto tais estruturas são designadas por nomes específicos, tais como: sudoite, corresite, etc. O segundo deve ser constituídos por mais do que duas camadas estruturais tipo básicas.

Intrusão – Penetração de rochas eruptivas ou em fusão, entre outras formações, Ex. batólito, lacólito, dique, sill ou filão camada e neque (neck). Chama-se também a este fenômeno de injeção.

Intrusiva - Rochas produzidas pela intrusão de magma e podem aparecer à superfície tanto sob a forma de maciço intrusivos, como também filonares graças ao trabalho de erosão. As rochas intrusivas resultam por conseguinte, da consolidação do magma sob a superfície.

Íons - São átomos carregados eletricamente (- ânions ou + cátions).

L.P.H. – UFPR – Laboratório de Pesquisas Hidrogeológicas.

LAC - Laboratório de Análise da Copel.

Lavouras manuais com técnica de pousio - As lavouras são desenvolvidas em áreas com capoeira, usando-se o método de corte raso da vegetação e queima, para após introduzir as sementes. Feito o cultivo, deixa-se a vegetação regenerar por 2 a 3 anos e então volta-se a cultivar a mesma área.

Lençol freático - O solo possui uma zona de aeração (superior) e uma saturada (inferior), que são separadas pela superfície pizométrica também chamada de lençol freático.

LGF - Fluxo Geoquímico de paisagem - Envolve um movimento progressivo de substâncias paralelo a superfície terrestre . Este tipo de fluxo dentro de uma paisagem, ocorre na atmosfera e pedosfera, ou na litosfera.

Limonita - Mineral de Fe, com teor desse elemento em torno de 60%. Provém da decomposição da hematita, magnetita e outros minerais férricos.

Liquefação – Passagem de uma substância do estado gasoso ao estado líquido.

Litologia - Estudo científico da origem das rochas e suas transformações.

Lixiviação – Lavagem interna do perfil de solo pela ação da água.

M.O - Matéria orgânica.

Máficos - Mineral de cor escura como os silicatos ferromagnesianos, ex. biotita, anfibólio, piroxênio e magnetita.

Magnesita – Carbonato de magnésio, $MgCO_3$. Existe comumente em veios e massas irregulares, derivada da alteração da serpentina através da ação da água e ácido carbonio.

Magnetitas – Mineral de ferro com 72% do elemento. É mineral acessório comum em rochas magmáticas básicas, podendo formar corpos volumosos, jazidas graças a concentração gravitativa após a segregação magmática.

Manto de intemperismo. - Corresponde a região do perfil onde está se processando a decomposição das rochas para formar o solo. É também chamado de regolito.

Material de fundo - Material transportado pelas água no fundo do leito do rio, pelos processo de saltação, arraste e rolamento.

Material dissolvido - É composto pela água e demais soluções hidrotransportadas.

Material particulado - Partículas que vão das argilas até areia grossa.

Material rudáceo - Cascalhos, calhaus e outros.

Matiz - Define a cor espectral dominante ou a qualidade que distingue o vermelho do amarelo, por exemplo.

Mesetas estruturais - Relevo estruturado na forma de mesetas.

Metais alcalino-terrosos - São os elementos do grupo IIA (2 A) da tabela periódica. (Foram chamados assim porque os óxidos do grupo IIA formavam reações alcalinas).

Metais pesados – Compreendem os metais de transição, possuem alta refletividade, brilho metálico prateado ou dourado e alta condutividade térmica e elétrica. Ex. Selênio, Mercúrio, Berílio, Cádmio, Cobre, Chumbo, Cromo, Zinco, Alumínio e Manganês.

Metamorfismo – Alterações físico químicas que sofrem as rochas sedimentares, diferentes das condições que foram formadas. Estas alterações ocorrem em função de novas condições de temperatura, pressão e presença de agentes voláteis ou fortes atritos.

Meteorização - É o mesmo que intemperismo.

Mica – Designação comum aos minerais do grupo das micas, silicatos de alumínio e de metais alcalino aos quais frequentemente se associam magnésio e ferro.

Microcristalina – Substâncias cristalinas de granulações finas só identificáveis através de microscópio.

Minerais elementos - Cerca de 20 elementos constituem mineral na forma não combinada. Ex. ouro.

Minerais formadores de rochas - Minerais que ocorrem mais comum e abundantemente como constituinte das rochas.

Minerais primários - São de origem primária, isto é formaram-se com a rocha.

Minerais secundários - Formam-se a partir dos minerais primários por algumas reações químicas.

mj/ha mm – Mega joule por hectare /mm de precipitação.

MMC - Ciclo migracional principal - A circulação de substâncias químicas dentro de um prisma de paisagem, com característica de sistema fechado.

