

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS – CAV**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**DOUTORADO EM MANEJO DO SOLO**

**LUCIANE COSTA DE OLIVEIRA**

**EROSÃO HÍDRICA E ALGUNS PROCESSOS HIDROLÓGICOS EM**  
**PLANTIOS DE PINUS, MATA E CAMPO NATIVOS E ESTRADA**  
**FLORESTAL**

**LAGES, SC**

**2012**

**LUCIANE COSTA DE OLIVEIRA**

**EROSÃO HÍDRICA E ALGUNS PROCESSOS HIDROLÓGICOS EM  
PLANTIOS DE PINUS, MATA E CAMPO NATIVOS E ESTRADA  
FLORESTAL**

Tese apresentada ao Centro de Ciências  
Agroveterinárias da Universidade do Estado de  
Santa Catarina – UDESC para a obtenção do  
título de Doutor em Manejo do Solo.

**Orientador:** Prof. Dr. Ildegardis Bertol

**LAGES, SC**

**2012**

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária  
Renata Weingärtner Rosa – CRB 228/14ª Região  
(Biblioteca Setorial do CAV/UDESC)

Oliveira, Luciane Costa de  
Erosão hídrica e alguns processos hidrológicos em plantios de pinus,  
mata e campo nativos e estrada florestal / Luciane Costa de Oliveira;  
orientador: Ildegardis Bertol. – Lages, 2012.  
93f.

Inclui referências.  
Tese (doutorado) – Centro de Ciências Agroveterinárias /  
UDESC.

1. Erosão hídrica . 2. Roda Coshocton . 3. Hidrologia . 4. Floresta.  
I. Título.

CDD – 631.45

**LUCIANE COSTA DE OLIVEIRA**

**EROSÃO HÍDRICA E ALGUNS PROCESSOS HIDROLÓGICOS EM  
PLANTIOS DE PINUS, MATA E CAMPO NATIVOS E ESTRADA  
FLORESTAL**

Tese apresentada ao Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC para a obtenção do título de Doutor em Manejo do Solo.

**Aprovado em:**  
**Pela Banca Examinadora:**

**Homologada em:**  
**Por:**

---

Dr. Ildegardis Bertol  
Orientador – UDESC

---

Dr. David José Miquelluti  
Coordenador Técnico do Curso de Doutorado  
em Manejo do Solo

---

Dr. Fabrício Tondello Barbosa  
UDESC/Lages-SC

---

Dr. David José Miquelluti  
Coordenador do Programa de Pós-Graduação  
em Ciências Agrárias

---

Dra. Mari Lucia Campos  
UDESC/Lages-SC

---

Dr. Cleimon Eduardo do Amaral Dias  
Diretor Geral do Centro de Ciências  
Agroveterinárias

---

Dr. Renato Antônio Dedececk  
EMBRAPA FLORESTAS

---

Dr. Luciano Gebler  
EMBRAPA UVA E VINHO



A todos que acreditam na *Educação* como  
ferramenta de Revolução Humana, **DEDICO**.

A minha mãe, sábia das coisas da terra e da  
vida, que junto com meus irmãos me  
construíram e ao meu marido e nosso filho, que  
hoje ajudo a construir, **OFEREÇO**.

## AGRADECIMENTOS

A oportunidade única de ter dois mestres, um de vida – *Daisaku Ikeda* – e um de pesquisa – *Ildegardis Bertol* – ambos me ajudam a ser uma pessoa melhor.

Ao meu orientador professor Dr. Ildegardis Bertol pelo belo exemplo como educador, pesquisador e ser humano.

A equipe do Laboratório de Uso e Conservação do Solo pelo auxílio e companheirismo em tantos momentos.

À Florestal Gateados pelo apoio incondicional a realização desse trabalho, principalmente ao Engenheiro Mário Dobner Jr.

Aos motoristas, que me conduziram e na maioria das vezes também me ajudaram, obrigada pelo carinho e consideração.

À UDESC pela concessão da bolsa de estudos durante dois anos e pelo ensino de ótima qualidade que oferece aos catarinenses.

Ao IFSC – campus Lages pelo apoio e reconhecimento desse momento.

Ao comitê orientador, professores Dr. Álvaro Mafra e Dr. Sílvio Luis Rafaeli Neto, pelo acompanhamento do trabalho.

Às professoras e amigas Dra. Mari Lucia Campos e Dra. Martha Andreia Brand pelas orientações e acompanhamento.

Aos membros da banca de qualificação Dr. Tássio Drescher e Dr. Célio Orli Cardoso pelas sugestões e novos direcionamentos dados para a realização do trabalho.

À minha amiga Paula Bianchet e seu marido Caio, pelo companheirismo durante todo esse período e por tantos que ainda nos esperam.

À Fernanda Schneider e Raquel Paz da Silva, que mesmo distantes, participaram de perto de cada passo dado até aqui.

À minha família: Lúcia, Dada, Pablo, Tatiane, Luísa, Rodrigo, Bruno, Guilherme, Nathália, Valdir, Nina, Patrícia, Yuri, Afonso, Cleci, Juliano, Júlio, Jaqueline e Yan. Todos ajudaram, à sua maneira, nessa caminhada.

Aos amores da minha vida, Rafael Floriani e Léo Costa Floriani, pela felicidade de acordar todos os dias e saber que estamos juntos!

## RESUMO GERAL

OLIVEIRA, Luciane Costa de. **Erosão hídrica e alguns processos hidrológicos em plantios de pinus, mata e campo nativos e estrada florestal.** 2012. 93 f. Tese (Doutorado em Manejo do Solo) – Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, Lages, SC., 2012.

Em Santa Catarina se localizam 11% das florestas plantadas do Brasil (320 mil hectares) e o estado ocupa o 3º lugar na classificação dos exportadores de produtos florestais. Segundo dados de 2008 da Associação Catarinense de Empresas Florestais - ACR, somente na região de Lages existem 70 milhões de árvores de *pinus* plantadas, o que faz dela a terceira região com a maior densidade de área florestada do mundo com essa espécie, perdendo somente para a Finlândia e a Suécia. O preparo do solo para implantar a floresta pode reduzir sua capacidade produtiva em longo prazo. Isto ocorre principalmente pelos processos de compactação do solo, lixiviação e/ou volatilização de nutrientes e perdas de água, solo, nutrientes das plantas e matéria orgânica pela erosão hídrica pluvial. O trabalho objetivou quantificar alguns processos hidrológicos e a erosão hídrica durante 17 meses, sob chuva natural, em reflorestamentos de *pinus* com diferentes idades, mata nativa, campo nativo e em uma estrada de uso florestal. O estudo foi realizado no município de Campo Belo do Sul – SC, na Florestal Gateados Ltda. Foram avaliados três diferentes idades de *pinus* (um, três e vinte e seis anos), campo natural, mata nativa e estrada de uso florestal. Para coleta de água e sedimento foi utilizada a Roda Coshocton. Ocorreram perdas de água nas diversas situações estudadas, as quais foram baixas com exceção da estrada de uso florestal, onde as perdas de solo foram e 44% da água da chuva tornaram-se enxurrada. Para o *pinus* de 3 anos de idade e a mata nativa, os quais apresentaram a maior cobertura do solo devido ao dossel, o coeficiente de escoamento foi inferior a 0,01; enquanto, para a parcela com *pinus* com 1 ano de idade e campo nativo, sem cobertura do solo por dossel, o coeficiente de escoamento foi de 0,01 e 0,06 respectivamente. As perdas de solo foram altas somente na estrada de uso florestal. Nas demais situações, caracterizadas por apresentarem diferentes tipos de cobertura do solo, os valores de perda de solo foram baixos, comparados aos ocorridos na estrada de uso florestal, caracterizada por não apresentar nenhuma cobertura do solo. Os teores de nutrientes na água da enxurrada foram menores do que os valores contidos nos sedimentos e no solo de onde a erosão se originou. Portanto, para sistemas de exploração do solo em que as perdas de sedimentos são altas, as perdas de nutrientes causadas pela erosão hídrica estão mais relacionadas às perdas de sedimentos do que às perdas de água; mas, para sistemas em que as perdas de sedimentos são baixas, as perdas de nutrientes causadas pela erosão hídrica podem relacionar-se mais às perdas de água do que às perdas de sedimentos. O volume de água coletado pelo escoamento de tronco, com *pinus* com 3 anos, foi duas vezes maior do que valor coletado na parcela com *pinus* de 26 anos. Árvores de *pinus* com 26 anos de idade, com diâmetro e altura maiores, coletaram individualmente maior volume de água escoada pelo tronco do que árvores com 3 anos, com diâmetro e altura menores.

**Palavras chave:** Erosão Hídrica, Roda Coshocton, Hidrologia, Floresta.

## ABSTRACT

OLIVEIRA, Luciane Costa de. **Hidric erosion and hydrological processes in Pinus forests compared to native forests and natural grasslands and forestry roads.** 2012. 93 f. Thesis (Ph.D. in Soil Management Course) - University of Santa Catarina. Post Graduation Program in Agriculture Science, Lages, SC. 2012.

In Brazil 11% of the trees planted are in Santa Catarina state (320.000 hectares) and it is classified as the third Brazilian state in exporting forestry products. According to data from Associação Catarinense de Empresas Florestais (Catarinense Association of Forestry Companies) – ACR, 2008, only in Lages there are 70 millions of Pinus trees. Lages is the third region with the greater density of forested area in the world, just losing to Finland and Sweden. Intensive tillage to implement a forest can reduce its long-term production capacity. Mainly, this is due to soil compaction, leaching and/or nutrients volatilization and the loss of water, soil, plant nutrients and organic material caused by rainfall soil erosion. This study had the purpose to quantify some hydrological processes and rainfall erosion during 17 months under natural rain, in Pinus reforestation areas with different ages, native forests, natural grasslands and in a forestry road. The research was made in Campo Belo do Sul – SC, in Gateados Forestry Company (Florestal Gateados Ltda). It was evaluated six treatments: three different parcels of Pinus ages (one, three and twenty-six years), the natural grassland, the native forest and a forestry road. For water and sediment collection, it was used Coshocton wheels in each treatment. There was water loss in all studied situations (low water losses); exception for the forestry road, where soil loss was higher and 44% of rainfall became a spate. For 3-years Pinus parcel and native forest, which presented greater soil covering due to their canopies, the runoff coefficient was lower than 0,01; however, for 1-year Pinus parcel and natural grassland, without canopy, the runoff coefficient was 0,01 and 0,06, respectively. Soil losses were higher only for the forestry road, where it is possible to find a situation of soil loss maximization by erosion. For the other parcels, showing different kinds of soil covering, soil losses were lower when comparing to the forestry road, characterized by showing no soil covering. Nutrient contents in water from runoff were lower than those from sediments and soil from where the erosion began. Thus, for systems of soil exploration which sediment losses are higher, nutrients losses caused by rainfall erosion are more related to sediment loss than water loss; but, for systems which sediment loss is lower, nutrient losses caused by rainfall erosion can be more related to water loss than sediment loss. In 3-years Pinus parcel, where there were 55 Pinus trees, the collected stemflow water samples were two times higher than the one collected in 26-years Pinus parcel, where there were four trees. 26-years Pinus trees, with greater diameter and higher, individually collected greater stemflow water than 3-years Pinus trees, with smaller diameter and lower.

**Palavras chave:** Rainfall erosion, Coshocton wheels, Hydrology, Forest.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Dados de textura, macroporosidade, microporosidade, porosidade total e densidade do solo nos horizontes das parcelas experimentais.....	43
Tabela 2 -	Diâmetro médio ponderado – DMP (mm), diâmetro médio geométrico – DMG (mm) e distribuição de tamanho de agregados (%), estáveis em água, em 04 profundidades, nas parcelas experimentais I, II, III, IV e V.....	44
Tabela 3 -	Valores de textura (%) e densidade do solo ( $\text{g cm}^{-3}$ ), das parcelas experimentais.....	45
Tabela 4 -	Valores de porosidade e densidade do solo, de 0 a 20 cm de profundidade, das parcelas experimentais, nas parcelas experimentais I, II, III, IV, V e VI.....	45
Tabela 5 -	Concentração de macronutrientes, obtidos sob diferentes métodos de extração, do solo das parcelas experimentais, na data de instalação do experimento.....	47
Tabela 6 -	Concentração de alguns micronutrientes do solo das parcelas experimentais, na data de instalação do experimento.....	48
Tabela 7 -	Valores de MO, pH, Al trocável e CTC do solo das parcelas experimentais em diferentes profundidades (0 – 20 cm).....	49
Tabela 8 -	Quantificação do volume de chuva acumulada nas parcelas experimentais de setembro de 2009 a janeiro de 2011. A parcela VI foi instalada em fevereiro de 2010.....	56
Tabela 9 -	Altura total de chuva e perdas de água na forma de enxurrada e de solo, nas parcelas experimentais de setembro de 2009 a janeiro de 2011. A parcela VI foi instalada em fevereiro de 2010.....	57
Tabela 10 -	Teores de P, K, Ca e Mg, obtidos sob diferentes métodos de extração, contidos no solo das parcelas, nos sedimentos no balde e nos sedimentos na calha acumulados durante o período de setembro de 2009 a janeiro de 2011, em relação aos teores presentes inicialmente no solo de cada parcela.....	66
Tabela 11 -	Teores de Cu, Zn, Mn e Fe, contidos no solo das parcelas, nos sedimentos no balde e nos sedimentos na calha acumulados durante o período de setembro de 2009 a janeiro de 2011, obtidos pelo método de extração em	

	água régia, em relação aos teores presentes inicialmente no solo de cada parcela.....	69
Tabela 12 -	Quantidades perdidas de macro e micronutrientes (g/ha) nos sedimentos da enxurrada, durante o período de setembro de 2009 a janeiro de 2011. A parcela VI foi instalada em fevereiro de 2010.....	70
Tabela 13 -	Teores médios de alguns macronutrientes na água da enxurrada, durante o período de setembro de 2009 a janeiro de 2011 nas parcelas experimentais, em relação aos valores contidos no solo. A parcela VI foi instalada em fevereiro de 2010.....	71
Tabela 14 -	Teores médios de alguns micronutrientes na água da enxurrada, durante o período de setembro de 2009 a janeiro de 2011 nas parcelas experimentais, em relação aos valores contidos no solo. A parcela VI foi instalada em fevereiro de 2010.....	72
Tabela 15 -	Quantidades perdidas de macro e micronutrientes (g/ha) na água da enxurrada, durante o período de setembro de 2009 a janeiro de 2011. A parcela VI foi instalada em fevereiro de 2010.....	72
Tabela 16 -	Volume de água coletado através do escoamento de tronco (Et) nas parcelas experimentais II e V de setembro de 2009 a janeiro de 2011, em relação ao volume total precipitado no período.....	74
Tabela 17 -	Volume de água coletado através do escoamento de tronco (Et) nas parcelas experimentais II e V, de setembro de 2009 a janeiro de 2011, de acordo com o volume precipitado.....	75
Tabela 18 -	Teores médios de alguns macronutrientes e fenóis totais ( $\text{mg L}^{-1}$ ) na água do escoamento de tronco (Et) nas parcelas experimentais e quantidades de macronutrientes (g/ha) que entram no solo, durante o período de setembro de 2009 a janeiro de 2011, totalizando 21 avaliações. A parcela VI foi instalada em fevereiro de 2010, totalizando 5 avaliações.....	75
Tabela 19 -	Teores de alguns micronutrientes ( $\text{mg L}^{-1}$ ) na água do escoamento de tronco (Et) nas parcelas experimentais e quantidades de macronutrientes (g/ha) que entram no solo, durante o período de setembro de 2009 a janeiro de 2011, totalizando 21 avaliações. A parcela VI foi instalada em fevereiro de 2010, totalizando 5 avaliações.....	76

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Mapa da área da Fazenda Florestal Gateados. Fonte: imagem cedida pela Florestal Gateados Ltda.....	23
Figura 2 -	Aspectos da instalação da parcela I, em setembro de 2009, com árvores de <i>Pinus taeda</i> plantadas em novembro de 2008. Fonte: produção do próprio autor.....	26
Figura 3 -	Aspectos da instalação da parcela II em setembro de 2009, com árvores de <i>Pinus taeda</i> plantadas em 1983. Fonte: produção do próprio autor.....	29
Figura 4 -	Aspectos da instalação da parcela III, em campo nativo, em setembro de 2009. Fonte: produção do próprio autor.....	32
Figura 5 -	Aspectos da instalação da parcela V em setembro de 2009, com árvores de <i>Pinus taeda</i> plantadas em 2006. Fonte: produção do próprio autor.....	35
Figura 6 -	Aspectos da instalação da parcela VI, em fevereiro de 2010, em mata nativa. Fonte: produção do próprio autor.....	35
Figura 7 -	Mapa descritivo da parcela <b>I</b> . Fonte: Sílvia Rafaeli Neto.....	37
Figura 8 -	Mapa descritivo da parcela <b>II</b> . Fonte: Sílvia Rafaeli Neto.....	38
Figura 9 -	Mapa descritivo da parcela <b>III</b> . Fonte: Sílvia Rafaeli Neto.....	39
Figura 10 -	Mapa descritivo da parcela <b>IV</b> . Fonte: Sílvia Rafaeli Neto.....	40
Figura 11 -	Mapa descritivo da parcela <b>V</b> . Fonte: Sílvia Rafaeli Neto.....	41
Figura 12 -	Mapa descritivo da parcela <b>VI</b> . Fonte: Sílvia Rafaeli Neto.....	42
Figura 13 -	Sequência de imagens mostrando o procedimento de instalação de uma parcela e da Roda Coshocton. Fonte: produção do próprio autor.....	50

Figura 14 -	Desenho da Roda Coshocton. Fonte: Camilo Bertól.....	51
Figura 15 -	Aspectos da instalação e nivelamento da Roda Coshocton. Fonte: produção do próprio autor.....	51
Figura 16 -	Aspectos da proteção contra queda de objetos na Roda Coshocton. Fonte: produção do próprio autor.....	52
Figura 17 -	Seqüência de instalação dos coletores de escoamento de tronco. Fonte: produção do próprio autor.....	54
Figura 18 -	Relação de perda de água (Pa) com altura de chuva (Ac), perda de solo (Ps) com altura de chuva (Ac) e perda de solo (Ps) com perda de água (Pa) na parcela I.....	59
Figura 19 -	Relação de perda de água (Pa) com altura de chuva (Ac), perda de solo (Ps) com altura de chuva (Ac) e perda de solo (Ps) com perda de água (Pa) na parcela II.....	60
Figura 20 -	Relação de perda de água (Pa) com altura de chuva (Ac), perda de solo (Ps) com altura de chuva (Ac) e perda de solo (Ps) com perda de água (Pa) na parcela III.....	61
Figura 21 -	Relação de perda de água (Pa) com altura de chuva (Ac), perda de solo (Ps) com altura de chuva (Ac) e perda de solo (Ps) com perda de água (Pa) na parcela IV.....	62
Figura 22 -	Relação de perda de água (Pa) com altura de chuva (Ac), perda de solo (Ps) com altura de chuva (Ac) e perda de solo (Ps) com perda de água (Pa) na parcela V.....	64
Figura 23 -	Relação de perda de água (Pa) com altura de chuva (Ac), perda de solo (Ps) com altura de chuva (Ac) e perda de solo (Ps) com perda de água (Pa) na parcela VI.....	65



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>14</b>
2.1 PROCESSOS HIDROLÓGICOS E COBERTURA VEGETAL DE FLORESTAS.....	14
2.2 INFLUÊNCIA DA COBERTURA VEGETAL NA EROSÃO HÍDRICA DO SOLO.....	17
2.3 HIPÓTESES.....	21
2.4 OBJETIVOS.....	23
2.4.1 Objetivo Geral.....	22
2.4.2 Objetivos específicos.....	22
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>23</b>
3.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO.....	23
3.2 DESCRIÇÃO DAS PARCELAS.....	24
3.3 AVALIAÇÃO DOS ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO DAS PARCELAS.....	43
3.4 AVALIAÇÃO DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO, DOS SEDIMENTOS, DA ÁGUA DO ESCOAMENTO DE TRONCO E DA ÁGUA DA ENXURRADA.....	46
3.5 PROCEDIMENTO DE INSTALAÇÃO DAS PARCELAS.....	49
3.6 INSTALAÇÃO E USO DO AMOSTRADOR DE ENXURRADA: A RODA COSHOCTON.....	50
3.7 QUANTIFICAÇÃO DO VOLUME DE CHUVA.....	53
3.8 AVALIAÇÃO DA MASSA VEGETAL EXISTENTE SOBRE O SOLO DAS PARCELAS.....	53
3.9 QUANTIFICAÇÃO DA ÁGUA DO ESCOAMENTO DE TRONCO.....	54
3.10 QUANTIFICAÇÃO DA PERDA DE SOLO E DE ÁGUA POR ESCOAMENTO SUPERFICIAL.....	55
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>56</b>
4.1 PERDAS DE ÁGUA E SOLO POR EROSÃO HÍDRICA.....	57
4.2 PERDA DE ELEMENTOS QUÍMICOS NOS SEDIMENTOS E NA ÁGUA DA ENXURRADA.....	66
4.3 ANÁLISE QUANTITATIVA E QUALITATIVA DA ÁGUA DO ESCOAMENTO DE TRONCO.....	73
<b>5 CONCLUSÕES.....</b>	<b>78</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>80</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>87</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Em Santa Catarina se localizam 11% das florestas plantadas do Brasil (320 mil hectares) e o estado ocupa o 3º lugar na classificação dos exportadores de produtos florestais. Segundo dados de 2008 da Associação Catarinense de Empresas Florestais - ACR, somente na região de Lages existem 70 milhões de árvores de *pinus* plantadas, o que faz dela a terceira região com a maior densidade de área florestada do mundo com essa espécie, perdendo somente para a Finlândia e a Suécia.

Muitas propriedades de produção florestal desenvolvem suas atividades em terrenos nem sempre compatíveis com a aptidão de uso da terra. As técnicas de manejo do solo, em especial as práticas de colheita, o mecanismo de transporte da madeira e a própria espécie cultivada podem não serem as mais apropriadas para um determinado local. Os reflexos disso recaem diretamente sobre o ambiente, sendo que um dos principais efeitos negativos observados é a perda de qualidade do solo e da água.

Algumas das operações de manejo da floresta, especialmente a colheita, favorecem a remoção de resíduos e o revolvimento do solo, tendo como consequência a eliminação de massa vegetal que poderia cobrir o solo e conseqüentemente propiciar o aumento da erosão hídrica pluvial. Às vezes, esse processo pode chegar a remover uma profunda camada do solo, especialmente o horizonte A.

A redução das perdas de solo e água por erosão tem importantes implicações sobre a fertilidade deste, particularmente porque as camadas superficiais são as mais férteis e as primeiras a serem erodidas. Os resíduos florestais deixados sobre o solo funcionam também como uma camada isolante entre a atmosfera e o solo, com importantes efeitos sobre a economia de água e nutrientes do sistema.

Os aspectos do plantio de uma floresta, tais como espaçamento entre plantas e frequência de desramas/desbastes, influenciam na quantidade de massa vegetal sobre a superfície e a cobertura do solo durante o crescimento das árvores. A forma de uso da terra atualmente empregada nos cultivos de *pinus* no Brasil tem causado a exaustão do solo devido aos ciclos ininterruptos da cultura e adoção de operações de manejo não conservacionista de solo.

No setor florestal, as operações de manejo do solo que contribuem para acelerar a erosão são: 1) adoção de métodos de preparo do solo inadequados para a implantação da floresta, principalmente abertura de sulcos na direção da pendente do terreno, com revolvimento excessivo, gerando erosão especialmente nos períodos de altas precipitações pluviométricas; 2) colheita mecanizada realizada de forma inadequada, com redução da cobertura superficial e aumento da compactação do solo, diminuição da infiltração de água e aumento da enxurrada; 3) locação inadequada da rede viária, com problemas associados à captação e condução de água superficial e conseqüente deságüe de enxurrada concentrada em áreas fragilizadas do terreno, ocasionando erosão superficial, principalmente em sulcos, podendo a mesma evoluir para voçorocas, na própria estrada ou em talhões adjacentes; O preparo intensivo do solo para implantar a floresta pode reduzir sua capacidade produtiva em longo prazo. Isto ocorre principalmente pelos processos de compactação do solo, lixiviação e/ou volatilização de nutrientes e perdas de água, solo, nutrientes das plantas e matéria orgânica pela erosão hídrica pluvial.

Diante do exposto, o trabalho objetivou quantificar alguns processos hidrológicos e a erosão hídrica durante 17 meses, sob chuva natural, em reflorestamentos de *pinus* com diferentes idades, mata nativa, campo nativo e em uma estrada de uso florestal.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 PROCESSOS HIDROLÓGICOS E COBERTURA VEGETAL DE FLORESTAS

A cobertura vegetal de floresta regula a quantidade de água que chega ao solo e esta, junto com a matéria orgânica residual dos bosques, protege a estrutura do mesmo da ação conjunta das gotas de chuva e do escoamento superficial (LEE, 1980 e BRADY, 2000). O sistema radicular das árvores se desenvolve em maior volume de solo, conseqüentemente permite que uma maior quantidade de água infiltre em relação ao que acontece quando plantas herbáceas se desenvolvem. Isto influencia a quantidade de água utilizada na transpiração e no ciclo hidrológico como um todo (HUBER e TRECAMAN, 2000).

A vegetação, tanto por sua intervenção direta na dinâmica da água como por suas próprias necessidades de consumo, introduz um subciclo ao ciclo hidrológico geral, com duas direções para a água percorrer. Na primeira, a vegetação interfere no processo de entrada direta da precipitação na superfície do solo (fluxo descendente), por meio da evaporação de parte da água armazenada pela interceptação, na redistribuição da chuva que chega até o solo e na capacidade de infiltração do mesmo. Na segunda, a vegetação interfere contribuindo com as perdas por transpiração ao utilizar, no fluxo ascendente, a água armazenada no solo, incluindo camadas mais profundas, que será liberada para a atmosfera em forma de vapor (VALERO, 2011).

A água **precipitada** na forma de chuva pode ser **interceptada** pela vegetação, pode **infiltrar** no solo, de onde pode ser **absorvida** pelas plantas e retornando ao ciclo, **evapotranspirando**. Após suprida a demanda da infiltração, a água pode **escoar** pela superfície do terreno. Assim, esse ciclo envolve vários processos hidrológicos.

**Precipitação** é toda água líquida ou sólida que cai da atmosfera para a superfície da Terra. Representa o elo entre as fases atmosférica e terrestre do ciclo hidrológico (LIMA, 2008). A **precipitação** incidente (**P**), é a quantidade total de chuva que é medida acima das copas, ou em terreno aberto adjacente à floresta, enquanto a **precipitação interna** (**Pi**) é a chuva que atravessa o dossel florestal, incluindo as gotas que passam diretamente pelas aberturas existentes na copa, assim como as gotas que respingam da água retida na copa. A **precipitação efetiva** (**PE**) é a chuva que efetivamente chega ao solo.

A cobertura florestal influencia a redistribuição da água da chuva, pois as copas das árvores formam um sistema de amortecimento, direcionamento e retenção das gotas que

chegam ao solo, por meio da **interceptação**, afetando o processo de infiltração e a dinâmica do escoamento superficial (OLIVEIRA JÚNIOR, 2005).

A **interceptação** é o processo pelo qual a água da chuva é temporariamente retida pelas copas das árvores, sendo posteriormente redistribuída na forma de gotas até o solo; água que escoar pelo tronco; água que volta à atmosfera por evaporação direta. Pelo processo de **interceptação**, a floresta desempenha importante papel na distribuição de energia e de água à superfície do solo, afetando a distribuição temporal e espacial da chuva que atinge sua copa, e diminuindo a quantidade de água da chuva que chega efetivamente ao solo (LIMA, 2008).

