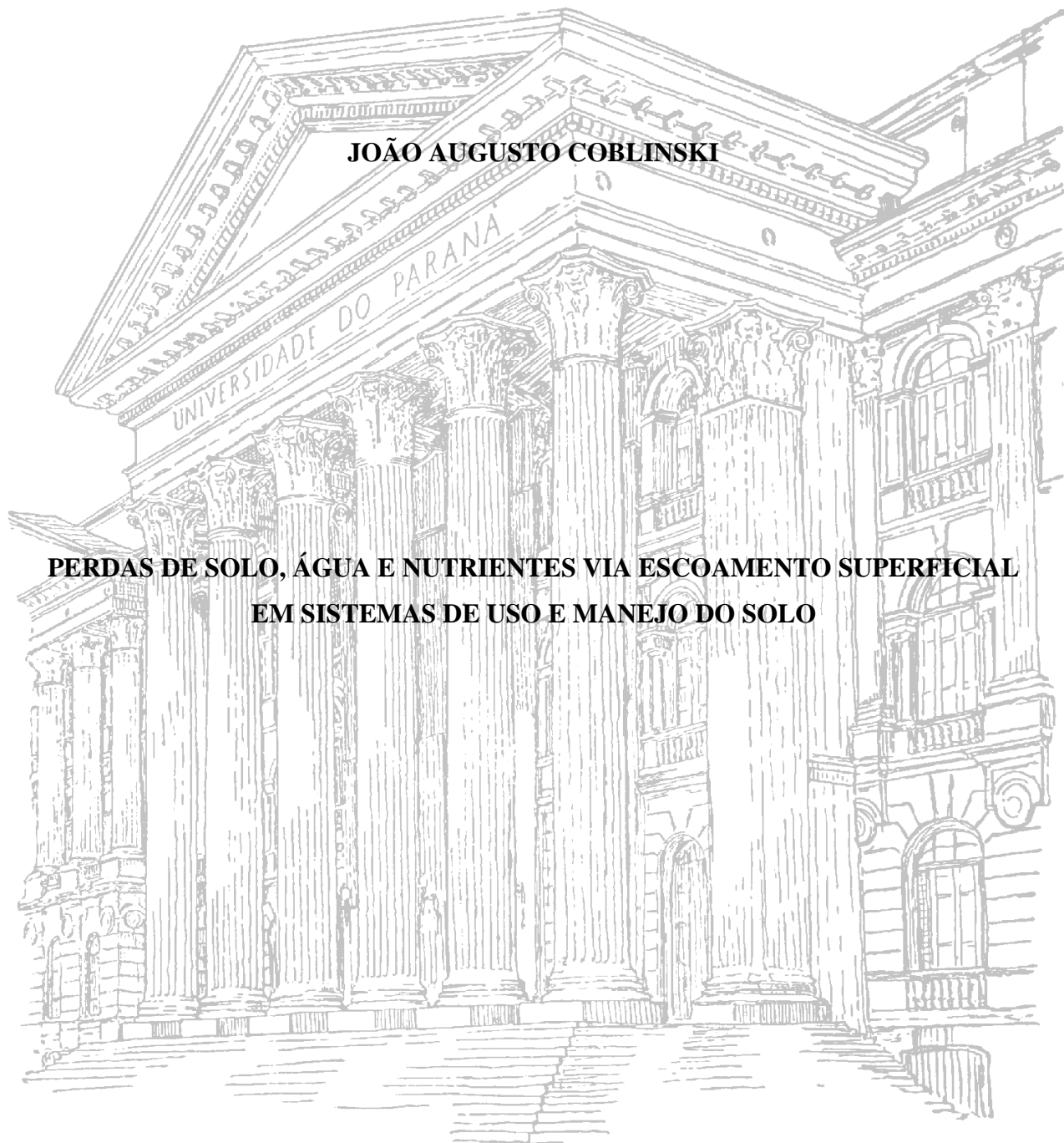


**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ**

**JOÃO AUGUSTO COBLINSKI**

**PERDAS DE SOLO, ÁGUA E NUTRIENTES VIA ESCOAMENTO SUPERFICIAL  
EM SISTEMAS DE USO E MANEJO DO SOLO**



**CURITIBA**

**2016**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ**  
**SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO**

**JOÃO AUGUSTO COBLINSKI**

**PERDAS DE SOLO, ÁGUA E NUTRIENTES VIA ESCOAMENTO SUPERFICIAL**  
**EM SISTEMAS DE USO E MANEJO DO SOLO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Área de Concentração Solo e Ambiente, do Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência do Solo.

Orientadora: Profa. Dra. Nerilde Favaretto

Co-orientador: Prof. Dr. Jeferson Dieckow

**CURITIBA**

**2016**

C656 Coblinski, João Augusto

Perdas de solo, água e nutrientes via escoamento superficial em sistemas de uso e manejo do solo. / João Augusto Coblinski.

Curitiba: 2016.

38 f. il.

Orientadora: Nerilde Favaretto

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná.

Setor de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo – Solo e Ambiente.

1. Solos – Uso. 2. Solos - Manejo. 3. Solos - Degradação.  
I. Favaretto, Nerilde. II. Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo – Solo e Ambiente. III. Título.

CDU 631.432.3



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO  
Mestrado e Doutorado



## PARECER

A Banca Examinadora designada para avaliar a defesa da Dissertação de Mestrado de **JOÃO AUGUSTO COBLINSKI**, intitulada: **"Perdas de solo, água e nutrientes via escoamento superficial em sistemas de uso de manejo do solo"**, do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, após análise do texto e arguição do candidato, emitem parecer pela **"APROVAÇÃO"** da referida Dissertação. O candidato atende assim um dos requisitos para a obtenção do título de **Mestre em Ciência do Solo - Área de Concentração Solo e Ambiente**.

Secretaria do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, em Curitiba, 23 de fevereiro de 2016.

Prof. Dra. Nerilde Favaretto, Presidente

Prof. Dr. Anibal de Moraes, Iº. Examinador

Prof. Dr. Jeferson Dieckow, IIº. Examinador

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a minha família, especialmente minha nona Margarida Cecato, por seu apoio, amor e dedicação e aos meus tios, que incentivaram a estar aqui.

A Professora Nerilde Favaretto, por sua orientação.

A todos os professores que se dedicam compartilhar seu conhecimento humildemente e sem lutas de ego. Vários passaram por meu trajeto e seria injusto citar apenas alguns. A todos eu agradeço pelos ensinamentos e sem dúvida na ajuda de meu crescimento profissional.

A Carolina Minozzo, por sempre apoiar em todos meus projetos de vida e perspectivas, ajudando e abrindo meus olhos para meu crescimento pessoal.

A Kombi da Pós-graduação, minha única parceria fechada nas coletas de campo.

Aos funcionários da Fazenda Experimental Canguiri e dos laboratórios do Departamento de Solos pelo auxílio em minhas atividades.

Aos colegas de turma, especialmente Cristhian Hernandez Gamboa, pela ajuda na etapa final de meu trabalho.

*In memoriam*

Agradeço a minha mãe Marlene Cecato Coblinski que de algum modo me ajudou em escolhas e caminhos me guiando por essa vida.

Ao meu nono Augusto Cecato que me ensinou muito em minha vida.

A um dos melhores amigos, Chanderle Lodi Rissini, que me incentivou na área profissional.

Estas três pessoas não estão mais nesse mundo, mas onde estiverem, sabem que deixaram suas marcas. Eterno agradecimento!

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	9
<b>2</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	10
2.1	Caracterização da área experimental .....	10
2.2	Levantamento de dados pluviométricos .....	12
2.3	Caracterização química e física do solo.....	13
2.4	Determinação dos índices topográficos .....	16
2.5	Determinação da cobertura vegetal.....	16
2.6	Delimitação da área de drenagem e coleta do escoamento superficial.....	17
2.7	Determinação da perda de água e solo.....	17
2.8	Determinação de fósforo, nitrogênio e carbono.....	18
2.9	Análise estatística dos resultados.....	18
<b>3</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	19
3.1	Perdas de água e solo .....	19
3.2	Concentração e perdas de nutrientes.....	23
<b>4</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	29
<b>5</b>	<b>LITERATURA CITADA</b> .....	29
<b>6</b>	<b>APÊNDICES</b> .....	37

# **PERDAS DE SOLO, ÁGUA E NUTRIENTES VIA ESCOAMENTO SUPERFICIAL EM SISTEMAS DE USO E MANEJO DO SOLO<sup>1</sup>**

Autor: João Augusto Coblinski

Orientador: Profa. Dra. Nerilde Favaretto

Co-orientador: Prof. Dr. Jeferson Dieckow

## **RESUMO**

A atividade agrícola contribui de forma significativa como fonte de poluição difusa, influenciando na qualidade da água. O objetivo desse trabalho foi avaliar os efeitos do uso e manejo do solo nas perdas de água, solo e nutrientes via escoamento superficial em encostas com diferentes sistemas (lavoura, integração lavoura-pastagem e pastagem) na Fazenda Experimental do Canguiri da Universidade Federal do Paraná, Pinhais – PR. Foram realizadas análises físicas e químicas para caracterização do solo. O escoamento superficial foi coletado após cada evento de precipitação pluviométrica no período de novembro de 2014 a outubro de 2015, onde foi determinada a perda de água, perda de solo e concentração de sedimento, fósforo solúvel, nitrogênio solúvel e carbono orgânico solúvel. Todas as encostas apresentaram pequenas perdas de água, solo e nutrientes, sendo a encosta com lavoura a que apresentou as maiores perdas, influenciadas pelo manejo e cobertura vegetal. A sazonalidade (inverno/verão) não influenciou nas perdas de água, solo e nutrientes.

Palavras-chave: Qualidade da água, Escoamento superficial, Encosta, Índices topográficos, Sistema integrado de produção agropecuária.

---

<sup>1</sup> Dissertação de Mestrado em Ciência do Solo. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. Curitiba. (38 p.) Fevereiro, 2016.

# **SOIL, WATER AND NUTRIENTS LOSSES BY RUNOFF IN AGRICULTURAL SYSTEMS<sup>2</sup>**

Author: João Augusto Coblinski

Advisor: Profa. Nerilde Favaretto

Co-Advisor: Prof. Jeferson Dieckow

## **ABSTRACT**

Agricultural activity is an important source of diffuse pollution, influencing water quality. The aim of this study was to evaluate the effects of the use and management of soil in water, soil and nutrients losses via runoff on large plots (small catchments) with different systems (crops, crop-pasture integration and pasture) in Canguiri Experimental Farm of the Federal University of Paraná, Pinhais - PR. Physical and chemical analyses were performed to characterize the soil. The runoff was collected after each rainfall event from November 2014 to October 2015, which was determined water loss, soil loss and sediment concentration, soluble phosphorus, soluble nitrogen and soluble organic carbon. All systems had low losses of soil, water and nutrients and the biggest losses occurred in crop system influenced by management and vegetation. The seasonality (winter/summer) did not influence the loss of water, soil and nutrients.

**Key-Words:** Water quality, Runoff, Small Catchments, Topographic indices, Integrated crop-livestock system.

---

<sup>2</sup> Soil Science Master Dissertation. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. Curitiba. (38 p.) February, 2016.

## 1 INTRODUÇÃO

A atividade agrícola é um dos principais contribuintes para a poluição dos recursos hídricos (Gassman, et al., 2006; Ongley et al., 2010), sendo esses poluentes transportados principalmente por escoamento superficial (Kay et al., 2009) e influenciados pelo relevo, uso da terra, tipo de manejo do solo, vegetação e condições climáticas (Hooda et al., 2000; Ma et al., 2011).