Montmorilonita – Pertence ao grupo dos minerais de argila, exigindo para sua formação um ambiente alcalino com a presença de Ca, Mg, Fe-trivalente, sendo típico de clima seco.

Morfogênese - É o estudo da origem das formas e suas transformações controladas pelos diversos fatores atuantes, como o geológico, climático, biótico e outros.

Morfogenéticos – É a origem das formas de relevo e suas transformações controlada pelos agentes modeladores e construtores.

Morfologia da rede fluvial - Trata da forma e/ou estrutura da rede fluvial.

Moscovita (mica branca, mica comum e mica potássica) – Essencialmente $KAl_2(AlSi_3O_{10})(OH)_2$. É um mineral formador de rocha. Espalhado e muito comum. Característica das rochas ígneas silicosas, situadas profundamente, como o granito e sienito, em dique de pigmatitos, revestindo cavidades de granito. É comum também em rochas metamórfica, como o gnaisse e o xisto, formando o constituinte principal dos mica xistos.

Mosqueamento - Indica uma drenagem deficiente.

Neoformados - Formação de um mineral a partir de outros minerais.

Nitratos – São minerais que podem ser considerados sais de ácido nítrico e contém o radical NO_3 . Ex. KNO_3 – nitrato de potássio.

Nutrientes – São os elementos essenciais que as plantas necessitam. (principais fontes de nutrientes são os minerais e a matéria orgânica).

Obliterada – Apagada, expungida, pouco a pouco.

Ortoclásio – Silicato de potássio e alumínio $K(AlSi_3O_8)$. É um dos minerais mais comum, formou-se durante a cristalização das rochas ígneas, e pelas atividades hidrotermais nos diques de pigmatitos e nas dursas das rochas. Raramente a partir das soluções aquosas, em temperatura baixas nos filões. Amplamente distribuído como constituinte importante das rochas.

Oxidação – Qualquer reação em que uma substância ou espécie perde elétrons. (número de oxidação (NOX) aumenta). (espécie combina-se com oxigênio gasoso).

Óxidos - São compostos binários constituídos de oxigênio como elemento mais eletronegativo ligado a outro elemento qualquer.

Pedogênese - Processos que dão origem a formação do solo e sua evolução.

Pedogenético, processo – Processo de desenvolvimento do perfil de solo constituído por adição, remoção, translocação e transformação.

Pedológica, formação - Constituição dos solos de uma região ou área.

Pesticidas – Inclui neste caso todos os defensivos agrícolas (inseticidas, pesticidas, fungicidas e outro).

pH – Corresponde o logaritmo negativo da concentração de íons de hidrogênio numa solução aquosa.

Pipetagem – Procedimento de laboratório que consiste na retirada de material de uma proveta através de uma pipeta para identificar a granulometria. O processo é regulado pela temperatura ambiente, tempo e profundidade de retirada.

Pirofilita – Composição $Al_4(OH)_4[Si_8O_{20}]$, cristais tabulares, aglomerados, agregados grosseiros, radiados desordenadamente flabeliformes. Também em massas de grandes compacidade, parecidas com a estatita. Tipo micáceo.

Pirolusita – Bióxido de manganês, MnO_2 . É um mineral superágneo, o manganês dissolve-se das rochas cristalinas, nas quais está quase sempre presente em pequenas quantidades, e deposita-se sob a forma de vários minerais principalmente a pirolusita.

Piroxênio – Incluem um número de espécies que se cristalizam no sistema e monoclinico, sendo entre tanto, estritamente relacionados na estrutura cristalina. Formam uma série , na qual os membros são análogos , do ponto de vista químico, aos da família dos anfibólios.

Plagioclasio calcico (Augita, labradorita e piogenita) - Também chamado de feldspatos plágioclásios, também chamados de feldspatos calco-sódicos, formam uma série completa de solução sólida desde a albita pura até a anortita pura.

Plagioclásios - Mineral de composição variável, por formar cristais mistos de Albita e Anortita, que podem mistura-se em porções variáveis. É um mineral isomórfico, de cor branca, amarela, cinza e até rósea. Ocorre em rochas cristalinas tanto claras quanto escuras.

Práticas conservacionistas - Medidas utilizadas na agricultura para conter a degradação do solo pelo processo erosivo.

Prisma de paisagem - O prisma de paisagem, constitui-se por um volume unitário com superfície vertical e centrado na pedosfera, sendo que a superfície abaixo da superfície do solo vai até as rochas sólidas da litosfera e para cima a biosfera ou hidrosfera (em lagos e rios) e atmosfera.

Quartzo – Silica quimicamente pura (SiO_2), cristalizada no sistema romboédrico, apresentando prismas retos de base hexagonal, terminando em duas pirâmides.