Lima (1976) mediu a interceptação em povoamentos homogêneos de *Eucalyptus saligna* e de *Pinus caribaea caribaea*, durante dois anos consecutivos, em Piracicaba, São Paulo. O autor verificou que a interceptação média para o eucalipto, aos 6 anos de idade, foi de 12,2%; para os pinheiros da mesma idade a interceptação média foi de 6,6%. Esses dados demonstram que há variações nos volumes interceptados de acordo com o tipo de planta.

O **escoamento pelo tronco (Et)** é a porção da chuva que, interceptada pela cobertura florestal, chega até o piso do bosque deslizando-se pelo fuste das árvores (LEE, 1980; OYARZÚN et al., 1985; XIAO et al., 2000).

**Logo a  $PE = Pi + Et$ . (Equação 01)**

O **Et** é de grande importância em períodos onde as precipitações são baixas, pois por meio dele, a água se distribui em pequenas distâncias ao redor da base do tronco, facilitando a infiltração de água no solo (HUBER e OYARZÚN, 1983). Dentre os fatores morfológicos que influenciam o volume de escoamento de tronco, destacam-se: a forma das folhas (côncavas ou convexas), o comprimento dos troncos, a rugosidade das cascas, o ângulo de inserção dos galhos e a caducidade da espécie (MESTAS-VALERO, 2011 apud CROCKFORD e RICHARDSON, 1990).

Ao interagir com as copas das árvores, a água da chuva arrasta quantidades apreciáveis de nutrientes, fenômeno esse referido como lavagem (CAMARGO, 1968). Este processo desempenha papel importante na ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais (JORDAN e KLINE, 1972), (REVERSAT, 1975), e tem sido quantitativamente estudado em vários países e em vários tipos de florestas (LIKENS & EATON, 1970). Esta interação pode influenciar sobre algumas propriedades do solo. McColl (1970) estudou as alterações de qualidade da água da chuva em florestas tropicais na Costa Rica. O pH da água da chuva e da precipitação interna foi, praticamente, neutro, mas apresentou-se muito ácido na água de escoamento pelo tronco. A condutividade elétrica dobrou de valor da água da chuva para a da precipitação interna, sendo maior ainda na água do escoamento pelo tronco, o que levou o

autor a concluir que o escoamento pelo tronco, parece desempenhar papel importante nos atributos químicos e biológicos do solo imediatamente ao redor do tronco, embora em pequenas áreas. Mina (1967) concluiu ainda que este efeito é localizado e se restringe a cerca de 30-50 cm de raio, a partir do caule, e numa profundidade de 1 m aproximadamente, e que, das espécies estudadas o *pinus* foi a que apresentou maior efeito sobre o solo. Gesper e Holowaychuk (1971), analisando amostras da água do escoamento pelo tronco e correlacionando estes resultados com os de análise de propriedades químicas do solo, concluíram que o escoamento pelo tronco apresentou efeito considerável sobre o solo ao redor do tronco. Na conclusão do trabalho, estes autores afirmam que reconhecem este efeito como sendo definitivo fator de formação do solo, ao qual deram o nome de fator biohidrológico, definido como “fator F”, ou seja, a interação da precipitação com as plantas, particularmente as árvores (LIMA e BARBIN, 1975).

Uma vez chegando ao solo, a água **infiltra** e após atendidas as demandas do solo, o excesso de água **escoa superficialmente**. Em relação à **infiltração**, a vegetação produz um aumento na permeabilidade e na capacidade de infiltração do solo pela presença de raízes e aumento da macroporosidade (GREENWAY, 1987). Estas propriedades estão muito relacionadas com o tipo, a estrutura e a densidade da cobertura vegetal. Faulkner (1990) demonstra a estreita relação entre a densidade de cobertura vegetal e a taxa de infiltração. Em seus experimentos, em regiões semi-áridas dos Estados Unidos, as taxas de infiltração diminuíram com a redução da porcentagem de cobertura vegetal. Em áreas com 100 % de cobertura os valores foram o dobro quando comparados com áreas que não apresentavam mais do que 39 %.

A água que infiltra e permanece temporariamente no solo será utilizada pela vegetação para atender as necessidades de consumo hídrico das plantas para desenvolver suas funções vitais. Uma vez absorvida e atendidas as necessidades da planta, a água é perdida para atmosfera pelo processo de **transpiração**. Ao contrário dos processos anteriores, a **transpiração** – perda de água das plantas através das folhas, em forma de vapor – é considerada um fator biológico ativo do ciclo da água (GUARDIOLA BARCENA e GARCÍA LUIS, 1990). Também afeta a umidade dos solos, especialmente o conteúdo inicial de água no solo, favorecendo, ou não, a formação do escoamento superficial e o início do processo erosivo.

Butzer (1974) apud Pinto (1982) analisou o efeito de retardamento do processo erosivo do solo exercido pela cobertura vegetal e apresentou dados comparativos do tempo necessário para o desenvolvimento de erosão do solo para diferentes tipos de cobertura vegetal, sob

condições naturais semelhantes. O autor observou que nas áreas sob cobertura florestal o tempo necessário para o início do escoamento é aproximadamente seis vezes maior do que nas áreas que apresentam cobertura de gramíneas.

Avaliando o escoamento superficial, o qual é a fração da água de chuva que atinge o solo e escoar superficialmente, por gravidade, sobre o solo, Carvalho et al. (2009) citam que, para uma mesma intensidade de chuva, o solo pode apresentar diferentes taxas de escoamento de água da chuva em função da declividade ou do manejo sobre o solo.

Muitas propriedades florestais desenvolvem suas atividades em terrenos não compatíveis com a aptidão de uso do solo, com técnicas não apropriadas de manejo, em especial as técnicas de colheita e plantio, favorecendo a ocorrência de erosão hídrica.

A **erosão** é a forma mais importante de degradação do solo e a principal causa de esgotamento de nutrientes no sítio com implicações diretas sobre a produtividade agrícola ou florestal (HASHIM et al., 1998). Além de diminuir o potencial de produção agrícola ou florestal do solo, os sedimentos gerados no processo erosivo causam a poluição de rios e riachos.

## 2.2 INFLUÊNCIA DA COBERTURA VEGETAL NA EROSÃO HÍDRICA DO SOLO

Segundo Malinowski et al. (2004), o transporte de sedimentos e o conseqüente assoreamento de mananciais em áreas florestais estão diretamente relacionados as seguintes atividades: (a) locação de estradas e caminhos e a qualidade de sua construção; (b) sistema de drenagem adequado e sua manutenção; (c) tipo de derrubada e retirada da madeira; e (d) nível de mecanização usado na realização de práticas silviculturais.

A erosão hídrica pluvial do solo ocorre em três fases distintas e concomitantes: desagregação, ocasionada principalmente pela energia das gotas da chuva; transporte, promovido principalmente pela energia do fluxo em sulcos; e deposição, sempre que a carga de sedimentos no fluxo excede sua capacidade de transporte (ELLISON, 1947). Hidraulicamente, essa forma de erosão apresenta-se na forma entre sulcos onde predomina a desagregação pela energia das gotas da chuva, e na forma em sulcos onde predomina o transporte pela energia do fluxo concentrado (WINSCHMEIER & SMITH, 1958).

Ainda sobre as formas de erosão, a laminar, em sulcos e em voçorocas, sendo que as três podem ocorrer simultaneamente no mesmo terreno. Erosão laminar é caracterizada por remover camadas superficiais delgadas de solo devido ao fluxo de enxurrada. Arrasta

primeiramente as partículas mais leves de solo (argila e silte) predominantemente em suspensão. Esta forma de erosão é de difícil percepção, sendo que, em estágios avançados além do abaixamento da superfície, podem-se observar áreas de coloração mais clara e afloramento de raízes das plantas perenes. A erosão em sulco caracteriza-se pela formação de sulcos em pequenas irregularidades do terreno, onde a enxurrada se concentra atingindo volume e velocidade suficientes para escavá-lo. É ocasionada por chuvas de alta intensidade, em terrenos íngremes e com longas pendentes e solos de alta erodibilidade. A erosão em voçorocas é ocasionada por grandes concentrações de enxurrada que passam, ano após ano, no mesmo sulco e vão aumentando gerando o deslocamento de grandes massas de solo com a formação de grandes cavidades em extensão e profundidade (FOSTER, 1982).

Fatores como o volume e a intensidade da chuva, cobertura do solo, tipo de solo, relevo, comprimento do declive, e as práticas de cultivo, determinam se o risco de erosão é baixo, moderado ou severo (WISCHMEIER e SMITH, 1978).

O processo erosivo e sua intensidade dependem principalmente das condições climáticas da região, fatores relacionados à topografia, cobertura do solo e às propriedades do mesmo, ou seja, a erosão hídrica depende da erosividade das chuvas e da erodibilidade do solo. A erosividade da chuva é a capacidade desta em provocar erosão. O potencial da chuva em causar erosão é função da quantidade, intensidade e duração da mesma. Essas características afetam o volume de enxurrada, determinando assim se o processo erosivo é maior ou menor se outros fatores (características do solo) forem considerados constantes. A erodibilidade de um solo é definida como a sua susceptibilidade à erosão. Para Lima et al. (1992), é o efeito total de uma combinação particular das propriedades do solo, sendo altamente complexa e tornando alguns solos mais facilmente erodíveis que outros. Estes autores, citando Wischmeier e Smith (1978) apontam que os atributos que mais influenciam a erodibilidade são os que afetam a permeabilidade e a capacidade de armazenamento de água e aqueles que conferem ao solo resistência à dispersão, ao salpicamento, à abrasão e às forças de transporte da enxurrada.

O grau de declividade do terreno, a extensão e forma da encosta também são fatores determinantes em relação à erosão. A forma da encosta, dependendo de sua inclinação e sua curvatura, têm grande influência na convergência e/ou divergência das enxurradas. O grau de declive influencia diretamente a velocidade da enxurrada, sendo que, quanto maior a declividade do terreno, maior a velocidade da enxurrada e sua capacidade de transporte de partículas maiores de solo. Também quanto maior a extensão livre da encosta, maior o volume e a velocidade da enxurrada e conseqüentemente seu poder erosivo.



Para o eficaz controle da erosão hídrica, as práticas de preparo do solo e de semeadura e/ou plantio das culturas devem ser delineadas para: a) reduzir o impacto das gotas da chuva sobre o solo, b) aumentar a retenção e a infiltração da água da chuva no mesmo, c) diminuir a velocidade do escoamento superficial e d) diminuir a desagregabilidade do solo ou, reciprocamente falando, aumentar sua resistência à ação dos agentes erosivos (WINSCHMEIER, 1973; COGO, 1981).

As conseqüências da erosão hídrica do solo, conforme Lal (1998) e Hartanto et al. (2003), são manifestadas dentro do sítio específico (*on-site*) e fora dele (*off-site*). Sendo que, *on-site*, os efeitos podem ocorrer à curto prazo, ou seja, danos imediatos sobre o crescimento das plantas, tais como: o desenraizamento de mudas, perdas de solo e água, sementes e fertilizantes transportados pela enxurrada. À longo prazo, os efeitos envolvem mudanças na qualidade do solo, impacto sobre o crescimento das plantas e produtividade futura. Os efeitos na qualidade do solo incluem: a redução da profundidade de enraizamento efetiva, redução na disponibilidade de água, diminuição do conteúdo de carbono orgânico e exposição do subsolo com menor fertilidade (LAL, 1998). Fora do local específico (*off-site*) o autor relata que os efeitos são complexos, manifestando mudanças ambientais adversas, inundações e outros danos a estruturas civis.

A cobertura do solo, relacionada ao seu manejo, é o fator mais importante que influencia as taxas de infiltração e de escoamento da água da chuva, devido à possibilidade de selamento dos poros na superfície em solos descobertos (DULEY, 1939).

O controle da erosão pela espécie arbórea se dá devido à interceptação da chuva pelo dossel, aumento da infiltração de água, manutenção do teor adequado de matéria orgânica e efeito agregador nas partículas de solo. Em trabalho realizado por Camargo Corrêa (2009), não foram constatadas perdas de solo em áreas com plantio de *Pinus taeda*. O autor atribuiu isso aos diversos fatores que interferem no processo de erosão, entre os quais se destacam a cobertura de dossel, em função do fechamento das copas e a cobertura do solo pela serapilheira. Essas coberturas que interceptam as gotas da chuva, evitando a desagregação do solo e dificultando o processo de transporte de sedimentos, uma vez que a maior parte da água proveniente da chuva é percolada no perfil do solo.

A exploração florestal, quando adotada sem a utilização de um eficiente sistema conservacionista, pode causar a degradação do solo, principalmente pela erosão hídrica. O manejo adotado pode favorecer as perdas de solo e água e, conseqüentemente, acarretar no empobrecimento do solo e na queda da produtividade. O sedimento derivado do processo

pode ainda assorear e comprometer a qualidade da água dos mananciais. (OLIVEIRA et al., 2011).

Em campo nativo a diminuição da cobertura do solo devido à queima da vegetação ocasionou aumento de 49% na taxa máxima de enxurrada em relação à ausência de queima, a qual aumentou de 39 para 58 mm h<sup>-1</sup>. Isso indica que houve influência da parte aérea da massa vegetal do campo nativo na interceptação e retenção superficial de água da chuva e na infiltração de água no solo (BERTOL et al., 2011).

Nas estradas a interceptação é nula. No setor florestal, Neary e Hornbeck (1994) estimam que mais de 90% da produção de sedimentos em florestas são provenientes da construção e manutenção de estradas para colheita florestal, podendo aumentar a taxa natural de erosão na ordem de quatro vezes, enquanto a construção de estradas na área de exploração pode elevar esta taxa em aproximadamente 120 vezes, mesmo em áreas declivosas não perturbadas. Disso conclui-se que as estradas apresentam o efeito mais impactante no processo de colheita florestal (SOUZA et al., 2001). Christopher (2002) complementa que as maiores perdas de solo ocorrem durante e imediatamente após a construção de estradas, devido à instabilidade do solo e aos distúrbios causados pela passagem de caminhões e equipamentos. Na ausência ou mau dimensionamento de revestimento do leito e ineficiência do sistema de drenagem, diminui a permeabilidade do solo no leito das estradas e aumenta o escoamento superficial, propiciando o desenvolvimento do processo erosivo, principalmente quando se trata de condições de relevo mais acidentado, comum em áreas de uso florestal (CAMARGO CORRÊA et al., 2009).

Com relação às perdas de nutrientes por erosão hídrica, Shick et al. (2000) citando diversos autores, apontam perdas significativas de nutrientes em relação ao que é exigido pelas culturas. A perda de nutrientes pode ser expressa tanto em concentração do elemento na suspensão ou no sedimento, como em quantidade perdida por área. A concentração de determinado elemento na enxurrada varia principalmente com sua concentração no solo, que é influenciada pelas fertilizações, manejo e tipo de solo (SHICK et al., 2000; BERTOL et al., 2004).

Para a estimativa de tais perdas de solo e água em determinado sistema de cultivo, podem ser empregados métodos diretos (com perdas avaliadas diretamente no campo em parcelas de coleta de sedimentos) ou indiretos com base em modelos matemáticos com parâmetros definidos após intensa experimentação de campo. Os métodos de avaliação direta contemplam a delimitação de parcelas experimentais, conjugadas com coletores de solo e água na parte mais baixa do terreno (BERTONI, 1949).

## 2.3 HIPÓTESES

Perdas de água, solo e nutrientes de plantas pela erosão hídrica ocorrem em áreas com *pinus* de diferentes idades, em campo e mata nativos e em estrada de uso florestal.

O volume de água da chuva por escoamento de tronco apresenta melhor relação com a densidade de árvores de *pinus* do que com a idade das mesmas.

O volume de água que atinge o solo pelo tronco das árvores de *pinus* difere de acordo com a idade das mesmas.

## 2.4 OBJETIVOS

### 2.4.1 Objetivo Geral

Quantificar alguns processos hidrológicos e a erosão hídrica durante 17 meses, sob chuva natural, em reflorestamentos de *pinus* com diferentes idades, mata e campo nativo e em uma estrada de uso florestal.

### 2.4.2 Objetivos específicos

Quantificar a precipitação, o escoamento de tronco e o escoamento superficial, durante o ciclo das plantas de *pinus* com idade entre 1 ano; 4 anos; 26 anos e a mata nativa, durante 17 meses.

Quantificar as perdas de água e solo, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e alguns micronutrientes (ferro, cobre, zinco e manganês) perdidos por erosão hídrica nas parcelas com *pinus*, recém citadas, no campo nativo, na mata nativa e na estrada de uso florestal, durante 17 meses.

Quantificar os atributos físicos e químicos na camada superficial do solo das parcelas e relacioná-los aos elementos químicos na enxurrada e no escoamento pelo tronco às variáveis hidrológicas e à erosão hídrica.

Analisar o escoamento de tronco para fins de quantificação de fósforo, potássio, cálcio, magnésio, e alguns micronutrientes (ferro, cobre, zinco e manganês) e fenóis totais.

Com base nos resultados, sugerir valores referenciais dos parâmetros avaliados, com a finalidade de utilizá-los no planejamento de uso e manejo do solo em bases conservacionistas e sustentadas em áreas florestais.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO

O trabalho foi realizado na empresa Florestal Gateados Ltda, situada no município de Campo Belo do Sul – SC, localizado a 57 km do município de Lages, sede da UDESC (Universidade do Estado de Santa Catarina), durante o período de setembro de 2009 a janeiro de 2011. A empresa Florestal Gateados possui uma área de 17.396 ha, dos quais 8.085 ha são ocupados com reflorestamento (Figura 1). O restante da área é de uso diferenciado, em especial de reserva legal, de preservação permanente e de reserva particular do patrimônio natural – RPPN.

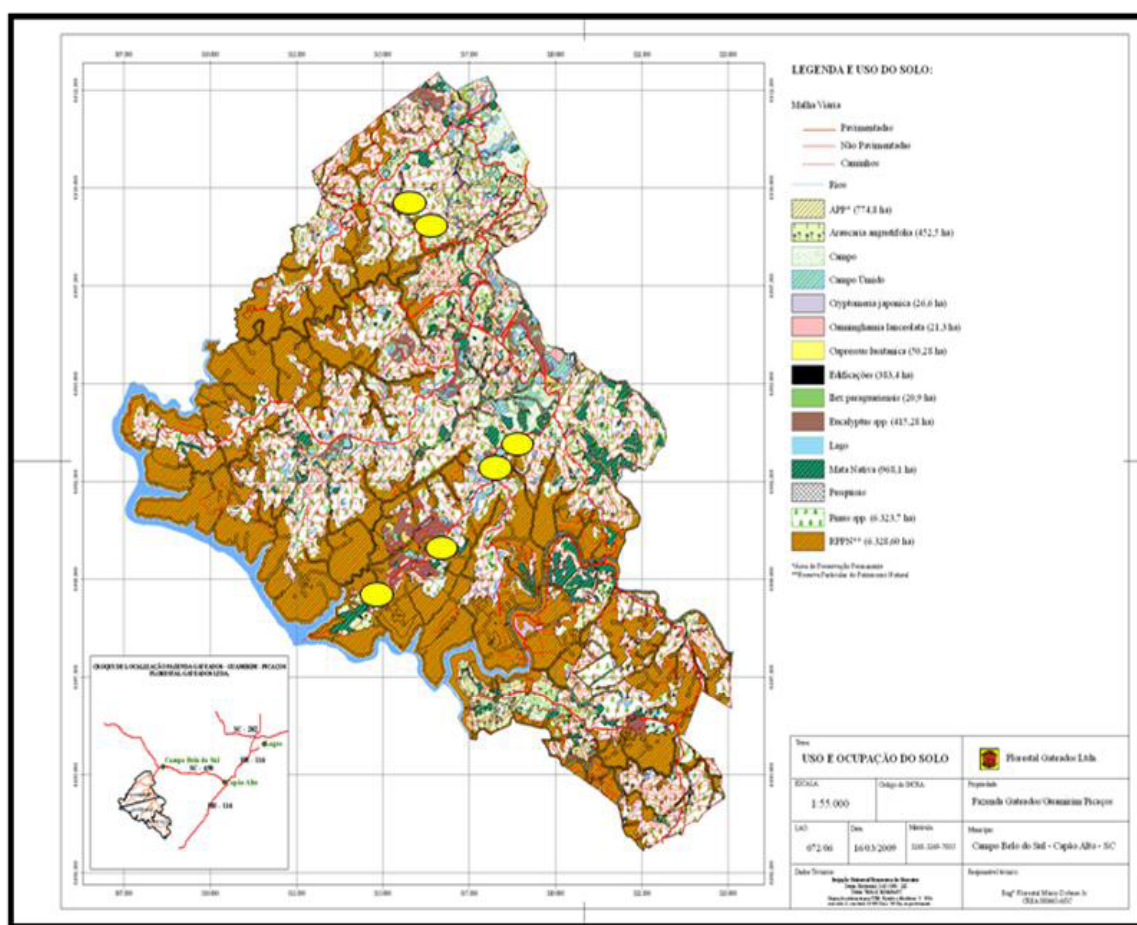


Figura 1 – Mapa da área da Fazenda Florestal Gateados. Fonte: imagem cedida pela Florestal Gateados Ltda.

Os círculos amarelos (Figura 1) representam os locais das parcelas experimentais dentro da área da fazenda, onde foi desenvolvida a pesquisa. O clima é mesotérmico úmido, classificado como Cfb segundo Köppen, com temperatura variando de 13 a 25 °C, com chuvas distribuídas durante todo o ano. A ocorrência de geadas na região é comum no período de inverno, com registros de 27 geadas por ano, em média. A altitude média do município é de 1.017 m, a precipitação anual média é de 1.841 mm e o relevo caracteriza-se como ondulado.

### 3.2 DESCRIÇÃO DAS PARCELAS

Os locais das parcelas experimentais, sem repetição, foram escolhidos para contemplar quatro condições: floresta de pinus com três idades, campo nativo, mata nativa e estrada florestal. Por isso as parcelas foram instaladas em locais distintos dentro da fazenda e cada uma delas constituiu um tratamento. Os solos das parcelas experimentais foram descritos em 2011 pelo Professor Dr. Jaime Antonio da Almeida, do Departamento de Solos/CAV/UDESC.

**Parcela I:** refere-se ao *pinus* que foi plantado em novembro de 2008, tendo 10 meses de idade na data de instalação do trabalho. A parcela I apresentava uma área de 239 m<sup>2</sup> e 6,4% de declividade média. Continha 39 árvores com altura média inicial de 50 cm, as quais, ao término do trabalho, em janeiro de 2011, estavam com 3,1 m de altura e 5 cm de diâmetro. O espaçamento era de 2 m entre árvores x 2,5 m entre as linhas. O solo da **parcela I** foi classificado como Neossolo Litólico (Figuras 2 e 7), apresentando 04 horizontes: A1 (0 – 13 cm), A2 (13 – 33 cm), A/Cr (33 – 40 cm) e Cr/R (40 – 100 cm), conforme descrição a seguir:

#### DESCRIÇÃO GERAL

- CLASSIFICAÇÃO: Neossolo Litólico
- UNIDADE DE MAPEAMENTO: Vacaria (Levantamento 1973)
- LOCALIZAÇÃO: município de Campo Belo do Sul, Santa Catarina
- LITOLOGIA: riolito, riodacito com amígdalas
- FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Serra Geral
- CRONOLOGIA: jurocretáceo
- MATERIAL ORIGINÁRIO: produto da alteração da rocha citada anteriormente
- PEDREGOSIDADE: ligeiramente pedregoso
- ROCHOSIDADE: não rochoso

- RELEVO LOCAL: suave ondulado
- RELEVO REGIONAL: ondulado
- EROSÃO: não aparente
- DRENAGEM: bem drenado
- VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: mata de araucária
- USO ATUAL: plantio de pinus
- CLIMA: Cfb
- DESCRITO E COLETADO POR: Jaime Almeida, Luciane Costa de Oliveira, Fabrício Tondello e Ildegardis Bertol

### DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

#### **HORIZONTE A<sub>1</sub>**

- PROFUNDIDADE: 0 – 13 cm
- TRANSIÇÃO: topografia (Horizontal/Plana); Nitidez (Clara)
- COR: anexo 03
- ESTRUTURA: Grau (fraca); Tamanho (média e grande); Tipos (blocos angulares e subangulares)
- CONSISTÊNCIA: úmida (firme)
- OBSERVAÇÃO: evidência de compactação superficial

#### **HORIZONTE A<sub>2</sub>**

- PROFUNDIDADE: 13 – 33 cm
- TRANSIÇÃO: topografia (Horizontal/Plana); Nitidez (Clara)
- COR: anexo 03
- ESTRUTURA: Grau (fraca a moderada); Tamanho (pequena e média); Tipos (blocos subangulares e granular esferoidal)
- CONSISTÊNCIA: úmida (friável a firme)

#### **HORIZONTE A/Cr**

- PROFUNDIDADE: 33 – 40 cm
- TRANSIÇÃO: topografia (Ondulada/Sinuosa); Nitidez (Abrupta)
- COR: anexo 03
- TEXTURA: franco argiolsa cascalhenta

- ESTRUTURA: Grau (fraca); Tamanho (muito pequena e pequena); Tipos (granular esferoidal)
- CONSISTÊNCIA: úmida (friável)

### **HORIZONTE Cr/R**

- PROFUNDIDADE: 40 – 100 cm



Figura 2 – Aspectos da instalação da parcela I, em setembro de 2009, com árvores de *Pinus taeda* plantadas em novembro de 2008. Fonte: produção do próprio autor.

**Parcela II:** refere-se ao *pinus* que foi plantado em 1983, tendo 26 anos de idade na data de instalação do trabalho. A parcela II tinha uma área de 278 m<sup>2</sup> e 11% de declividade média. Continha 04 árvores com altura média inicial de 28 m e 38,5 cm de diâmetro. O espaçamento inicial, em 1983, era de 2 m entre árvores x 2,5 m entre as linhas, porém, com os desbastes alternados ao longo do cultivo, restou baixa densidade de árvores. O solo da **parcela II** foi classificado como Latossolo Bruno (Figuras 3 e 8), apresentando 07 horizontes: A1 (0 – 20 cm), A2 (20 – 34 cm), A/B1 (34 – 47 cm), A/B2 (47 – 62 cm), B/A (62 – 81 cm), B1 (81 – 133 cm) e B2 (> 133 cm), conforme descrição a seguir:

### **DESCRIÇÃO GERAL**

- CLASSIFICAÇÃO: Latossolo Bruno
- UNIDADE DE MAPEAMENTO: Vacaria (Levantamento 1973)



- LOCALIZAÇÃO: município de Campo Belo do Sul, Santa Catarina
- LITOLOGIA: riolito, riodacito com amígdalas
- FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Serra Geral
- CRONOLOGIA: jurocretáceo
- MATERIAL ORIGINÁRIO: produto da alteração da rocha citada anteriormente
- ROCHOSIDADE: não rochoso
- RELEVO LOCAL: suave ondulado
- RELEVO REGIONAL: ondulado
- EROSÃO: não aparente
- DRENAGEM: bem drenado
- VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: campo nativo
- USO ATUAL: plantio de pinus
- CLIMA: Cfb
- DESCRITO E COLETADO POR: Jaime Almeida, Luciane Costa de Oliveira, Fabrício Tondello e Ildegardis Bertol

### DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

#### **HORIZONTE A<sub>1</sub>**

- PROFUNDIDADE: 0 – 20 cm
- TRANSIÇÃO: topografia (Horizontal/Plana); Nitidez (Clara)
- COR: anexo 03
- ESTRUTURA: Grau (fraca a moderada); Tamanho (média); Tipos (blocos angulares e granular esferoidal)
- CONSISTÊNCIA: úmida (friável a firme)

#### **HORIZONTE A<sub>2</sub>**

- PROFUNDIDADE: 20 – 34 cm
- TRANSIÇÃO: topografia (Horizontal/Plana); Nitidez (Clara)
- COR: anexo 03
- ESTRUTURA: Grau (fraca); Tamanho (média); Tipos (blocos subangulares)
- CONSISTÊNCIA: úmida (friável a firme)

**HORIZONTE A/B<sub>1</sub>**

- PROFUNDIDADE: 34 – 47 cm
- TRANSIÇÃO: topografia (Horizontal/Plana); Nitidez (Gradual)
- COR: anexo 03
- ESTRUTURA: Grau (fraca a moderada); Tamanho (média); Tipos (blocos subangulares)
- CONSISTÊNCIA: úmida (friável a firme)

**HORIZONTE A/B<sub>2</sub>**

- PROFUNDIDADE: 47 – 62 cm
- TRANSIÇÃO: topografia (Horizontal/Plana); Nitidez (Gradual)
- COR: anexo 03
- ESTRUTURA: Grau (fraca a moderada); Tamanho (pequena e média); Tipos (blocos subangulares)
- CONSISTÊNCIA: úmida (friável)

**HORIZONTE B/A**

- PROFUNDIDADE: 62 – 81 cm
- TRANSIÇÃO: topografia (Horizontal/Plana); Nitidez (Clara)
- COR: anexo 03
- ESTRUTURA: Grau (fraca a moderada); Tamanho (média); Tipos (blocos subangulares)
- CEROSIDADE: Quantidade (comum); Grau (fraca)
- CONSISTÊNCIA: úmida (friável a firme)

**HORIZONTE B<sub>1</sub>**

- PROFUNDIDADE: 81 a + 133 cm
- COR: anexo 03
- ESTRUTURA: Grau (fraca a moderada); Tamanho (média); Tipos (blocos subangulares)
- CEROSIDADE: Quantidade (comum); Grau (fraca)
- CONSISTÊNCIA: úmida (friável a firme)



Figura 3 – Aspectos da instalação da parcela II em setembro de 2009, com árvores de *Pinus taeda* plantadas em 1983. Fonte: produção do próprio autor.