O escoamento superficial enriquecido em nutrientes influenciará na eutrofização dos corpos hídricos (Bertol et al., 2007). O fósforo e o nitrogênio são os principais indicadores de problemas ambientais nos cursos d'água (Pierzynski et al., 2005). O fósforo tem papel importante na qualidade da água, sendo elemento limitante para a eutrofização (Correl, 1998), o qual pode ser encontrado na forma solúvel e particulado (adsorvido nas partículas minerais e orgânicas). O nitrogênio está associado a problemas de saúde humana e qualidade ambiental. Na forma de nitrato ( $\text{N-NO}_3^-$ ) pode trazer riscos para saúde humana. Na forma de amônio ( $\text{N-NH}_4^+$ ) torna-se tóxica para vida aquática e prejudicial para o equilíbrio ecológico dos corpos d'água (Chapman, 1998). No Brasil os limites estabelecidos para estes nutrientes nos recursos hídricos são regidos pela resolução CONAMA nº 357/2005 (BRASIL, 2005). Outro elemento que influencia na qualidade da água é o carbono, sendo que o carbono orgânico solúvel (COS) presente nas águas superficiais, em reação ao cloro livre em sistemas de tratamento para abastecimento, forma os trihalometanos, compostos que podem ser cancerígenos (Kay et al., 2009). O carbono orgânico total (COT) influencia no desenvolvimento de algas nos cursos de água, alterando o odor e aumentando a toxicidade das águas (Libânio et al., 2000). Além do transporte de nutrientes, o escoamento superficial pode transportar sedimentos provenientes de áreas agrícolas para os cursos de água, podendo ocasionar o aumento da turbidez e assoreamento de rios e lagos (Ongley, 1996).

Sistemas agrícolas capazes de aliar a produtividade com conservação dos recursos naturais devem ser buscados. Sistemas conservacionistas podem diminuir a taxa de escoamento superficial, perdas de solo e nutrientes para os corpos de água (Owens, 2002; Guadagnin et al., 2005; Endale et al., 2011). O Sistema Integrado de Produção Agropecuária (SIPA) associado com o plantio direto é caracterizado por ter interação espacial e temporal em diferentes escalas com animais e culturas na mesma área, simultaneamente ou desconexa, com rotação ou sucessão, mantendo cobertura vegetal durante o ano todo (Moraes et al., 2014). Devido a isto, o SIPA torna-se uma alternativa para recuperação de área degradada,

sendo possível devido a diversidade de culturas e animais inseridos nesse sistema (Bonetti et al., 2015), promovendo a estabilidade dos sistemas agrícolas.

Delaune & Sij (2012), estudando o sistema plantio direto (SPD) com pastagem no inverno, em comparação com plantio convencional, verificaram que as maiores perdas de solo, P total e N-amônio por escoamento superficial ocorreram em plantio convencional. Guadagnin et al. (2005), também constataram que sistemas conservacionistas, como o SPD, perderam menos solo e água que o preparo convencional, reduzindo as perdas de N-amônio e N-nitrato. O SIPA é responsável por cerca de 50% de toda produção de alimentos no mundo (Carvalho et al., 2014), proporcionando melhorias nos atributos físicos (estabilidade de agregados, aumento na porosidade total e aumento da infiltração de água no solo), biológicos (aumento da atividade microbiana) e químicos do solo (melhorando a fertilidade) (Macedo, 2009), reduzindo as taxas de perdas de solo e água, contribuindo assim para a sustentabilidade da produção agropecuária.

Além do uso e manejo do solo, o grau de redução nas perdas de solo depende das características da encosta/bacia como comprimento de rampa (Leys et al., 2010), declividade, formas de relevo e erodibilidade dos solos (Guerra & Cunha, 1995). Segundo Raclot et al. (2009), o transporte de água e sedimento será menor em escala de bacia/encosta do que em escala de pequenas parcelas, o que dificulta a estimativa de perdas baseadas em resultados de pequenas parcelas. Van de Giesen et al. (2005) complementam dizendo que a extrapolação linear do escoamento superficial em uma pequena parcela superestima o escoamento real em superfícies de áreas maiores, como a escala de encosta. Como o terreno é irregular dentre até mesmo em poucos metros, pode trazer resultados diferentes no fluxo de escoamento, produção de sedimentos e perdas de nutrientes.

O objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito de sistemas de uso e manejo do solo (lavoura, integração lavoura-pastagem e pastagem) nas perdas de água, solo e nutrientes via escoamento superficial em escala de encostas agrícolas.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Caracterização da área experimental**

O trabalho foi realizado em área experimental do Núcleo de Integração Tecnológica em Agropecuária (NITA), na Fazenda Experimental do Canguiri, pertencente à Universidade Federal do Paraná (UFPR), situada no município de Pinhais, região metropolitana de Curitiba (Figura 1), dentro do perímetro da Área de Proteção Ambiental (APA) do Rio Irai. De acordo

com a classificação de Köppen, o clima da região é Cfb, com temperatura média do mês mais frio inferior a 18 °C e do mês mais quente abaixo de 22 °C e precipitação média anual entre 1400 a 1800 mm. O solo na área de estudo foi classificado como Cambissolo Háplico (Sugamoto, 2002).

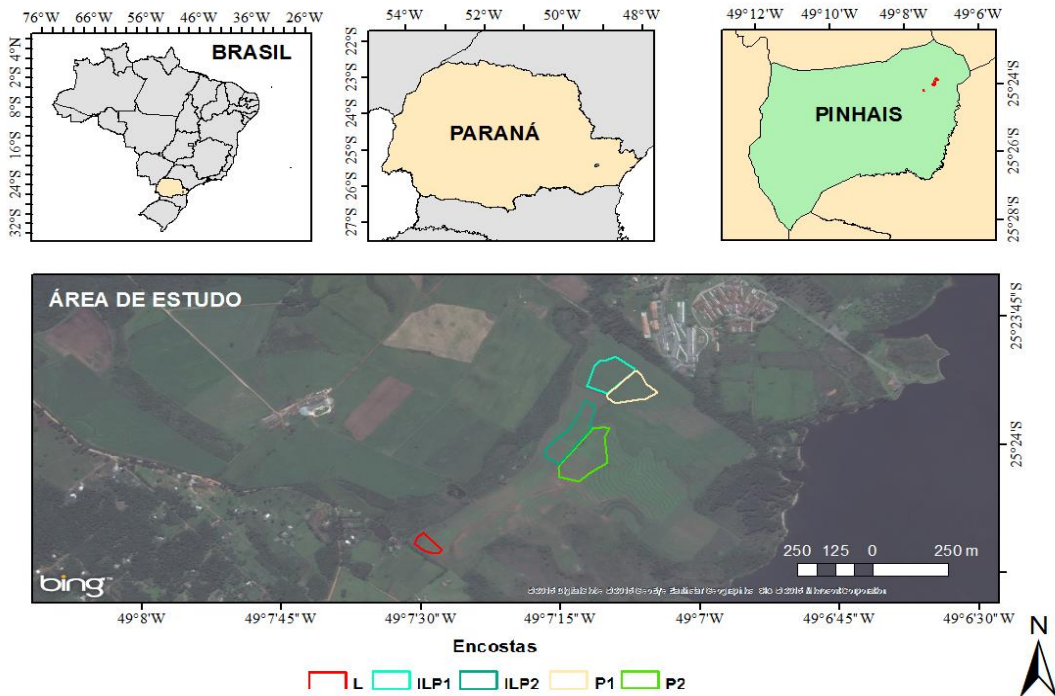


FIGURA 1. Localização das encostas de estudo (L-lavoura; ILP- integração lavoura-pastagem; P-pastagem), Fazenda Experimental do Canguiri-UFPR, Pinhais, PR.

A área experimental do NITA tem como base o plantio direto em sistemas integrados de produção agropecuária (integração lavoura-pecuária-floresta), sendo constituída por sete tratamentos distribuídos em 3 blocos, totalizando 21 encostas. A instalação do experimento iniciou em agosto de 2013 com a implantação das culturas anuais e perenes. O cultivo anterior foi milho no sistema convencional.

Para o presente estudo foram utilizadas cinco encostas (três sistemas) com dimensão entre 0,3 e 1,7 hectares e declividade média de 4,1 a 7,8 % (Tabela 1). Inicialmente foram selecionadas nove encostas (três sistemas em três blocos), no entanto, foram utilizadas somente cinco (as que apresentaram escoamento superficial) assim descritas:

L-Lavoura sob plantio direto com produção de milho (*Zea mays*) e girassol (*Helianthus annuus*) no verão e aveia preta (*Avena strigosa*) e azevem (*Lolium multiflorum*) para cobertura do solo no inverno;

ILP1 e ILP2-Integração lavoura-pastagem sob plantio direto com rotação de três anos

pastagem e um ano lavoura. O presente estudo foi desenvolvido no segundo ano de implantação, portanto somente o componente pastagem foi avaliado. O componente lavoura bem como o componente animal não estavam ainda inseridos no desenvolvimento do estudo;

P1 e P2-Pastagem sob plantio direto. As culturas nas encostas de pastagem e de integração lavoura-pastagem foram capim aries (*Panicum maximum Jacq.*) no verão e aveia preta (*Avena strigosa*) e azevem (*Lolium multiflorum*) no inverno.

TABELA 1. Características gerais das encostas (L-lavoura; ILP- integração lavoura-pastagem; P-pastagem).

Encosta	Área (ha)	Declividade média(%)	Uso e Manejo
L	0,3	4,6	Lavoura
ILP1	1,1	4,3	Lavoura-Pastagem
ILP2	1,2	4,1	Lavoura-Pastagem
P1	0,9	4,5	Pastagem
P2	1,7	7,8	Pastagem

## 2.2 Levantamento de dados pluviométricos

Devido à variabilidade espacial da precipitação pluviométrica, foram instalados pluviômetros tipo cunha em cada unidade experimental (Figura 2) e medido o volume de precipitação acumulado por evento com produção de escoamento superficial (Tabela 2).

Os dados sazonais de precipitação pluviométrica foram divididos em inverno (1 de março a 31 de agosto) e verão ( 1 de setembro a 28 de fevereiro) (Tabela 5).



FIGURA 2. Pluviômetro tipo cunha

TABELA 2. Precipitação pluviométrica nas encostas (L-lavoura; ILP- integração lavoura-pastagem; P-pastagem)<sup>1</sup>.

Eventos	L	ILP1	ILP2	P1	P2
-----Precipitação (mm)-----					
12/11/2014	34	34	34	34	34
08/01/2015*	179	179	179	179	179
20/01/2015	28	33	33	33	34
04/02/2015	39	37	39	37	39
15/02/2015	32	32	32	32	32
26/02/2015	40	43	42	43	42
05/03/2015	45	45	45	45	45
11/03/2015	30	32	33	32	33
16/03/2015	35	29	34	29	34
29/03/2015	69	66	66	66	64
23/04/2015	60	57	60	57	60
04/05/2015	40	43	42	43	43
28/05/2015	54	54	54	54	54
14/06/2015	60	60	62	60	62
12/07/2015	49	47	48	47	48
17/07/2015	60	50	55	50	55
27/07/2015	40	41	45	41	45
12/09/2015**	110	110	108	110	108
06/10/2015	70	78	79	78	79
21/10/2015	60	65	60	70	60
	1134	1135	1150	1140	1150

<sup>1</sup> Precipitação referente apenas aos dias que tiveram escoamento superficial em pelo menos uma encosta.

\* precipitação acumulada de 4 eventos \*\* precipitação acumulada de 3 eventos.

### 2.3 Caracterização química e física do solo

Para os atributos químicos do solo (Tabela 3) foram coletadas amostras em janeiro de 2015 (segundo ano da implantação do experimento) com trado holandês em quatro profundidades (0-5; 5-10; 10-20 e 20-30 cm), coletadas aleatoriamente 4 subamostras no terço superior e 4 subamostras no terço inferior de cada encosta. Para carbono orgânico utilizou-se o método colorimétrico. Os teores de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  foram extraídos com KCl e determinados por espectrofotometria de absorção atômica;  $\text{Al}^{3+}$  extraído por KCl e determinado por titulação com Na(OH);  $\text{K}^+$  e P extraídos com Mehlich I. O  $\text{H}^+$   $\text{Al}^{3+}$  foi obtido pelo pH SMP (Pavan et al., 1992; Tedesco et al., 1995).

TABELA 3. Atributos químicos do solo nas encostas (L-lavoura; ILP- integração lavoura-pastagem; P-pastagem) na profundidade de 0 a 30 cm. Valores médios do terço superior e inferior de cada encosta, Pinhais, PR.

