

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL
MESTRADO EM ENGENHARIA AMBIENTAL
MODALIDADE PROFISSIONAL

ESTUDOS DE PERDAS DE ÁGUA E SOLO NO CULTIVO DO CAFÉ
(*Coffea arabica* L.) EM UMA MICROBACIA DO RIO PARAÍBA DO
SUL: DIFUSÃO SOCIAL DE PRÁTICAS DE MANEJO E
CONSERVAÇÃO EM VARRE-SAI, RJ

MARCELO DOS SANTOS MACIEL

CAMPOS DOS GOYTACAZES/RJ

2008

MARCELO DOS SANTOS MACIEL

**ESTUDOS DE PERDAS DE ÁGUA E SOLO NO CULTIVO DO CAFÉ
(*Coffea arabica* L.) EM UMA MICROBACIA DO RIO PARAÍBA DO
SUL: DIFUSÃO SOCIAL DE PRÁTICAS DE MANEJO E
CONSERVAÇÃO EM VARRE-SAI, RJ**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental do Centro Federal de Educação Tecnológica de Campos como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental, na área de concentração Gestão Ambiental Participativa.

Orientador: Professor D. Sc. Vicente de Paulo Santos de Oliveira. (Engenharia Agrícola - Universidade Federal de Viçosa)

CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ

2008

Maciel, Marcelo dos Santos

Estudos de perdas de água e solo no cultivo do café (*Coffea arabica* L.) em uma Microbacia do rio Paraíba do Sul: Difusão social de práticas de manejo e conservação em Varre-Sai, RJ: [s.n.], 2008.

108 f.

Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental) - Centro Federal de Educação Tecnológica de Campos, 2008.

1. Erosão hídrica. 2. Café. 3. Microbacia do rio Paraíba do Sul

Dissertação intitulada “Estudos de perdas de água e solo no cultivo do café (*Coffea arabica* L.) em uma microbacia do rio Paraíba do Sul: Difusão social de práticas de manejo e conservação em Varre-Sai, RJ”, elaborada por Marcelo dos Santos Maciel e apresentada publicamente perante a Banca Examinadora, como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, na área de concentração Gestão Ambiental Participativa, do Centro Federal de Educação Tecnológica de Campos.

Aprovada em 17 de julho de 2008, no Centro Federal de Educação Tecnológica de Campos (CEFET Campos).

Banca Examinadora:

Prof. D. Sc. Vicente de Paulo Santos de Oliveira (Engenharia Agrícola/Universidade Federal de Viçosa) do Centro Federal de Educação Tecnológica de Campos - Orientador

Prof. D. Sc. Elias Fernandes de Sousa (Produção Vegetal/UENF) da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro

Prof^a. D. Sc. Maria Inês Paes Ferreira (Ciência e Tecnologia de Polímeros/Universidade Federal do Rio de Janeiro) do Centro Federal de Educação Tecnológica de Campos

D. Sc. Sidney Sára Zanetti (Produção Vegetal/UENF) do Instituto de Defesa Agropecuária e Florestal do Espírito Santo (IDAF)

DEDICATÓRIA

“Dedico o meu sucesso e realização do projeto a Jesus Cristo; aos familiares, principalmente aos meus pais, avó e irmão; aos amigos; ao técnico de campo Paulo Henrique do Prado; aos bolsistas de Iniciação Científica (Leandro Barreto Silva e Ana Cláudia Silva); ao proprietário do sítio Panorama II, José Ferreira Pinto; e ao meu orientador Vicente”.

AGRADECIMENTOS

- Meu agradecimento maior é a Jesus Cristo por me permitir ultrapassar com saúde e determinação vários obstáculos na vida pessoal e profissional. Por me permitir suportar o estresse das longas viagens de trabalho e das avaliações periódicas.
- Agradeço aos familiares pela compreensão diária, apoio e paciência, em especial aos meus pais Anoeli de Souza Maciel, que mesmo distante sempre esteve presente em minha vida, e Izanilda Batista dos Santos Maciel; e ao meu irmão Thiago dos Santos Maciel.
- Agradeço a toda comunidade residente no sítio Panorama II, em Varre-Sai, principalmente ao proprietário José Ferreira Pinto e aos produtores rurais Paulo Henrique do Prado e Otoniel dos Reis Ribeiro.
- Aos professores, de uma forma geral, pela atenção e aprendizado, como: Jéfferson, Ana Paula, Zaia, Roberta, Vicente, Maria Inês, Paulo Rogério, Marcos, Hélio, Rodrigo, Dalila, e Ricardo, entre outros, que passaram por nossas vidas em diferentes etapas do aprendizado.
- Aos funcionários e bolsistas da UPEA e do CEFET Campos: Amaro, Ana Paula, Ana Cláudia, Evelyn, Leandro, e Welligton Rangel, vulgo “Peninha”.
- Aos amigos da turma de mestrado, principalmente: Alessandro, Amaro Evaldo, Ana Beatriz, Diego, Élide, Mariana, Ronaldo e Williams, entre outros, pela união e amizade.
- Aos amigos da UENF: Carlos Rezende, Gustavo, Marcelo Almeida, Marihus, Wendell, Cristiano, Thiagos, entre outros.
- À direção do CEFET Campos, à FUNDENOR e à UPEA pelo suporte estrutural. Obrigado a todos!