**Parcela III:** refere-se ao campo nativo, contendo vegetação nativa natural da Serra Catarinense (Figura 4 e 9). A parcela III apresentava uma área de 314,59 m<sup>2</sup> e 15,7% de declividade. O solo da **parcela III** foi classificado como Nitossolo Háplico, apresentando 06 horizontes: A1 (0 – 17 cm), A2 (17 – 42 cm), A/B (42 – 61 cm), B/A (61 – 78 cm), B1 (78 – 99 cm) e B2 (99 – 140 cm), conforme descrição a seguir:

### DESCRIÇÃO GERAL

- CLASSIFICAÇÃO: Nitossolo Háplico
- UNIDADE DE MAPEAMENTO: Vacaria (Levantamento 1973)
- LOCALIZAÇÃO: município de Campo Belo do Sul, Santa Catarina
- LITOLOGIA: riodacito
- FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Serra Geral
- CRONOLOGIA: jurocretáceo
- MATERIAL ORIGINÁRIO: produto da alteração da rocha citada anteriormente
- ROCHOSIDADE: não rochoso
- RELEVO LOCAL: suave ondulado
- RELEVO REGIONAL: ondulado
- EROSÃO: não aparente
- DRENAGEM: bem drenado

- VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: campo nativo
- USO ATUAL: campo nativo
- CLIMA: Cfb
- DESCRITO E COLETADO POR: Jaime Almeida, Luciane Costa de Oliveira, Fabrício Tondello e Ildegardis Bertol

### DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

#### **HORIZONTE A<sub>1</sub>**

- PROFUNDIDADE: 0 – 17 cm
- TRANSIÇÃO: topografia (Horizontal/Plana); Nitidez (Gradual)
- COR: anexo 03
- ESTRUTURA: Grau (fraca a moderada); Tamanho (pequena e média); Tipos (blocos angulares e granular esferoidal)
- CONSISTÊNCIA: úmida (firme a muito firme)

#### **HORIZONTE A<sub>2</sub>**

- PROFUNDIDADE: 17 – 42 cm
- TRANSIÇÃO: topografia (Horizontal/Plana); Nitidez (Gradual)
- COR: anexo 03
- ESTRUTURA: Grau (fraca); Tamanho (pequena e média); Tipos (blocos subangulares)
- CONSISTÊNCIA: úmida (firme)

#### **HORIZONTE A/B**

- PROFUNDIDADE: 42 – 61 cm
- TRANSIÇÃO: topografia (Horizontal/Plana); Nitidez (Gradual)
- COR: anexo 03
- ESTRUTURA: Grau (fraca a moderada); Tamanho (média); Tipos (blocos subangulares)
- CEROSIDADE: Quantidade (comum); Grau (fraca)
- CONSISTÊNCIA: úmida (firme)

#### **HORIZONTE B/A**

- PROFUNDIDADE: 61 – 78 cm
- TRANSIÇÃO: topografia (Horizontal/Plana); Nitidez (Gradual)

- COR: anexo 03
- ESTRUTURA: Grau (fraca); Tamanho (média e grande); Tipos (prismática que se desfaz em moderada a fraca)
- CEROSIDADE: Quantidade (comum); Grau (fraca)
- CONSISTÊNCIA: úmida (firme)

### **HORIZONTE B<sub>1</sub>**

- PROFUNDIDADE: 78 - 99 cm
- COR: anexo 03
- TRANSIÇÃO: topografia (Horizontal/Plana); Nitidez (Gradual)
- COR: anexo 03
- ESTRUTURA: Grau (fraca a moderada); Tamanho (média); Tipos (prismática que se desfaz em moderada média/pequena e blocos subangulares)
- CEROSIDADE: Quantidade (comum); Grau (fraca)
- CONSISTÊNCIA: úmida (firme)

### **HORIZONTE B<sub>2</sub>**

- PROFUNDIDADE: 99 a + 140 cm
- COR: anexo 03
- TRANSIÇÃO: topografia (Horizontal/Plana); Nitidez (Gradual)
- COR: anexo 03
- ESTRUTURA: Grau (moderada); Tamanho (pequena e média); Tipos (prismática que se desfaz em blocos subangulares)
- CEROSIDADE: Quantidade (comum); Grau (moderada)
- CONSISTÊNCIA: úmida (firme)



Figura 4 – Aspectos da instalação da parcela III, em campo nativo, em setembro de 2009. Fonte: produção do próprio autor.

**Parcela IV:** refere-se a uma estrada de uso florestal. A parcela IV apresentava uma área de  $76 \text{ m}^2$  e 9,8 % de declividade média. O solo da **parcela IV** foi classificado como Nitossolo Háplico (Figura 10 e 13) apresentando 06 horizontes: A1 (0 – 16 cm), A2 (16 – 38 cm), A/B (38 – 56 cm), B/A (56 – 82 cm), B1 (82 – 102 cm) e B2 (102 – 140 cm). Para construção da estrada a camada superficial do solo foi retirada para o preparo do leito numa profundidade média 70 cm. Dessa forma, as perdas de solo avaliadas neste tratamento durante a pesquisa foram referentes ao horizonte B/A.

**Parcela V:** refere-se ao *pinus* que foi plantado em 2006, tendo 03 anos de idade na data de instalação do trabalho. A parcela V apresentava uma área de  $281 \text{ m}^2$  e 16% de declividade média. Continha 55 árvores com altura média inicial de 5 m e 8,8 cm de diâmetro, os quais, ao término do trabalho, em janeiro de 2011, estavam com 6,6 m de altura e 12,4 cm de diâmetro. O espaçamento era de 2 m entre árvores x 2,5 m entre as linhas. O solo da **parcela V** foi classificado como Nitossolo Háplico (Figura 5 e 11) apresentando 06 horizontes: A1 (0 – 16 cm), A2 (16 – 38 cm), A/B (38 – 56 cm), B/A (56 – 82 cm), B1 (82 – 102 cm) e B2 (102 – 140 cm), conforme descrição a seguir:

#### DESCRIÇÃO GERAL

- CLASSIFICAÇÃO: Nitossolo Háplico
- UNIDADE DE MAPEAMENTO: Vacaria (Levantamento 1973)

- LOCALIZAÇÃO: município de Campo Belo do Sul, Santa Catarina
- LITOLOGIA: riodacito
- FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Serra Geral
- CRONOLOGIA: jurocretáceo
- MATERIAL ORIGINÁRIO: produto da alteração da rocha citada anteriormente
- ROCHOSIDADE: não rochoso
- RELEVO LOCAL: suave ondulado
- RELEVO REGIONAL: ondulado
- EROSÃO: não aparente
- DRENAGEM: bem drenado
- VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: campo nativo
- USO ATUAL: plantio de araucária
- CLIMA: Cfb
- DESCRITO E COLETADO POR: Jaime Almeida, Luciane Costa de Oliveira, Fabrício Tondello e Ildegardis Bertol

### DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

#### **HORIZONTE A<sub>1</sub>**

- PROFUNDIDADE: 0 – 16 cm
- TRANSIÇÃO: topografia (Horizontal/Plana); Nitidez (Gradual)
- COR: anexo 03
- ESTRUTURA: Grau (fraca a moderada); Tamanho (grande); Tipos (blocos angulares subangulares)
- CONSISTÊNCIA: úmida (muito firme)

#### **HORIZONTE A<sub>2</sub>**

- PROFUNDIDADE: 16 – 38 cm
- TRANSIÇÃO: topografia (Horizontal/Plana); Nitidez (Gradual)
- COR: anexo 03
- ESTRUTURA: Grau (fraca); Tamanho (média e grande); Tipos (blocos subangulares)
- CONSISTÊNCIA: úmida (muito firme)

**HORIZONTE A/B**

- PROFUNDIDADE: 38 – 56 cm
- TRANSIÇÃO: topografia (Horizontal/Plana); Nitidez (Gradual)
- COR: anexo 03
- ESTRUTURA: Grau (moderada); Tamanho (média); Tipos (blocos subangulares)
- CONSISTÊNCIA: úmida (firme)

**HORIZONTE B/A**

- PROFUNDIDADE: 56 – 82 cm
- TRANSIÇÃO: topografia (Horizontal/Plana); Nitidez (Gradual)
- COR: anexo 03
- ESTRUTURA: Grau (moderada a fraca); Tamanho (média); Tipos (blocos subangulares)
- CEROSIDADE: Quantidade (comum); Grau (fraca)
- CONSISTÊNCIA: úmida (firme)

**HORIZONTE B<sub>1</sub>**

- PROFUNDIDADE: 82 – 102 cm
- COR: anexo 03
- TRANSIÇÃO: topografia (Horizontal/Plana); Nitidez (Gradual)
- COR: anexo 03
- ESTRUTURA: Grau (moderada); Tamanho (média e grande); Tipos (blocos subangulares)
- CEROSIDADE: Quantidade (pouco); Grau (fraca)
- CONSISTÊNCIA: úmida (friável a firme)

**HORIZONTE B<sub>2</sub>**

- PROFUNDIDADE: 99 a + 140 cm
- COR: anexo 03
- TRANSIÇÃO: topografia (Horizontal/Plana); Nitidez (Gradual)
- COR: anexo 03
- ESTRUTURA: Grau (fraca a moderada); Tamanho (média); Tipos (blocos subangulares)
- CEROSIDADE: Quantidade (comum); Grau (moderada)
- CONSISTÊNCIA: úmida (friável a firme)





Figura 5 – Aspectos da instalação da parcela V em setembro de 2009, com árvores de *Pinus taeda* plantadas em 2006. Fonte: produção do próprio autor.

**Parcela VI:** refere-se a mata nativa, contendo vegetação nativa de ocorrência natural comum na serra catarinense, também conhecida como mata de Araucárias. Essa parcela foi instalada cinco meses após o início do trabalho. A parcela VI apresentava uma área de 173 m<sup>2</sup> e 17,5% de declividade média. O solo da **parcela VI** foi classificado como Nitossolo Háplico, (Figura 6 e 12) apresentando 06 horizontes: A1 (0 – 17 cm), A2 (17 – 42 cm), A/B (42 – 61 cm), B/A (61 – 78 cm), B1 (78 – 99 cm) e B2 (99 – 140 cm).

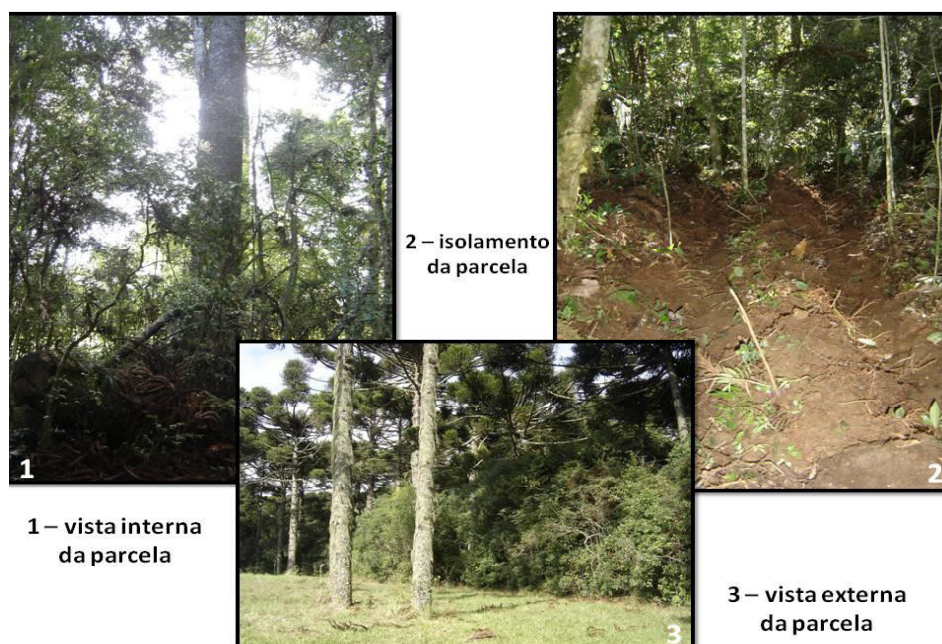


Figura 6 – Aspectos da instalação da parcela VI, em fevereiro de 2010, em mata nativa. Fonte: produção do próprio autor.

As parcelas foram medidas por Levantamento Topográfico empregando-se o método das irradiações pelo Professor Doutor Sílvio Luís Rafaeli Neto. Estabeleceu-se um sistema topográfico local próximo as calhas de saída de água das parcelas, cujo eixo das ordenadas foi orientado no sentido longitudinal de cada parcela. As cotas foram referenciadas à cota da estação, sendo esta igual a 0 m. As coordenadas cartesianas tridimensionais foram obtidas no Sistema Topográfico Posição e importadas no Sistema de Informações Geográficas ArcGis 9.3. Neste, foram gerados os mapas de declividade, de isolinhas, perímetros, entre outros (Figuras 7, 8, 9, 10, 11 e 12).

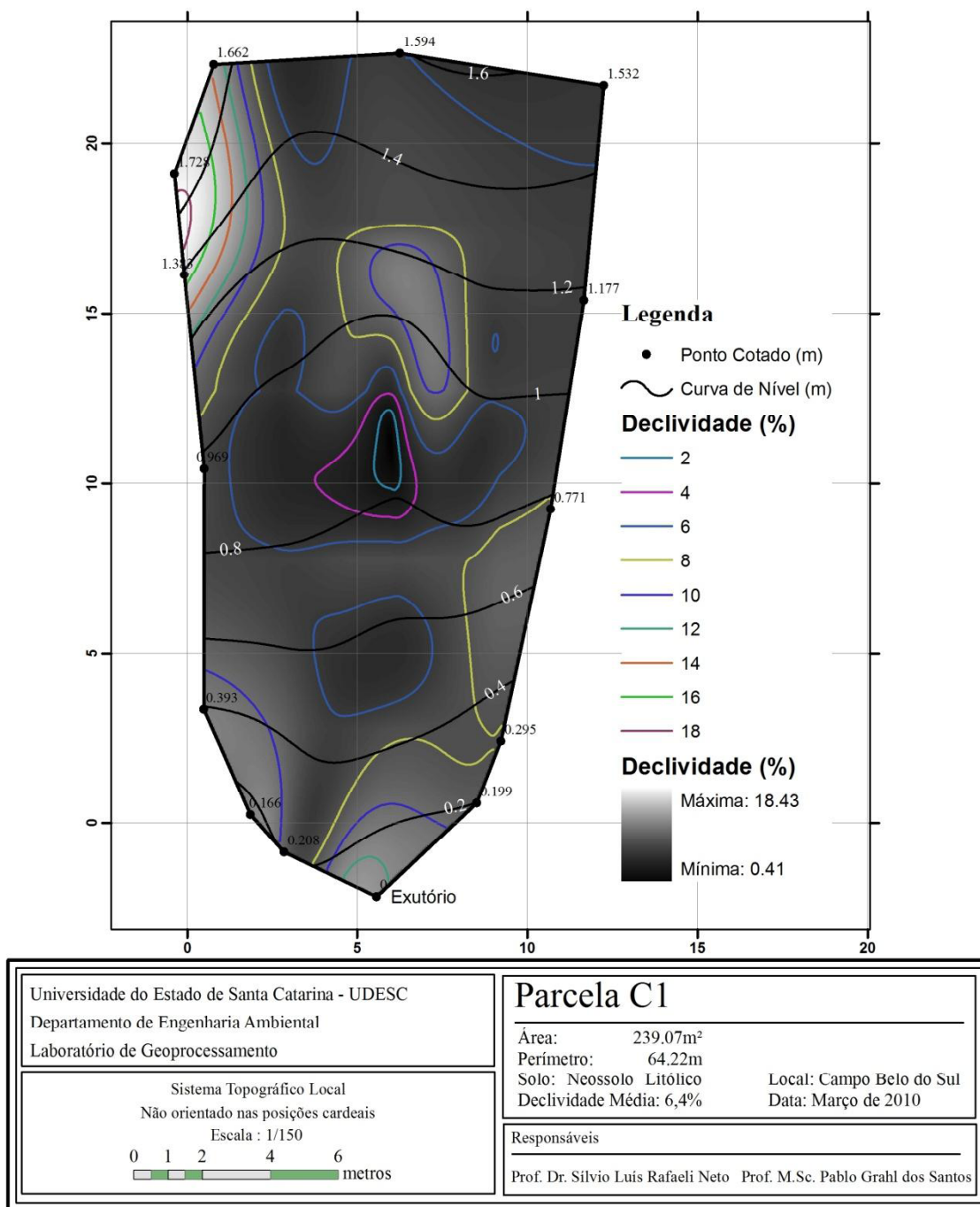


Figura 7 – Mapa descritivo da parcela I (*pinus* plantado em 2008). Fonte: Sílvio Rafaeli Neto.

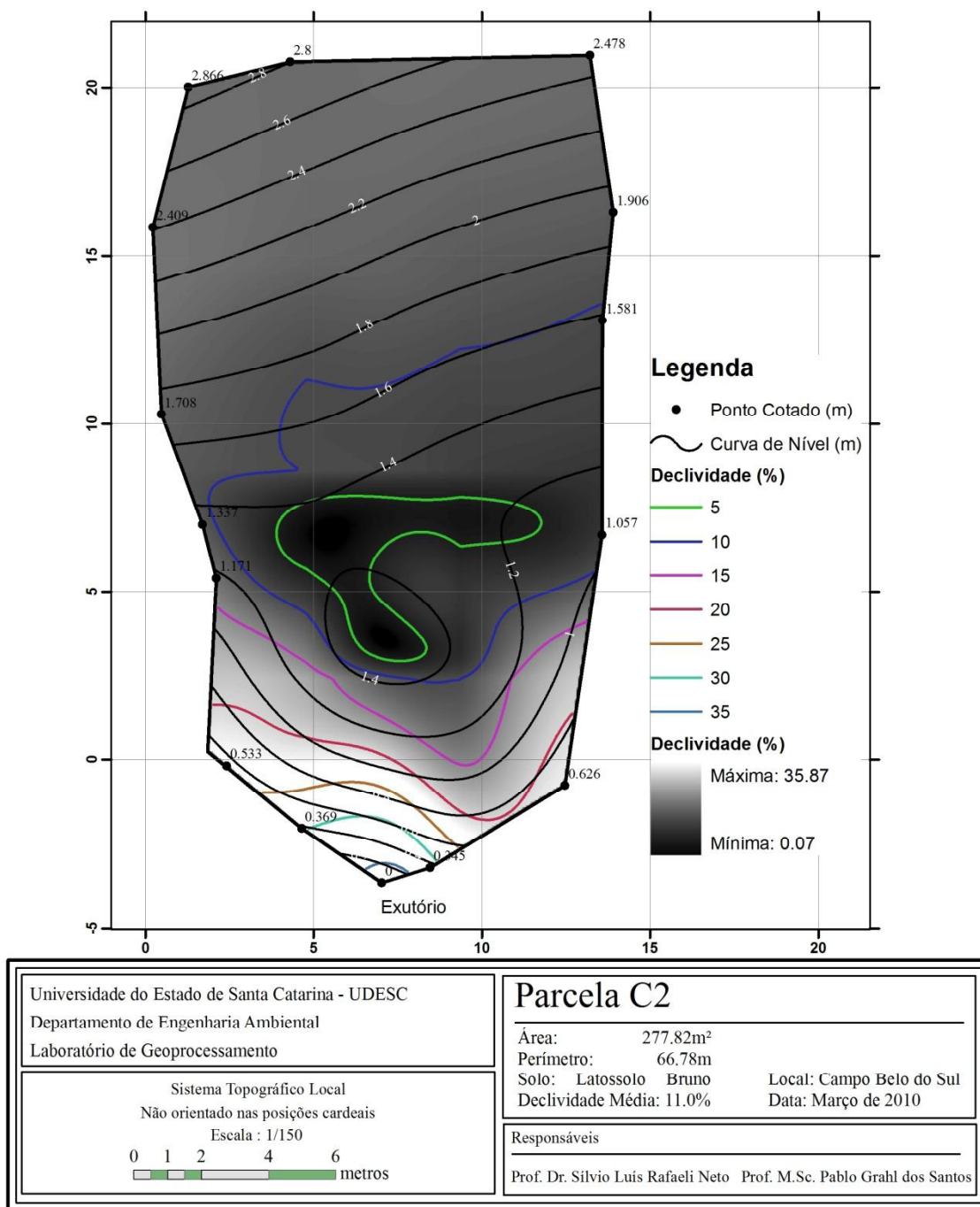


Figura 8 – Mapa descritivo da parcela II (*pinus* plantado em 1983). Fonte: Sílvio Rafaeli Neto.



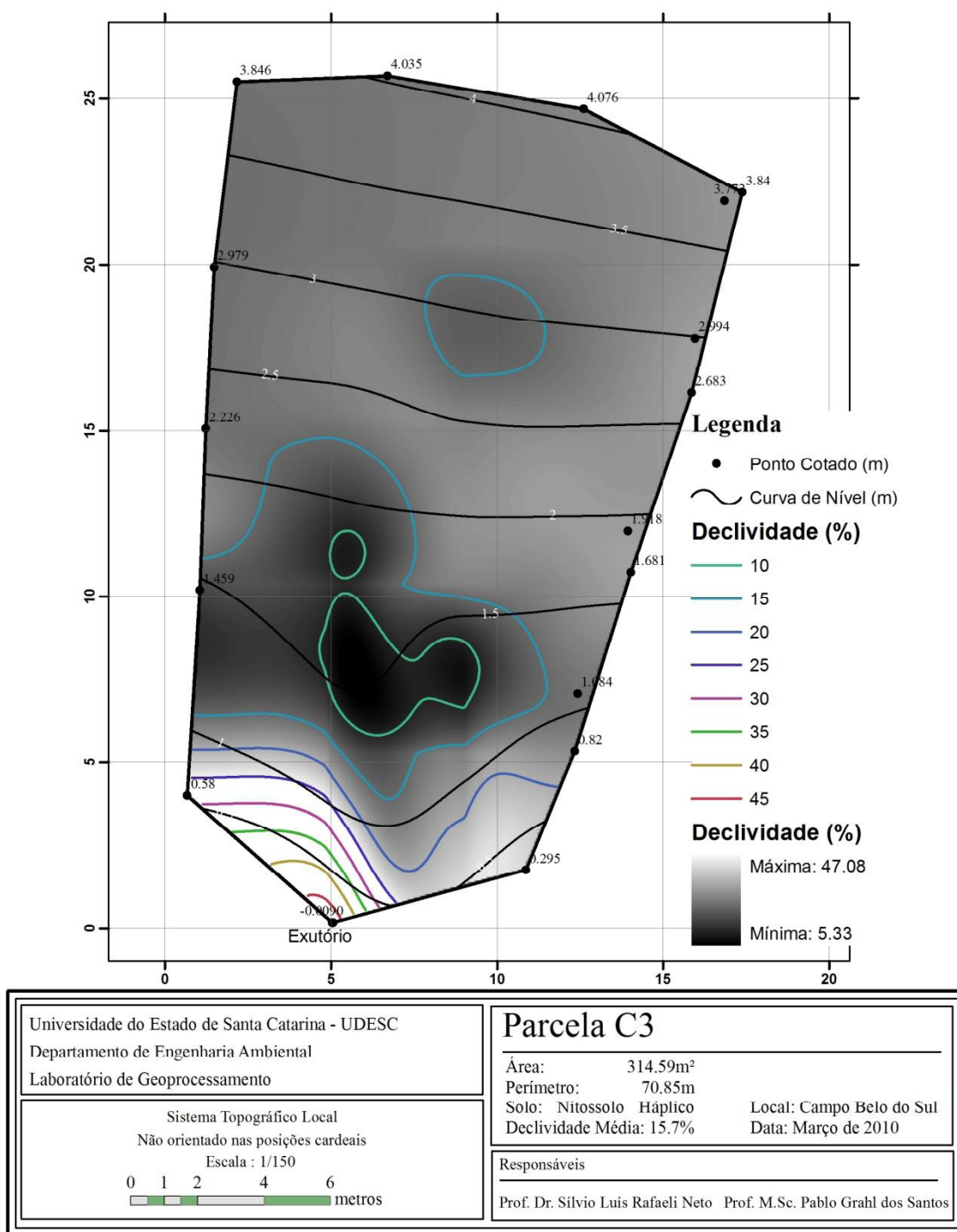


Figura 9 – Mapa descritivo da parcela III (campo nativo). Fonte: Sílvio Rafaeli Neto.