Quemisorção, sorção - Ligação forte e reversível por reação química com o sólido.

Reação de oxi-redução (REDOX) - É a reação que envolve transferência de elétrons.

Redução - Qualquer reação em que uma substância ou espécie ganha elétrons. (número de oxidação (NOX) diminui).

Reflectância - Resposta eletromagnético dos objetos em termos de reflexão, quando submetidos a radiação eletromagnética..

Rochas ácidas, básicas e ultrabásica - As ácidas são categoria de rocha que possui grande quantidade de sílica. Possuem mais de 65% de sílica, têm coloração clara e no que se refere a decomposição, oferecem maior resistência a hidratação. As neutras contém de 52 a 65% de sílica, as básicas de 45 a 52% e as ultrabásicas, menos de 45%. As ácidas são geralmente claras (leucráticas) enquanto as básicas são escuras (melanocráticas).

Rochas efusivas - Resultam do extravasamento do magma na superfície externa da crosta.

Rubefação - Operação metasomática pela qual o óxido de ferro, contido nas rochas vem à periferia, formando assim película, cuja espessura é variável em função do microclima e das condições locais. A rubefação na superfície de uma rocha ou num depósito de sedimentos, ocasiona o aparecimento imediato de coloração alaranjada ou avermelhada segundo o tempo de exposição e a quantidade de óxido de ferro contido na rocha.

Safristas - Camponeses que cultivavam a terra no Sudoeste do PR, derrubando a mata e introduzindo lavouras de milho para, após, soltar suínos para engorda, promovendo a criação extensiva desse animal..

Saturação - Está relacionado a pureza do constituinte.

Saturação de bases - Saturação com alumínio, $\% = 100 \cdot \text{Al}^{3+} / (\text{Al}^{3+} + \text{K} + \text{Mg}^{+2} + \text{Na}^{+})$.

Scaneadas - Imagens convertidas para a forma digital utilizando scanner.

Scanner - É um imageador ativo que produz energia que interage com os objetos, convertendo as imagens em representação numérica do formato digital, passível de ser processadas em computadores.

Serapilheira - Resultante de restos vegetais, folhas e pequenos galhos que se acumulavam na superfície do solo. Muito comum nas áreas de florestas.

Serpentina - Silicatos hidratados de magnésio e ferro. A serpentinização se verifica também em certos minerais, sem alumina como os piroxênios, anfibólios e periodotos.

Sienito - É uma rocha alcalina ou ácida básica de cor cinza até branca, podendo mostrar tons azulados. Predomina minerais de feldspato alcalino, contendo ainda biotita, anfibólio ou piroxênio.

Sílica - Em sua forma mais simples a estrutura SiO_2 é neutra eletricamente e não contém unidades estruturais. Existem oito modos diferentes segundo os quais tetraedros podem compartilhar todos os oxigênios ao mesmo passo constituir uma estrutura tridimensional contínua eletricamente neutra. Os polimorfos de SiO_2 distribuem-se em três categorias estruturais: quartzo, tridimita, cristobalita.

Silicatos - Formam a classe química máxima entre os minerais. Contém vários elementos, dos quais os mais comuns são Na, K, Ca, Mg, Al e Fe em combinação com Si e O, formando freqüentemente estruturas químicas muito complexas.

Sills de diabásio - Intromissão do magma na crosta em camadas horizontais é denominada sill, quando este material se caracteriza por diabásio, sill de diabásio.

Silte - Grãos de 2 à 20 ou 4 à 62 microns, dependendo da escala adotada.

Solubilidade - É definida como sendo a quantidade máxima do soluto que pode ser dissolvida numa solução a uma dada temperatura.

Solução ácida - Solução aquosa na qual a concentração de íons de hidrogênio (H^+) é maior do que os íons OH^- .

Solução básica - Solução aquosa na qual a concentração de íons OH^- é maior do que os íons hidrogênio (H^+).

Solução insaturada - Uma solução na qual a concentração do soluto é menor do que a sua solubilidade.

Solução saturada - Uma solução que está ou pode estar em equilíbrio com excesso de soluto.

Solução supersaturada - Uma solução na qual a concentração do soluto é maior do que a sua solubilidade.

Solvatação - Interação do soluto com o solvente. (as partículas do soluto estão envolvidas pelas partículas do solvente).

Sorção - Relativo a adesão de moléculas de gases, ou de íons, ou ainda, de moléculas em solução à superfície dos corpos sólidos com os quais mantêm contato (vide absorção, adsorção e quimisorção).

Sublimação - Conversão direta do estado sólido para gasoso.