“O Senhor é meu pastor, nada me faltará.
Em verdes prados ele me faz repousar.
Conduz-me junto às águas refrescantes,
restaura as forças de minha alma.
Pelos caminhos retos ele me leva,
por amor do seu nome.

Ainda que eu atravesse o vale escuro,
nada temerei, pois estais comigo.
Vosso bordão e vosso báculo são o meu amparo.

Preparais para mim a mesa à vista de meus inimigos.
Derramais o perfume sobre minha cabeça,
e transborda minha taça.
A vossa bondade e misericórdia hão de seguir-me
por todos os dias de minha vida.
E habitarei na casa do Senhor por longos dias”.

(Salmo 22/23, atribuído ao Rei Davi)

RESUMO

A principal causa da degradação de solos e recursos hídricos são os processos erosivos. Nesta concepção, o presente estudo ocorreu de novembro de 2007 a maio de 2008, abrangendo o período chuvoso, e conduzido de forma a integrar o empirismo dos estudos de perdas de água, solo, Al, componentes orgânicos (Corg., MO) e nutrientes totais (B, Ca, Cu, Fe, K, Mg, Mn, N, Na, P, S e Zn), através da utilização de três parcelas experimentais (P1, P2, P3) feitas de tábuas de pinho com dimensão de 22 x 3,5 m, instaladas no sentido do declive, em uma lavoura de café (*Coffea arabica* L.) do sítio Panorama II, em uma microbacia do rio Paraíba do Sul no município de Varre-Sai, RJ, visando direcionar para a adoção de práticas de manejo e conservação de água e solo na região. As parcelas foram acopladas em galões coletores de 200 L, com o devido isolamento da água e solo, através do biddin, para quantificação das perdas obtidas a cada evento de chuva erosiva (>10 mm), segundo metodologia da Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS). Em paralelo, foram coletadas amostras de água do córrego em dois pontos (alto córrego, no ponto mais distante, AC; e baixo córrego, no ponto mais próximo ao talhão de café estudado, BC) para a caracterização físico-química, de maneira a identificar possível influência do cultivo sobre o mesmo. De janeiro a abril de 2008, 60% das chuvas que ocorreram foram consideradas erosivas, apenas 36% destas foram responsáveis por gerar perda de solo no cultivo de café. Do total precipitado durante o período (515 mm), considerando apenas eventos diários de chuva erosiva, apenas 1% foi escoado. A perda de água média durante o período foi 0,24 mm com amplitude de 0,03 a 0,96 mm. A perda de solo média foi de 3,99 kg.ha⁻¹, com intervalo de 0,69 a 9,77 kg.ha⁻¹. O potencial de arraste de sedimento (PAS) foi de 0,01 Mg.ha⁻¹.mm⁻¹, o valor baixo demonstra que o cultivo adensado do café (1,75 x 1 m), como ocorre no talhão estudado, funciona como importante barreira física na diminuição da velocidade da enxurrada, desprendimento de agregados e perda de nutrientes. As maiores perdas de nutrientes foram decorrentes do escoamento, com exceção do Zn e Mn. As perdas de nutrientes acumuladas durante o período com maior destaque associados ao escoamento foram: 50,2 g.ha⁻¹ para o N; 5,11 g.ha⁻¹ para o Ca; 4,77 g.ha⁻¹ para o K; e para o micronutriente Fe com 0,35 g.ha⁻¹. Não foi identificada influência direta do cultivo de café do talhão sobre a qualidade de água do córrego. Desta forma, visando aumentar a percepção da comunidade local foram realizadas duas reuniões de campo, utilizando uma adaptação da metodologia do Diagnóstico Rápido Participativo (DRP). Estas reuniões permitiram a sensibilização da comunidade local pró-adoção das práticas de manejo e conservação.

Palavras-chave: Erosão hídrica. Café. Microbacia do rio Paraíba do Sul.