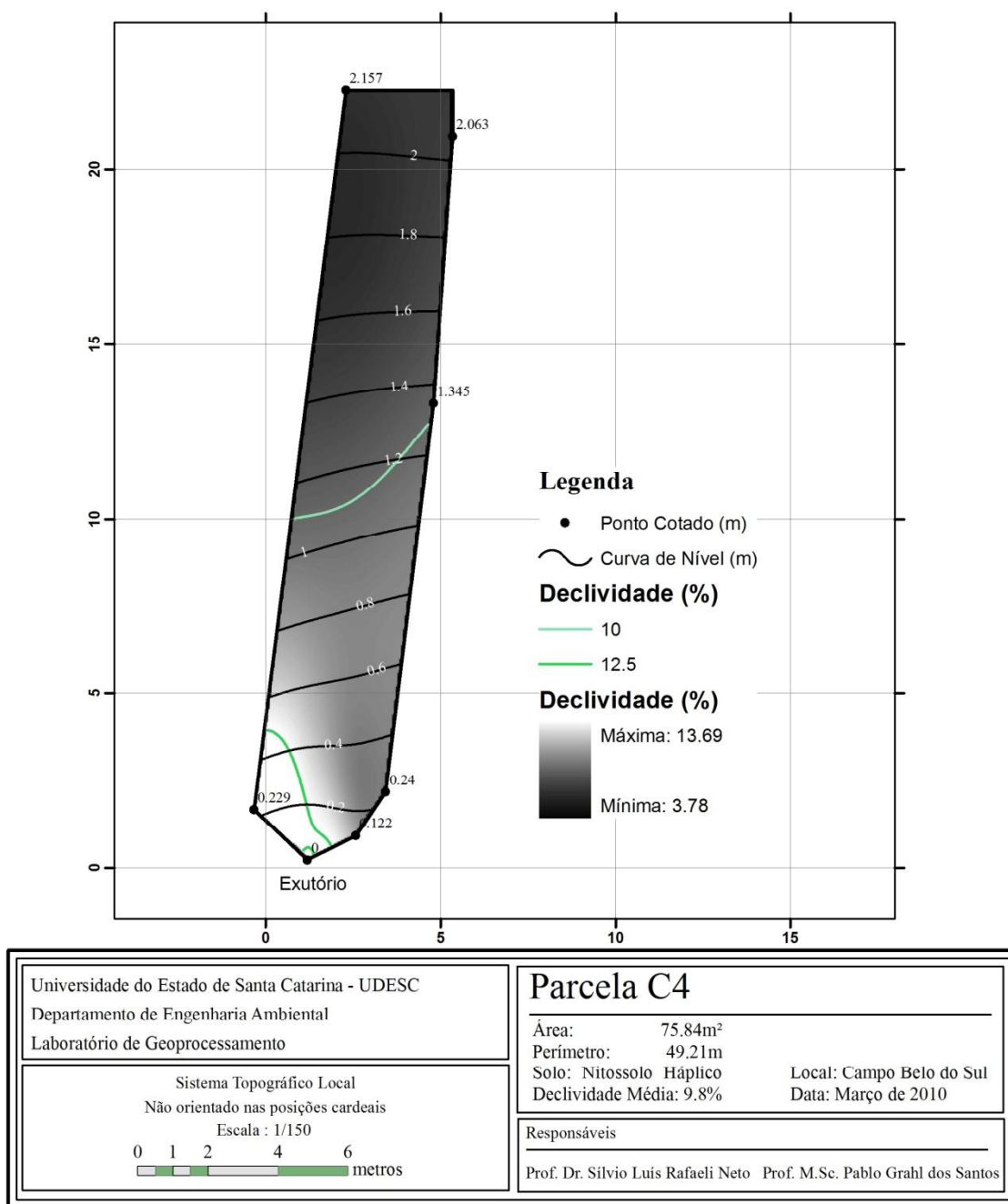


Figura 10 – Mapa descritivo da parcela IV (estrada florestal). Fonte: Sílvio Rafaeli Neto.

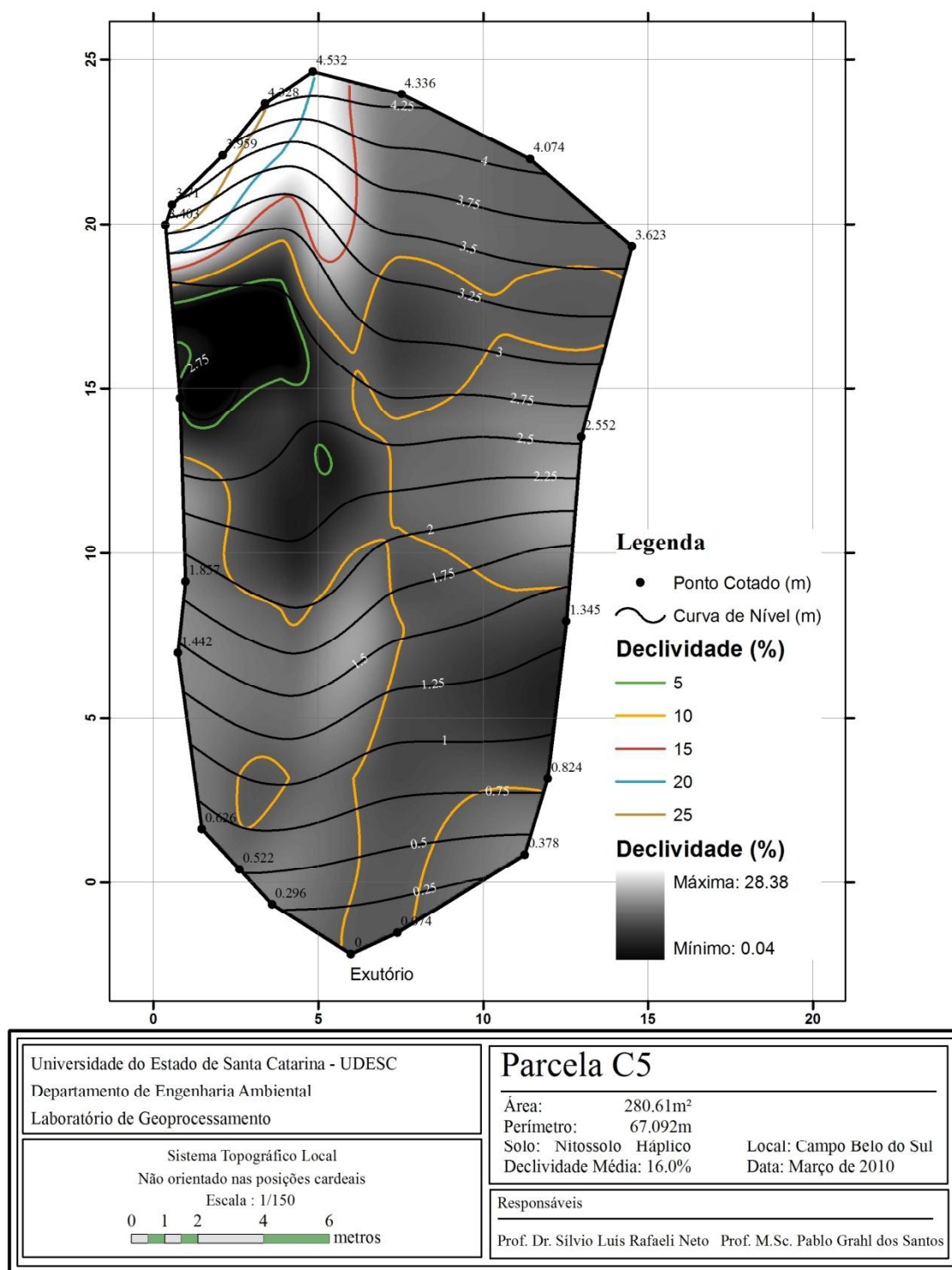


Figura 11 – Mapa descritivo da parcela V (*pinus* plantado em 2006). Fonte: Sílvio Rafaeli Neto.

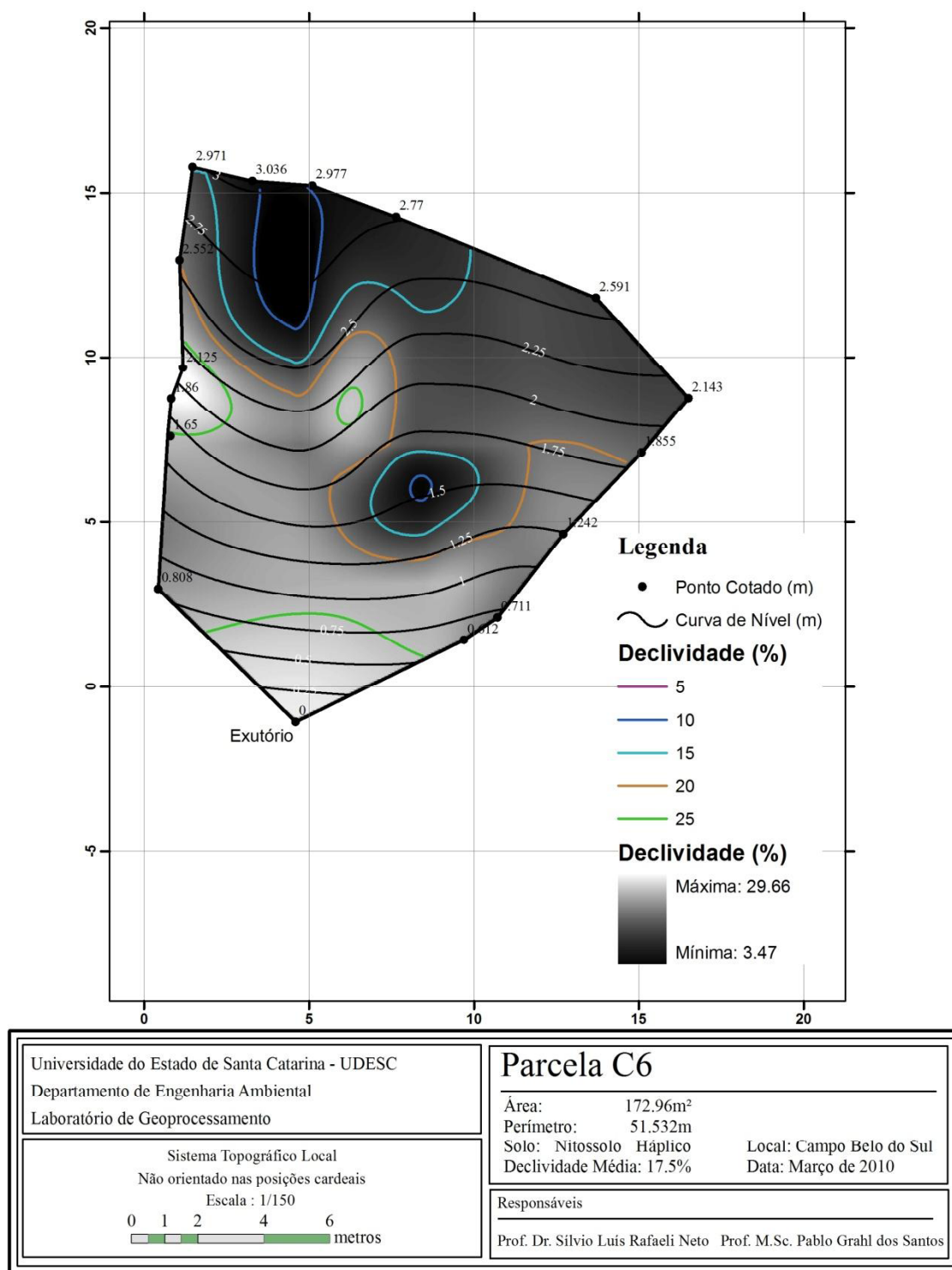


Figura 12 – Mapa descritivo da parcela VI (mata nativa). Fonte: Sílvio Rafaeli Neto.



### 3.3 AVALIAÇÃO DOS ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO DAS PARCELAS

Para análise da distribuição de tamanho dos poros e densidade do solo, foram coletadas amostras de solo com auxílio de anéis volumétricos com volume de 133,97 cm<sup>3</sup>, indeformadas, em quatro profundidades: 0 – 5 cm, 5 – 10 cm, 10 – 15 cm e 15 – 20 cm, em um local em cada parcela. Nessas mesmas camadas coletaram-se amostras deformadas para a análise da textura do solo.

Tabela 1 – Caracterização física dos perfis dos solos das parcelas experimentais. Dados de granulometria, macroporosidade, microporosidade, porosidade total e densidade do solo.

Solo / parcela	Horizonte Profundidade (cm)	Macroporos (%)	Microporos (%)	Porosidade total (%)	Silte (%)	Argila (%)	Areia (%)	Densidade (g cm <sup>-3</sup> )
Neossolo Litólico I	A1 (0 – 13)	0,04	47,8	47,9	31,7	59,9	8,4	1,2
	A2 (13 – 33)	8,0	48,8	56,9	31,7	60,6	7,7	1,1
	A/Cr (33– 40)	2,4	49,1	51,6	28,6	43,4	28,0	1,2
Latossolo Bruno II	A1 (0 – 20)	5,4	47,2	52,6	29,3	65,2	5,4	1,0
	A2 (20 – 34)	1,7	50,2	51,9	31,3	64,1	4,6	1,2
	A/B1 (34– 47)	2,3	48,7	51,0	27,0	68,1	4,8	1,3
	A/B2 (47– 62)	1,4	45,1	46,5	24,6	71,4	4,0	1,1
	B/A (62 – 81)	3,5	45,9	49,5	21,9	73,8	4,3	1,2
	BW1 (81 – 133)	2,9	51,8	54,7	21,9	74,3	3,8	1,2
Nitossolo Háplico III e VI	A1 (0 – 17)	1,4	51,3	53,1	36,0	57,5	6,5	0,9
	A2 (17 – 42)	5,3	50,0	54,6	31,2	63,0	5,8	1,2
	A/B (42 – 61)	2,4	49,3	50,3	25,6	69,6	4,7	1,2
	B/A (61 – 78)	3,5	50,9	54,2	20,9	75,0	4,1	1,2
	Bt (78 – 99)	1,3	54,8	55,3	18,8	76,8	4,4	1,2
	B2 (99 – 140)	0,9	54,2	54,0	20,3	74,9	4,8	1,2
Nitossolo Háplico IV e V	A1 (0 – 16)	10,6	42,5	53,1	34,0	57,8	8,2	0,9
	A2 (16 – 38)	8,8	45,8	54,6	32,7	60,3	7,0	1,2
	A/B (38 – 56)	2,6	47,7	50,3	29,5	63,9	6,6	1,2
	B/A (56 – 82)	4,6	49,6	54,2	22,3	72,8	4,9	1,2
	B1 (82 – 102)	3,9	51,4	55,3	19,6	74,8	5,6	1,2
	B2 (102– 140)	0,7	53,3	54,0	21,2	73,5	5,2	1,2

Parcela I: pinus plantado 2008; Parcela II: pinus plantado em 1983; Parcela III: campo nativo; Parcela IV: estrada de uso florestal; Parcela V: pinus plantado em 2006; Parcela VI: mata nativa.

Para determinar a granulometria do solo foi utilizado o Método Internacional da Pipeta (GEE & BAUDER, 1986).

A densidade do solo foi obtida pela razão entre o peso do solo seco a 105° C (MSs – g) e o volume do anel no qual o solo foi coletado (V anel – cm<sup>3</sup>). A porosidade foi determinada com o uso da mesa de tensão, utilizando para obtenção dos bioporos a altura de 10 cm, para os macroporos a altura de 60 cm e para os microporos a altura de 100 cm.

Para avaliar a distribuição de tamanho e estabilidade dos agregados estáveis em água, utilizou-se o método Kemper e Cheppil (1965).

Tabela 2 – Diâmetro médio ponderado – DMP (mm), diâmetro médio geométrico – DMG (mm) e distribuição de tamanho de agregados (%), estáveis em água, em 04 profundidades, nas parcelas experimentais I, II, III, IV e V.

Parcela / profundidade	DMP	DMG	Malha (8– 4,75 mm)	Malha (4,75 –2 mm)	Malha (2– 1 mm)	Malha (1– 0,25 mm)
	(mm)	(mm)	(%)			
I 0 – 5 cm	5,45	4,75	75,9	16,3	2,7	2,9
I 5 – 10 cm	5,91	5,36	89,1	6,0	1,4	1,4
I 10 – 15 cm	5,74	5,33	82,3	13,6	1,8	1,5
I 15 – 20 cm	6,02	5,73	91,1	6,2	1,4	1,5
II 0 – 5 cm	6,07	5,68	92,4	4,8	0,5	0,8
II 5 – 10 cm	5,94	5,51	88,5	8,5	0,6	0,8
II 10 – 15 cm	5,91	5,59	86,6	10,7	0,9	1,2
II 15 – 20 cm	5,61	5,07	79,5	14,5	2,4	2,5
III 0 – 5 cm	5,77	5,01	85,4	8,9	0,9	1,2
III 5 – 10 cm	6,08	5,76	92,5	5,2	0,5	0,6
III 10-15 cm	6,08	5,83	92,0	5,7	0,8	1,0
III 15-20 cm	5,94	5,43	89,5	6,2	1,0	1,4
IV 0 – 5 cm	5,72	5,24	83,5	11,6	2,8	2,1
IV 5 – 10 cm	3,89	2,87	43,2	23,0	17,8	14,5
IV 10 -15 cm	2,91	1,84	27,0	20,8	20,7	26,4
IV 15-20 cm	2,96	1,88	26,5	24,2	20,4	22,6
V 0 – 5 cm	6,00	5,57	91,1	5,2	0,9	1,4
V 5 – 10 cm	5,96	5,67	93,5	8,3	1,3	1,5
V 10 – 15 cm	6,01	5,65	90,6	6,1	1,1	1,4
V 15 – 20 cm	5,76	5,26	84,1	10,1	2,2	2,7

Parcela I: pinus plantado 2008; Parcela II: pinus plantado em 1983; Parcela III: campo nativo; Parcela IV: estrada de uso florestal; Parcela V: pinus plantado em 2006.

Tabela 3 – Valores de distribuição de tamanho de partículas e densidade do solo ( $\text{g cm}^{-3}$ ), de 0 – 20 cm de profundidade, das parcelas experimentais.

Parcela	Areia	Silte	Argila	Densidade
		%		$\text{g cm}^{-3}$
I	8,1	33,3	58,6	0,9
II	5,4	28,8	65,8	0,9
III	6,5	35,5	58,0	1,0
IV	5,9	33,2	61,0	1,2
V	9,6	36,0	54,4	1,0
VI	12,7	39,6	47,7	0,9

Parcela I: pinus plantado 2008; Parcela II: pinus plantado em 1983; Parcela III: campo nativo; Parcela IV: estrada de uso florestal; Parcela V: pinus plantado em 2006; Parcela VI: mata nativa.

Tabela 4 – Valores de porosidade, de 0 a 20 cm de profundidade, das parcelas experimentais, em 04 profundidades, nas parcelas experimentais I, II, III, IV, V e VI.

Parcela / profundidade	Bioporos	Macroporos	Microporos	Porosidade total
		%		
I 00 – 05 cm	5,39	25,62	31,32	56,9
I 05 – 10 cm	12,74	26,72	37,75	64,5
I 10 – 15 cm	13,73	26,18	40,17	66,4
I 15 – 20 cm	12,70	23,05	41,32	64,4
II 00 – 05 cm	11,88	22,91	42,29	65,2
II 05 – 10 cm	12,53	23,10	41,53	64,6
II 10 – 15 cm	16,27	25,85	36,35	62,2
II 15 – 20 cm	11,00	19,66	39,78	59,4
III 00 – 05 cm	0,82	6,40	58,40	64,8
III 05 – 10 cm	2,34	6,31	51,12	57,4
III 10 – 15 cm	2,83	6,34	52,20	58,5
III 15 – 20 cm	1,73	5,46	50,86	56,3
IV 00 – 05 cm	3,44	6,94	42,59	49,5
IV 05 – 10 cm	0,10	2,98	49,18	52,2
IV 10 – 15 cm	1,92	4,43	49,83	54,3
IV 15 – 20 cm	1,99	4,14	48,67	52,8
V 00 – 05 cm	6,90	16,53	41,22	57,7
V 05 – 10 cm	6,57	16,73	44,55	61,3
V 10 – 15 cm	4,81	11,68	46,94	58,6
V 15 – 20 cm	9,76	20,93	43,98	64,9
VI 00 – 05 cm	5,44	15,87	51,19	67,1
VI 05 – 10 cm	7,02	14,55	49,85	64,4
VI 10 – 15 cm	7,75	14,97	48,11	63,1
VI 15 – 20 cm	1,56	3,42	47,00	50,4

Parcela I: pinus plantado 2008; Parcela II: pinus plantado em 1983; Parcela III: campo nativo; Parcela IV: estrada de uso florestal; Parcela V: pinus plantado em 2006; Parcela VI: mata nativa.

### 3.4 AVALIAÇÃO DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO, DOS SEDIMENTOS, DA ÁGUA DO ESCOAMENTO DE TRONCO E DA ÁGUA DA ENXURRADA

Para a água do escoamento de tronco, as mesmas foram acondicionadas em geladeira após a coleta. Para determinação de alguns micronutrientes (Fe, Cu, Zn e Mn), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) e fenóis totais, as amostras foram retiradas 24 horas antes da leitura, para atingirem a temperatura ambiente.

Para a leitura dos nutrientes, uma alíquota de 20 mL da amostra foi acidificada com 0,5 mL de  $\text{HNO}_3$  concentrado. Essa alíquota foi armazenada fora de refrigeração, em potes plásticos lavados com solução limpeza de  $\text{HNO}_3$  a 3%, até o término das leituras. O mesmo procedimento foi adotado para a água da enxurrada, após a separação dos sedimentos por filtração.

Para leitura de fenóis totais a leitura foi realizada por Espectrofotômetro de ultravioleta, com comprimento de onda de 280 nm. As amostras foram lidas diretamente, sem acidificação.

Para obtenção dos teores de fósforo (P) na água do escoamento de tronco e da enxurrada o método usado foi de Murphy & Riley (1962). A leitura foi realizada por Espectrofotômetro de ultravioleta através de fotolorimetria.

Os teores de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) disponíveis, carbono orgânico e matéria orgânica, foram determinados nos sedimentos e no solo, pela metodologia recomendada por Tedesco et al. (1995) e as leituras feitas por Espectrofotômetro de Absorção Atômica de alta resolução, de fonte contínua, com atomização através de chama ar-acetileno, após extração com água régia (URE, 1990 apud PIERANGELI, 1999), com modificações.

A determinação dos teores de alguns micronutrientes (Fe, Cu, Zn e Mn) e potássio (K) semi-totais nas amostras de solo e sedimentos foi realizada por Espectrofotômetro de Absorção Atômica de alta resolução, de fonte contínua, com atomização através de chama ar-acetileno, após extração com água régia (URE, 1990 apud PIERANGELI, 1999), com modificações.

Para a extração com água régia pesou-se 3 g de terra fina seca ao ar ( $< 150 \mu\text{m}$ ), as quais foram colocadas em tubos de ensaio com capacidade de 50 ml. Em seguida, adicionou-se 1 mL de água ultra-pura e 14 ml de solução de água régia (1  $\text{HCl}$  : 3 $\text{HNO}_3$  v:v). A fervura foi branda em bloco digestor por 2 horas com temperatura média de  $100^\circ\text{C}$ . Para minimizar a perda do material durante a fervura, os tubos foram tampados com funil. Após esfriar, a suspensão contida no tubo de ensaio foi filtrada utilizando papel de filtração lenta, lavando-se

o resíduo do tubo e do filtro com 15 ml de  $\text{HNO}_3$  a  $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ . Após a lavagem do material a amostra foi acondicionada em tubetes plásticos previamente limpos com solução limpeza de  $\text{HNO}_3$  a 3%, identificados e pesados. Para posterior cálculo do fator de diluição (FD) seguiram-se os passos:

$$\text{FD}_1 = \text{peso tubete com amostra} - \text{peso tubete vazio} / 3 \text{ g amostra (Equação 01)}$$

Para determinação das concentrações de nutrientes pelo Espectrofotômetro de Absorção Atômica foram coletados 2 ml da amostra obtida pela digestão em água régia e adicionados 20 ml de água ultra-pura, tendo-se assim o segundo FD:

$$\text{FD}_2 = 2 \text{ mL da amostra} + 20 \text{ mL de água} / 2 \text{ mL da amostra (Equação 02)}$$

$$\text{FD Total} = \text{FD}_1 \times \text{FD}_2 \text{ (Equação 03)}$$

Tabela 5 – Concentração de macronutrientes, obtidos sob diferentes métodos de extração, do solo das parcelas experimentais, na data de instalação do experimento, obtidos pelo método da Água Régia.

Parcela / profundidade	P	K	K	Ca	Mg
	(Melich)	(Água régia)	(Melich)	(KCl)	(KCl)
mg dm <sup>-3</sup>					
I 00 – 05 cm	3,8	359	31	2,52	0,83
I 05 – 10 cm	3,3	67	31	2,23	0,79
I 10 – 15 cm	4,4	134	26	0,92	0,63
I 15 – 20 cm	2,4	204	21	0,84	0,49
II 00 – 05 cm	3,6	256	54	2,75	0,85
II 05 – 10 cm	2,9	381	22	1,09	0,77
II 10 – 15 cm	4,2	154	20	0,10	0,53
II 15 – 20 cm	2,9	469	15	0,54	0,57
III 00 – 05 cm	3,6	174	85	2,05	0,90
III 05 – 10 cm	2,7	197	39	0,91	0,57
III 10 – 15 cm	2,7	122	28	0,92	0,46
III 15 – 20 cm	2,2	355	29	1,27	0,40
IV 00 – 05 cm	3,6	414	29	1,04	0,39
IV 05 – 10 cm	2,5	454	17	0,74	0,32
IV 10 – 15 cm	1,8	305	13	0,68	0,25
IV 15 – 20 cm	3,6	283	12	0,99	0,31
V 00 – 05 cm	6,2	253	108	9,01	2,95
V 05 – 10 cm	2,4	1.812	61	4,74	1,83
V 10 – 15 cm	2,9	167	49	4,03	1,58
V 15 – 20 cm	3,3	319	30	2,57	1,09
VI 00 – 05 cm	2,5	215	77	15,67	2,68
VI 05 – 10 cm	2,7	212	42	12,23	2,13
VI 10 – 15 cm	2,5	215	29	7,97	1,50
VI 15 – 20 cm	2,9	166	30	6,50	1,01

Parcela I: pinus plantado 2008; Parcela II: pinus plantado em 1983; Parcela III: campo nativo; Parcela IV: estrada de uso florestal; Parcela V: pinus plantado em 2006; Parcela VI: mata nativa.

Tabela 6 - Concentração de alguns micronutrientes do solo das parcelas experimentais, na data de instalação do experimento, obtidos pelo método da Água Régia.

Parcela/profundidade	Cu	Zn	Mn	Fe
	mg dm <sup>-3</sup>			
I 00 – 05 cm	3,25	3,35	8,95	39.731
I 05 – 10 cm	6,75	4,84	8,15	25.668
I 10 – 15 cm	7,11	4,99	6,17	40.657
I 15 – 20 cm	4,73	3,32	5,05	27.968
II 00 – 05 cm	1,15	4,18	0,00	28.518
II 05 – 10 cm	4,25	3,27	9,17	31.170
II 10 – 15 cm	3,27	3,43	5,79	30.882
II 15 – 20 cm	5,01	3,29	9,46	35.736
III 00 – 05 cm	1,15	1,47	9,61	24.918
III 05 – 10 cm	3,57	4,21	6,83	31.011
III 10 – 15 cm	3,21	3,75	6,90	34.110
III 15 – 20 cm	4,73	3,41	9,38	53.035
IV 00 – 05 cm	5,89	0,33	7,80	48.415
IV 05 – 10 cm	4,16	3,60	8,92	47.239
IV 10 – 15 cm	5,89	3,91	8,80	46.279
IV 15 – 20 cm	4,20	5,01	9,14	43.488
V 00 – 05 cm	1,87	2,28	21,91	23.486
V 05 – 10 cm	4,18	5,99	14,18	43.480
V 10 – 15 cm	7,32	4,58	12,96	33.047
V 15 – 20 cm	3,52	4,24	14,81	47.756
VI 00 – 05 cm	2,64	3,66	40,80	34.525
VI 05 – 10 cm	3,87	4,69	26,69	37.716
VI 10 – 15 cm	3,46	3,38	16,45	41.509
VI 15 – 20 cm	4,04	4,56	12,46	38.454

Parcela I: pinus plantado 2008; Parcela II: pinus plantado em 1983; Parcela III: campo nativo; Parcela IV: estrada de uso florestal; Parcela V: pinus plantado em 2006; Parcela VI: mata nativa.

Tabela 7 – Valores de MO, pH, Al trocável e CTC do solo das parcelas experimentais em diferentes profundidades (0 – 20 cm).