Prof. cm	pH CaCl <sub>2</sub>	pH SMP	Al	H+Al	Ca	Mg	K	P	C
------(cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )-----									mg dm <sup>-3</sup> g dm <sup>-3</sup>
----- <i>L</i> -----									
0_5	5,4	5,9	0,2	5,7	7,7	3,6	0,3	8,8	47,3
5_10	5,5	5,9	0,3	5,5	7,6	3,6	0,3	1,8	39,4
10_20	5,8	6,2	0,1	4,6	8,6	3,9	0,2	1,8	42,3
20_30	5,7	6,0	0,2	5,1	7,5	3,8	0,2	6,7	38,1
----- <i>ILP1</i> -----									
0_5	5,6	5,8	0,1	6,0	8,5	3,9	0,6	5,4	54,8
5_10	5,6	5,9	0,1	5,8	9,4	3,9	0,4	4,3	51,1
10_20	5,6	5,9	0,1	5,8	8,7	4,1	0,1	2,1	56,3
20_30	5,6	5,9	0,1	5,6	8,6	4,0	0,2	5,2	54,1
----- <i>ILP2</i> -----									
0_5	5,9	6,2	0,1	4,3	8,5	4,0	0,6	6,7	60,3
5_10	6,0	6,3	0,0	3,9	9,4	4,2	0,4	4,3	56,4
10_20	6,0	6,3	0,1	4,1	8,5	4,2	0,1	1,5	52,1
20_30	5,8	6,2	0,1	4,5	7,7	3,9	0,1	2,0	46,3
----- <i>P1</i> -----									
0_5	5,4	5,8	0,1	6,0	7,3	3,3	1,0	18,4	53,3
5_10	5,5	5,8	0,1	5,9	8,0	3,7	0,7	3,5	53,3
10_20	5,5	5,9	0,1	5,4	7,8	3,9	0,2	2,4	51,8
20_30	5,4	5,8	0,3	6,1	6,3	3,4	0,2	3,6	41,8
----- <i>P2</i> -----									
0_5	6,4	6,7	0,0	3,2	9,0	4,2	0,9	10,7	40,3
5_10	6,1	6,4	0,0	3,9	7,9	3,9	0,3	1,9	48,1
10_20	6,5	6,8	0,0	2,7	8,3	3,8	0,2	2,5	41,5
20_30	6,4	6,8	0,0	2,9	7,4	3,9	0,2	1,8	29,7

Para os atributos físicos do solo (Tabela 4), foram realizadas coletas em janeiro de 2015 (segundo ano da implantação do experimento) nas camadas de 0-5, 5-10, 10-20 e 20-30 cm no terço superior e inferior de cada encosta. Para análise de densidade, porosidade e condutividade hidráulica foram coletadas amostras indeformadas com anéis volumétricos (2 amostras por profundidade). Para estabilidade de agregados foram coletados monólitos de solo (1 amostra por profundidade) e para a análise granulométrica foram utilizadas as mesmas amostras de solo para caracterização química (1 amostra por profundidade). A granulometria foi determinada de acordo com o método do densímetro e a densidade do solo com o método do anel (EMBRAPA, 1997). A densidade de partículas foi determinada por método do álcool etílico (EMBRAPA, 1997). A microporosidade foi determinada em mesa de tensão a 6 kPa com anéis saturados por 24 horas. A porosidade total foi calculada a partir da densidade do

solo e de partículas e a macroporosidade através da subtração entre porosidade total e microporosidade (EMBRAPA, 1997). A estabilidade de agregados via úmida foi determinada através do aparelho de Yoder com peneiras de malha de 2,0, 1,0, 0,5 0,25 e 0,105 mm de abertura, com 15 minutos oscilando submersa em água (Yoder, 1936; EMBRAPA, 1997). O diâmetro médio ponderado foi calculado a partir do somatório entre o diâmetro médio de cada fração de agregado e a proporção da massa de solo, obtida pela divisão da massa de agregados retidos em cada peneira pela massa de amostra corrigida em termos de umidade (Silva & Mielniczuk, 1998). A condutividade hidráulica saturada foi determinada após saturação prévia das amostras por 24 horas, e posteriormente, colocadas em permeâmetro de carga constante por 8 horas. (EMBRAPA, 1997).

TABELA 4. Atributos físicos do solo nas encostas (L-lavoura; ILP- integração lavoura-pastagem; P-pastagem) na profundidade de 0 a 30 cm. Valores médios do terço superior e inferior de cada encosta, Pinhais, PR.

Prof cm	Ds Mg m <sup>-3</sup>	Pt	Mic ------(%)-----	Mac	Ksat mm h <sup>-1</sup>	DMPs mm	DMPu mm	Granulometria (%)		
								Argila	Silte	Areia
----- <i>L</i> -----										
0-5	1,2	56	45	11	52,2	1,9	1,7	55,0	12,5	32,5
05_10	1,3	54	46	8	81,5	2,1	1,7	57,5	7,5	35,0
10_20	1,3	54	45	10	52,1	2,1	1,8	54,4	7,5	38,1
20_30	1,2	55	44	11	178,1	2,2	1,6	55,6	9,4	35,0
----- <i>ILP1</i> -----										
0-5	1,2	56	48	8	172,7	1,8	1,6	65,0	10,0	25,0
05_10	1,2	54	44	11	30,1	1,5	1,3	64,9	11,3	23,8
10_20	1,1	57	43	13	69,2	2,0	1,7	62,5	12,5	25,0
20_30	1,2	56	44	1	52,4	2,3	2,0	66,2	6,3	27,5
----- <i>ILP2</i> -----										
0-5	1,2	55	45	10	131,4	2,0	1,8	62,4	8,8	28,8
05_10	1,2	53	44	9	19,0	1,8	1,5	59,9	13,8	26,3
10_20	1,2	54	42	11	24,1	1,7	1,5	62,4	8,8	28,8
20_30	1,3	55	46	9	20,2	1,7	1,6	62,4	8,8	28,8
----- <i>PI</i> -----										
0-5	1,2	54	45	9	27,8	2,1	1,9	61,2	11,3	27,5
05_10	1,2	54	44	10	19,4	1,9	1,7	63,7	12,5	23,8
10_20	1,2	56	42	13	104,3	2,0	1,9	62,5	12,5	25,0
20_30	1,2	62	48	14	326,2	2,0	1,9	63,7	10,0	26,3
----- <i>P2</i> -----										
0-5	1,3	55	48	7	116,9	2,6	2,5	56,2	7,5	36,3
05_10	1,3	54	43	11	37,9	2,4	2,1	58,8	8,1	33,1
10_20	1,3	54	45	9	27,3	2,3	2,0	55,0	7,5	37,5
20_30	1,2	56	45	11	246,6	2,2	1,9	52,5	4,4	43,1

Prof: Profundidade, Ds: Densidade do solo, Pt: Porosidade total, Mic: Microporosidade, Mac: Macroporosidade, Ksat: Condutividade hidráulica saturada, DMPs: Diâmetro médio ponderado seco, DMPu: Diâmetro médio ponderado úmido

## 2.4 Determinação dos índices topográficos

Para a determinação dos índices topográficos (fator LS, curvatura vertical, curvatura horizontal e potencial de sedimentação e erosão) utilizou-se o software SAGA 2.1.0 – System for Automated Geoscientific Analyses (SAGA, 2013), usando como base cartas topográficas da região metropolitana de Curitiba – COMEC em escala de 1:10.000, com curvas de nível com distância de 5 metros entre elas. As curvas foram digitalizadas e interpoladas com o interpolador B-Spline Approximation do software para a geração do modelo numérico do terreno (MNT). A partir do MNT foram gerados os índices topográficos.

O fator LS é a relação entre o comprimento da rampa e o gradiente da declividade e determina o potencial de erosão (Minella et al., 2010). Valores de 0 a 4 indicam terreno com potencial erosivo baixo, de 4 a 6 potencial médio e de 6 a 10 potencial erosivo alto (Mansor et al., 2002).

A curvatura vertical ou curvatura no perfil (*profile curvature*) pode ser classificada como côncava, convexa ou retilínea e influencia principalmente na velocidade do escoamento (Minella & Merten, 2012). Valores nulos correspondem a terrenos retilíneos, valores positivos correspondem a terrenos convexos e valores negativos correspondem a terrenos côncavos (Valeriano, 2003). A curvatura horizontal ou curvatura no plano (*plan curvature*) pode ser classificada como convergente, divergente ou reta e está relacionada principalmente com o fluxo de água (Minella & Merten, 2012). Valores negativos indicam terrenos convergentes, positivos indicam terrenos divergentes e valores nulos a terrenos retos ou planares. Esses dois índices podem ser combinados, indicando a forma do relevo (Valeriano, 2003).

O índice MRVBF (*Multiresolution Index of Valley Bottom Flatness*) define áreas de deposição em uma paisagem (Gallant & Dowling, 2003), diferenciando superfícies de erosão (valores abaixo de 0,5) e superfície de deposição (acima de 0,5) (Wang & Laffan, 2009).

Após o levantamento dos índices topográficos, foi calculado o valor da média, máxima e mínima, bem como a porcentagem de ocorrência em cada encosta com a ferramenta ‘Spatial and geostatistics’ do software SAGA 2.1.0.

## 2.5 Determinação da cobertura vegetal

Foi realizado o levantamento da cobertura vegetal através da análise visual no campo aliado a análise visual de imagens fotográficas, adquiridas de câmera digital convencional, atribuindo assim, porcentagem de solo coberto pela vegetação viva e morta no momento da coleta do escoamento superficial. Maiores detalhes são descritos no Apêndice – Tabelas 1 a 5.

## 2.6 Delimitação da área de drenagem e coleta do escoamento superficial

Para a delimitação da área de drenagem de cada encosta e instalação do sistema de coleta de escoamento, foi realizado levantamento topográfico com nível óptico para identificar os divisores naturais de água. Após isso foi utilizado o GPS topográfico LEICA 900 para demarcar o perímetro de cada encosta e realizar o georreferenciamento da área. Em seguida, construídos camalhões na parte lateral e inferior de cada área e alocado chapas de zinco galvanizado (Hudson, 1993), que conduzem a água até uma calha de saída a qual é conectada aos recipientes de coleta através de tubulação de PVC (Figura 3 A e B).

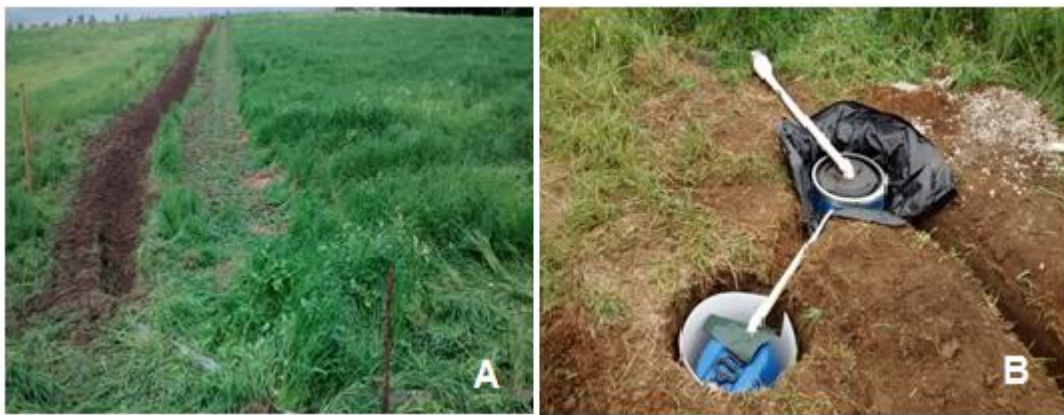


FIGURA 3. (A) Canal condutor de água. (B) Sistema de coleta de escoamento.

No primeiro recipiente de coleta com capacidade de 100 litros foram confeccionados 20 divisores de fluxo (orifícios com mesmo diâmetro e nivelados) (Hudson, 1993). Um desses orifícios foi conectado a outro recipiente com capacidade de 60 litros. Portanto a capacidade máxima de coleta foi de 1300 litros. As coletas das amostras de escoamento superficial foram realizadas durante um ano (01/11/2014 a 30/10/2015), após eventos pluviométricos suficientes para gerar escoamento em pelo menos uma encosta.