Sulfetos - Esta classe consiste na maior parte na combinação de vários metais com enxofre, selênio ou telúrio. A maioria dos minerais metálicos estão nessa classe. Ex. PbS.

Super aqual - Quando o horizonte superficial de um prisma de paisagem em contato com a luz é constituído por ambiente lodoso ou pantanoso.

Supérgeno - Minerais secundários dos veios. Forma-se por reações químicas. Essas alterações são, realizadas pela influência das águas oxidantes que provenientes da Terra descem através das porções mais altas dos veios.

Tabuliforme - Em forma de tabuleiros.

Talco, mineral - Um silicato de magnésio hidratado, $Mg_3(Si_4O_{10})(OH)_2$. É mineral de origem secundária, formado pela alteração dos silicatos de magnésio: olivina, piroxênio e anfibólio, podendo ser encontrado como pseudomorfos sobre estes minerais. Encontrado nas rochas ígneas, por causa da alteração desses silicatos, especialmente nos perioditos e piroxênitos. Contudo é encontrado nas rochas metamórficas, nas quais, sob a forma granular cristalina conhecida por pedra-sabão. Por ser constituinte de rocha xistosa, entre as quais talco xisto.

Termodinâmica - Compreende o estudo das variações ou transformações de energia que acompanham as transformações físicas e químicas da matéria. (Estudo das diferenças entre processos espontâneos e não espontâneos).

Topázio - Um fluossilicato de alumínio, $Al_2(SiO_4)(F_2OH)$.

Toposequência - Distribuição dos solos e respectivas assembléias de base e horizontes na paisagem em função do relevo.

TRAPP - Manifestação vulcânica, com derrame de lavas através de vulcanismo de fissuras, que formam uma morfologia em escada, como acontece nos derrames de basalto do Brasil meridional.

Tufos vulcânicos - São os produtos mais finos do material piroclástico produzido pela atividade vulcânica, sendo de consistência bastante fofa, que pode ser autígeno, ligado diretamente ao magma ou altígeno, provindo das rochas fragmentadas que constituem os condutos vulcânicos.

Turbidez - É uma medida do teor em substâncias suspensas na água por efeito do movimento browniano. Este parâmetro é determinado por comparação das interferências óticas do material em suspensão submetido a um feixe de luz, em um instrumento calibrado com amostra padrão.

Turbidímetro - Equipamento usado para medir a Turbidez.

Valor ou tonalidade - Refere-se à intensidade quando comparado ao branco absoluto, na carta de MUNSELL (1975) este valor vai de 0 (preto) a 10.(branco).

Veios - Os depósitos minerais sob a forma de massas tabulares ou lenticulares, formadas pelo preenchimento com material mineral de fraturas ou fendas preexistentes são conhecidos como veios.

Vermiculita - Forma uma alteração da biotita. A estrutura é constituída por folhas de mica interestratificada com moléculas de água.

Vertentes - Planos de declives variados que divergem das cristas ou interflúvios, enquadrando o vale.

Vidros vulcânicos - Também conhecido como obsidiana, rocha da família dos riolitos, de cor verde-escuro, algumas vezes tendendo ao negro, fratura coloidal lisa e extremamente brilhante como o vidro.

Voláteis – Material que pode ser reduzido a gás ou vapor.

Wolastonita - Mineral feldespático.

Zeolitas - Formam uma grande família de silicatos hidratados e mostram semelhança íntima na composição, em suas associações e modo de ocorrência. São silicatos de alumínio com sódio e cálcio como as bases importantes.

Referências Bibliográficas

- ALLISON, L.E., et al. **Total Carbon**. California, U.S. Salinity Laboratory, ARS, USDA, River Side.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Index (Inorganic) to the Powder Diffraction**. Philadelphie, 1965.
- ANGULO, RODOLFO JOSÉ. **Relações Entre a Erodibilidade e Algumas Propriedades de Solos Brasileiros**. Curitiba-PR, 1988. Dissertação (Mestrado em Conservação do Solos) –Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, 1983.
- AYOADE, J.O. **Introdução à Climatologia para os Trópicos**. Tradução, SANTOS, MARIA JURACY ZANI, 3 ed. Rio de Janeiro-RJ: Editora Bertrand Brasil S.A. 1991.
- BARUQUI, ALFREDO MELHEM; FERNANDES, Maurício Roberto. **Práticas de Conservação de Solos**. Informe Agropecuário, 11(128) (p55-68): agosto de 1985
- BELINAZZI JUNIOR, RICARDO; BERTOLINIM, DORIVAL; LOMBARDI NETO, FRANCISCO. **A Ocorrência de Erosão Rural no Estado de São Paulo. II Simpósio Sobre Controle da Erosão**. São Paulo, 1981.
- BELTRAME, ANGELA DA VEIGA. **Diagnóstico do meio físico de bacias hidrográficas: modelo e aplicação**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1994.
- BERTONI, JOSÉ; LOMBARDI NETO, FRANCISCO. **Conservação do Solo**. São Paulo-SP: Icone, 1990.
- BIGARELLA, JOÃO JOSÉ; MAZUCHEWSKI, JORGE Z. **Visão Integrada da problemática da Erosão**. Maringá-PR: Associação de Defesa e Educação Ambiental-ADEA e Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1985.