Parcela/profundidade	MO (%)	pH água	Al (Cmolc dm <sup>-3</sup> )	CTC (Cmolc dm <sup>-3</sup> )
I 00 – 05 cm	5,4	4,4	5,0	8,4
I 05 – 10 cm	5,5	4,3	5,2	8,3
I 10 – 15 cm	4,9	4,2	6,2	7,8
I 15 – 20 cm	5,0	4,2	6,5	7,8
II 00 – 05 cm	11,2	4,3	3,9	7,7
II 05 – 10 cm	3,8	4,5	4,7	6,6
II 10 – 15 cm	4,1	4,3	4,6	5,3
II 15 – 20 cm	3,8	4,3	4,9	6,1
III 00 – 05 cm	7,0	4,1	2,9	6,1
III 05 – 10 cm	5,4	4,4	3,8	5,4
III 10 – 15 cm	4,6	4,4	4,5	5,9
III 15 – 20 cm	4,6	4,7	4,3	6,1
IV 00 – 05 cm	3,4	4,4	4,9	6,4
IV 05 – 10 cm	3,1	4,3	5,2	6,3
IV 10 – 15 cm	2,5	4,2	4,1	5,0
IV 15 – 20 cm	2,7	4,2	4,3	5,6
V 00 – 05 cm	7,3	4,5	0,9	13,2
V 05 – 10 cm	5,3	4,9	1,9	8,6
V 10 – 15 cm	4,8	4,7	2,6	8,3
V 15 – 20 cm	4,3	4,8	4,8	7,1
VI 00 – 05 cm	9,1	4,8	0,5	19,1
VI 05 – 10 cm	5,7	4,9	0,8	15,3
VI 10 – 15 cm	5,3	4,8	2,4	11,9
VI 15 – 20 cm	4,6	4,7	3,1	10,6

Parcela I: pinus plantado 2008; Parcela II: pinus plantado em 1983; Parcela III: campo nativo; Parcela IV: estrada de uso florestal; Parcela V: pinus plantado em 2006; Parcela VI: mata nativa.

### 3.5 PROCEDIMENTO DE INSTALAÇÃO DAS PARCELAS

Para isolar a área útil da parcela, foram feitos drenos ao redor da mesma com o objetivo de desviar o excedente de água e sedimentos vindos de áreas adjacentes e evitar que o escoamento saísse de dentro da parcela. Com isso, desviou-se o excedente de enxurrada que provinha de áreas adjacentes e evitou-se que a enxurrada das parcelas fosse desviada de dentro para fora das mesmas. (Figura 13)

Na porção inferior de cada unidade experimental, foi instalada uma calha coletora de enxurrada (Roda Coshocton). A calha foi conectada por meio de uma mangueira a um balde plástico com tampa, com capacidade para 60 litros de água.



Figura 13 – Sequência de imagens mostrando o procedimento de instalação de uma parcela e da Roda Coshocton. Fonte: produção do próprio autor.

### 3.6 INSTALAÇÃO E USO DO AMOSTRADOR DE ENXURRADA: RODA COSHOCTON

A roda amostradora de enxurrada conhecida como roda Coshocton – “Type Runoff Samplers” (PARSONS, 1954), é um equipamento que foi desenvolvido pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos com objetivo de quantificar a erosão em áreas experimentais, fazendo uma amostragem de 1% da enxurrada na área de cada tratamento, ou seja, 1% da água e sedimentos em suspensão perdidos ficam retidos no balde (Figura 14). Essa roda funciona com a impulsão causada pelo fluxo de água direcionado sobre ela. A água quebra a inércia da roda que, ao girar, coleta parte da enxurrada de acordo com a velocidade do fluxo incidente sobre a roda. A coleta dos sedimentos na calha e da água no balde foram realizadas periodicamente nas unidades experimentais, após eventos de chuvas acumuladas.



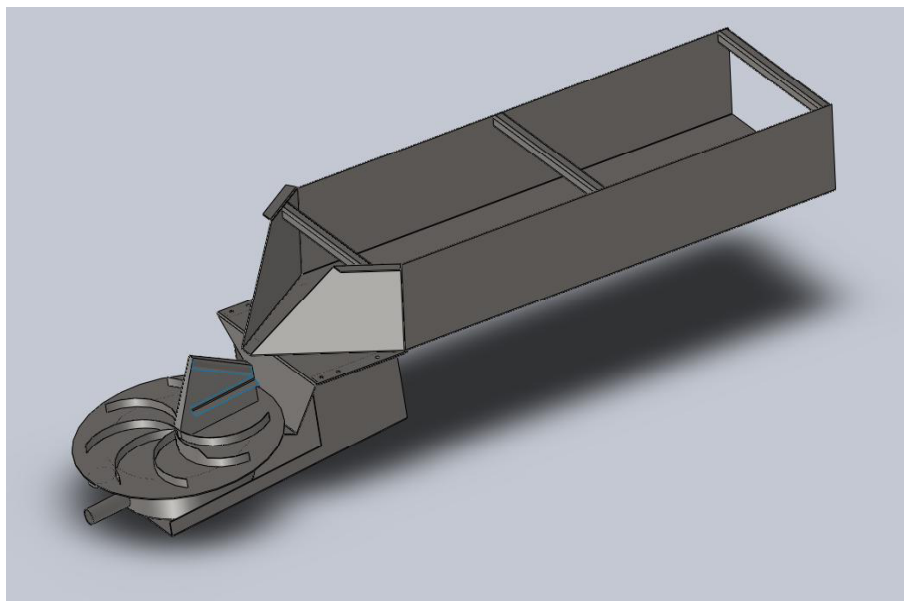


Figura 14 – Desenho da Roda Coshocton. Fonte: Camilo Bertól.

Em relação ao uso da Roda Coshocton, como ferramenta de amostragem de enxurrada, alguns cuidados faz-se necessários. A mesma apresenta alguns problemas relacionados ao mecanismo de quebra de inércia, que pode ser prejudicado por alguns fatores. O nivelamento inadequado da calha impede que a haleta de maior altura, responsável por acumular água para o início do giro, fique em posição errada. Faz-se necessário o uso periódico de nível. (Figura 15)



Figura 15 – Aspectos da instalação e nivelamento da Roda Coshocton. Fonte: produção do próprio autor.

A queda de objetos sobre a calha – folhas, galhos, etc – impede o giro da roda e conseqüentemente a coleta do escoamento. Para contorno desse problema, foram construídos protetores para a roda (Figura 16).



Figura 16 – Aspectos da proteção contra queda de objetos na Roda Coshocton. Fonte: produção do próprio autor.

O crescimento de vegetação no entorno da calha, se não controlado, pode encostar na mesma e impedir o giro da roda. A presença de animais silvestres na área de estudo também pode causar erro experimental, pois os mesmos remexem/reviram a roda, retirando-a do nível ou do seu leito de instalação.

Esses fatores já detectados e outros que ainda possam ser conhecidos podem impedir o funcionamento correto da roda em alguns momentos. Por isso, faz-se necessário um adequado monitoramento do local onde a calha está instalada, com a maior periodicidade possível, sob pena de haver comprometimento das avaliações. Portanto, para experimentos que estão situados a distância, relativamente grandes, do observador responsável e que

dependam de valores de precipitação acumulado, e não individuais, os dados podem alcançar altos valores de erros, dificultando as avaliações.

### 3.7 QUANTIFICAÇÃO DO VOLUME DE CHUVA

Para quantificar o volume de chuva foram colocados três coletores a céu aberto (pluviômetros), distribuídos de forma a abranger o melhor possível a área experimental, a fim de se obter o valor de altura das precipitações em cada parcela. Assim, um pluviômetro situou-se ao lado da parcela I, outro, entre as parcelas III e VI e, o outro, entre as parcelas IV e V. Para obtenção dos valores de precipitação da parcela II, realizou-se uma média entre os valores obtidos na parcela I e na parcela III/VI, pois a mesma localizava-se na metade do caminho.

### 3.8 AVALIAÇÃO DA MASSA VEGETAL EXISTENTE SOBRE O SOLO DAS PARCELAS

A avaliação da quantidade de resíduo vegetal remanescente que permaneceu sobre o solo em cada parcela, foi realizada logo após a implantação das parcelas experimentais, por meio de amostragens pelo método do quadrado. O método consistiu no uso de um quadrado de madeira com  $0,36 \text{ m}^2$  ( $0,6 \times 0,6 \text{ m}$ ), lançado ao acaso dentro da área de cada parcela experimental. Todo o resíduo existente dentro do quadrado foi coletado e submetido à secagem em estufa a temperatura de  $60^\circ \text{ C}$  até peso constante. Na sequência, realizou-se a pesagem do material seco (massa seca) sendo efetuado o cálculo da quantidade de resíduo e expressa em massa por hectare.

A parcela **I** apresentou 10 t/ha, a parcela **II** 51,1 t/ha, a parcela **III** 5,7 t/ha e a parcela **V** 19,1 t/ha.

### 3.9 QUANTIFICAÇÃO DA ÁGUA DO ESCOAMENTO DE TRONCO

Para quantificação do volume da chuva que escoou pelo tronco foram instalados coletores ao redor dos troncos (Figura 17). Os coletores foram confeccionados com mangueiras (1 polegada), transparentes, fixadas com espuma expansiva de poliuretano e braceletes. A superfície de cima da mangueira foi cortada com estilete para confeccionar uma espécie de canaleta que recebia e conduzia o fluxo. A mangueira perfez voltas ao redor do tronco, em forma de espiral, sendo que no final, ela conduzia a água até um balde plástico, tampado, com capacidade de 60 litros, colocado no nível do solo. A quantidade de água escoada pelo tronco das árvores da parcela foi determinada a partir do somatório do escoamento pelo tronco das árvores presentes nas parcelas, com a conversão do volume de água de litros (L) para milímetros de altura da água (mm) feita em relação à área da parcela.

Para quantificação do escoamento de tronco, foi instalado 01 coletor/ árvore/parcela, sendo que na mata nativa, o coletor foi instalado em uma *Araucaria angustifolia* adulta.



Figura 17 – Sequência de instalação dos coletores de escoamento de tronco. Fonte: produção do próprio autor.



### 3.10 QUANTIFICAÇÃO DA PERDA DE SOLO E DE ÁGUA POR ESCOAMENTO SUPERFICIAL

A concentração de sedimentos finos na enxurrada foi determinada em amostras coletadas com quatro frascos de 400 ml cada um. A coleta fez-se após a homogeneização do material contido no balde, conectado a roda Coshocton. Os frascos foram acondicionados em caixas plásticas, previamente identificados e levados ao laboratório. Após a chegada ao laboratório, três frascos eram deixados 24 a 48 horas, com a adição de 03 gotas de HCl 2,5 N em cada frasco para decantação do material. O outro frasco era armazenado em geladeira para posterior análise química da enxurrada. Após a decantação dos sedimentos a água era retirada das amostras sobre os sedimentos dos três frascos, pro meio de um sifão. Os frascos com o restante de água e os sedimentos eram levados à estufa a 60 °C até a secagem. Posteriormente, foram pesados, obtendo-se a massa seca de sedimentos, com a qual se pode calcular a concentração de sedimentos por litro de enxurrada coletada no balde. Os sedimentos contidos nos frascos foram retirados com espátula, após secagem e armazenados para posterior análise química (COGO, 1978).

O solo oriundo da enxurrada, depositado no leito da Roda Coshocton, foi coletado com espátula e acondicionado em balde previamente identificado. Em laboratório, os baldes foram levados a estufa 60 °C até a secagem. O valor da massa seca do solo obtido na calha coletora foi somado ao valor da massa seca de sedimentos da enxurrada, obtido no balde coletor. O valor do somatório de solo perdido foi extrapolado para a área total de cada parcela experimental. Estes resultados foram extrapolados por hectare, determinando assim as perdas de solo em kg/hectare.

A altura da lâmina de enxurrada contida dentro dos baldes coletores conectados à calha foi medida com o auxílio de uma régua de madeira graduada, com 1 metro de comprimento, colocada no centro do balde. Considerando que a altura e o diâmetro do balde eram conhecidos, tornou-se possível determinar o volume de enxurrada total contida no recipiente. O volume de água medida no balde igualmente foi extrapolado para a área total de cada parcela experimental e depois por hectare, sendo expressa em mm.

Para obtenção dos valores da razão de perda de solo e da razão de perda de água considerou-se a parcela IV (estrada florestal), como sendo a referência por apresentar as maiores perdas de água e solo dentre as demais. Os valores de perda de solo e de água determinados nas demais parcelas foram divididos pelos valores obtidos na parcela IV.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram mensuradas, após cada episódio de chuva, as perdas de sedimentos oriundos da erosão hídrica proveniente das parcelas descritas anteriormente. O produto da erosão compreendeu os sedimentos retidos na calha da Roda Coshocton e no balde coletor, bem como as informações de pluviosidade durante o período de avaliação (Tabela 8).

Tabela 8 – Quantificação do volume de chuva acumulada, em espaço aberto, nas parcelas experimentais de setembro de 2009 a janeiro de 2011. A parcela VI foi instalada em fevereiro de 2010.

Época	Parcela I	Parcela II	Parcela III	Parcela IV	Parcela V	Parcela VI
	mm					
Set / 2009	391	393	394	408	408	X
Out / 2009	120	116	112	116	116	X
Nov / 2009	128	153	178	135	135	X
Dez / 2009	68	66	63	92	92	X
Jan / 2010	190	222	253	245	245	X
Fev / 2010	195	179	164	179	179	X
Mar / 2010	40	53	66	68	68	66
Abr / 2010	171	174	178	159	159	178
Mai / 2010	49	54	58	53	53	58
Jun / 2010	170	167	163	165	165	163
Jul / 2010	146	139	133	128	128	132
Ago / 2010	49	48	48	49	49	48
Set / 2010	157	156	155	141	141	155
Out / 2010	25	24	22	42	42	22
Nov / 2010	35	33	31	17	17	31
Dez / 2010	0	0	0	0	0	0
Jan / 2011	45	44	42	106	106	42
Total	1.935	1.997	2.060	2.103	2.103	878

Parcela I: pinus plantado 2008; Parcela II: pinus plantado em 1983; Parcela III: campo nativo; Parcela IV: estrada de uso florestal; Parcela V: pinus plantado em 2006; Parcela VI: mata nativa.

O valor mensal médio mínimo de precipitação ocorreu no mês de dezembro de 2010, onde não choveu durante todo o mês. O valor mensal médio máximo (399 mm) ocorreu no mês de setembro de 2009, mês de instalação do experimento.

É possível perceber (Tabela 8) a variabilidade espacial das chuvas entre as parcelas. As parcelas mais distantes tinham em média 30 km entre elas (parcela I e V), portanto, a distribuição das chuvas foi irregular, principalmente nos períodos de chuvas convectivas.

#### 4.1 PERDAS DE ÁGUA E SOLO POR EROÇÃO HÍDRICA

Tabela 9 – Altura total de chuva e perdas de água na forma de enxurrada e de solo, nas parcelas experimentais de setembro de 2009 a janeiro de 2011. A parcela VI foi instalada em fevereiro de 2010.

Variável	Parcela I	Parcela II	Parcela III	Parcela IV	Parcela V	Parcela VI
Chuva (mm)	1.935	1.997	2.060	2.103	2.103	878
Perda de água (mm)	23	157	13	928	6	3
Perda de solo (kg ha <sup>-1</sup> )	74	40	28	22.000	8	10

Parcela I: pinus plantado 2008; Parcela II: pinus plantado em 1983; Parcela III: campo nativo; Parcela IV: estrada de uso florestal; Parcela V: pinus plantado em 2006; Parcela VI: mata nativa.

Na tabela acima é possível observar a grande variação nas perdas de solo entre as parcelas, onde a parcela com a estrada (parcela IV) apresentou perdas 2.750 vezes maior que a parcela V. Uma variação menor foi verificada na perda de água entre as parcelas, onde as perdas foram seis vezes maiores na estrada (parcela IV) do que na parcela II. Para todas as parcelas a variação nas perdas de solo foram maiores que nas perdas de água. Isso explica-se, em parte, pelo limite de infiltração de água no solo (KOHNEKE, 1968). Uma vez o solo saturado, a chuva excedente em relação à infiltração transforma-se em escoamento superficial, independentemente do manejo do solo.

Em relação a perda de solo, observa-se que houve comportamento semelhante à cobertura do solo. A parcelas que apresentou nenhuma cobertura vegetal no solo (estrada) foi a que apresentou a maior perda de solo (Tabela 09). Em relação as parcelas que apresentavam alguma forma de cobertura vegetal, as perdas de solo variaram de acordo com as especificidades de cada parcela.

Na parcela I, quando o experimento foi instalado, as árvores apresentavam em média 0,5 m de altura e a área ainda apresentava os tocos remanescentes do ciclo anterior. O novo plantio, realizado manualmente por coveamento, favoreceu as baixas perdas de solo durante a avaliação. A cobertura oferecida pelas árvores jovens era baixa na época da instalação do experimento, tendo somente algumas gramíneas pioneiras fazendo a cobertura superficial do solo e os restos remanescentes do cultivo anterior.

A declividade da parcela era bastante irregular, conforme pode ser observada na figura 7, onde verificou-se várias depressões no terreno, inclusive perto do ponto de coleta da Roda Coshocton. Dessa forma, algumas ponderações podem ser feitas sobre essa parcela durante o trabalho. Devido a presença dos tocos e dos restos vegetais do ciclo anterior, canais de infiltração de água no solo permaneceram intactos enquanto as raízes velhas estavam

decompondo diminuindo o escoamento superficial devido ao favorecimento da entrada de água no solo. Isso foi verificado devido a presença de precipitação no coletor, porém com nenhuma coleta de escoamento verificada junto a Roda Coshocton, em 16 das 36 coletas realizadas. No entanto, as 20 coletas de escoamento superficial que foram verificadas, foram responsáveis por perdas de solo de  $74 \text{ kg ha}^{-1}$ , superiores as demais parcelas com coberturas mais efetivas ao solo (Figura 18 – gráfico perda de solo x perda de água). Segundo Bertol e Almeida (2000), o valor de tolerância de perda de solo para o Neossolo é de  $2 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , bem acima do valor encontrado na parcela I. Nessa parcela, o coeficiente de escoamento foi de 0,01. Cavichiolo (2005), em Argissolo Vermelho, obteve perdas de  $180 \text{ kg ha}^{-1}$ , em parcela de implantação de pinus por coveamento. Para ambos os casos, os valores obtidos de limite de tolerância de perda de solo são baixos quando o pinus é plantado com a abertura de covas manualmente.

O Coeficiente de Escoamento foi obtido da seguinte maneira:

$$\text{CEsc} = \text{Perda de água (mm)} / \text{Volume precipitado (mm)} \text{ (Equação 04)}$$



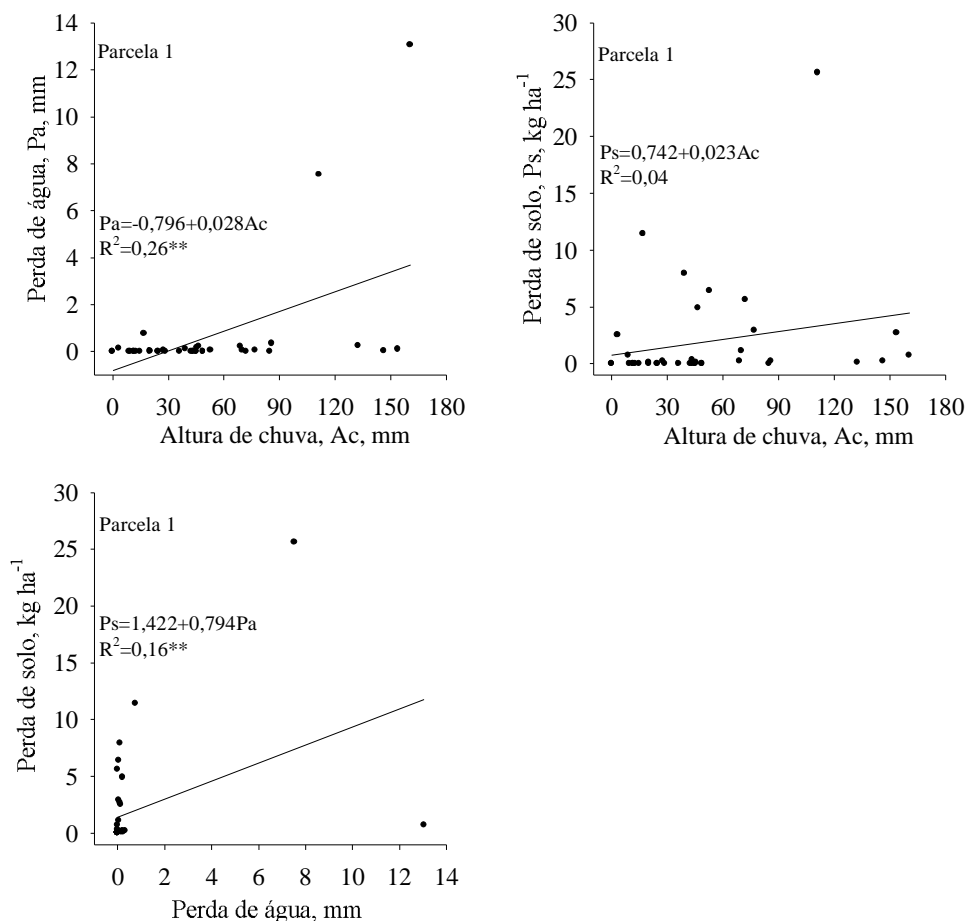


Figura 18 – Relação de perda de água (Pa) com altura de chuva (Ac), perda de solo (Ps) com altura de chuva (Ac) e perda de solo (Ps) com perda de água (Pa) na parcela I. \*\* Significativo a 1%.

Observa-se para figura 18 e para as demais que seguem após, com exceção da parcela IV, que os valores para as correlações feitas foram baixos ( $R^2$ ). As figuras buscam mostrar o efeito das chuvas sobre o solo de cada parcela avaliada. Quanto menor o efeito dela nas perdas de água e solo, menor será a correlação entre essas variáveis. Esse menor efeito é verificado em sistemas conservacionistas, onde o efeito do impacto da gota da chuva sobre o solo é nulo ou desprezível.

Na parcela II, as árvores foram plantadas em 1983, estando com 26 anos na data de instalação do experimento. Nessa parcela, tanto a cobertura viva (dossel) como a cobertura morta (serapilheira) contribuíram para as baixas perdas de solo. A parcela apresentava 51 t/ha de cobertura vegetal sobre o solo. Uma especificidade dessa parcela foi a localização da roda coletora de enxurrada Coshocton, onde a mesma ficou instalada numa zona de interfluxo, fazendo com que as perdas de água fossem superestimadas (Figura 19 – gráfico perda de água

x altura de chuva). Por isso a correlação entre perda de água (Pa) com altura de chuva (Ac) deram o maior valor ( $R^2 = 0,64$ ). Assim, mesmo após o cessamento da chuva, o fluxo de água de escoamento superficial mantinha-se por mais tempo que nas demais parcelas. O coeficiente de escoamento foi de 0,07. As perdas de solo foram consideradas desprezíveis ( $40 \text{ kg ha}^{-1}$ ) durante os 17 meses avaliados (Gráfico de perda de água x altura de chuva), tendo em vista o limite de tolerância de perda de solo para Latossolo, que é de  $10 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , segundo Bertol e Almeida (2000).

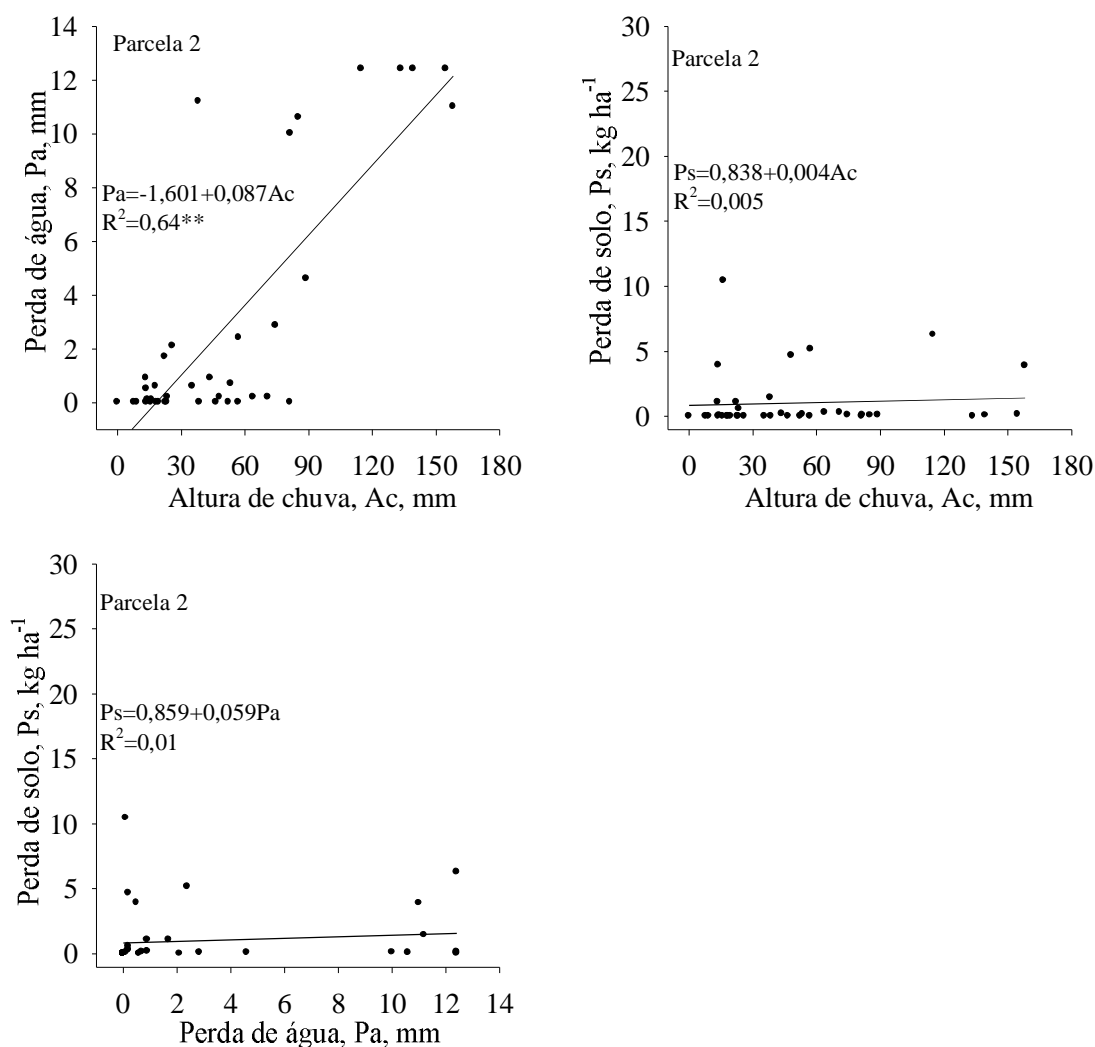


Figura 19 – Relação de perda de água (Pa) com altura de chuva (Ac), perda de solo (Ps) com altura de chuva (Ac) e perda de solo (Ps) com perda de água (Pa) na parcela II.  $^{**}$  Significativo a 1%.

Na parcela III, a qual possuía uma cobertura vegetal nativa da região, o campo nativo, o solo permaneceu completamente coberto durante todo o trabalho, não sofrendo nem queimas, nem roçadas, práticas tradicionais da região da serra catarinense. Bertol, et al.

(2011), em trabalho realizado com campo nativo sob queima e em condições naturais, observou perdas de solo de  $16,7 \text{ kg ha}^{-1}$  em campo não queimado com cobertura de  $9 \text{ t ha}^{-1}$  de fitomassa, com a declividade da parcela de 8%. Na parcela III a declividade média foi de 16%, com cobertura de  $5,7 \text{ t ha}^{-1}$  de fitomassa onde quantificou-se  $28,4 \text{ kg ha}^{-1}$  de perda de solo em 17 meses. Levando em consideração o limite de tolerância de perda de solo, para o Nitossolo –  $12 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  – as perdas no campo nativo são consideradas baixas, como pode ser verificado no gráfico de perda de solo (Ps) com altura de chuva (Ac) (Figura 20). O coeficiente de escoamento foi 0,006, considerado muito baixo – gráfico de perda de água (Pa) com altura de chuva (Ac) – mesmo apresentando o valor de correlação mais alto entre os gráfico ( $R^2 = 0,22$ ).