Para mensuração do volume do escoamento coletado foram utilizados baldes e provetas graduadas, em seguida, foram coletadas amostras representativas para analisar a qualidade da água.

## 2.7 Determinação da perda de água e solo

Para determinar a perda de água, o volume de água coletado nos recipientes foi transformado em lâmina, conforme a área de cada parcela experimental, através da relação:

$$PA = \frac{V}{A}$$

Onde PA é a perda de água (mm), V é o volume do escoamento superficial (L) e A é a área da encosta.

O coeficiente de escoamento superficial foi obtido pela divisão entre volume total (acumulado) de escoamento e precipitação total, sendo então transformado em porcentagem.

Para a perda de solo em cada coleta, separou-se uma fração de 500 mL da amostra (homogeneizada), a qual foi seca em estufa à 105° C (APHA, 2005). O peso da amostra seca de sedimento perdido na área da encosta foi extrapolado para hectare.

## 2.8 Determinação de fósforo, nitrogênio e carbono

A cada coleta de escoamento superficial foi separada uma amostra de 500 mL para análise de qualidade da água, essa amostra foi congelada até o dia de análise. Foram determinados elementos em formas solúveis, sendo: fósforo (PS), N-nitrato ( $N-NO_3^-$ ), N-amônio ( $N-NH_4^+$ ) e carbono orgânico solúvel (COS). Para determinação de nutriente na forma solúvel, as amostras foram filtradas em membrana de éster de celulose de 0,45 micrômetros

Para determinação de P solúvel, utilizou-se o ICP OES (*inductively coupled plasma optical emission spectrometer*) da marca Varian, modelo 720-ES do Laboratório de Nutrição de Plantas do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola da UFPR.

A determinação do  $N-NO_3^-$  foi feita por espectrometria, com adição de zinco metálico (Heizmann et al., 1984), onde as amostras foram analisadas em duplicata, sendo uma com adição de zinco (para determinar possíveis interferências) e outra sem adição de zinco. As amostras foram lidas em espectrofotômetro em comprimento de onda de 210 nm. O resultado de N-nitrato foi obtido subtraindo a absorbância da amostra com zinco pela sem zinco.

O  $N-NH_4^+$  foi determinado pelo método do fenato (APHA, 2005) em espectrofotômetro com comprimento de onda de 640 nm.

O carbono orgânico solúvel foi obtido utilizando-se o Analizador Vario TOC-Cube, Elementar® do Laboratório de Nutrição de Plantas do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola da UFPR.

## 2.9 Análise estatística dos resultados

As variáveis foram submetidas à multivariada com análise de componentes principais (ACP) para interpretação da interdependência entre elas. O software utilizado foi o RStudio 0.99 (R Development Core Team, 2015).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Perdas de água e solo

A perda acumulada de água variou de 0,3 a 7,00 mm ano<sup>-1</sup>, com o coeficiente de escoamento (CFE) de 0,02 a 0,62%, ou seja, menos de 1% da precipitação foi perdida via escoamento superficial. A encosta com lavoura apresentou maiores perdas de água (Tabela 5), no entanto, são valores muito baixos comparados a sistemas de produção intensiva (Cogo et al., 2003). Ramos et al. (2014), em estudo com três encostas (0,16 a 0,32 ha) e diferentes usos (floresta, olericultura orgânica e olericultura convencional), também encontraram coeficiente de escoamento menor que 1%. Shiptalo et al. (2000), em estudo com duas bacias (convencional e plantio direto com a cultura do milho) com área de aproximadamente 1 ha, encontraram coeficiente de escoamento menor que 1% no plantio direto e de 17% no convencional.

TABELA 5. Precipitação (PPT), escoamento superficial (ES), coeficiente de escoamento (CFE) e perda de solo (PSOL), nas encostas (L-lavoura; ILP- integração lavoura-pastagem; P-pastagem).

Encosta	PPT			ES			CFE %	PSOL kg ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup>
	inverno	verão	total	inverno	verão	total		
	-----mm			-----				
L	542	592	1134	3	3,9	7	0,62	2,6
ILP1	528	607	1135	0,1	0,5	0,6	0,05	0,7
ILP2	540	610	1150	0,3	0,2	0,5	0,04	1,1
P1	528	612	1140	0,1	0,3	0,5	0,04	0,5
P2	539	611	1150	0,1	0,1	0,3	0,02	0,6

Conforme apresentado as perdas de água foram maiores na encosta com lavoura (L), tendo 17 eventos de precipitação com produção de escoamento superficial, com quatro principais eventos, dia 11 e 16 de março de 2015 com 1,14 e 1,00 mm e dia 12 e 17 de julho com 1,24 e 1,30 mm (Figura 4). Essas maiores perdas devem-se possivelmente à menor cobertura vegetal do solo. No evento de 11 e 16 de março a cobertura vegetal estava em 50% devido ao fim do ciclo do girassol e nos dias 12 e 17 de julho, 75% do solo estava exposto, devido a colheita do milho que ocorreu no final de maio e a semeadura de aveia e azevém que ocorreu no final de junho. Nas demais encostas as taxas de perdas foram ainda menores quando comparada com a lavoura, ocorrendo 13 eventos com produção de escoamento superficial na encosta ILP1, 8 na P2 e 10 nas encostas ILP2 e P1, chegando ao máximo de 0,15 mm em um evento. A cobertura vegetal nas encostas com pastagem no período avaliado

apresentou uma média acima de 60%.

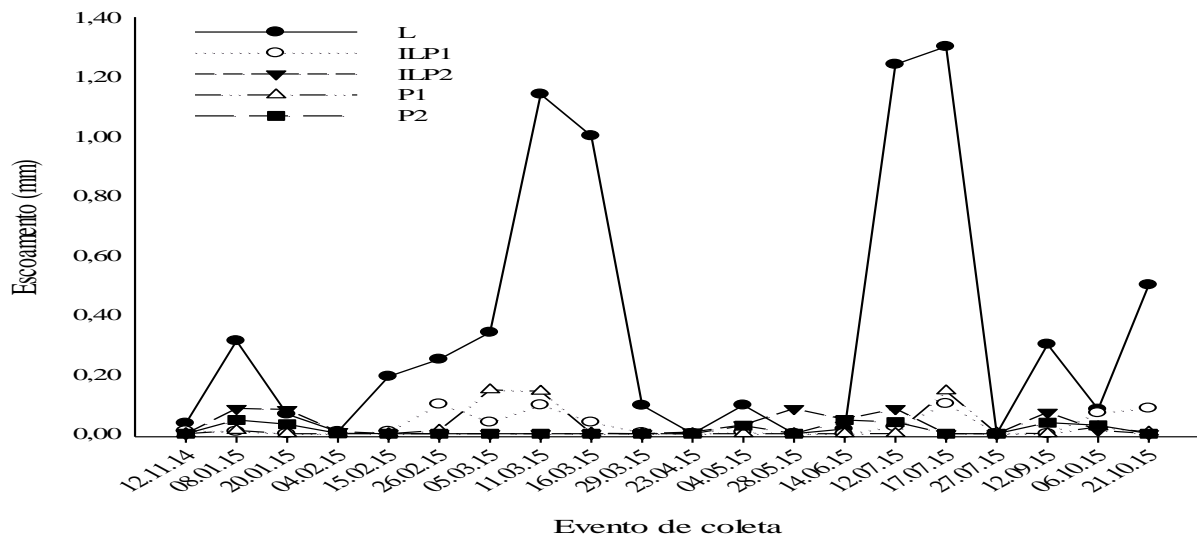


FIGURA 4. Perda de água (mm) via escoamento superficial por evento nas encostas (L-lavoura; ILP- integração lavoura-pastagem; P-pastagem).

As maiores perdas de solo ocorreram na encosta de lavoura (14, 9, 14 e 28 vezes maior do que nas encostas ILP1, ILP2, P1 e P2, respectivamente) (Tabela 5), sendo que em quatro eventos (11 e 16 de março e 12 e 17 de julho) (Figura 5) as perdas corresponderam a 71% do total perdido ( $2,6 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ). Conforme Derpsch et al. (1991), as perdas médias de solo em plantio direto no estado do Paraná é de  $6,9 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , mostrando que as perdas de solo obtidas no nosso estudo são muito baixas (entre  $0,5$  a  $2,6 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ).

As maiores perdas de solo na lavoura estão possivelmente relacionadas com as menores porcentagens de cobertura vegetal. Basic et al. (2001) observaram que as maiores perdas de solo em lavoura ocorrem durante o período de semeadura até a fase em que 20% do solo estava coberto. Nas encostas com pastagem e lavoura-pastagem, as perdas foram ainda menores que na encosta com lavoura, sendo a mais significativa na ILP2 com perda de  $0,3 \text{ kg ha}^{-1}$  no mês de janeiro, devido a perturbação do solo ocasionada pela semeadura do fósforo natural no mês anterior.

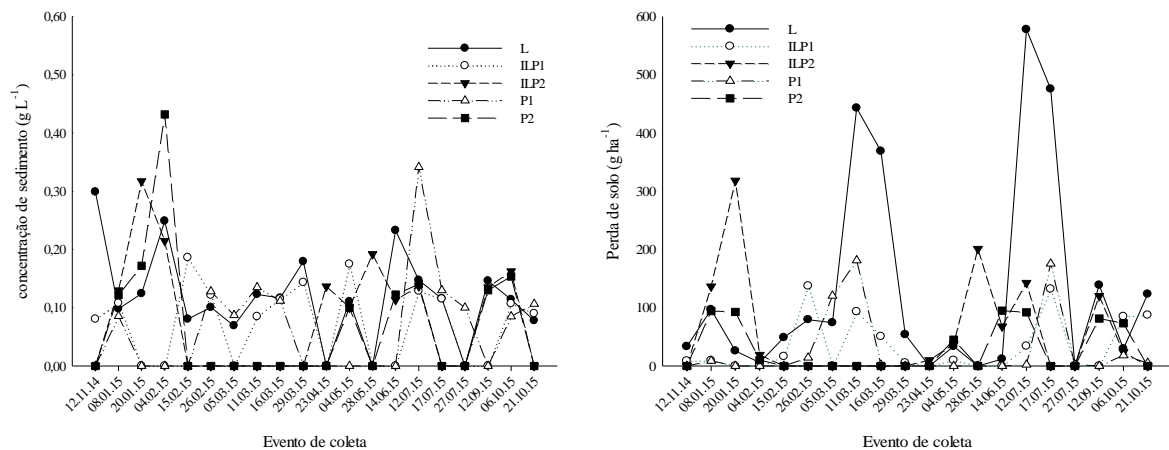


FIGURA 5. Concentração de sedimento e perda de solo via escoamento superficial nas encostas (L-lavoura; ILP- integração lavoura-pastagem; P-pastagem).

Para a concentração de sedimentos, observa-se uma tendência de maiores valores na encosta com lavoura, no entanto sem muitas diferenças entre os eventos de coleta (Figura 5). Os valores de concentração média ponderada de sedimento variaram de 0,10 a 0,17 g L<sup>-1</sup> (Tabela 8) abaixo da concentração média encontrada por Vadas et al. (2015) de 0,20 g L<sup>-1</sup> em pastagens com presença do animal, afirmando que as concentrações são baixas devido a boa cobertura vegetal.

O volume de precipitação foi bem distribuído entre as estações de inverno e verão (em média 606 mm no verão e 540 mm no inverno) (Tabela 5), o que contribuiu para a não ocorrência do efeito da sazonalidade (inverno/verão) nas perdas de água e solo. De modo geral, nos meses de março (verão) e julho (inverno) ocorreram as maiores perdas de água e solo, estando positivamente relacionado com eventos de maior volume de precipitação e com menor percentagem de cobertura do solo.

As perdas de água e solo podem ser reduzidas em plantio direto devido a elevada cobertura do solo proveniente dos resíduos de culturas anteriores (Shiptalo et al., 2000). Outro aspecto que deve ser considerado e que interfere nas perdas de solo e água é o relevo. Na figura 6 pode ser observada a relação entre as variáveis MRVBF, fator LS, PIC e PrC, consideradas variáveis ambientais e as variáveis escoamento superficial e perda de solo, consideradas variáveis resposta.