- BISCAIA, R.C.M.; RUFINO; R.I.; HENKLAIN, J.C. Cálculo de Erodibilidade (Fator K) de Dois Solos do Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 5:183-186, 1981.
- BITTENCOURT, ANDRÉ VIRMOND LIMA. 1º Curso Sul Americano Sobre Avaliação de Vulnerabilidade de Aquífero: Módulo de Hidroquímica.. Curitiba, PR: **Universidade Federal do Paraná, Universidade de la Rep. Oriental del Uruguay, Associação Brasileira de Águas Subterrâneas**, p.23-52, 1994.
- BITTENCOURT, ANDRÉ VIRMOND LIMA. **Sólidos Hidrotransportados na Bacia Hidrográfica do Rio Ivai: Aplicação de balanços hidrogeoquímicos na compreensão da evolução dos processos da dinâmica externa**, São Paulo: Tese de Doutorado apresentada ao Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, 1978.
- BRANCO, SAMUEL MURGEL et al. **Geoquímica Ambiental**. Rubem Laina Porto - São Paulo, Editora da Universidade de São Paulo, Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 1991.
- BURROUGH, P.A. **Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment**. 5 reimp. Oxford: Clarence Press, 1990.
- CARDOSO, JARI N.; GABARDO, IRENE T. **Geoquímica Orgânica Aplicada**. Rio de Janeiro - RJ, Química Nova, p.72 - 86, 1981..
- CARDOSO; et al, **Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado do Paraná, Tomos I e II**. Curitiba: EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, S.N.L.C.S - Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos SUDESUL e IAPAR, 1984.
- CARVALHO, NEWTON DE OLIVEIRA. **Hidrossedimentologia Prática**. Rio de Janeiro: CPRM-Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, 1994.
- CARVALHO, NEWTON DE OLIVEIRA. **Sedimentologia**. Foz do Iguaçu: ELETROBRÁS, 1987.

CASTRO FILHO, C.; BISCAIA, R.C.M. Estudos de Conservação de Solos em Bacias Hidrográficas. **Anais do III Encontro Nacional de Pesquisa Sobre Conservação do Solo**, 1981.

CASTRO, C. M. **A Prática da Pesquisa**. São Paulo: Perspectiva, 1977

CHISTOFOLETTI, ANTONIO **Análise de Sistemas em Geografia**. São Paulo: Editora Ed. Hucitec – EDVS: Ed. da Universidade de São Paulo, 1979.

CHISTOFOLETTI, ANTONIO. **Geomorfologia Fluvial**. São Paulo: Edgard Blücher, 1981.

CHRISTOFOLETTI, ANTONIO. **Geomorfologia**. 2 ed., EDVSP-São Paulo: Edgard Blücher, 1980.

COPIJN, A. N.. **Projeto Tecnologias Alternativas, Agrosilvicultura Sustentada por Sistemas Agrícolas Economicamente Eficientes**. Rio de Janeiro - RJ: FASE - Federação de Orgão para Assistência Social e Educacional, 1988.

COSTA NETO, CLÁUDIO; SCOLFIELD, ARTHUR LEMOS. **Análise Térmica do Xisto do Irati**. Rio de Janeiro - RJ: Instituto de química da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1977.

CUNHA, L. VEIGA. **Evolução e Posição Actual dos Conceitos Sobre Transporte Sólido em Escoamentos com Superfície Livre**. Lisboa: Ministério das Obras Públicas, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 1969.

DANA, JAMES D. **Manual de Mineralogia**. Revisto por HURLBUT, JR., CORNELIUS S. e tradução de Franco, Rui Ribeiro, Rio de Janeiro-RJ: Livros Técnicos e Científicos, 1978.

DRISCOOL, FLETCHER. **Groundwater Chemistry**. in Driscool, Fletcher, **Groundwater and Wells**. 2 ed., Minesota: Johnson St. Paul, 1987.