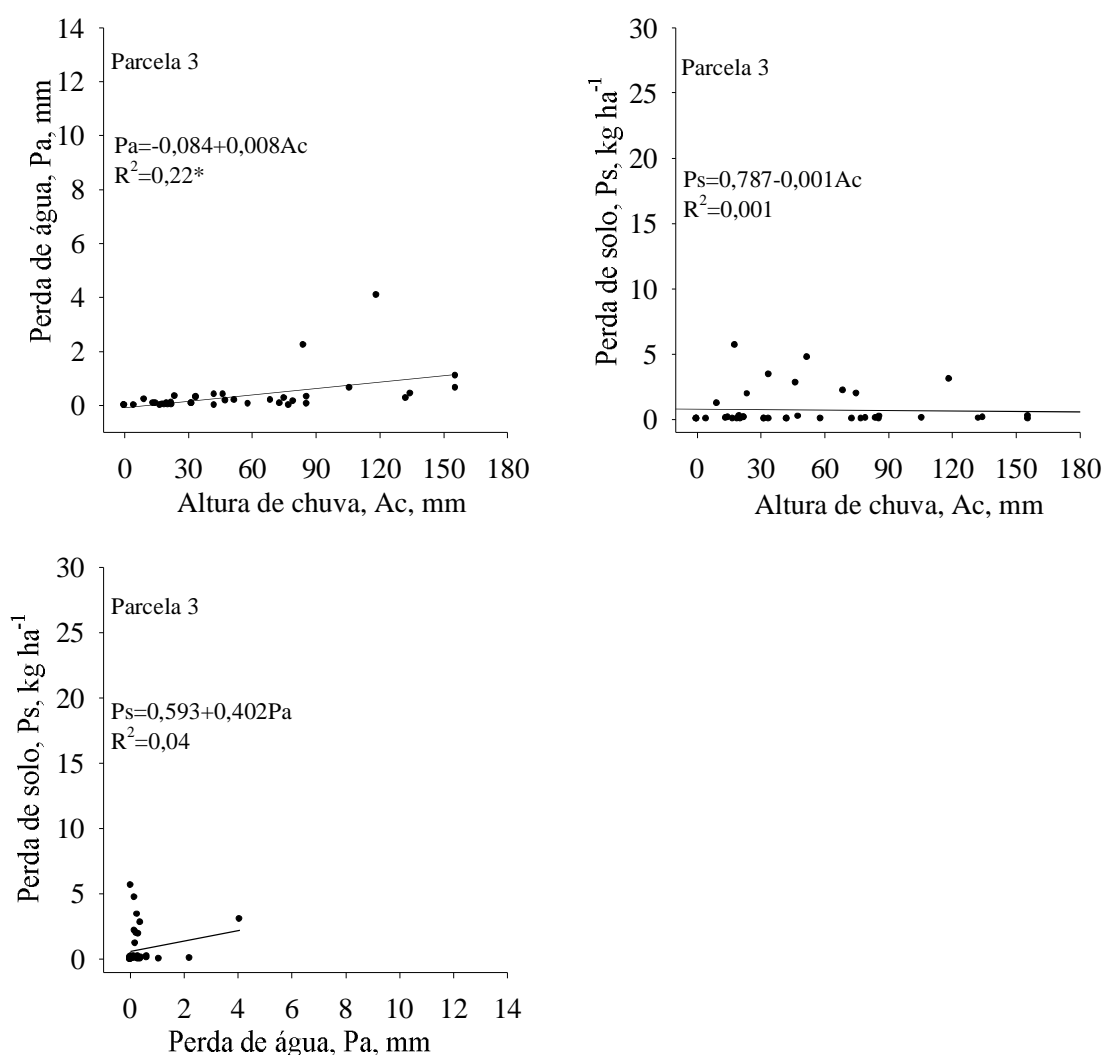


Figura 20 – Relação de perda de água (Pa) com altura de chuva (Ac), perda de solo (Ps) com altura de chuva (Ac) e perda de solo (Ps) com perda de água (Pa) na parcela III. \* Significativo a 5%.

A parcela IV, uma estrada de uso florestal, apresentou as maiores perdas de solo ( $22 \text{ t ha}^{-1}$ ), durante os 17 meses avaliados. Dados semelhantes foram encontrados por Camargo Corrêa (2005) quando avaliou perdas de solo em estradas de uso florestal no município de Itaiópolis – SC, onde encontrou perdas em torno de  $18 \text{ t ha}^{-1}$ , em 15 meses, em estradas sem leito revestido (cascalhado) e sem caixas de retenção de água como medidas de conservação. Segundo Bertol e Almeida (2000), para o Nitossolo a tolerância de perda de solo é de  $12 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , metade do que foi perdido durante os meses avaliados. Esses números reforçam os cuidados na implantação e manutenção das redes viárias nos empreendimentos, pois as estradas são as principais causadoras de enxurradas, quando comparadas aos demais usos do solo estudados.

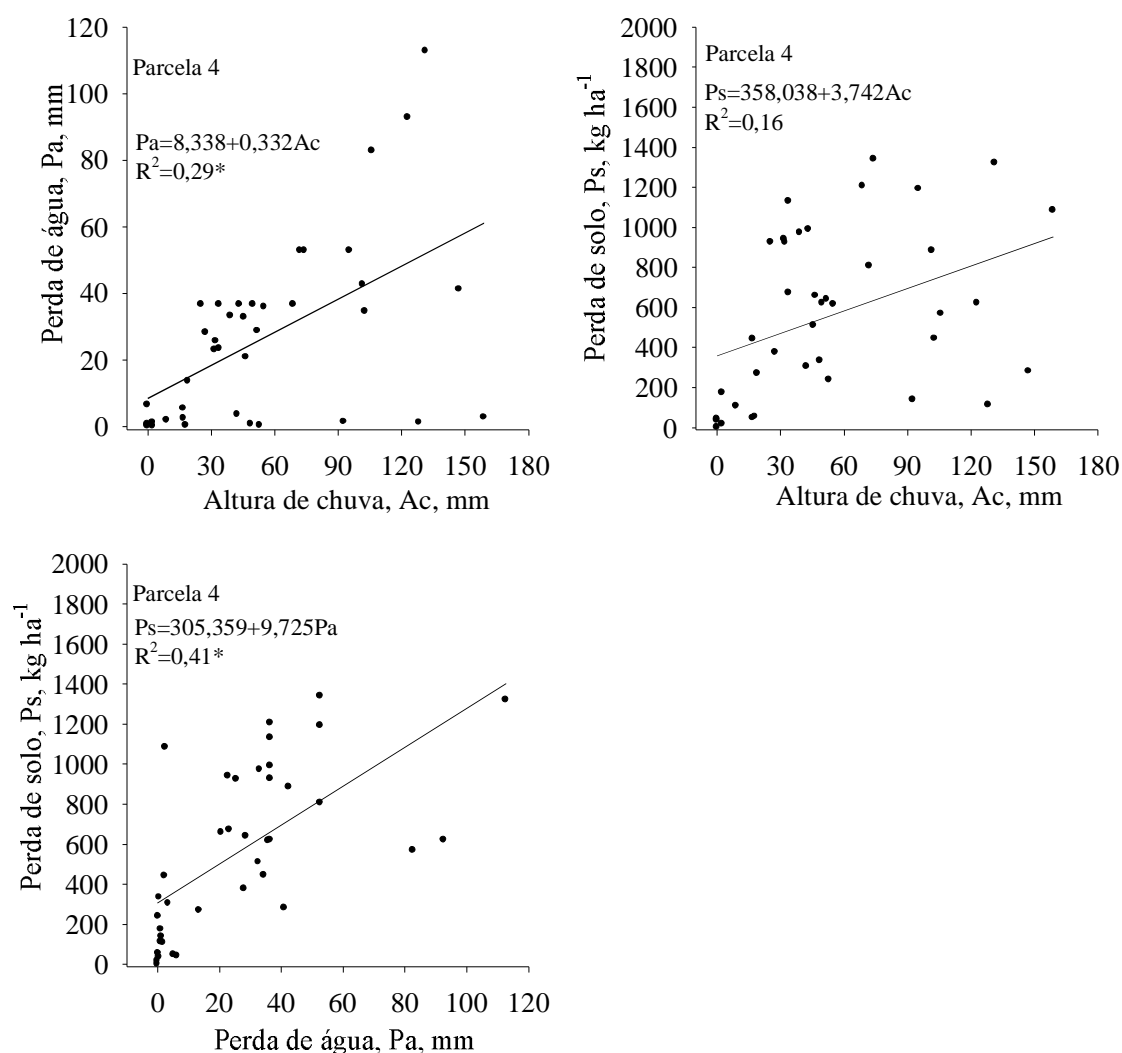


Figura 21 – Relação de perda de água (Pa) com altura de chuva (Ac), perda de solo (Ps) com altura de chuva (Ac) e perda de solo (Ps) com perda de água (Pa) na parcela IV. \* Significativo a 5%.

Tendo em vista os valores de perda de solo em cultivos agrícolas sob preparo intensivo do solo, as perdas observadas na estrada são inferiores. Para isso deve-se considerar que nas estradas há a retirada do horizonte superficial do solo a fim de se obter um leito de alta densidade, firme ao tráfego de veículos pesados. Na parcela IV foram retirados os primeiros 70 cm do solo, o que, de acordo com a descrição feita, a camada abaixo equivale ao horizonte B/A, com 75% de argila (Tabela 1). As variáveis apresentaram os maiores valores quando comparadas as demais parcelas, pois a estrada de uso florestal é a parcela que não apresenta nenhuma prática conservacionista de uso do solo. Outra particularidade da parcela IV foi a presença de povoamentos de pinus adultos plantados em ambos os lados da estrada, amenizando a incidência da chuva sobre a mesma. Contudo, o coeficiente de escoamento foi de 0,44, um valor alto, principalmente quando comparado com as demais parcelas.

Na parcela V, as perdas de solo foram as mais baixas em relação às demais parcelas. O número de árvores presentes na parcela, um dossel com 55 árvores, juntamente com a alta cobertura do solo – 19 t ha<sup>-1</sup> de serapilheira – ofereceram uma grande proteção ao solo contra os agentes erosivos. Nessa parcela, o escoamento de tronco apresentou grande efeito na chegada da chuva até o solo, onde encontrava canais preferenciais de infiltração e não formava enxurrada, onde as perdas de solo foram de 7,8 kg ha<sup>-1</sup>. Para o Nitossolo, a tolerância de perda de solo é de 12 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, portanto, os valores encontrados de perda de solo nessa parcela são baixos em relação ao limite de tolerância. Como mostram os gráficos (Figura 22), a altura de chuva não incrementou as perdas de solo e de água durante os meses avaliados. O coeficiente de escoamento foi de 0,002, o mais baixo entre as parcelas.

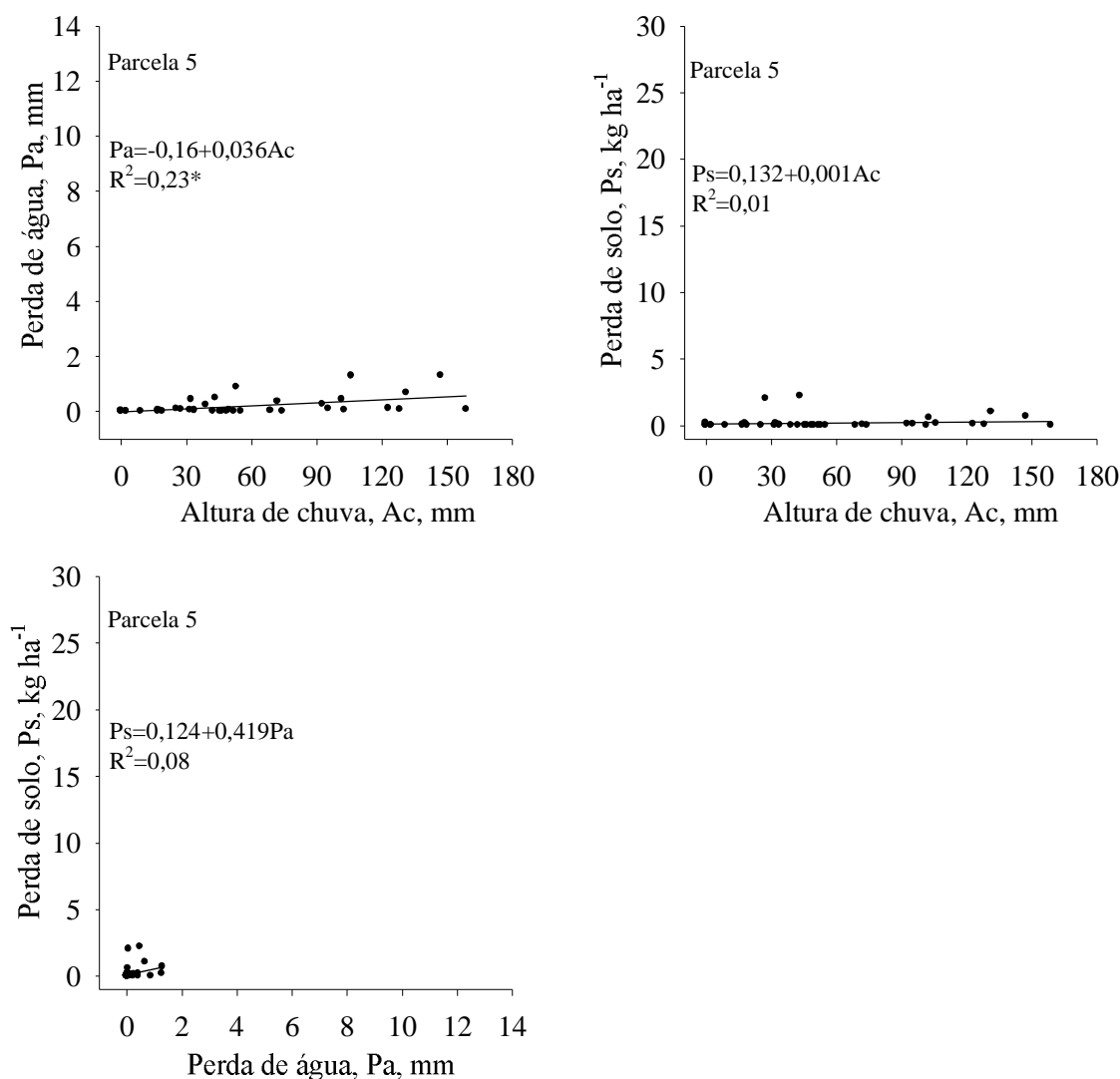


Figura 22 – Relação de perda de água ( $P_a$ ) com altura de chuva ( $Ac$ ), perda de solo ( $P_s$ ) com altura de chuva ( $Ac$ ) e perda de solo ( $P_s$ ) com perda de água ( $P_a$ ) na parcela V. \* Significativo a 5%.

Na parcela VI, observando as perdas de solo em mata nativa (Figura 23), as mesmas foram de  $10\ kg\ ha^{-1}$  no período avaliado (11 meses), valores baixos para o Nitossolo, já citados anteriormente. Pires, et al. (2006), avaliando perdas de solo em plantios de eucalipto em comparação com mata nativa, em Argissolo, também obteve os menores valores na vegetação nativa ( $137\ kg\ ha^{-1}$ ) quando comparados aos valores obtidos com o plantio de florestas exóticas em diferentes sistemas de manejo: plantado no sentido do declive ( $386\ kg\ ha^{-1}$ ) e plantado em nível ( $236\ kg\ ha^{-1}$ ). Observando a situação em que cada trabalho se desenvolveu (tipo de solo, declividade da parcela, tipo de cobertura) é de consenso que a

vegetação nativa é um referencial de mínimo escoamento superficial e perdas de solo, conforme constatado também no presente estudo.

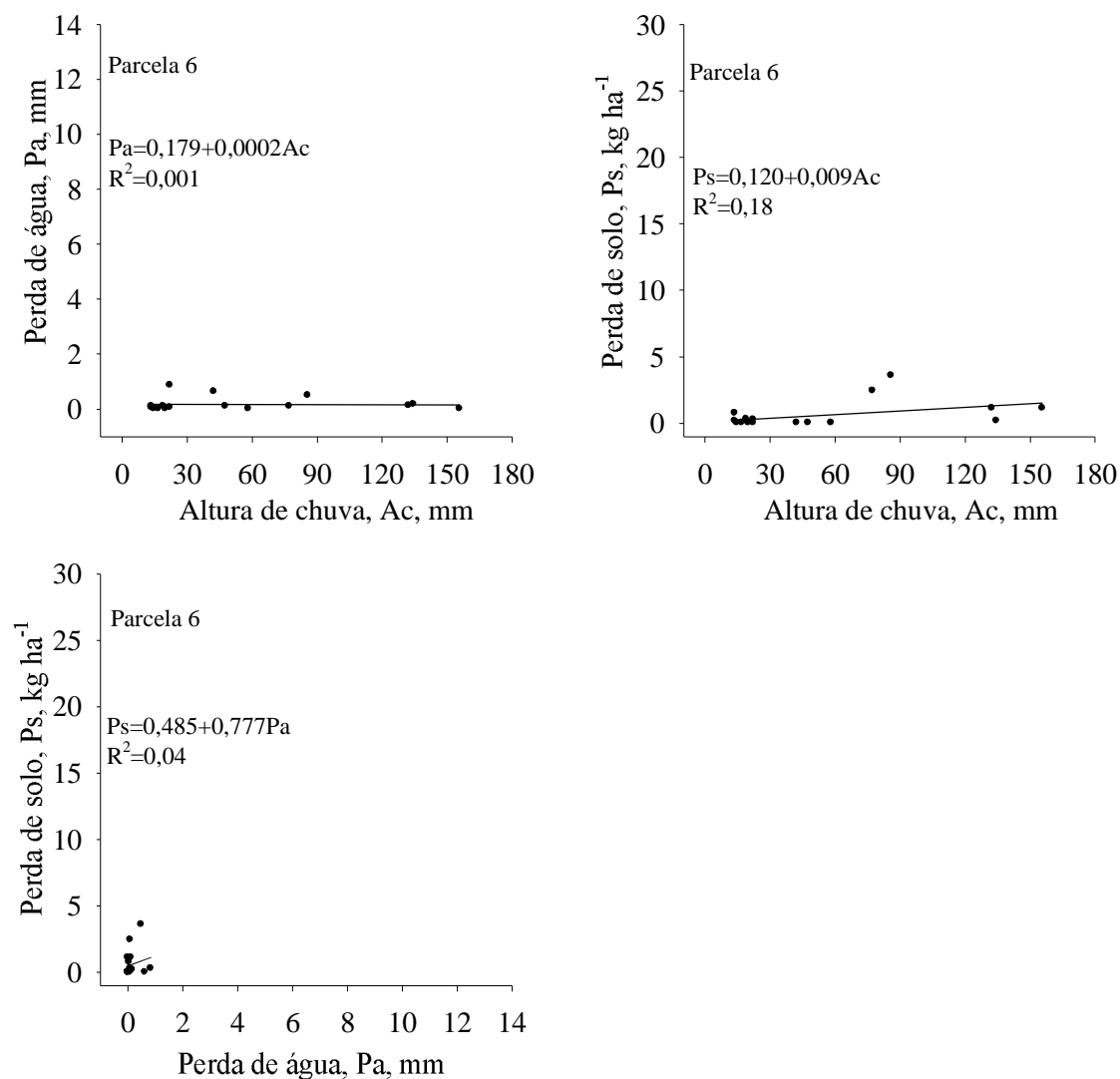


Figura 23 – Relação de perda de água (Pa) com altura de chuva (Ac), perda de solo (Ps) com altura de chuva (Ac) e perda de solo (Ps) com perda de água (Pa) na parcela VI.

## 4.2 PERDA DE ELEMENTOS QUÍMICOS NOS SEDIMENTOS E NA ÁGUA DA ENXURRADA

A análise compreendeu a quantificação de alguns elementos adsorvidos aos sedimentos que ficaram acumulados na roda amostradora de enxurrada – Coshocton, presentes na calha da mesma e nos sedimentos retidos no balde coletor, bem como na água da enxurrada, em todas as parcelas avaliadas.

Tabela 10 – Teores de P, K, Ca e Mg no solo e sedimentos (balde e calha) das parcelas experimentais, obtidos sob diferentes métodos de extração durante o período de setembro de 2009 a janeiro de 2011, em relação aos teores presentes inicialmente no solo de cada parcela.

<b>Concentração no solo (camada 0 – 5 cm)</b>					
Parcela	P (Melich) mg dm <sup>-3</sup>	K (Água régia) mg kg <sup>-1</sup>	K (Melich) mg dm <sup>-3</sup>	Ca (KCl) mg dm <sup>-3</sup>	Mg (KCl) mg dm <sup>-3</sup>
Parcela I	3,8	359	31	504	99,6
Parcela II	3,6	256	54	550	102
Parcela III	3,6	174	85	410	108
Parcela IV	3,6	414	29	208	46,8
Parcela V	6,2	253	108	180	354
Parcela VI	2,5	215	77	3.140	321,6
<b>Sedimentos retidos no balde – mg dm<sup>-3</sup></b>					
Sedimento balde I	-	44,7	-	-	-
Sedimento balde II	-	473,4	-	-	-
Sedimento balde III	-	-	-	-	-
Sedimento balde IV	4,5	325,5	58	80	72
Sedimento balde V	-	-	-	-	-
Sedimento balde VI	-	-	-	-	-
<b>Sedimentos retidos da calha – mg dm<sup>-3</sup></b>					
Sedimento calha I	9,3	63,2	68	520	120
Sedimento calha II	6,2	360,6	57	300	171
Sedimento calha III	-	313,3	-	-	-
Sedimento calha IV	6,5	258,9	63	260	48
Sedimento calha V	-	-	-	-	-
Sedimento calha VI	-	-	-	-	-

Parcela I: pinus plantado 2008; Parcela II: pinus plantado em 1983; Parcela III: campo nativo; Parcela IV: estrada de uso florestal; Parcela V: pinus plantado em 2006; Parcela VI: mata nativa. Para (-) não havia material suficiente para realização das análises.

Pode ser observado que para algumas parcelas, não havia material suficiente para realização das análises químicas. Nesse ponto, o método de extração por Água Régia apresenta a vantagem de utilizar baixas quantidades de solo e/ou sedimento, para realização do procedimento. Para esse tipo de trabalho, onde alguns tratamentos apresentaram perdas desprezíveis de solo e/ou sedimento, esse método de extração é uma alternativa. Esse método



de extração, devido a digestão ácida realizada no material a ser analisado, libera nutrientes estruturais das partículas do solo, apresentando resultados bastante superiores aos métodos tradicionais de extração, que muitas vezes apresentam somente os valores do elemento na fase trocável.

A parcela IV foi a que apresentou as maiores perdas de solo, de todas as parcelas avaliadas, tendo sedimentos coletados na calha e no balde, em quantidade suficiente para realização de todas as análises. As parcelas V e VI não tiveram sedimentos suficientes para realização de nenhuma das análises em sedimentos, tendo em vista as perdas desprezíveis já discutidas anteriormente.

Verificando os teores de nutrientes presentes nos sedimentos oriundos da erosão (Tabela 10), os valores dos mesmos foram superiores aos presentes no solo. Segnfredo et al. (1997) afirmaram que o material erosionado é mais rico em fósforo, cálcio, magnésio, potássio e matéria orgânica do que o solo original. Isto seria devido à granulometria do material transportado, o qual é mais rico em silte e argila do que o solo de onde se originou os sedimentos. Uma vez que estas partículas são mais facilmente transportadas e contêm maiores quantidades de nutrientes adsorvidos (FREITAS e CASTRO, 1983). De modo geral, cálcio e magnésio são perdidos em grandes quantidades nos sedimentos da erosão (CASTRO et al., 1986; DEDECECK et al., 1986; BERTOL, 1994), especialmente o cálcio que está adsorvido aos colóides do solo, o que facilita o seu transporte nos sedimentos. Na parcela IV, onde foi possível realizar as análises químicas em todas as fases (solo, sedimentos da calha, sedimentos em água), observou-se o mesmo fenômeno. Nas demais parcelas, onde somente algumas análises foram realizadas, também foi detectado o enriquecimento dos sedimentos em relação aos valores originais do solo.

Em relação a taxa de enriquecimento dos sedimentos (TES), que é a proporção que aumenta o teor do nutriente no sedimento em relação ao solo, para fósforo, as parcelas I e IV apresentaram os maiores valores, 2,44 e 3,05 respectivamente. As mesmas eram as que apresentavam a maior exposição do solo aos agentes erosivos, devido a baixa cobertura. A parcela II, que apresentava cobertura, o valor da taxa foi de 1,72. Para potássio, se repete o mesmo comportamento, onde as taxas foram 2,2 e 6 respectivamente.

Na parcela II o valor foi 1,05. Para cálcio as taxas foram de 1,03 e 1,63 respectivamente na parcela I e IV, enquanto na parcela II o valor foi de 0,5. O comportamento difere para magnésio, onde a parcela II apresentou uma taxa de enriquecimento de 1,67 e a parcela I foi de 1,2. No entanto a parcela IV continuou apresentando a maior taxa, 2,56. Para as demais, III, V e VI, não havia material suficiente para realização das análises.

Para todas as parcelas foram observadas as perdas maiores para potássio do que fósforo nos sedimentos, o que também foi verificado por Castro et al. (1986), Dedeczek et al. (1986) e Seganfredo et al. (1997). Isto ocorre pela sua maior solubilidade em relação ao fósforo, o que facilitou o transporte pela água e, principalmente, por seu maior teor no solo (SCHICK, 2000).

Reissmann e Wisnewski (2005) avaliaram a produção de serapilheira e deposição de macro e micronutrientes em plantios de *Pinus taeda* em vários solos. Os mesmos observaram, para uma média de 7,8 t ha<sup>-1</sup> de serapilheira, uma deposição no solo de 29,6 kg ha<sup>-1</sup> de cálcio, 6,4 kg ha<sup>-1</sup> de magnésio, 7,9 kg ha<sup>-1</sup> de potássio e 2,7 kg ha<sup>-1</sup> de fósforo. Esses elementos, uma vez mineralizados, podem ser absorvidos pelas plantas ou lixiviados pela ação da água da chuva. Portanto, se os elementos não forem reaproveitados quando entram no solo, podem sair do sistema, comprometendo a capacidade nutricional do solo. A Tabela 10 mostra uma parte da saída desses elementos do sistema, tendo ainda a água da enxurrada uma contribuição significativa para as perdas.

As teores de macro e micronutrientes encontradas na água da enxurrada são baixas em relação ao solo e sedimento. As perdas destes elementos estão mais relacionadas com os sedimentos, de forma que na água os valores são mais baixos. É possível verificar isso nas Tabelas 10, 11, 12, 13 e 14.

Tabela 11 – Teores de Cu, Zn, Mn e Fe, contidos no solo das parcelas, nos sedimentos no balde e nos sedimentos na calha acumulados durante o período de setembro de 2009 a janeiro de 2011, obtidos pelo método de extração em água régia, em relação aos teores presentes inicialmente no solo de cada parcela.

<b>Concentração no solo (camada 0 – 5 cm)</b>				
	<b>mg kg<sup>-1</sup></b>			
Parcela	Cu	Zn	Mn	Fe
Parcela I	3,25	3,35	8,95	39.731
Parcela II	1,15	4,18	0,00*	28.518
Parcela III	1,15	1,47	9,61	24.918
Parcela IV	5,89	0,33	7,80	48.415
Parcela V	1,87	2,28	21,91	23.486
Parcela VI	2,64	3,66	40,80	34.525
<b>sedimentos retidos no balde</b>				
Sedimento balde I	3,4	2,2	0,00*	41.374
Sedimento balde II	2,5	5,2	12,2	39.791
Sedimento balde III	-	-	-	-
Sedimento balde IV	3,8	3,3	10,9	50.085
Sedimento balde V	-	-	-	-
Sedimento balde VI	-	-	-	-
<b>sedimentos retidos da calha</b>				
Sedimento calha I	5,1	9,0	20,9	63.623
Sedimento calha II	5,9	6,8	11,4	49.109
Sedimento calha III	8,7	3,8	12,3	46.770
Sedimento calha IV	5,9	6,6	0,1	47.453
Sedimento calha V	-	-	-	-
Sedimento calha VI	-	-	-	-

Parcela I: pinus plantado 2008; Parcela II: pinus plantado em 1983; Parcela III: campo nativo; Parcela IV: estrada de uso florestal; Parcela V: pinus plantado em 2006; Parcela VI: mata nativa. Para (-) não havia material suficiente para realização das análises.\*amostra perdida.