A análise de componentes principais (Figura 6) mostra que o índice PrC relaciona-se positivamente com o fator LS e negativamente com o índice de potencial de erosão e sedimentação (MRVBF), indicando que quando o terreno tiver característica convexa, a susceptibilidade a erosão será maior, quando côncavo o terreno será mais susceptível a

deposição. O índice PIC relaciona-se positivamente com o MRVBF e inversamente com o fator LS (Figura 6), mostrando que quando o relevo tiver características de divergir o escoamento, a susceptibilidade a erosão será menor e quando a característica da água escoada em superfície for de convergir no terreno, a chance de se ter processos erosivos será maior. O fator LS tem relação inversa com o índice MRVBF (Figura 6), ou seja, quanto mais plano o terreno, maior a deposição. A presença de área plana aumenta a infiltração da água e reduz a velocidade do escoamento superficial, ocorrendo deposição do solo nesta superfície (Raclot et al., 2009).

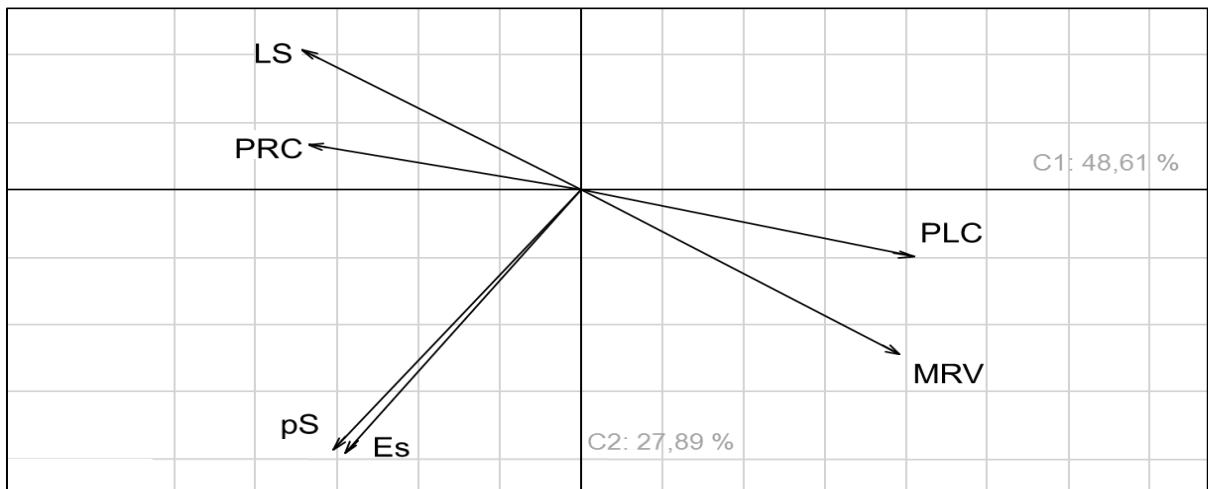


FIGURA 6. Análise de componentes principais com índices topográficos e perdas de água e solo. LS: relação comprimento de rampa com declividade; PrC: curvatura vertical; PIC: curvatura horizontal; MRVBF: potencial de erosão e sedimentação; pS: perda de solo; Es: escoamento superficial.

No presente estudo, todas as encostas apresentaram um fator LS baixo, ou seja, baixo potencial erosivo e de modo geral, as encostas foram classificadas como susceptíveis a deposição de solo pelo índice MRVBF (Tabela 6). Com relação à forma do relevo, observa-se também que, de modo geral, existe uma similaridade entre as encostas (Tabelas 6 e 7). Portanto, pode-se concluir que as diferenças de perda de solo e água entre as encostas devem-se ao sistema de uso e manejo e não às pequenas diferenças de topografia.

Tabela 6. Percentagem da encosta em relação aos índices topográficos (L-lavoura; ILP- integração lavoura-pastagem; P-pastagem).

Encosta	PIC		PrC		MRVBF		LS	
	conv	div	conc	convx	erosão	deposição	baixo	alto
-----%-----								
L	64	36	47	53	0	100	100	0
ILP1	42	58	54	46	8	92	100	0
ILP2	50	50	49	51	10	90	100	0
P1	50	50	52	48	11	89	100	0
P2	54	46	56	44	45	55	100	0

PIC: Curvatura horizontal (conv: convergente; div: divergente); PrC: Curvatura vertical (conc: côncava; convx: convexa); MRVBF: Potencial de erosão e sedimentação; LS: Relação comprimento de rampa/grau declividade (baixo: potencial erosivo baixo; alto: potencial erosivo alto).

Tabela 7. Valores mínimos (Min), médios (Med) e máximos (Max) dos índices topográficos nas encostas (L-lavoura; ILP- integração lavoura-pastagem; P-pastagem).

	PIC			PrC			MRVBR			LS		
	Min	Med	Max	Min	Med	Max	Min	Med	Max	Min	Med	Max
L	-0,002	-0,0001	0,002	-0,004	0,0003	0,007	0,521	1,135	1,554	0,251	0,544	1,109
ILP1	-0,003	0,0006	0,006	-0,006	-0,0002	0,010	0,162	1,490	3,843	0,010	0,319	0,958
ILP2	-0,009	0,0000	0,007	-0,010	0,0006	0,010	0,005	1,258	3,089	0,000	0,320	1,210
P1	-0,012	0,0001	0,008	-0,014	0,0002	0,014	0,006	1,336	3,979	0,000	0,330	1,436
P2	-0,011	0,0002	0,011	-0,012	0,0001	0,012	0,005	0,836	4,398	0,002	0,703	1,824

PIC: Curvatura horizontal (negativo: convergente; positivo: divergente; nulo: retilíneo); PrC: Curvatura vertical (negativo: côncava; positivo: convexa; nulo: retilíneo); MRVBF: Potencial de erosão e sedimentação (<0,5: erosão; >0,5: deposição); LS: Potencial de erosão (0-4: baixo; 4-6: médio; 6-10: alto).

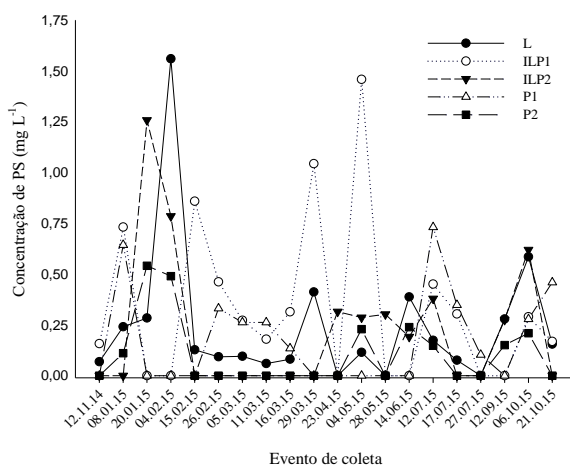
### 3.2 Concentração e perdas de nutrientes

A média ponderada anual da concentração de fósforo solúvel (PS) foi maior nas encostas com pastagem (ILP e P) (0,22 a 0,42 mg L<sup>-1</sup>) comparada com a encosta com lavoura (0,16 mg L<sup>-1</sup>) (Tabela 8). Isso possivelmente ocorreu devido a maior quantidade de P aplicado via fertilizante mineral nos sistemas com pastagem, bem como a forma de aplicação. Em áreas de pastagens com presença animal, Vadas et al. (2015) encontraram concentrações de 1,5 mg L<sup>-1</sup>. Owino et al. (2006) e Lemos (2011), em sistemas com lavoura sob plantio direto encontraram concentração média de PS de 0,35 mg L<sup>-1</sup> a 1,30 mg L<sup>-1</sup>.

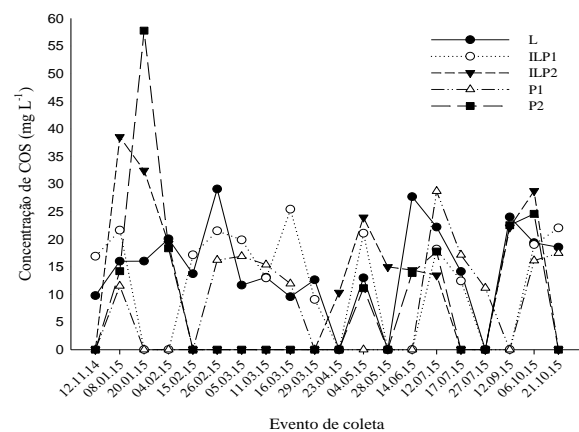
Analisando as concentrações de fósforo solúvel por evento, observa-se uma grande variação entre eventos e entre encostas (0,06 a 1,56 mg L<sup>-1</sup>). Os maiores valores ocorreram nas encostas L e ILP1 (1,56 e 1,46 mg L<sup>-1</sup> respectivamente), corroborando com as menores taxas de escoamento superficial, possivelmente devido ao efeito diluição (Figura 7 a). Na encosta ILP2 a maior concentração (1,26 mg L<sup>-1</sup>) ocorreu em 20 de janeiro, no qual diferente

dos anteriores observou-se maior perda de água. Além disso, a maior concentração de PS nesse evento e nessa encosta ocorreu devido a adubação com fosfato natural realizada no mês anterior ao evento. Considerando o potencial de poluição do P em ambientes aquáticos, segundo a resolução CONAMA 357/2005 que estabelece limite de  $0,02 \text{ mg L}^{-1}$  de concentração de P total em ambiente aquático lântico, 100% dos eventos estariam acima deste limite. Em ambiente aquático lótico (limite de  $0,1 \text{ mg L}^{-1}$ ), 89% estão acima do permitido. Lembrando que os valores aqui citados são de PS, o que representa uma fração do fósforo total. No entanto, é importante ressaltar que no presente estudo, estamos nos referindo à concentração de P no escoamento superficial, o qual pode ou não atingir os cursos d'água. A resolução CONAMA 357/2005 considera o limite de concentração de P no ambiente aquático, o que torna difícil a comparação de potencial poluidor via escoamento superficial.

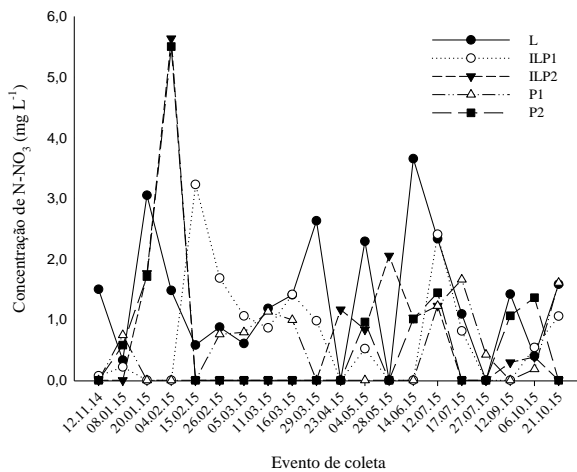
A perda anual de PS foi maior na encosta de lavoura (Tabela 9) devido as maiores perdas de água e solo (Figura 9). A quantidade perdida de PS é muito baixa ( $1,0$  a  $2,9 \text{ g ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ), levando em consideração que em pastagem pode-se recomendar doses superiores a  $100 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  de fósforo. Considerando a perda por evento de PS, na encosta L, as maiores perdas aconteceram nos dias 12 e 17 de julho de 2015, com valores de  $0,68$  e  $0,31 \text{ g ha}^{-1}$  respectivamente (Figura 8 a). As maiores perdas foram consequência do manejo do solo, havendo no final de maio a colheita do milho e com semeadura da aveia e azevém apenas no final de junho. Com essa perturbação, o P que é fortemente adsorvido por minerais de argila é mais susceptível de ser carregado via escoamento superficial (Smith et al., 1999). Para a encosta ILP2 teve um único evento com perda elevada ( $1,26 \text{ g ha}^{-1}$ ) em 20 de janeiro de 2015, explicado pela adubação com fosfato natural aliado a elevada perda de água.