- FONSECA, MARCOS CARVALHO et al. Estudo das Propriedades Após Queima, em Atmosfera Oxidante, do Xisto Pirolisado do Processo Petrosix. **Cerâmica**, **30 (175)** (p183 – 198), Julho de 1984.
- FONSECA, MARCOS CARVALHO et al. Estudos Comparativos Preliminares de Caracterização Química e Mineralógica de Amostras de Xisto Original e Pirolisado do Processo Petrosix. **Cerâmica**, **30(174)** , (p145 – 160), Junho de 1984.
- FORTESCUE, JOHN A. C. **Environmental Geochemistry**. New York: Springer-Verlag, 1980.
- FRITSCH, DIETER. **Integration of Image in Geographic Information System Data**. in WICHMANN, Karruhe, **Digital Photogrammetric Systems**. Karlsruhe, 1991.
- GALETI, PAULO ANESTAR. **Prática de Controle à Erosão**. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1984
- GERARDI, LÚCIA HELENA DE OLIVEIRA E SILVA, BARBARA-CHRISTINE NENTWING SILVA. **Quantificação em Geografia**, São Paulo: Difel, 1981.
- GOMES, CELSO FIGUEIREDO. **Argilas: O que São e para que Servem**. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, Portugal, 1986.
- GONZALES, RAFAEL C.; WINTZ, PAUL A. **Digital Image Processing**. Massachussettes: Addison-Wesley Publishing Company, 1977.
- GUERRA, ANTONIO TEIXEIRA. **Dicionário Geológico-Geomorfológico**, 6 ed. Rio de Janeiro-RJ: IBGE, 1980.
- GUY, HAROLD P. **Techniques of Water-Resources Investigations of the States Geological Survey - Fluvial Sediment Concepts**. United States Government Printing Office, Washington, 1970.

- HADLEY, R.F. et al. **Recent developments in erosion and sediment yield studies**. Paris: UNESCO, 1985.
- HARRANG, C. **La Mesure des Precipitations**. Monographie N°78 de la Météorologie Nationale, Novembro de 1970.
- HENDERSON, PAUL. **Inorganic Geochemistry**. Oxford: Pergamon Press, 1984.
- IAPAR-INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Cartas Climáticas Básicas do Estado do Paraná**. Londrina – PR, 1994.
- IBDF – INSTITUTO BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO FLORESTAL; FUNDAÇÃO DE PESQUISAS FLORESTAIS DO PARANÁ. **Inventário Florestal do Pinheiro no Sul do Brasil**. Curitiba, 1978.
- INOQUE, MARIO TAKAO; RODERJAN, CARLOS V.; KUNIYOSHI, YOSHIKO S. **Projeto Madeira do Paraná**. Curitiba, Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná, 1984.
- J.BASSET, M.Sc, et al. **VOGEL'S - Análise Inorgânica Quantitativa: Análise Térmica**. Traduzido por ESPINDOLA, AIDA, 4 ed., Rio de Janeiro-RJ: Guanabara Dois, 1981, p630 - 645.
- JACCON, GILBERT; CUDO, KAZIMIERZ J., **Hidrologia. Curva-Chave: Análise e Traçado**. Brasília, DNAEE-Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica - Divisão de Controle de Recursos Hidricos, 1989.
- JACKSON, M.L. **Análise Química de Suelos**, 2 ed., Barcelona: Ediciones Omega S.A., 1970.
- JICA - JAPAN INTERNACIONAL COOPERATION & GEA - GEOLOGIA E ENGENHARIA AMBIENTAL LTDA. **SEDIMENTOMETRY: Field and laboratory studies for determining soil transport in micro basins at Tibagi and Iguçu hydrographic basin and directly in Tibagi river at February/march and May 1995**. Curitiba, Junho de 1995.

- JORGE, JOSÉ ANTONIO. **Física e Manejo dos Solos Tropicais**. Campinas - SP, Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1985.
- KIEHL, EDEMAR JOSÉ. **Fertilizantes Orgânicos**. São Paulo, Editora Agronômica CERES, 1985, p. 416 - 423.
- KOFFLER, NATALIO FELIPE. **Apostila sobre Mapeamento de Solos Através de Técnica de Sensoriamento Remoto**. Guarapuava: FAFIG - PR, 1992.
- KOHNKE, HELMUT. **Soil Physics**. Bombay, Nova Dehli, TATA McGRAW-HILL PUBLISHING COMPANY LTD., 1968.
- KRAUSKOPF, KONRAD B.; LANDO, MICHAL; BOGUS, PAULO S. C. **Introdução a Geoquímica**. São Paulo-SP: Editora Polígono, Editora da USP, 1972.
- KROEN, MECHTHILD. A Erosão do Solo de 1952 a 1985 e Seu Controle no Paraná. Londrina, , **Boletim Técnico do IAPAR N°30**, setembro de 1990.
- LEMO, RAIMUNDO COSTA; SANTOS, RAPHAEL DAVID, Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo. Campinas SP, **SBCS-Sociedade Brasileira de Ciência do Solo e SNLCS-Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos**, 1984.
- LEPSCH, IGO FERNANDO, BELINAZZI, R. BERTOLINI JR.D.; ESPINDOLA, L.R. **Levantamento Utilitário do Meio Físico e Classificação de Terras no Sistema de Capacidade de Uso**. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1983.
- LERBEL, FRANZ. **The Promise of Softcopy Photogrammetry** . in WICHMANN, Karruhe. **Digital Photogrammetric Systems**. Karlsruhe, 1991.
- LEWIS, J. VOLNEY; HAWKINS, A. C. **A Manual of Determinative Mineralogy With Tables**. 4 ed. New York, John Wiley & Sons, Inc., 1958.