As taxas de enriquecimento dos sedimentos (Tabela 11) também foram verificadas para os micronutrientes. Para cobre as parcelas II e III foram as que apresentaram as maiores taxas, 7,3 e 7,6 respectivamente. A parcela IV, diferente do esperado, apresentou o menor valor (1,6) e o maior teor no solo. O oposto foi verificado para zinco, onde a parcela IV apresentou o menor teor no solo e uma expressiva taxa (30), quando comparada com as demais parcelas, que tiveram uma média de 2,7. Para manganês, as análises foram prejudicadas devido a falta de material e pela perda de duas amostras. Para o elemento ferro, devido aos altos teores no solo, nos sedimentos também os valores foram altos e semelhantes para todas as parcelas avaliadas. Para os micronutrientes, depositados por 8 t ha<sup>-1</sup> de serapilheira de *Pinus taeda*, Reissmann e Wisnewski (2005) encontraram uma deposição de 1.083 g ha<sup>-1</sup> de ferro, 4.643 g ha<sup>-1</sup> de manganês, 43 g ha<sup>-1</sup> de cobre e 84 g ha<sup>-1</sup> de zinco. Os elementos ferro e manganês são os mais presentes no solo e também, segundo os valores

acima, são os mais depositados pela serapilheira, consequentemente são os que aparecem em maior concentração nos sedimentos perdidos durante a erosão hídrica.

Verificando as perdas de macro e micronutrientes nos sedimentos (tabela 12) oriundos das parcelas com cobertura, as perdas são menores do que os resultados obtidos para áreas agrícolas, onde normalmente são efetuadas aplicações de insumos. No entanto, considerando que a cultura do pinus não requer essas aplicações, fica evidente a importância do manejo adequado do solo uma vez que o preparo impróprio favorece seu empobrecimento pelas perdas de nutrientes transportados no processo de erosão hídrica.

Tabela 12 – Quantidades perdidas de macro e micronutrientes (g/ha) nos sedimentos da enxurrada, durante o período de setembro de 2009 a janeiro de 2011. A parcela VI foi instalada em fevereiro de 2010.

	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>K</b>	<b>P</b>
	<b>kg ha<sup>-1</sup></b>			
Parcela I	5,30	1,18	0,45	0,09
Parcela II	2,96	1,10	8,34	0,06
Parcela III	-	-	-	-
Parcela IV	7,30	2,69	12,84	0,24
Parcela V	-	-	-	-
Parcela VI	-	-	-	-
	<b>Cu</b>	<b>Zn</b>	<b>Mn</b>	<b>Fe</b>
	<b>kg ha<sup>-1</sup></b>			
Parcela I	0,08	0,14	0,33	1034,2
Parcela II	0,09	0,09	0,11	904,8
Parcela III	-	-	-	-
Parcela IV	0,21	0,22	0,24	2143,3
Parcela V	-	-	-	-
Parcela VI	-	-	-	-

Parcela I: pinus plantado 2008; Parcela II: pinus plantado em 1983; Parcela III: campo nativo; Parcela IV: estrada de uso florestal; Parcela V: pinus plantado em 2006; Parcela VI: mata nativa.

Tabela 13 – Teores médios de alguns macronutrientes na água da enxurrada, durante o período de setembro de 2009 a janeiro de 2011 nas parcelas experimentais, em relação aos valores contidos no solo. A parcela VI foi instalada em fevereiro de 2010.

<b>Concentração no solo (0 – 5 cm) – mg L<sup>-1</sup></b>				
Parcela	Ca	Mg	K	P
Parcela I	504	99,6	31	3,8
Parcela II	550	102	54	3,6
Parcela III	410	108	85	3,6
Parcela IV	208	46,8	29	3,6
Parcela V	180	354	108	6,2
Parcela VI	3.140	321,6	77	2,5
<b>Concentração na água da enxurrada – mg L<sup>-1</sup></b>				
Parcela I	0,72	0,021	0,625	0,0
Parcela II	0,94	0,011	0,371	0,0
Parcela III	4,34	0,015	0,798	0,013
Parcela IV	2,50	0,032	0,922	0,017
Parcela V	6,48	0,012	0,621	0,0
Parcela VI	20,0	0,234	9,256	0,243

Parcela I: pinus plantado 2008; Parcela II: pinus plantado em 1983; Parcela III: campo nativo; Parcela IV: estrada de uso florestal; Parcela V: pinus plantado em 2006; Parcela VI: mata nativa.

Com exceção da parcela VI, a mata nativa, os valores de fósforo na água da enxurrada (Tabela 13) permaneceram dentro dos limites da Resolução do CONAMA, Brasil (2005), a qual determina que os teores de fósforo total na água doce não devem ultrapassar 0,02 mg L<sup>-1</sup>.

Convém salientar que, para a maioria das leituras de fósforo na água da enxurrada, das parcelas de I, II e V, os valores foram iguais a zero. Foram colocadas na tabela, as leituras que apresentaram valores superiores a zero. Para a parcela VI, em mata nativa, todas as leituras em água de enxurrada apresentaram resultados positivos para fósforo e foi a parcela que apresentou as maiores perdas desse nutriente em água (6,6 g ha<sup>-1</sup>), mesmo apresentando o menor valor do elemento no solo (2,5 mg dm<sup>-3</sup>). Porém, verificando os teores de fósforo que chegam até o solo através da água do escoamento de tronco (Tabela 18), nota-se os altos teores do elemento entrando no solo, compondo a solução. Dessa forma, da mesma maneira em que ocorrem as maiores perdas também ocorrem as maiores entradas de fósforo no sistema. Nesse caso o escoamento de tronco participa de forma significativa na entrada desse nutriente nessa parcela, mantendo o equilíbrio tão citado dos ecossistemas naturais. Schick et al. (2000), analisando água de enxurrada, quantificou maiores teores de potássio do que de fósforo, como também foi verificado para todas as parcelas avaliadas (Tabela 13). Segundo os autores, isso ocorre em razão da maior solubilidade deste elemento, em relação ao fósforo, o que facilita seu transporte pela água e também porque está presente em maior quantidade no solo do que o fósforo.

Tabela 14 – Teores médios de alguns micronutrientes na água da enxurrada, durante o período de setembro de 2009 a janeiro de 2011 nas parcelas experimentais, em relação aos valores contidos no solo. A parcela VI foi instalada em fevereiro de 2010.

<b>Concentração no solo (0 – 5 cm) – mg L<sup>-1</sup></b>				
Parcela	Cu	Zn	Mn	Fe
Parcela I	3,25	3,35	8,95	39.731
Parcela II	1,15	4,18	0,00*	28.518
Parcela III	1,15	1,47	9,61	24.918
Parcela IV	5,89	0,33	7,80	48.415
Parcela V	1,87	2,28	21,91	23.486
Parcela VI	2,64	3,66	40,80	34.525
<b>Concentração na água da enxurrada – mg L<sup>-1</sup></b>				
Parcela I	0,0	0,0147	0,0001	0,1099
Parcela II	0,0005	0,0076	0,0	0,0735
Parcela III	0,0	0,0297	0,0010	0,0921
Parcela IV	0,0010	0,0089	0,0021	0,1369
Parcela V	0,0	0,0361	0,0001	0,0897
Parcela VI	0,0030	0,0130	0,0040	0,0430

Parcela I: pinus plantado 2008; Parcela II: pinus plantado em 1983; Parcela III: campo nativo; Parcela IV: estrada de uso florestal; Parcela V: pinus plantado em 2006; Parcela VI: mata nativa.\*amostra perdida.

Tabela 15 – Quantidades perdidas de macro e micronutrientes (g/ha) na água da enxurrada, durante o período de setembro de 2009 a janeiro de 2011. A parcela VI foi instalada em fevereiro de 2010.

	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>K</b>	<b>P</b>
	<b>g ha<sup>-1</sup></b>			
Parcela I	165,8	4,8	144,3	0,0
Parcela II	1486,6	17,8	584,1	0,0
Parcela III	564,7	2,0	103,8	1,67
Parcela IV	23190,8	295,0	8558,0	161,3
Parcela V	462,5	0,8	44,2	0,0
Parcela VI	541,0	6,3	250,4	6,6
	<b>Cu</b>	<b>Zn</b>	<b>Mn</b>	<b>Fe</b>
	<b>g ha<sup>-1</sup></b>			
Parcela I	0,0	3,41	0,02	25,4
Parcela II	0,83	11,97	0,05	115,6
Parcela III	0,09	3,86	0,13	11,9
Parcela IV	9,32	82,90	19,30	1270,8
Parcela V	0,0	2,57	0,01	6,4
Parcela VI	0,08	0,35	0,11	1,2

Parcela I: pinus plantado 2008; Parcela II: pinus plantado em 1983; Parcela III: campo nativo; Parcela IV: estrada de uso florestal; Parcela V: pinus plantado em 2006; Parcela VI: mata nativa.

A perda de nutrientes pode ser expressa tanto em concentração do elemento na suspensão ou no sedimento, como em quantidade perdida por área. A concentração de determinado elemento na enxurrada varia principalmente com sua concentração no solo, que é influenciada pelas fertilizações, manejo e tipo de solo. A quantidade total transportada, no entanto, depende tanto da concentração do elemento no material erodido quanto do volume total desse material perdido (Seganfredo et al., 1997).

Avaliando as perdas de macro e micronutrientes (Tabelas 12 e 15) ocorridas pela água e o sedimento da enxurrada, se observa que a estrada (IV) contabilizou as maiores quantidades perdidas de todos os elementos analisados: 30,5 kg ha<sup>-1</sup> de Ca; 2,98 kg ha<sup>-1</sup> de Mg; 21,4 kg ha<sup>-1</sup> de K; 0,4 kg ha<sup>-1</sup> de P; 0,22 kg ha<sup>-1</sup> de Cu; 0,30 kg ha<sup>-1</sup> de Zn; 0,26 kg ha<sup>-1</sup> de Mn; 2144,6 kg ha<sup>-1</sup> de Fe total.

Os valores de macronutrientes foram bastante superiores aos obtidos por Camargo Corrêa (2005), avaliando sedimentos oriundos de estradas de uso forestal, onde os valores médios foram de: Ca 4,34 kg ha<sup>-1</sup>; Mg 0,87 kg ha<sup>-1</sup>; K 0,23 kg ha<sup>-1</sup> e P 8,2 kg ha<sup>-1</sup>. Convém salientar que os métodos de análises dos sedimentos diferenciaram entre os trabalhos.

Para plantios de *pinus*, Cavichiolo (2005) obteve perdas de macronutrientes através dos sedimentos de: 1,94 kg ha<sup>-1</sup> de Ca; 0,34 kg ha<sup>-1</sup> de Mg; 0,21 kg ha<sup>-1</sup> de K e 0,01 kg ha<sup>-1</sup> de P. No presente trabalho as perdas de macronutrientes através dos sedimentos, foram semelhantes em plantio de *pinus* com 26 anos: 1,8 kg ha<sup>-1</sup> de Ca; 1,2 kg ha<sup>-1</sup> de Mg; 8,9 kg ha<sup>-1</sup> de K e 0,06 kg ha<sup>-1</sup> de P. Os valores de K do presente trabalho, foram obtidos pelo método de extração em Água Régia, o qual extrai o K total, não somente o K trocável. Por essa razão os valores apresentam-se maiores.

#### 4.3 ANÁLISE QUANTITATIVA E QUALITATIVA DA ÁGUA DO ESCOAMENTO DE TRONCO

Para avaliação quantitativa da água do escoamento de tronco foram somados os valores obtidos durante os 17 meses de trabalho em cada árvore (Tabela 16). Os valores obtidos em cada árvore foram extrapolados para o número de árvores contido na parcela, bem como com a área de cada uma. Todos os valores obtidos foram relacionados aos valores de precipitação incidente em cada parcela.

Tabela 16 – Volume de água coletado através do escoamento de tronco (Et) nas parcelas experimentais II e V de setembro de 2009 a janeiro de 2011, em relação ao volume total precipitado no período.

Variáveis	Parcela II	Parcela V
Volume de chuva total (mm)	1.624	1.793
Volume Et (mm)	500	1075
Et em relação ao volume de chuva (%)	30	60
Volume coletado (m <sup>3</sup> / árvore)	35	5,5
Diâmetro a Altura do Peito – DAP/árvore (cm)	37	8

Parcela II: pinus plantado em 1983, com 4 árvores na parcela; Parcela V: pinus plantado em 2006, com 55 árvores na parcela;

Na parcela V, 60% de toda a precipitação incidente chegou ao solo através do escoamento de tronco. Esse fenômeno repercutiu na baixa perda de água por escoamento superficial verificada nessa parcela e consequentemente, sobre as perdas de solo. A chegada da água até o solo através desse processo hidrológico é amortecida no percurso pelo tronco, chegando em velocidade baixa a superfície, ao redor da base da árvore, onde se localizam a maioria das raízes. Dessa forma, a velocidade de infiltração, bem como o volume de água infiltrado, são maiores do que em outras partes da superfície do solo.

Na parcela II, observa-se a relação entre o DAP e o volume de água coletada pelo tronco, nesse caso, sete vezes maior do que na parcela V. Nessa parcela, as árvores, com 26 anos, perfaziam apenas 4 unidades na parcela devido aos sucessivos desbastes que ocorrem durante o ciclo de produção do pinus. Mesmo tendo relação positiva com o DAP, ou seja, quanto maior o diâmetro do tronco maior o volume de água coletada, o número de árvores na área obtém mais êxito na coleta pelo tronco do que o diâmetro do mesmo. Isso pode ser verificado observando os valores de ambas as parcelas avaliadas, onde árvores mais jovens (5,5 m<sup>3</sup>) – com DAP menor – coletam menos água em relação as árvores mais velhas (35 m<sup>3</sup>) – com DAP maior. No entanto quando se observa o volume total de água captado pelo escoamento de tronco em relação ao total de chuva, o número de árvores na parcela, embora com DAP menor, é mais eficaz. Lima (2008) avaliando as variáveis dendrométricas (altura, diâmetro e área basal) e sua relação com o escoamento de tronco, cita Rutter (1963), que mediu a interceptação em uma plantação de *Pinus sylvestris*, de 19 anos de idade, encontrando valor de 32% de perda por interceptação. O autor verificou, ainda, que existe correlação positiva entre o componente escoamento pelo tronco (Et) e o DAP das árvores.

Os dados obtidos no presente trabalho diferem dos citados na literatura, onde os valores de escoamento de tronco variam entre 1 e 5% em relação a precipitação incidente. Porém no Brasil, Lima (2008) cita uma referência pioneira que se refere a um trabalho realizado em 1936, em condições de floresta sub-tropical, citado por Geiger (1966). Segundo



esta referência, os seguintes resultados percentuais de precipitação interna, escoamento pelo tronco e perda por interceptação foram encontrados, relativamente à precipitação incidente: 34%, 28% e 38%. De qualquer modo, as quantidades de água envolvidas na precipitação interna, no escoamento pelo tronco e na interceptação são variáveis e dependem de fatores relacionados tanto com a vegetação quanto com as condições climáticas nas quais a floresta está inserida (LEOPOLDO e CONTE, 1985; LIMA, 1993). Fatores experimentais também influenciam os resultados encontrados nos estudos destes processos (CASTRO et al., 1983), dificultando a comparação de resultados entre os locais.

Tabela 17 – Volume de água coletado através do escoamento de tronco (Et) nas parcelas experimentais II e V, de setembro de 2009 a janeiro de 2011, de acordo com o volume precipitado.

Intervalo de volume chuva (mm)	Volume médio coletado por árvore (m <sup>3</sup> )	
	II	V
2 – 30	0,37 (13 eventos)	0,08 (7 eventos)
30 – 50	0,64 (5 eventos)	0,16 (9 eventos)
50 – 70	1,25 (4 eventos)	0,22 (5 eventos)
70 – 90	1,80 (5 eventos)	-
90 – 160	3,21 (4 eventos)	0,34 (7 eventos)

Parcela II: pinus plantado em 1983, com 4 árvores na parcela; Parcela V: pinus plantado em 2006, com 55 árvores na parcela;

Na tabela anterior (Tabela 17) é possível verificar a relação crescente entre o volume de chuva e o volume coletado pelo tronco em ambas as parcelas, onde para cada intervalo chuva o escoamento pelo tronco aumentou na mesma proporção. No intervalo entre 90 – 160 mm ocorreram vários extravasamentos, pois o volume do escoamento pelo tronco ultrapassou o volume do balde coletor.

Tabela 18 – Teores médios de alguns macronutrientes e fenóis totais (mg L<sup>-1</sup>) na água do escoamento de tronco (Et) nas parcelas experimentais e quantidades de macronutrientes (g/ha) que entram no solo, durante o período de setembro de 2009 a janeiro de 2011, totalizando 21 avaliações. A parcela VI foi instalada em fevereiro de 2010, totalizando 5 avaliações.

Concentração no escoamento de tronco – mg L <sup>-1</sup>					
Parcelas	Ca	Mg	K	P	Fenóis
Et II	2,9	0,003	1,173	0	0,5
Et V	1,4	0,003	1,4	0,002	0,2
Et VI	16,9	0,116	11,8	0,394	1,1
Entrada de macronutrientes pelo escoamento de tronco – g ha <sup>-1</sup>					
Et II	3628,3	3,7	1474,3	0	708,8
Et V	279,4	0,628	265,7	0,410	31,1
Et VI	22,4	0,154	15,7	0,524	1,4

Parcela II: pinus plantado em 1983; Parcela V: pinus plantado em 2006; Parcela VI: mata nativa.

Para os valores obtidos na água da chuva, Balieiro (2007) encontrou, em valores médios de  $\text{mg L}^{-1}$ : 0,62 de cálcio, 0,39 de magnésio, 3,5 de potássio e 0,2 de fósforo. Os teores de nutrientes contidos na precipitação variam de acordo com as localizações geográficas – próximos ao mar, por exemplo, os teores de sódio e de cálcio são maiores – e as condições atmosféricas – presença de cinzas e/ou materiais particulados oriundos de várias fontes – ricos em nutrientes específicos que conseqüentemente enriquecem com os mesmos a água da chuva.

Portanto os valores obtidos (Tabela 18) são muito variáveis de um local para outro, mas a obtenção deles ajuda a esclarecer as entradas de nutrientes no solo. O mesmo autor, trabalhando com avaliação qualitativa do escoamento de tronco em eucalipto, encontrou, em valores médios de  $\text{mg L}^{-1}$ : 11,9 de cálcio, 7,1 de magnésio, 90 de potássio e 1,2 de fósforo. Os maiores valores quantificados foram para potássio e cálcio tanto para Balieiro (2007) como para o presente trabalho. A presença elevada de potássio está relacionada a passagem da água pelas lenticelas do caule, ricas nesse elemento, necessário para realização da abertura das mesmas.

Os valores de fenóis foram maiores no povoamento com árvores adultas e com maior comprimento de fuste, conseqüentemente oferecendo maior área e tempo de contato entre a água da chuva e o tronco. Sobre esses compostos, eles são encontrados na natureza como resultado da decomposição de substâncias húmicas, ligninas e taninos, uma vez que são estes componentes orgânicos naturais da madeira, podendo representar 20 a 30%, conforme a espécie (SOUZA, 2008). A parcela VI apresentou os maiores valores individuais durante as leituras, porém foram somente 5 coletas obtidas para realização dessas análises. Nos valores acumulados, finais, seu valor foi menor.

Tabela 19 – Teores de alguns micronutrientes ( $\text{mg L}^{-1}$ ) na água do escoamento de tronco (Et) nas parcelas experimentais e quantidades de macronutrientes ( $\text{g/ha}$ ) que entram no solo, durante o período de setembro de 2009 a janeiro de 2011, totalizando 21 avaliações. A parcela VI foi instalada em fevereiro de 2010, totalizando 5 avaliações.

<b>Concentração no escoamento de tronco – <math>\text{mg L}^{-1}</math></b>				
<b>Parcela</b>	<b>Fe</b>	<b>Cu</b>	<b>Zn</b>	<b>Mn</b>
Et II	0,094	0,000	0,006	0,001
Et V	0,163	0,001	0,005	0,000
Et VI	0,027	0,000	0,004	0,000
<b>Entrada de micronutrientes pelo escoamento de tronco – <math>\text{g ha}^{-1}</math></b>				
Et II	118,2	0,0	7,4	0,7
Et V	31,9	0,1	1,1	0,0
Et VI	0,03	0,0	0,01	0,0

Parcela II: pinus plantado em 1983; Parcela V: pinus plantado em 2006; Parcela VI: mata nativa.

Os valores de ferro na água do escoamento de tronco chamam a atenção pelas elevadas concentrações em relação aos demais micronutrientes (Tabela 19). Os teores obtidos na água do escoamento de tronco se assemelham aos encontrados na água da enxurrada, com pequena variação para mais, no Et.

## 5 CONCLUSÕES

Quanto as perdas de água, solo e nutrientes de plantas pela erosão hídrica ocorrerem em áreas com *pinus* de diferentes idades, em campo nativo e mata nativa e em estrada de uso florestal, se conclui que:

- Ocorreram perdas de água nas diversas situações estudadas, as quais foram muito baixas com exceção da estrada florestal, onde as perdas de solo foram muito altas e 44% da água da chuva tornaram-se enxurrada.
- Para o *pinus* com 3 anos e a mata nativa, as quais apresentaram a maior cobertura do solo devido ao dossel florestal, o coeficiente de escoamento foi inferior a 0,01; enquanto, para o *pinus* com 1 ano e o campo nativo, sem cobertura do solo por dossel, o coeficiente de escoamento foi de 0,01 e 0,06 respectivamente.
- No *pinus* com 26 anos, que apresentava cobertura do solo por dossel, os valores de perda de água foram altos comparados aos ocorridos nos demais tratamentos com vegetação (7% do volume de chuva) devido ao fato de a enxurrada coletada pela roda Coshocton ter sofrido interferência de interfluxo, ocasionando superestimativa das perdas de água.
- As perdas de solo foram altas somente na estrada de uso florestal, onde se encontra uma situação de maximização de perdas de solo por erosão.
- Nas demais situações, caracterizadas por apresentarem diferentes tipos de cobertura do solo, os valores de perda de solo foram baixos, comparados aos ocorridos na estrada de uso florestal, caracterizada por não apresentar nenhuma cobertura do solo.
- Para as situações que apresentaram quantidades de sedimentos suficientes para a realização das análises químicas, as mesmas apresentaram enriquecimento nos sedimentos, ou seja, maiores teores dos nutrientes nos sedimentos do que no solo fora da origem da erosão, caracterizando que o sistema está empobrecendo do ponto de vista químico.
- A estrada de uso florestal apresentou as maiores perdas de água e de solo e também os maiores teores de nutrientes nos sedimentos, tanto macro como micronutrientes.

- Os teores de nutrientes na água da enxurrada foram menores do que os valores contidos nos sedimentos e no solo de onde a erosão se originou. Portanto, para sistemas de exploração do solo em que as perdas de sedimentos são altas, as perdas de nutrientes causadas pela erosão hídrica estão mais relacionadas às perdas de sedimentos do que às perdas de água; mas, para sistemas em que as perdas de sedimentos são baixas, as perdas de nutrientes causadas pela erosão hídrica podem relacionar-se mais às perdas de água do que às perdas de sedimentos.

Quanto ao volume de água da chuva por escoamento de tronco apresentar melhor relação com a densidade de árvores de *pinus* do que com a idade das mesmas, se conclui que:

- No *pinus* com 3 anos, onde havia 55 árvores de *pinus*, o volume de água coletado pelo escoamento de tronco foi duas vezes maior do que valor coletado no *pinus* com 26 anos, onde havia quatro árvores.

Quanto ao volume de água que atinge o solo pelo tronco das árvores de *pinus* diferir de acordo com a idade das mesmas, se conclui que:

- Árvores com 26 anos de idade, com diâmetro e altura maiores (38,5 cm de diâmetro e 28 m de altura), coletaram individualmente maior volume de água escoada pelo tronco do que árvores com 3 anos, com diâmetro e altura menores (8 cm de diâmetro e 12 m de altura).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALIEIRO, F. C.; FRANCO, A. A.; FONTES, R. L. F.; DIAS, L. E.; CAMPELLO, E. F. C.; FARIA, S. M. Avaliação do conteúdo de nutrientes na água de precipitação interna e de escoamento pelo tronco em plantios de *Acacia mangium*, *Pseudosamanea guachapele* e *Eucalyptus grandis*. **Árvore**, Viçosa, MG, v.31, n.2, p.339-346, 2007.

BERTOL, I. Perdas de nutrientes por erosão hídrica em diferentes sistemas de manejo de solo sob rotação de culturas. *Univ. & Des.*, 2:174-184, 1994.

BERTOL, I.; ALMEIDA, J. A. Tolerância de perda de solo por erosão para os principais solos do estado de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.24, n.3, p. 657-668, 2000.

BERTOL, I.; GUADAGNIN, J.C.; CASSOL, P.C.; AMARAL, A.J.; BARBOSA, F.T. Perdas de fósforo e potássio por erosão hídrica em um Inceptisol sob chuva natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, n. 28, p. 485-494, 2004.

BERTOL, I., GOBBI, E., BARBOSA, F. T., FERREIRO, J. P., GEBLER, L., RAMOS, J. C., WERNER, R. S. Erosão hídrica em campo nativo sob diversos manejos: perdas de água e solo e de fósforo, potássio e amônio na água de enxurrada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG n. 35, p.1421-1430, 2011.

BERTONI, J. Sistemas coletores para determinação de perdas por erosão. **Bragantia**. n. 9, p. 147-155, 1949.

BRADY, N. **Elements of the Nature and Properties of Soils**. 12 ed. New Jersey: Prentice – Hall, 2000. 559 p.

BRASIL – CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n. 357 de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes e dá outras providências. Brasília, 2005.

BRITO, L.F., SILVA, M.L.N., CURI, N., LEITE, F.P., FERREIRA, M.M. e PIRES, L.S. Erosão de Latossolo Vermelho muito argiloso relevo ondulado em área de pós plantio de

eucalipto no Vale do Rio Doce, região Centro Leste do estado de Minas Gerais. **Sci. Forestalis**, 67:27- 36, 2005.

BUTZER, K. W. Accelerated soil erosion: a problem of man land relationships. **In: Association of American Geographers**. Perspectives on Environment. Manners and Mikesel, p. 57 – 59, 1974.

CAMARGO CORRÊA, C. M. **Perdas de solo e a qualidade da água procedente de estrada de uso florestal no planalto catarinense**. 2005. 155 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais). Universidade Federal do Paraná. Curitiba. Paraná. Dezembro 2005.

CAMARGO CORRÊA, C. M. ; DEDECECK, R. A. Erosão real e estimada através da *rusle* em estradas de uso florestais, em condições de relevo plano a suave ondulado. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 39, n. 2, p. 381-391, 2009.

CAMARGO, O. N. **Absorção foliar e lavagem de nutrientes nas plantas**. Piracicaba. ESALQ-USP, 1968. 123 p. (Boletim didático, 20).

CARVALHO, A. P. V.; DIAS, H. C. T.; MAFFIA, V. P.; GAMBA, O. S.; OLIVEIRA JÚNIOR, J. C.; MORAIS, T. C.; SILVEIRA, W. R. Escoamento superficial de água em plantios florestais de eucalipto, Felixlândia-MG. In: II SEMINÁRIO DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO PARAÍBA DO SUL: RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, SERVIÇOS AMBIENTAIS E SUSTENTABILIDADE, 2009, Taubaté. **Anais...** Taubaté: IPABHi, dezembro 2009. p. 641-646.