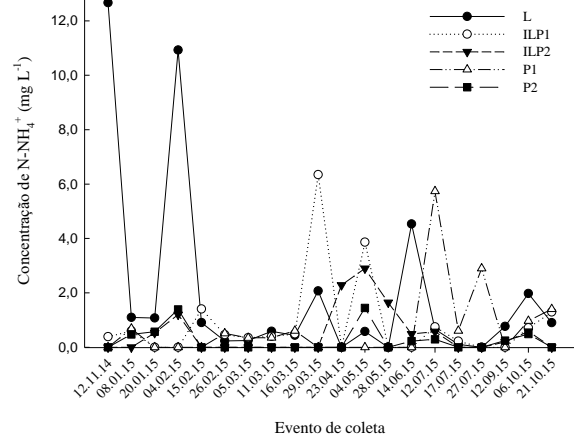
(a)



(b)

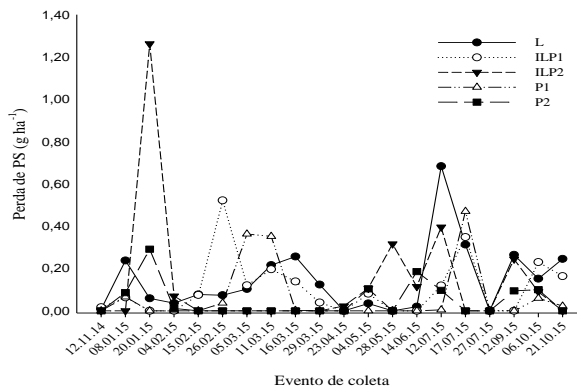


(c)

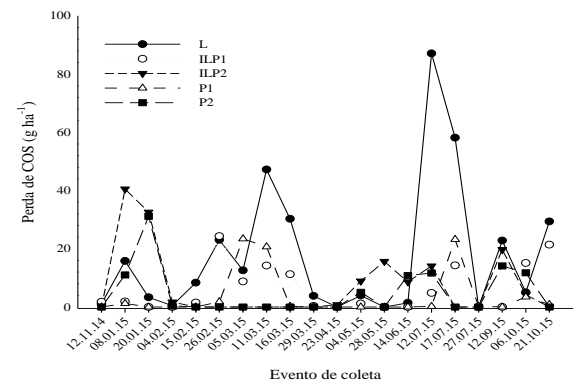


(d)

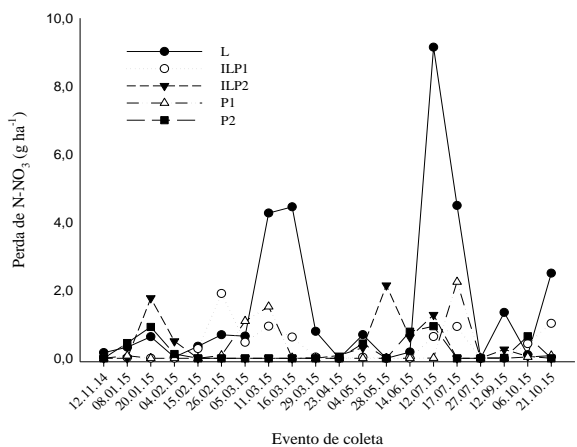
FIGURA 7. Concentração de fósforo solúvel (a); carbono orgânico solúvel (b);  $\text{N-NO}_3^-$  (c) e  $\text{N-NH}_4^+$  (d) no período de 01/11/2014 à 30/10/2015 nas encostas (L-lavrouira; ILP- integração lavrouira-pastagem; P-pastagem).



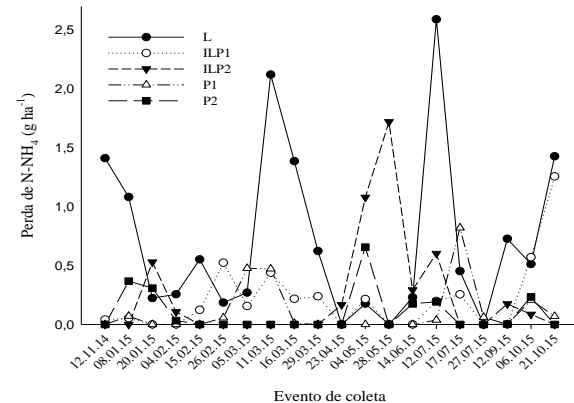
(a)



(b)



(c)



(d)

FIGURA 8. Perda de fósforo solúvel (a); carbono orgânico solúvel (b);  $\text{N-NO}_3^-$  (c) e  $\text{N-NH}_4^+$  (d) no período de 01/11/2014 à 30/10/2015 nas encostas (L-lavrouira; ILP- integração lavrouira-pastagem; P-pastagem).

TABELA 8. Concentração média ponderada de sedimento, nitrogênio, fósforo e carbono nas encostas (L-lavoura; ILP- integração lavoura-pastagem; P-pastagem).

Encosta	SED	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	PS	COS
	g L <sup>-1</sup>	-----mg L <sup>-1</sup> -----			
L	0,12	1,40	0,64	0,16	16,03
ILP1	0,10	1,10	0,64	0,38	18,14
ILP2	0,17	1,15	0,75	0,42	23,24
P1	0,12	1,12	0,50	0,30	16,34
P2	0,13	1,15	0,49	0,22	22,17

SED: sedimento; N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>: nitrato; N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>: amônio; PS: fósforo solúvel; COS: carbono orgânico solúvel

TABELA 9. Perda acumulada de nitrogênio, fósforo e carbono nas encostas (L-lavoura; ILP- integração lavoura-pastagem; P-pastagem).

Encosta	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	PS	COS
	-----g ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> -----			
L	30,8	14,2	2,9	353,6
ILP1	7,3	4,3	2,1	120,7
ILP2	7,0	4,8	2,6	146,7
P1	5,2	2,3	1,4	75,1
P2	4,3	2,0	1,0	95,9

N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>: nitrato; N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>: amônio; PS: fósforo solúvel; COS: carbono orgânico solúvel

A maior média ponderada para concentração de carbono orgânico solúvel ocorreu na ILP2, concomitante com maior concentração de amônio, fósforo e sedimento (Tabela 8). Considerando os eventos, a maior concentração de COS ocorreu no dia 08 de janeiro para encosta ILP2 (Figura 7 b), explicado pelo revolvimento do solo devido à adubação com fosfato natural aliado a baixa cobertura vegetal (50%). No dia 20 de janeiro as encostas P2 e ILP2 tiveram as maiores concentrações possivelmente pela maior liberação de COS em função da prática da roçada, o que gerou quantidade significativa de resíduos em decomposição na superfície do solo. Em 26 de fevereiro, na encosta L, a maior concentração de COS ocorreu possivelmente devido ao grande aporte de resíduo de girassol em decomposição na superfície do solo.

As perdas de carbono orgânico solúvel seguiram uma relação positiva com a perda de água e solo (Figura 9), concordando com Veum et al. (2009) e Endale et al. (2011). A maior perda acumulada de COS ocorreu na encosta L, sendo principalmente no mês de julho devido à cobertura vegetal estar em 25%, ocasionada pela colheita do milho e plantio da aveia preta e azevem (Figura 8 b). No mês de março as maiores perdas devem-se a fase final do ciclo do girassol, o qual deixou o solo mais exposto (50%), com resíduos secos na superfície. A maior perda de COS na encosta com lavoura apesar das menores concentrações deve-se a maior perda de água quando comparado às demais encostas. Na encosta ILP2, as maiores perdas de

carbono foram constatadas em janeiro, nos eventos do dia 08 e 20, seguindo as maiores perdas de água e solo, influenciado pelo revolvimento do solo em função da adubação com fosfato natural. Para as demais encostas as perdas de carbono não tiveram valores em destaque.

A perda de COS para os cursos hídricos tende a ser maior em sistemas que tenham mais resíduos acumulados na superfície do solo (florestas>área de cultivo> pastagem) (Kindler, 2011). O plantio direto pode interferir nas perdas de carbono, por manter cobertura morta na superfície, podendo influenciar no aumento do COS no escoamento superficial (Janeau et al., 2014).

Outro elemento importante é o nitrogênio solúvel, associado a problemas de saúde humana com o nitrogênio na forma de nitrato ( $\text{N-NO}_3^-$ ) e ambiental com o nitrogênio na forma de amônio ( $\text{N-NH}_4^+$ ). A concentração média ponderada de nitrato no período foi maior na encosta com lavoura ( $1,40 \text{ mg L}^{-1}$ ) (Tabela 8). Já as maiores concentrações por evento ocorreram em 4 de fevereiro (Figura 7 c) nas encostas P2 e ILP2 ( $5,50 \text{ mg L}^{-1}$ ), influenciado pela precipitação que ocorreu 2 dias após a roçada da pastagem, porém com baixa taxa de escoamento superficial (Figura 4), concordando com Yang et al. (2009), em que a concentração de nitrato aumenta com a redução do volume do escoamento superficial. Nas demais encostas as concentrações por evento foram menores e também influenciadas pela precipitação logo após a retirada da cobertura vegetal. Resultados obtidos concordam com estudo de Vadas & Powell (2013), onde 80% das concentrações de  $\text{N-NO}_3^-$  foi menor que  $5 \text{ mg L}^{-1}$  em tratamentos com pastagens.

A maior perda acumulada de N-nitrato ocorreu na encosta com lavoura ( $30,8 \text{ g ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ) (Tabela 9), influenciado pelas maiores perdas de água (Figura 4). No entanto a quantidade perdida de N-nitrato é muito baixa ( $4,3 \text{ a } 30,8 \text{ g ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ), levando em consideração que em sistemas produtivos agrícolas pode-se recomendar doses superiores a  $200 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  de nitrogênio. Nas encostas com pastagem, as perdas acumuladas foram insignificantes ( $4,3 \text{ a } 7,3 \text{ g ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ). No presente estudo foi aplicado  $200 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  de nitrogênio nas pastagens. O nitrogênio solúvel pode ser transportado do solo para a água por dois caminhos, sendo este fluxo subsuperficial e escoamento superficial (Chapman, 1998; Smith et al., 2007). De modo geral, esperam-se poucas perdas de nitrato via escoamento superficial (Shan et al., 2015). Na encosta de lavoura, as maiores perdas deste nutriente relacionaram com a maior perda de água e menor cobertura vegetal nos meses de março (final do ciclo do girassol) e julho (semeadura de inverno) (Figura 8 c).

A concentração média ponderada de  $\text{N-NH}_4^+$  nas encostas ficaram abaixo de  $0,75 \text{ mg L}^{-1}$ , maior valor encontrado em encosta com pastagem (Tabela 8). Este valor é menor que o

encontrado por Vadas et al., (2015) de  $1,8 \text{ mg L}^{-1}$ , em encostas de até 0,4 ha de pastagens, diferença que pode ser explicada pela presença do elemento animal no estudo desses autores. Considerando os eventos, observa-se que a maior concentração de  $\text{N-NH}_4^+$  ocorreu na encosta com lavoura (L), no início do experimento ( $12,67 \text{ mg L}^{-1}$ ), um mês após aplicação de nitrogênio mineral e dois meses após a implantação da lavoura na encosta (Figura 7 d). O solo estava 25% coberto com resíduos orgânicos expostos à decomposição, transformando o N-orgânico em  $\text{N-NH}_4^+$ .

A maior perda acumulada de amônio ocorreu na encosta L ( $14,2 \text{ g ha}^{-1} \text{ ano}$ ) (Tabela 9). As maiores perdas em evento ocorreram em novembro de 2014, logo após implantação e aplicação de adubação nitrogenada da área (Figura 8 d) e em março e julho devido maior perda de água. As encostas com pastagem tiveram perdas ainda menores comparados com a da lavoura, o que pode ser explicado pela maior cobertura do solo, mas também pela grande absorção pela vegetação (Povilaitis et al., 2014).

Conforme a análise de componentes principais (Figura 9), a cobertura vegetal apresenta relação inversa com as perdas. Quanto menor a cobertura vegetal mais exposto o solo estará a intemperes naturais (Tucci & Clarke, 1997). Os sistemas conservacionistas são recomendados como práticas de controle a erosão, fornecendo maior aporte de cobertura vegetal, aumentando assim o teor de matéria orgânica e o índice de estabilidade de agregados (Volk et al., 2004; Armand et al., 2009) resultando em menores perdas de solo, água e nutrientes.