- LOPES, A.S., SILVA, M.C.; GUILHERME, L.R.G. **Acidez do Solo e Calagem**. São Paulo-SP: Associação Nacional para Difusão de Adubos e Corretivos, Janeiro de 1991.
- LOPES, VICENTE LÚCIO. **Um Estudo da Erosão e Produção de Sedimentos Pelas Chuvas**. Mossoró- RN: Escola Superior de Agricultura de Mossoró, 1980.
- LUCAS, Y.; CHAUVEL, A. **Regolith Exploration Geochemistry in Tropical and Subtropical Terrains: Soil Formation in Tropically Weathered Terrains**, Orleans France, C.R.M. BUTT 1992 p 55 – 77.
- MARCHETTI, D.S.; GARCIA, G.I. **Princípios de Fotogrametria e Fotointerpretação**. São Paulo: Nobel, 1989.
- MADEREY, LAURA ELENA, **Geografía de la Atmósfera**. México: Universidad Nacional Autónoma de México, 1982.
- MARTINELLI, LUIZ A. et al. Descarga de Sólidos Dissolvidos Totais do Rio Amazonas e Seus Principais Tributários. Piracicaba - SP: **Geochim. Brasil.**, 3(2): (p141-148), 1989.
- MAYNARD, J. BARRY. **Chemistry of Natural Waters, Review of Basic Principles for Geologists plus Case Examples**. Cincinnati OH, EUA: University of Cincinnati, 1995.
- MINEROPAR- MINERAIS DO PARANÁ S.A. **GFEM-Gerência de Fomento e Economia Mineral, Levantamento das Potencialidades Minerais do Município de União da Vitória-PR**, Curitiba/União da Vitória, 1991.
- MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA, DEPARTAMENTO NACIONAL DE ÁGUAS E ENERGIA, **Normas e Recomendações Hidrológicas: Anexo I - Pluviometria, Anexo II - Fluviometria, Anexo III – Sedimentometria e Anexo V - Qualidade da Água**.1967.
- MONTENEGRO, JOSÉ ONALDO. **Características Físicas e Fator de Erodibilidade de Solos da Depressão Central do Rio Grande do Sul**. Santa Maria RS, 1976. Tese (Mestrado em Agronomia) Área de Biodinâmica e Produtividade do Solo, Universidade Federal de Santa Maria RS.

- MUNSELL COLOR COMPANY. **Munsell color soil charts**. Baltimore, Maryland. 1975. 16p.
- NOVO, EVLYN M.L. DE MORAES. **Sensoriamento Remoto - Princípios e Aplicações**. 2 ed. São Paulo-SP: Editora Edgard Blucher LTDA, 1993.
- NOWATZKI, CARLOS H.; ZELTZER, FLORA. **Intemperismo**. in NOWATZKI, Carlos H., ZELTZER. **Minerais e Rochas**. Porto Alegre RS: Redacta-Prodil, 1979.
- OLIVEIRA, ANTONIO M.S. ET ALII, MÁRIO. **Questões Metodológicas em Diagnósticos Regionais de Erosão: Experiências Pioneiras da Bacia do Peixe Paranapanema**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - I. P. T., Instituto Agrônomo de Campinas - I. A. C., Departamento de Águas e Energia Elétrica - DAEE., Instituto de Pesquisas Espaciais – INPE. São Paulo.
- PAPP, RICHARD B., **X-Ray Fluorescence Spectrometry**. In TAYLOR, Larry R. et al, **Instrumental Methods for Determining Elements**. New York, New York: VCH Publishers, Inc., 1994, p211-255.
- PATERSON, E., & SWAFFIELD, R. **X-ray photoelectron spectroscopy**, in Wilson M.J., **Clay Mineralogy: Spectroscopy and Chemical Determinative Methods**, London, Chapman & Hall, 1994, p22 - 259.
- PAZNER, MICHA, THIES, NANCY; CHÁVEZ, ROBERTO. **Simple Computer Imaging and Mapping**, Ontário Canadá: ThinkSpace, Inc.1994.
- PEREIRA, WALLACE DE SENNA et al. **ATLAS DO ESTADO DO PARANÁ**. Secretaria de estado da Agricultura e do Abastecimento, Instituto de Terras, Cartografia e Florestas, Curitiba, 1987.
- PIETZSHKE, FRITZ; WIMMER, FRANZ. **MICHAELIS -Dicionário Ilustrado Inglês/Português**, São Paulo: Melhoramentos 1995.
- PINTO, NELSON L. SOUSA; HOLTZ, A.C.T.; MARTINS, J.A. **Hidrologia de Superfície**. Curitiba Paraná: Edgar Blücher, Ltda, 1973.