CASTRO, P. S. Interceptação da chuva por mata natural secundária na região de Viçosa, MG. **Revista Árvore**, v. 7, n. 1, p. 76-89, 1983.

CASTRO, O.M.; LOMBARDI NETO, F.; QUAGGIO, J.A.; MARIA, I.C.; VIEIRA, S.R. & DECHEN, S.C.F. Perdas por erosão de nutrientes vegetais na sucessão soja/trigo em diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.10, p. 293-297, 1986.

CAVICHIOLO, S. R. **Perdas de solo e nutrientes por erosão hídrica em diferentes métodos de preparo do solo em plantio de *Pinus taeda***. 2005. 152p.Tese (Doutorado em Ciências Florestais) Programa de Pós Graduação em Engenharia Florestal. Universidade Federal do Paraná. 2005.

CHRISTOPHER Jr., E. A. **Post harvesting evaluation of best management practices for the prevention of soil erosion in Virginia**. 2002. 125 p. Master of Science in Forestry. Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, 2002.

COGO, N.P. **Effect of residue cover, tillage-induced roughness and slope length on erosion and related parameters**. 1981. 346p. Tese de Doutorado, West Lafayette, Purdue University, 1981.

COGO, N. P. Uma contribuição à metodologia de estudo das perdas de erosão em condições de chuva natural. I. Sugestões gerais, medição dos volumes, amostragem e qualificação de solo e água da enxurrada (1º aproximação). In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 2. Passo Fundo, Anais... Passo Fundo, EMBRAPA – CNPT, p. 75- 98, 1978.

CROCKFORD, R. H. y RICHARDSON, D. P. Partitioning of rainfall in a Eucalypt forest and fine plantation in Southeastern Australia: I through fall measurement in a Eucalypt forest: effect of method and species composition. **Hydrological Processes**, (4): 131-144. 1990.

DEDECEK, R. A.; RESK, D. V. S. & FREITAS Jr. E. Perdas de solo, água e nutrientes por erosão em Latossolo Vermelho-Escuro dos cerrados em diferentes cultivos sob chuva natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.10, p. 265-272, 1986.

DULEY, F. L. **Surface factor affecting the rate of intake of water by soils**. Soil Science Society of America. Proceedings, v.4, p. 60-64, 1939.

ELLISON, W. D. Soil erosion. Soil Science Society A. Prod. Madison, 12: 479-484, 1947.

FAULKNER, H. Vegetation Cover Density Variations and Infiltration Patterns on Piped Alkali Sodic Soils: Implications for the Modelling of Overland Flow in Semi-arid Áreas. In: THORNES, J. B. **Vegetation and Erosión**, 1990. Wiley, Chichester, 317-346.

FOSTER, G.R. **Modeling the erosion process**. IN: HAAN, C.T; JOHNSON, H.P. & BRAKENSIEK, D.L. **HIDROLOGY MODELING OF SMALL WATERSHEDS**. St. Joseph, 1982.

FREITAS, P.L. & CASTRO, A.F. Estimativas das perdas de solo e nutrientes por erosão no Estado do Paraná. **Boletim Informativo, SBCE**, 8:43-52, 1983.

GEE, G.W. & BAUDER, J.W. Particle-size analysis. In: KLUTE, A. **Methods of soil analysis**. American Society of Agronomy, 1: 383-411. 1986

GREENWAY, D. R. Vegetation and Slope Stability. In: ANDERSON, M. G.; RICHARDS, K. **Slope stability: geotechnical engineering and geomorphology**. Wiley: Chichester, 1987. p.187-230.



GEIGER, R., 1966. **The Climate Near the Ground**. Harvard University Press. Cambridge, Mass. 611 p.

GESPER, P. L.; HOLOWAYCHUK, N. Some effects of stem flow from forest canopy trees on chemical properties of soil. **Ecology**, Durham, 52(4): 691-702, 1971.

GUARDIOLA BARCENA, J. L.; GARCÍA LUIS, A. **Fisiología vegetal I. Nutrición y transporte**. Madrid: Síntesis, 1990. p.440.

HARTANTO, H.; PRABHU, R.; WIDAYAT, A.S.E.; ASDAK, C. Factors affecting runoff and soil erosion: plot – level soil loss monitoring for assessing sustainability of forest management. **Forest Ecology and Management**, v.180, p. 361-374, 2003.

HASHIM, G.M.; COUGHLAN, K.J; SYERS, J.K. On-site nutrient depletion: an effect and a cause of soil erosion. In: PENNING de VRIES, F.W.T.; AGUS, F.; KERR, J. **Soil Erosion at Multiple Scales – Principle and Methods for Assessing Causes and Impacts**. Queensland, Australia, 1998. p. 207-221

HUBER, A.; TRECAMAN, R. Efecto de una plantación de *Pinus radiata* en la distribución espacial del contenido de agua del suelo. **Bosque**, 21(1): 37-44, 2000.

HUBER, A.; OYARZÚN, C. Precipitación neta e intercepción en un bosque adulto de *Pinus radiata*. **Bosque**, 5(2): 13-19. 1983.

JORDAN, C. F.; KLINE, J.R. Mineral cycling: some basic concepts and their application in a tropical rain forest. **Annual review of ecology and systematics**, 3: 33-50, 1972.

KEMPER, W. D. & CHEPIL, W. S. Size distribution of aggregates. In: BLACK, C.A.; EVANS, D.D.; WHITE, J.L.; ENSMINGER, L.E. & CLARCK, F.E., eds. **Methods of soil analysis**. Part 1, Madison: American Society of Agronomy, 1965. p. 499-510.

KOHNKE, H. **Soil Physics**. New York: McGraw-Hill. 1968. 224p.

LEE, R. **Forest Hidrology**. New York: Columbia University Press, 1980. 349 p.

LAL, R. Agronomic consequences of soil erosion. In: PENNING de VRIES, F.W.T.; AGUS, F.; KERR, J. **Soil Erosion at Multiple Scales – Principle and Methods for Assessing Causes and Impacts**. Queensland, Australia, 1998. p. 149-160.

LEOPOLDO, P. R.; CONTE, M. L. Repartição da água de chuva em cobertura vegetal com características de cerradão. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE HIDROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS E SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS EM REGIÕES METROPOLITANAS, 6., 1985, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ABRH, 1985. v. 3. p. 212-220.

LIMA, W.P. Intercepção da chuva por povamentos de eucaliptos e de pinheiros. **IPEF**, 13: 75-90. 1976.

LIMA, W. P. Hidrologia de plantações de eucaliptos. In: LIMA, W.P. **Impacto ambiental do eucalipto**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1993. p. 51-137.

LIMA, P.M.P.; BAHIA, V.G.; CURI, N.; SILVA, M.L.N.; Princípios de erodibilidade do solo. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v 16, n 176, p. 38- 43, 1992.

LIMA, W. P. **Hidrologia florestal aplicada ao manejo de bacias hidrográficas**. Piracicaba: ESALQ, 2 ed, 2008. 252 p.

LIMA, W. P.; BARBIN, D. Efeito de plantações de **eucalyptus** e **pinus** sobre a qualidade da água da chuva. **IPEF**, n.11, p.23-35, 1975.

LIKENS, G. E.; EATON, J. S. A polyurethane stemflow collector for trees and shrubs, **Ecology**, Durham, **51**(5): 938-9, 1970.

MALINOVSKI, J. R.; CARVALHO, L. C.; CARVALHO, M. **Planejamento de rede viária**. Relatório técnico Klabin. 2004.

MARTINS, S.G., SILVA, M.L.N., AVANZI, J.C., CURI, N. e FONSECA, S. Fator Cobertura e manejo do solo e perdas de solo e água em cultivo de eucalipto e em Mata Atlântica nos Tabuleiros Costeiros do estado do Espírito Santo. **Scientia Forestalis**, 38:517-526, 2010.

McCOLL, J. G. - Properties of some natural water in a tropical wet forest of Costa Rica. *Bio-science*, Washington, 20(20): 1096-100, 1970. In: **Forestry abstracts**, Oxford, 32(4), 1971.

MINA, V.N. The effect of stemflow on the soil. *Pochvovedeniye*, Washington, 10: 44-52, 1967. In: **Forestry abstracts**, Oxford, 30(9): 3687, 1969.

MURPHY, J. & RILEY, J.P. A modified single solution method for determination of phosphate in natural waters. **Anal. Chem. Acta**, 26:31-36, 1962.

NEARY, D.G.; HORNBECK, J.W. Impacts of harvesting and associated practices on off-site environmental quality. In: \_\_\_\_\_. **Impacts of forest harvesting on long-term site productivity**. Londres: Chapman and Hall, 1994. cap.4, p.81-119.

OLIVEIRA JÚNIOR, J.C. e DIAS, H.C.T. precipitação efetiva em fragmento secundário da mata Atlântica. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.29, n.1, p.9-15, 2005.

OLIVEIRA, A. H.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; AVANZI JUNIOR, C.; SILVA, M. A. da S.; LIMA, G. C.; ARAÚJO, E. F. de. Escoamento superficial e perdas de solo em florestas de eucalipto no rio grande do sul, RS. In: XXXIII CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO 33, 2011, Uberlândia. **Anais...**, 2011. Uberlândia: ABRH, 2011. p. 212-220.

OYARZÚN, C., HUBER, A., VÁQUEZ, S. Balance hídrico en tres plantaciones de Pinus radiata D. Don. Redistribución de las precipitaciones. **Bosque** 6(1): 3-14, 1985.

PARSONS, D. A. Coshocton - Type runoff samplers. Washington, DC: Laboratory investigations. **United States Departament of Agriculture**. Soil Conservation Service, 1954. 16 p.

PIERANGELI, M. A. P. **Chumbo em latossolos brasileiros: adsorção e dessorção sob efeito de pH e força iônica**. 1999. 108p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) Programa de Pós Graduação em Agronomia, Universida de Federal de Lavras, 1999.

PIRES, L. S., SILVA, M. L. N., CURI, N., LEITE, F. P., BRITO, L. F. Erosão hídrica pós-plantio em florestas de eucalipto na região centro-leste de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.4, p.687-695, abr. 2006.

REISSMANN, C. B.; WISNEWSKI, C. Aspectos nutricionais de plantios de *pinus*. In: GONÇALVEZ, J. L. de M.; BENEDETTI, V. (org.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2005. P. 136-165.

REVERSAT, F. B. Nutrients in throughfall and their quantitative importance in rain forest mineral cycles. In: GOLLEY, F. B., ed. & MEDINA, E., ed. - **Tropical ecological systems**. New York, Springer-Verlag, 1975. p.153-9.

SCHICK, J.; BERTOL, I.; BALBINOT JÚNIOR, A. A.; BATISTELA, O. Erosão hídrica em cambissolo húmico alumínico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo: II. Perdas de nutrientes e carbono orgânico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 437-447, 2000.

SEGANFREDO, M. L.; ELTZ, F. L. F.; BRUM, A. C. R. Perdas de solo, água e nutrientes por erosão em sistemas de culturas em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 21, p. 287-291, 1997.

SOUZA, C. R.; SEIXAS, F. Avaliação de diferentes coberturas do solo no controle da erosão em taludes de estradas florestais. **Scientia Forestalis**, n. 60, p. 45-51, 2001.

SOUZA, F. L. **Determinação espectrofotométrica de fenol em amostras aquosas utilizando um sistema aquoso bifásico constituído pelo copolímero L35 e sulfato de lítio**. 2008. 66p. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Viçosa. 2008.

TEDESCO, J.M. Nitrogênio. In: GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; TEDESCO, J. M. **Princípios de Fertilidade do Solo**. Porto Alegre: Departamento de Solos da UFRGS, 1995. 174 p.

URE, A. M. **Methods of analysis of heavy metals in soils**. In: Alloway, B.J. Heavy metals in soils. New York: John Wiley, 1990. 368p.

VALERO, R. M. M. **Régimen hídrico del suelo y evapotranspiración em Áreas agrícolas y forestales**. 2011. 200p. Tese (Doutorado). Programa de Pós Graduação da Universidade da Coruña. Coruña. 2011.

XIAO, Q., McPHERSON, E., USTIN, S., GRISMER M., SIMPSON, J. Winter rainfall interception by two mature open-grown trees in Davis, California. **Hydrological Processes**, 14: 763-784. 2000.

WISCHMEIER, W.H. Conservation tillage to control water erosion. In: Proceedings of National Conservation Tillage Conference. Soil Cons. Soc. Amer., Ankeny, Iowa, p.133-141, 1973.

WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. **Predicting rainfall – erosion losses: a guide to conservation planning**. Washington: USDA, 1978. 58p.

WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. Rainfall energy and its relationships to soil loss. **Transactions American Geophysical Union**, v. 39, p.285-291, 1958.

## ANEXOS

ANEXO 1 – Valores individuais das leituras de alguns macro e micronutrientes na água do escoamento de tronco durante 17 meses.

Data	Parcela	Ca	Mg	K	Fe	Cu	Zn	Mn	P	fenóis
		mg L <sup>-1</sup>								
08/09/09	II	1,200	0,002	0,949	0,045	0,000	0,006	0,001	0,000	0,729
	V	0,345	0,000	0,345	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,055
14/09/09	II	1,288	0,000	0,516	0,180	0,000	0,004	0,000	0,000	0,484
	V	3,213	0,003	1,031	0,000	0,000	0,004	0,001	0,000	0,012
21/09/09	II	1,971	0,000	0,851	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,335
	V	0,379	0,000	1,297	0,034	0,000	0,001	0,000	0,000	0,031
14/10/09	II	0,676	0,002	0,946	0,234	0,000	0,002	0,000	0,000	0,900
	V	0,564	0,001	0,761	0,000	0,000	0,009	0,000	0,000	0,064
10/10/09	II	2,839	0,007	1,525	0,142	0,000	0,009	0,000	0,000	0,782
	V	2,393	0,004	2,284	0,577	0,000	0,011	0,001	0,000	0,053
23/10/09	II	14,80	0,017	3,210	0,157	0,000	0,013	0,000	0,000	1,008
	V	0,520	0,017	2,389	0,057	0,001	0,007	0,000	0,000	0,560
09/11/09	II	0,046	0,013	2,075	0,070	0,000	0,006	0,002	0,000	0,713
	V	1,851	0,006	3,822	0,048	0,000	0,005	0,000	0,000	0,342
19/11/09	II	3,744	0,004	2,099	0,000	0,000	0,004	0,002	0,000	0,622
	V	5,367	0,009	3,582	0,690	0,000	0,006	0,001	0,000	0,432
26/11/09	II	0,895	0,000	1,787	0,018	0,000	0,007	0,000	0,000	0,541
	V	1,227	0,000	1,637	0,143	0,001	0,004	0,000	0,000	0,057
07/12/09	II	3,057	0,000	2,403	0,000	0,000	0,006	0,001	0,000	0,412
	V	1,617	0,000	0,679	0,422	0,000	0,002	0,000	0,000	0,513
21/12/09	II	0,861	0,002	1,306	0,160	0,000	0,002	0,000	0,000	1,042
	V	2,693	0,001	2,466	0,000	0,000	0,004	0,000	0,000	0,101
30/12/09	II	1,001	0,002	0,919	0,000	0,000	0,004	0,001	0,000	0,710
	V	0,000	0,003	1,305	0,000	0,000	0,003	0,000	0,000	0,460
06/01/10	II	4,279	0,006	1,586	0,055	0,000	0,006	0,000	0,000	1,162
	V	0,224	0,000	0,546	0,186	0,000	0,000	0,000	0,000	0,318
01/02/10	II									
	V	0,538	0,000	2,132	0,111	0,000	0,005	0,000	0,000	0,533
12/02/10	II	5,005	0,002	0,550	0,246	0,000	0,014	0,000	0,000	0,474
	V	1,215	0,000	0,642	0,168	0,000	0,005	0,000	0,000	0,174
18/02/10	II	2,481	0,001	0,434	0,132	0,000	0,007	0,000	0,000	0,133
	V	1,870	0,000	1,125	0,000	0,001	0,004	0,000	0,000	0,013
22/03/10	II									
	V									
	VI	> 20	0,103	18,44	0,007	0,001	0,031	0,000	0,576	1,524
29/04/10	II									
	V									
	VI	> 20	0,104	9,476	0,037	0,000	0,006	0,001	0,272	1,171
10/05/10	II									
	V	0,503	0,003	0,845	0,040	0,000	0,002	0,001	0,000	0,029



ANEXO 2 – Valores individuais das leituras de alguns macro e micronutrientes na água enxurrada durante 17 meses.

Data	Parcela	Ca	Mg	K	Fe	Cu	Zn	Mn	P
		mg L <sup>-1</sup>							
08/09/2009	I	>20	0,128	5,378	0,022	0,000	0,070	0,014	0,000
	II	-	-	-	-	-	-	-	-
	III	16,620	0,053	1,504	0,059	0,000	0,035	0,008	0,000
	IV	8,287	0,062	0,700	0,000	0,000	0,010	0,008	0,000
	V	-	-	-	-	-	-	-	-
14/09/2009	I	0,464	0,020	0,581	0,109	0,000	0,015	0,000	0,000
	II	0,000	0,034	0,767	0,000	0,002	0,009	0,000	0,000
	III	4,237	0,000	0,124	0,120	0,000	0,031	0,000	0,000
	IV	7,858	0,058	0,643	0,257	0,000	0,001	0,002	0,000
	V	5,909	0,003	0,173	0,117	0,000	0,057	0,000	0,000
21/09/2009	I	-	-	-	-	-	-	-	-
	II	0,000	0,004	0,304	0,000	0,001	0,007	0,000	0,000
	III	0,557	0,020	0,587		0,000	0,066	0,005	0,000
	IV	0,000	0,073	1,546	0,000	0,002	0,009	0,003	0,000
	V	-	-	-	-	-	-	-	-
05/10/2009	I	-	-	-	-	-	-	-	-
	II	-	-	-	-	-	-	-	-
	III	-	-	-	-	-	-	-	-
	IV	-	-	-	-	-	-	-	-
	V	4,787	0,020	0,383	0,043	0,000	0,045	0,002	0,000
14/10/2009	I	-	-	-	-	-	-	-	-
	II	-	-	-	-	-	-	-	-
	III	4,165	0,023	1,133		0,000	0,016	0,000	0,000
	IV	1,267	0,100	1,724	0,173	0,000	0,007	0,012	0,000
	V	-	-	-	-	-	-	-	-
19/10/2009	I	-	-	-	-	-	-	-	-
	II	-	-	-	-	-	-	-	-
	III	8,345	0,030	2,070	0,071	0,000	0,021	0,002	0,000
	IV	5,295	0,014	0,594	0,000	0,008	0,009	0,004	0,000
	V	-	-	-	-	-	-	-	-
09/11/2009	I	-	-	-	-	-	-	-	-
	II	-	-	-	-	-	-	-	-
	III	-	-	-	-	-	-	-	-
	IV	0,071	0,018	0,825	0,275	0,001	0,006	0,000	0,000
	V	-	-	-	-	-	-	-	-
19/11/2009	I	-	-	-	-	-	-	-	-
	II	0,000	0,003	0,282	0,120	0,000	0,012	0,000	0,000
	III	4,751	0,040	1,498	0,329	0,000	0,072	0,003	0,000
	IV	0,000	0,010	2,636	0,151	0,002	0,000	0,000	0,000
	V	1,931	0,016	0,666	0,144	0,000	0,010	0,000	0,000
26/11/2009	I	-	-	-	-	-	-	-	-
	II	-	-	-	-	-	-	-	-
	III	6,823	0,010	0,505	0,224	0,000	0,013	0,000	0,000
	IV	0,623	0,017	0,555	0,000	0,002	0,005	0,000	0,000
	V	3,648	0,016	0,498	0,207	0,000	0,030	0,000	0,000

07/12/2009	I	-	-	-	-	-	-	-	-
	II	0,670	0,002	0,548	0,294	0,000	0,003	0,000	0,000
	III	3,534	0,023	0,837	0,000	0,000	0,013	0,001	0,012
	IV	0,052	0,018	0,753	0,439	0,001	0,067	0,000	0,000
	V	-	-	-	-	-	-	-	-
21/12/2009	I	-	-	-	-	-	-	-	-
	II	0,000	0,007	1,700	0,313	0,000	0,001	0,001	0,000
	III	-	-	-	-	-	-	-	-
	IV	0,000	0,023	0,822	0,318	0,000	0,004	0,000	0,000
	V	-	-	-	-	-	-	-	-
06/01/2010	I	-	-	-	-	-	-	-	-
	II	-	-	-	-	-	-	-	-
	III	-	-	-	-	-	-	-	-
	IV	0,000	0,000	0,853	0,061	0,000	0,005	0,000	0,247
	V	-	-	-	-	-	-	-	-
22/01/2010	I	-	-	-	-	-	-	-	-
	II	6,400	0,011	0,336	0,255	0,000	0,009	0,000	0,000
	III	-	-	-	-	-	-	-	-
	IV	0,000	0,008	0,390	0,198	0,000	0,002	0,000	0,000
	V	-	-	-	-	-	-	-	-
01/02/2010	I	14,640	0,029	2,461	0,229	0,000	0,010	0,001	0,000
	II	-	-	-	-	-	-	-	-
	III	-	-	-	-	-	-	-	-
	IV	-	-	-	-	-	-	-	-
	V	7,796	0,037	0,132	0,000	0,000	0,094	0,001	0,000
12/02/2010	I	0,000	0,021	1,359	0,000	0,000	0,011	0,001	0,000
	II	0,000	0,001	0,619	0,076	0,000	0,004	0,004	0,000
	III	-	-	-	-	-	-	-	-
	IV	-	-	-	-	-	-	-	-
	V	-	-	-	-	-	-	-	-
18/02/2010	I	-	-	-	-	-	-	-	-
	II	-	-	-	-	-	-	-	-
	III	-	-	-	-	-	-	-	-
	IV	6,836	0,022	0,912	0,000	0,000	0,002	0,001	0,000
	V	-	-	-	-	-	-	-	-
25/02/2010	I	-	-	-	-	-	-	-	-
	II	9,661	0,019	0,472	0,099	0,000	0,005	0,002	0,000
	III	-	-	-	-	-	-	-	-
	IV	-	-	-	-	-	-	-	-
	V	-	-	-	-	-	-	-	-
	VI	-	-	-	-	-	-	-	-
22/03/2010	I	2,645	0,000	1,077	0,115	0,000	0,002	0,000	0,000
	II	-	-	-	-	-	-	-	-
	III	-	-	-	-	-	-	-	-
	IV	3,455	0,027	0,508	0,225	0,000	0,000	0,000	0,000
	V	-	-	-	-	-	-	-	-
	VI	-	-	-	-	-	-	-	-
25/03/2010	I	10,360	0,063	6,810	0,150	0,000	0,003	0,000	0,227



	II	-	-	-	-	-	-	-	-
	III	-	-	-	-	-	-	-	-
	IV	-	-	-	-	-	-	-	-
	V	-	-	-	-	-	-	-	-
	VI	-	-	-	-	-	-	-	-
29/04/2010	I	-	-	-	-	-	-	-	-
	II	0,467	0,007	0,228	0,152	0,000	0,006	0,000	0,000
	III	-	-	-	-	-	-	-	-
	IV	-	-	-	-	-	-	-	-
	V	-	-	-	-	-	-	-	-
	VI	-	-	-	-	-	-	-	-
10/05/2010	I	-	-	-	-	-	-	-	-
	II	-	-	-	-	-	-	-	-
	III	-	-	-	-	-	-	-	-
	IV	0,504	0,004	0,270	0,000	0,001	0,006	0,000	0,000
	V	10,190	0,021	1,288	0,000	0,000	0,018	0,000	0,000
	VI	-	-	-	-	-	-	-	-
07/06/2010	I	-	-	-	-	-	-	-	-
	II	4,120	0,015	0,266	0,000	0,000	0,006	0,000	0,000
	III	3,001	0,020	1,805	0,000	0,000	0,009	0,000	0,121
	IV	0,131	0,005	0,332	0,153	0,000	0,000	0,001	0,000
	V	-	-	-	-	-	-	-	-
	VI	-	-	-	-	-	-	-	-
14/09/2010	I	-	-	-	-	-	-	-	-
	II	0,027	0,004	0,388	0,195	0,000	0,003	0,000	0,000
	III	-	-	-	-	-	-	-	-
	IV	2,144	0,009	0,004	0,000	0,000	0,004	0,000	0,000
	V	-	-	-	-	-	-	-	-
	VI	-	-	-	-	-	-	-	-
24/09/2010	I	-	-	-	-	-	-	-	-
	II	-	-	-	-	-	-	-	-
	III	-	-	-	-	-	-	-	-
	IV	-	-	-	-	-	-	-	-
	V	9,324	0,027	0,811	0,027	0,000	0,041	0,000	0,000
	VI	-	-	-	-	-	-	-	-
15/10/2010	I	-	-	-	-	-	-	-	-
	II	-	-	-	-	-	-	-	-
	III	-	-	-	-	-	-	-	-
	IV	> 20	0,025	0,026	0,000	0,000	0,005	0,000	0,000
	V	-	-	-	-	-	-	-	-
	VI	> 20	0,289	14,530	0,027	0,006	0,016	0,001	0,000
26/11/2010	I	-	-	-	-	-	-	-	-
	II	-	-	-	-	-	-	-	-
	III	-	-	-	-	-	-	-	-
	IV	-	-	-	-	-	-	-	-
	V	-	-	-	-	-	-	-	-
	VI	> 20	0,180	3,982	0,059	0,000	0,010	0,000	0,485
10/01/2011	I	-	-	-	-	-	-	-	-

	II	-	-	-	-	-	-	-	-
	III	-	-	-	-	-	-	-	-
	IV	0,053	0,019	0,402	0,068	0,000	0,002	0,000	0,000
	V	-	-	-	-	-	-	-	-
	VI	-	-	-	-	-	-	-	-

ANEXO 3 – Descrição das cores úmida e seca dos horizontes do solo das parcelas.

Solo / parcela	Horizonte Profundidade (cm)	Cor úmida	Cor seca
Neossolo Litólico I	A1 (0 – 13) A2 (13 – 33) A/Cr (33 – 40)	5 YR 2/2,5 7,5 YR 2/2,5 5 YR 2/2,5	5 YR 2/3 7,5 YR 2/3 5 YR 2/3
Latossolo Bruno II	A1 (0 – 20) A2 (20 – 34) A/B1 (34– 47) A/B2 (47– 62) B/A (62 – 81) B1 (81 – 133)	7,5 YR 2/2,5 7,5 YR 3/2,5 7,5 YR 3/2,5 7,5 YR 3/2,5 7,5 YR 3/3 7,5 YR 6/4	7,5 YR 2/3 7,5 YR 2/3 7,5 YR 4/4 7,5 YR 4/4 7,5 YR 4/3 7,5 YR 6/5
Nitossolo Háplico III e VI	A1 (0 – 17) A2 (17 – 42) A/B (42 – 61) B/A (61 – 78) B1 (78 – 99) B2 (99 – 140)	10 YR 2/3 7,5 YR 3/3 7,5 YR 4/3 7,5 YR 3/3 7,5 YR 4/4 7,5 YR 6/4	10 YR 3/4 7,5 YR 4/3 7,5 YR 4/4 7,5 YR 3/4 7,5 YR 6/4 7,5 YR 6/5
Nitossolo Háplico IV e V	A1 (0 – 16) A2 (16 – 38) A/B (38 – 56) B/A (56 – 82) B1 (82 – 102) B2 (102– 140)	7,5 YR 2/2,5 7,5 YR 3/2,5 7,5 YR 4/3 7,5 YR 3/3 7,5 YR 4/3 7,5 YR 4/4	7,5 YR 4/4 7,5 YR 4/3 7,5 YR 4/4 7,5 YR 3/4 7,5 YR 6/4 7,5 YR 6/4

Para determinação da cor úmida e da cor seca do solo, foi utilizada a Tabela de Cores, de uso universal, denominada **Carta de Cores Munsell para Solos**.