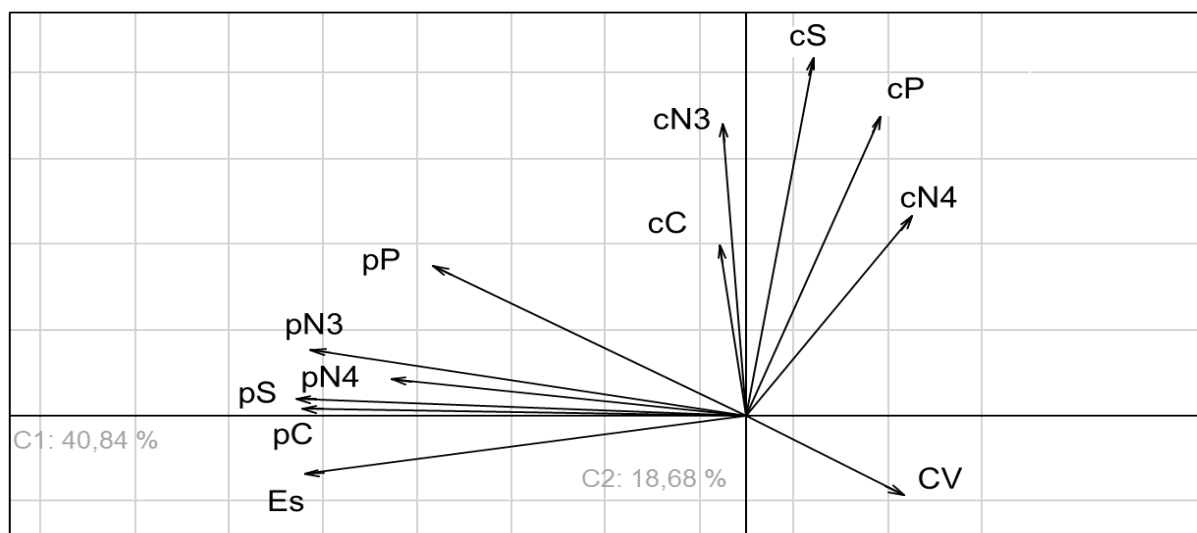


FIGURA 9. Análise de componentes principais. Es: Escoamento superficial; pC: perda de COS; pS: Perda de solo; pN3: perda de nitrato; pN4: perda de amônio; pP: perda de fósforo; cC: concentração de COS; cN3: concentração de nitrato; cS: concentração de sedimento; cP: concentração de fósforo; cN4: concentração de amônio; CV: cobertura vegetal.

O escoamento superficial tem relação positiva com as perdas, quanto maior o escoamento maior será a perda de solo (Bertol et al., 2007) e maiores serão as transferências de nutrientes do solo, das plantas e dos sedimentos em suspensão para a água (Mcdowell & Sharpley, 2001; Richardson & King, 1995; Guadagnin 2005; Deelstra et al., 2014).

#### **4 CONCLUSÕES**

- 1- Todas as encostas apresentaram baixas perdas de água, solo e nutrientes, porém, entre os sistemas (lavoura, integração lavoura-pastagem, pastagem), o uso com pastagem reduziu as perdas.
- 2- Alterações no manejo do solo e na cobertura vegetal influenciaram as perdas de água, solo e nutrientes.
- 3- A sazonalidade (inverno/verão) não influenciou as perdas de água, solo e nutrientes.

#### **5 LITERATURA CITADA**

APHA - American Public Health Association American Water Works Association, Water Environment Federation. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21th. ed. Washington DC. APHA-WEF, 1468p. 2005.

ARMAND, R., BOCKSTALLER, C., AUZET, A.V. & DIJK, P.V. Runoff generation related to intra-field soil surface characteristics variability Application to conservation tillage context. Soil & Tillage Research. 102:27–37, 2009.

BASIC, F. KISIC, I., BUTORAC, A., NESTROY, O. & MESIC, M. Runoff and soil loss under different tillage methods on stagnic luvisols in central Croatia. Soil & Tillage Research. 62:145-151, 2001.

BERTOL, O.J., RIZZI, N.E., FAVARETTO, N. & LAVORANTI, O.J. Perdas de nitrogênio via superfície e sub superfície em sistemas de semeadura direta. Revista Floresta. 35:429-442, 2005.

BERTOL, O.J., RIZZI, N.E., BERTOL, I. & ROLOFF, G. Perdas de solo e água e qualidade do escoamento superficial associadas à erosão entre sulcos em área cultivada sob semeadura direta e submetida às adubações mineral e orgânica. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 31:781-792, 2007.

BONETTI, J.A., PAULINO, H.B., SOUZA, E.D., CARNEIRO, M.A.C. & SILVA, G.N. Influência do sistema integrado de produção agropecuária no solo e na produtividade de soja e braquiária. *Pesquisa Agropecuária Tropical*. 45: 104-112, 2015.

BRASIL – Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução CONAMA nº 357/2005. Brasília, Diário Oficial da União, 2005.

CARVALHO, P.C.F., MORAES, A., PONTES, L.S., ANGHINONI, I., SULC, R.M. & BATELLO, C. Definições e terminologias para sistema integrado de produção agropecuária. *Revista Ciência Agronômica*. 45: 1040-1046, 2014.

CHAPMAN, D. *Water quality assessments – A guide to the use of biota, sediment and water in environmental monitoring*. 2.ed. London, Spon Press, 1998. 651p.

COGO, N.P., LEVIEN, R. & SCHWARZ, R.A. Perda de solo e água por erosão hídrica influenciadas por métodos de preparo, classes de declive e níveis de fertilidade do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 27:746-753, 2003.

CORRELL, D.L. The role phosphorus in the eutrophication of receiving waters: A review. *Journal of environmental quality*. 27:261-266, 1998.

DEELSTRA, J., LITAL, A., POVILAITIS, A., KYLLMAR, K., GREIPSLAND, I., MATHIESEN, G.B., JANSOS, V., KOSKIAHO, J. & LAGZDINS, A. Reprint of “Hydrological pathways and nitrogen runoff in agricultural dominated catchments in Nordic and Baltic countries”. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 198:65–73, 2014.

DELAUNE, P.B. & SIJ, J.W. Impact of tillage on runoff in long term no-till wheat systems. *Soil & Tillage Research*. 124:32-35, 2012.

DERPSCH, R., ROTH, C. H., SIDIRAS, N., KÖPKE, U. Controle da erosão no Paraná, Brasil: Sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo. Schborn: GTZ/Londrina: IAPAR, 1991.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de métodos de análise de solos. 2ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

ENDALE, D.M., FISHER, D.S., OWENS, L.B., JENKINS, M.B., SCHOMBERG, H.H., TEBES-STEVENSON, C.L. & BONTA, J.V. Runoff water quality during drought in a zero-order Georgia Piedmont pasture: nitrogen and total organic carbon. *Journal of Environmental Quality*. 40:969-979, 2011.

GALLANT, J.C. & DOWLING, T.I. A multiresolution index of valley bottom flatness for mapping depositional areas. *Water Resources Research*. 39:1347,2003.

GASSMAN, P.W., OSEI, E., SALEH, A., RODECAP, J., NORVELL, S. & WILLIAMS, J. Alternative practices for sediment and nutrient loss control on livestock farms in northeast Iowa. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 117:135-144, 2006.

GUADAGNIN, J.C., BERTOL, I., CASSOL, P.S. & AMARAL, A.J. Perda de solo, água e nitrogênio por erosão hídrica em diferentes sistemas de manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 29:277-286, 2005.

GUERRA, A.J.T., CUNHA, S.B. Geomorfologia: Uma atualização de bases e conceitos. 2.ed. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil. 1995. 472p.

HEINZMANN, F. X.; MIYAZAVA, M. & PAVAN, M. A., Determinação de nitrato por espectrofotometria de absorção ultravioleta. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 8:159-163, 1984.

HOODA, P.S., EDWARDS, A.C., ANDERSON, H.A. & MILLER, A. A review of water quality concerns in livestock farming areas. *The Science of the Total Environment*. 250:143-167, 2000.

HUDSON, N.W. Field measurement of soil erosion and runoff. Food & Agriculture Organization. Rome, 1993. 139p.

JANEUA, J.L., GILLARD, L.C., GRELLIER, S., JOUQUETA, P., QUYNH, L.T.P., MINH, L.T.N., ANHH, N.Q., ORANGE, D., RINHI, P.D., TOANI, T.D., HAI, T.S., DUCG, T.A., VALENTINE, C. & ROCHELLE-NEWALLA E. Soil erosion, dissolved organic carbon and nutrient losses under different land use systems in a small catchment in northern Vietnam. *Agricultural Water Management*. 146:314–323, 2014.

KAY, P.; EDWARDS, A. C. & FOULGER, M. A review of the efficacy of contemporary agricultural stewardship measures for ameliorating water pollution problems of key concern to the UK water industry. *Agricultural Systems*. 99:67-75, 2009.

KINDLER, R., SIEMENS, J., KAISER, K., WALMSLEY, D.C., BERNHOFER, C., BUCHMANN, N., CELLIER, P., EUGSTER, W., GLEIXNER, G., GRUNWALD, T., HEIM, A., IBROM, A., JONES, S.K., JONES, M., KLUMPP, K., KUTSCH, W., LARSEN, K.S., LEHUGER, S., LOUBET, B., MCKENZIE, R., MOORS, E., OSBORNE, B., PILEGAARD, K., REBMANN, C., SAUNDERS, M., SCHMIDT, M.W.I., SCHRUMPF, M., SEYFFERTH, J., SKIBA, U., SOUSSANA, J.F., SUTTON, M.A., TEFS, C., VOWINCKEL, B., ZEEMAN, M.J., KAUPENJOHANN, M. Dissolved carbon leaching from soil is a crucial component of the net ecosystem carbon balance. *Global Change Biol*. 17:1167–1185, 2011.

LEMOS, A. M. Matéria orgânica e perdas de solo, água e nutrientes por erosão em sistemas de preparo e de adubação orgânica e mineral em argissolo vermelho amarelo. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2011. 92p. (Dissertação de Mestrado).

LEYS, A. GOVERS, G. GILLIJS, K., BERCKMOES, E. & TAKKEN, I. Scale effects on runoff and erosion losses from arable land under conservation and conventional tillage: The role of residue cover. *Journal of Hydrology*. 390:143–154, 2010.

MA, X., LI, Y., ZHANG, M., ZHENG, F. & DU, S. Assessment and analysis of non-point source nitrogen and phosphorus loads in the three gorges reservoir area of Hubei province, China. *Science of the Total Environment*. 412:154-161, 2011.

MA, W., LI, Z., DING, K., HUANG, J., NIE, X., ZENG, G., WANG, S. & LIU, G. Effect of soil erosion on dissolved organic carbon redistribution in subtropical red soil under rainfall simulation. *Geomorphology*. 226:217–225, 2014.

MACEDO, M.C.M. Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 38:133-146, 2009.

MANSOR, M.T.C.; FERREIRA; L.; ROSTON, D.M.; TEIXEIRA FILHO J. Parâmetro para avaliação do potencial de risco de erosão. In: Simpósio regional de geoprocessamento e sensoriamento remoto, I., 2002.

MCDOWELL, R.W. & SHARPLEY, A.N. Soil phosphorus fractions in solution: influence of fertiliser and manure, filtration and method of determination. *Chemosphere*. 45: 737-748, 2001.

MINELLA, J.P.G., MERTEN, G.H. & RUHOFF, A.L. Utilização de métodos de representação espacial para cálculo do fator topográfico na equação universal de perda de solo revisada em bacias hidrográficas. *Revista brasileira de ciência do solo*. 34:1455-1462, 2010.

MORAES, A., CARVALHO, P.C.F., ANGHINONI, I., LUSTOSA, S.B.C., COSTA, S.E.V.G.A. & KUNRATH, T.R. Integrated crop-livestock systems in the Brazilian subtropics. *European Journal of Agronomy*. 57:4-9, 2014.

ONGLEY, E.D. Control of water pollution from agriculture. Rome, Food and Agriculture Org, 1996. 101p.

ONGLEY, E.D., XIAOLAN, Z. & TAO, Y. Current status of agricultural and rural non-point source pollution assessment in China. *Environmental Pollution*. 158:1159-1168, 2010.