- POPP, JOSÉ HENRIQUE. **Geologia Geral**. 3 ed.. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1984.
- RAMOS, FÁBIO et al. **Engenharia Hidrológica**. Rio de Janeiro-RJ: ABRH - Associação Brasileira de Recursos Hídricos; Editora da UFRJ, 1989.
- REINHARD, MAACK. **Geografia Física do Estado do Paraná**. 2 ed. Rio de Janeiro, Livraria José Olympio 1981.
- RESENDE, MAURO. Aplicações de conhecimentos de pedológicos à conservação de solos. **Inf. Agropecuário 11(128)**, Belo Horizonte, (p.3 – 18), agosto/1985.
- RESENDE, MAURO; ALMEIDA, JOAQUIM ROSA. Modelos de Quantificação de Perdas de Solo: Uma ferramenta para Manejo e Conservação do Solo. **Inf. Agropecuário 11(128)**, Belo Horizonte, (p38 – 53), agosto/1985,.
- ROTH, C.H., HENKLAIN, J.C.; FARIAS, G.S. Avaliação do Tamanho de Gotas de Chuvas Natural e Simulada para O Norte do Paraná. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, **9**:(p171-174), 1985.
- RUELLAN, ALAIN. **Apostila sobre Análise Estrutural da Cobertura Pedológica**. julho de 1987.
- SKINNER, BRIAN J E PORTER, STEPHEN C. **The Dynamic Earth**. Second Edition, New York: John Wily & Sons, Inc, 1992.
- SORRENSON, WILLIAM JACK; MONTOYA, LUCIANO JAVIER. **Implicações Econômicas da Erosão do solo e do Uso de Algumas Práticas Conservacionistas no Paraná**. Londrina, IAPAR, 1989.
- ST. PAUL U.S. ENGINEER DISTRICT SUB-OFFICE; HYDRAULIC LABORATORY, UNIVERSIDADE DE IOWA, **A Study of New Methods for Size Analysis of Suspended Sediment Samples**. Iowa City, Iowa: University of Iowa, June 1943.

- SUGUIO, KENITIRO; BIGARELLA, JOÃO JOSÉ. **Ambiente Fluvial**. 2 ed Florianópolis: Editora da UFSC: Editora UFPR, 1990.
- TAN, K. H., HAJEK, B.F.; BARSHAD, I. **Thermal Analysis Techniques**, in CAMPEBELL et al, **Methods of Soil Analysis**. 2 ed. Wisconsin USA: Madison, 1986, p151 a 183.
- TAN, KIM H., **Principles of soils chemistry**. 2nd ed. New York: Marcel Dekker, inc, 1993.
- TARDY, Y. **Characterization of the Principal Weathering Types by the Geochemistry of Waters From Some European and African Crystalline Massifs**. Strasbourg - France: Chemical Geology; 1971, p 7 253-271.
- TREUIL, M. **Les Diagrammes d'équilibre en Hydrogéochimie**, Orleans: Faculté des Sciences d'Orleans, Laboratório de Géologie Appliquée. 1970.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ. BIBLIOTECA CENTRAL. **Normas para apresentação de trabalhos**. Universidade Federal do Paraná, Biblioteca Central – Curitiba: Ed. Da UFPR, 1994. 8v. :ii.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL; INSTITUTO DE PESQUISAS HIDRÁULICAS - IPH, **Diagnóstico das condições sedimentológicas dos principais rios brasileiros**. Rio de Janeiro: ELETROBRÁS, 1992.
- WHITE W. R. **Sedimentation problems in river basins**. França: UNESCO, 1982.
- WHITE, I.D. MATERSHEAD D.N.E HARRISON S.J. **Environmental Systems**. Second edition Londres: Chapman & Hall, 1992
- WILSON JR, GERALDO. **Etude du Transport et de Dispersion des sédimen en tan que processus aletois** thèse, DSC. Unive Paris, 1987. 419p.