OWENS, L.B., MALONE, R.W., HOTHEM, D.L., STARR, G.C. & LAL, R. Sediment carbon concentration and transport from small watersheds under various conservation tillage practices. *Soil and Tillage Research*. 67:65-73, 2002.

OWINO, J.O., OWIDO, S.F.O. & CHEMELIL, M.C. Nutrients in runoff from a clay loam soil protected by narrow grass strips. *Soil & Tillage Research*. 88:116–122, 2006.

PAVAN, M.A., BLOCH, M.F., ZEMPULSKI, H.C., MIYAZAWA, M. & ZOCOLER, D.C. *Manual de análise química de solo e controle de qualidade*. IAPAR. Londrina, 1992. 40p.

PIERZYNSKY, G.M., SIMS, J.T. & VANCE, G.F. *Soils and environmental quality*. 2.ed. New York, CRC Press, 2005. 584p.

POVILAITIS, A., SILEIKA, A., DEELSTRA, J., GAIGALIS, K. & BAIGYS, G. Nitrogen losses from small agricultural catchments in Lithuania. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 198:54–64, 2014.

RACLOT, D., BISSONNAIS, Y., LOUCHART, X., ANDRIEUX, P., MOUSSA, R. & VOLTZ, M. Soil tillage and scale effects on erosion from fields to catchment in a Mediterranean vineyard area. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 134:201–210, 2009.

RAMOS, M.R., FAVARETTO, N., DIECKOW, J., DEDECK, R.A., VEZZANI, F.M., ALMEIDA, L. & SPERRIN, M. Soil, water and nutrient loss under conventional and organic vegetable production managed in small farms versus forest system. *Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics*. 115:31-40, 2014.

RICHARDSON, C.W. & KING, K.W. Erosion and nutrient losses from zero tillage on a clay soil. *Journal Agricultural Engineering Research*.61:81-86, 1995.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2015.

SAGA - System for Automated Geoscientific Analyses, 2.1.0. 2013. <<http://www.saga-gis.org>>.

SILVA, I.F. & MIELNICZUK, J. Sistemas de cultivo e características do solo afetando a estabilidade de agregados. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 22:311-317, 1998.

SHAN, L., HE, Y., CHEN, J., HUANG, Q., LIAN, X. & HANG, H. Nitrogen surface runoff losses from a Chinese cabbage field under different nitrogen treatments in the Taihu Lake Basin, China. *Agricultural Water Management*. 159:255–263, 2015.

SHIPTALO, M.J., DICK, W.A. & EDWARDS, W.M. Conservation tillage and macropore factors that affect water movement and the fate of chemicals. *Soil & Tillage Research*. 53:167-183, 2000.

SMITH, V.H., TILMAN, G.D. & NEKOLA, J. C. Eutrofication: impacts of excess nutrient inputs on freshwater, marine, and terrestrial ecosystems. *Environmental Pollution*. 100:179–196, 1999.

SMITH, D.R., WARNEMUENDE, E.A., HUANG, C. & HEATHMAN, G.C. How does the first year tilling a long-term no-tillage field impact soluble nutrient losses in runoff?. *Soil & Tillage Research*. 95:11–18, 2007.

SUGAMOSTO, M. L. Uso de técnicas de geoprocessamento para elaboração do mapa de aptidão agrícola e avaliação da adequação de uso do centro de estações experimentais do cangüiri, município de Pinhais - Paraná. Curitiba, Universidade Federal do Paraná, 2002. 133p. (Dissertação de Mestrado).

TEDESCO, M.J., GIANELLO, C., BISSANI, C.A., BOHNEN, H. & VOLKWEISS, S.J. *Análise de solo, plantas e outros materiais*. 2ed. Porto Alegre, 1995. 174p.

TUCCI, C.E.M. & CLARKE, R.T. Impacto das mudanças da cobertura vegetal no escoamento: revisão. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*. 2:135-152, 1997.

VADAS, P.A. & POWELL, J.M. Monitoring nutrient loss in runoff from dairy cattle lots. *Agriculture, Ecosystems and Environment*: 181:127–133, 2013.

VADAS, P.A., BUSCH, D.L., POWELL, J.M. & BRINK, G.E. Monitoring runoff from cattle-grazed pastures for a phosphorus loss quantification tool. *Agriculture, Ecosystems and Environment*: 199:124–131, 2015.

VALERIANO, M.M. & CARVALHO, O.A.J. Geoprocessamento de modelos digitais de elevação para mapeamento da curvatura horizontal em microbacias. *Revista Brasileira de Geomorfologia*. 4(1):17-29, 2003.

VAN DE GIESEN, N., STOMPH, T.J. & RIDDER, N. Surface runoff scale effects in West African watersheds: modeling and management options. *Agricultural Water Management*. 72:109–130, 2005.

VEUM, K.S., GOYNE, K.W., MOTAVALLI, P.P. & UDAWATTA, R.P. Runoff and dissolved organic carbon loss from a paired-watershed study of three adjacent agricultural Watersheds. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 130:115–122, 2009.

VOLK, L.B.S., COGO, N.P. & STRECK, E.V. Erosão hídrica influenciada por condições físicas de superfície e subsuperfície do solo resultantes do seu manejo, na ausência de cobertura vegetal. *Revista brasileira de ciência do solo*. 28:763-774, 2004.

WANG, D. & LAFFAN, S.W. Characterisation of valleys from DEMs. 18th World IMACS / MODSIM Congress, Australia. 13-17, 2009. Disponível em <http://mssanz.org.au/modsim09>. Acessado em 04 de outubro de 2009.

YANG, J.L., ZHANG, G.L., SHI, X.Z., WANG, H.J., CAO, Z.H. & RITSEMA, C.J. Dynamic changes of nitrogen and phosphorus losses in ephemeral runoff processes by typical storm events in Sichuan Basin, Southwest China. *Soil & Tillage Research*. 105:292–299, 2009.

YODER, R.E. A direct method of aggregate analysis of soil and a study of the physical nature of erosion losses. *Journal of America Society of Agronomy*, v.28, p.337-357, 1936.

## 6 APÊNDICES

TABELA 1. Índice de cobertura vegetal da encosta L (lavoura).

Eventos	CV %	Descrição
12/11/14	25	Palhada decomposta
8/1/15	95	Cobertura total (milho + girassol + planta invasora)
20/1/15	100	Cobertura total com desenvolvimento máximo (milho + girassol + planta invasora)
4/2/15	100	Cobertura total com desenvolvimento máximo (milho + girassol + planta invasora)
15/2/15	85	Girassol secando
26/2/15	70	Milho e girassol seco. Plantas invasoras presente em toda encosta
5/3/15	70	Fim do ciclo do girassol, milho seco e plantas invasoras presente
11/3/15	50	Girassol e milho em fase final do ciclo. 2/3 do girassol morto.
16/3/15	50	Girassol e milho em fase final do ciclo. 2/3 do girassol morto.
29/3/15	50	Girassol e milho em fase final do ciclo. 2/3 do girassol morto.
23/4/15	50	Girassol e milho em fase final do ciclo. 2/3 do girassol morto.
4/5/15	55	Plantas invasoras mais densas e resíduos das culturas
28/5/15	55	Colheita do milho e roça do girassol; resíduos das duas culturas no solo
14/6/15	30	Resíduos das culturas em decomposição
12/7/15	25	Resíduos em decomposição (semeadura de cobertura de inverno no final de junho)
17/7/15	25	Resíduos das culturas em decomposição
27/7/15	25	Resíduos em decomposição (cobertura de inverno em crescimento)
11/9/15	30	(cobertura de inverno em crescimento)
6/10/15	35	(cobertura de inverno em crescimento)
21/10/15	45	(cobertura de inverno em crescimento)

TABELA 2. Índice de cobertura vegetal da encosta ILPI (Integração lavoura-pastagem).

Eventos	CV %	Descrição
12/11/14	40	cobertura seca e rasteira
8/1/15	40	cobertura seca e rasteira
20/1/15	40	cobertura seca e rasteira
4/2/15	35	Roçado no final do mês anterior. Com palhada de cobertura
15/2/15	45	Fase de crescimento
26/2/15	50	Fase de crescimento
5/3/15	50	Fase de crescimento
11/3/15	60	Fase de crescimento
16/3/15	70	Fase de crescimento
29/3/15	98	Fase de crescimento
23/4/15	98	Fase de crescimento
4/5/15	98	Fase de crescimento
28/5/15	100	Fase final de crescimento, vegetação bastante densa
14/6/15	100	Fase final de crescimento, vegetação bastante densa
12/7/15	100	Fase final de crescimento, vegetação bastante densa
17/7/15	100	Fase final de crescimento, vegetação bastante densa
27/7/15	100	Fase final de crescimento, vegetação bastante densa
11/9/15	40	No mês anterior ocorreu roçada da vegetação (fase de crescimento)
6/10/15	45	Fase de crescimento (cobertura rasteira por toda encosta)
21/10/15	45	Fase de crescimento (cobertura rasteira por toda encosta)

TABELA 3. Índice de cobertura vegetal da encosta ILP2 (Integração lavoura-pastagem).

Eventos	CV %	Descrição
12/11/14	40	Cobertura seca e rasteira
8/1/15	50	Vegetação bem distribuída, mas rasteira
20/1/15	50	Vegetação bem distribuída, mas rasteira
4/2/15	50	Vegetação bem distribuída, mas rasteira
23/4/15	70	Vegetação alta e densa
4/5/15	70	Vegetação alta e densa
28/5/15	70	Vegetação alta e densa
14/6/15	95	Vegetação alta e densa (mais avançada)
12/7/15	95	Vegetação alta e densa (mais avançada)
27/7/15	95	Vegetação alta e densa (mais avançada)
11/9/15	40	No mês anterior ocorreu roçada da vegetação (fase de crescimento)
6/10/15	45	Fase de crescimento (cobertura rasteira por toda encosta)
21/10/15	45	Fase de crescimento (cobertura rasteira por toda encosta)

TABELA 4. Índice de cobertura vegetal da encosta P1 (pastagem).

Eventos	CV %	Descrição
12/11/14	40	cobertura seca e rasteira
8/1/15	40	cobertura seca e rasteira
20/1/15	40	cobertura seca e rasteira
4/2/15	35	Roçada no final do mês anterior (com palhada de cobertura)
15/2/15	45	Fase de crescimento
26/2/15	50	Fase de crescimento
5/3/15	50	Fase de crescimento
11/3/15	60	Fase de crescimento
16/3/15	70	Fase de crescimento
29/3/15	98	Fase de crescimento
23/4/15	98	Fase de crescimento
4/5/15	98	Fase de crescimento
28/5/15	100	Fase final de crescimento, vegetação bastante densa
14/6/15	100	Fase final de crescimento, vegetação bastante densa
12/7/15	100	Fase final de crescimento, vegetação bastante densa
17/7/15	100	Fase final de crescimento, vegetação bastante densa
27/7/15	100	Fase final de crescimento, vegetação bastante densa
11/9/15	40	No mês anterior ocorreu roçada da vegetação (fase de crescimento)
6/10/15	45	Fase de crescimento (cobertura rasteira por toda encosta)
21/10/15	45	Fase de crescimento (cobertura rasteira por toda encosta)

TABELA 5. Índice de cobertura vegetal da encosta P2 (pastagem).

Eventos	CV %	Descrição
12/11/14	40	Cobertura seca e rasteira
8/1/15	50	Vegetação bem distribuída, mas rasteira
20/1/15	50	Vegetação bem distribuída, mas rasteira
4/2/15	50	Vegetação bem distribuída, mas rasteira
23/4/15	70	Fase de crescimento
4/5/15	70	Fase de crescimento
28/5/15	70	Fase de crescimento
14/6/15	95	Fase de crescimento (vegetação mais densa)
12/7/15	100	Fase final de crescimento
27/7/15	95	Fase final de crescimento
11/9/15	40	No mês anterior ocorreu roçada da vegetação (fase de crescimento)
6/10/15	45	Fase de crescimento (cobertura rasteira por toda encosta)
21/10/15	45	Fase de crescimento (cobertura rasteira por toda encosta)