ABSTRACT

The soils and spring degradation main cause are the erosive processes. In this conception, the present study occurred of November 2007 until May 2008, embracing the rainy period, and led of form to integrate the empiricism of water, soil, Al, organic components (Corg., OM) and total nutrients (B, Ca, Cu, Fe, K, Mg, Mn, N, Na, P, S and Zn) losses studies, through the utilization of three experimental parcels (P1, P2, P3) done of boards pinewoods with dimension 22 x 3.5 m set up in favor of the slope on the coffee cultivation (*Coffea arabica* L.) of the Panorama II ranch in Paraiba do Sul river watershed in Varre-Sai, RJ, to the direction for management and preservation practices adoption in the region. The parcels were coupled to the gallons collectors of 200 L, isolating water and soil losses, through biddin, for quantification of the obtained losses to each erosive rainy event (>10 mm), according to Universal Soil Losses Equation methodology (USLE). In parallel, were collected water samples in two points of the water course (high course, far the cultures, AC; and drop course, near the coffee section, BC) for the physical chemistry characterization, of way to identify possible cultivation influence about the same. Between January and April 2008, 60% of the rainfalls that occurred were considered erosives, just 36% theses were responsible for generating soil loss in the coffee cultivation. In relation the total precipitated during the period (515 mm), just considering erosive rainy events, just 1% was drained. The water loss average during the period was 0.24 mm with interval from 0.03 to 0.96 mm. The soil loss average was 3.99 kg.ha⁻¹ with interval from 0.69 to 9.77 kg.ha⁻¹. The potential of drags of sediment (SAP) belonged to 0,01 Mg.ha⁻¹.mm⁻¹, the drop value demonstrates that the dense cultivation of the coffee (1.75 x 1 m), as it occurs in coffee section studied, acts like important physical barrier to reduce the torrent speed, to decrease nutrients and aggregate sediments losses. The biggest nutrients losses were current of the flow, except for Zn and Mn. The nutrients losses accumulated during the period with highlight larger associates to the flow were: 50.2 g.ha⁻¹ for N; 5.11 g.ha⁻¹ for Ca; 4.77 g.ha⁻¹ for the K; and for micronutrient Fe with 0.35 g.ha⁻¹. It was not identified coffee cultivation direct influence of coffee section on the water course quality. Thus, to associate local community's perception of the water erosion with the results socialization obtained in the coffee cultivation were accomplished two field's meetings that were led through the adaptation methodology of the Participate Fast Diagnosis (PRD), and it allowed for local community's sensibilization to management and preservation practices pro-adoption.

Keywords: Water erosion. Coffee. Paraiba do Sul river watershed.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1

Localização da área de estudo na bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul 38

FIGURA 2

Vista panorâmica das três parcelas experimentais (em branco, à direita) no talhão de café estudado do sítio Panorama II 41

FIGURA 3

Parcelas experimentais de 22 x 3,5 m (P1, P2 e P3), instaladas no sentido da declividade de 28 %, para a aplicação dos estudos de perdas de água e solo na microbacia do rio Paraíba do Sul, Varre-Sai, RJ 42

FIGURA 4

Metodologia aplicada durante os estudos de perdas de água e solo na microbacia do rio Paraíba do Sul, Varre-Sai, RJ 44

FIGURA 5

Primeira reunião de campo durante os estudos de perdas de água e solo na microbacia do rio Paraíba do Sul, Varre-Sai, RJ (Sítio Panorama II) 74

GRÁFICO 1

Pluviosidade e escoamento em dias de chuva erosiva de janeiro a abril de 2008 no cultivo do café 54

GRÁFICO 2

Escoamento acumulado para as diferentes parcelas experimentais (P1, P2 e P3) de janeiro a abril de 2008 em dias de chuva erosiva 56

GRÁFICO 3

Perdas de solo e pluviosidade em dias de chuva erosiva para as diferentes parcelas experimentais (P1, P2 e P3) de janeiro a abril de 2008 57

GRÁFICO 4

Perda de solo acumulada para as diferentes parcelas experimentais (P1, P2 e P3) de janeiro a abril de 2008 59

GRÁFICO 5

Distribuição do pH na água escoada das diferentes parcelas experimentais (P1, P2 e P3) de janeiro a abril de 2008 60

GRÁFICO 6

Distribuição da condutividade elétrica na água escoada das diferentes parcelas experimentais (P1, P2 e P3) de janeiro a abril de 2008 61

GRÁFICO 7

Perda de K na água escoada das diferentes parcelas experimentais (P1, P2 e P3) de janeiro a abril de 2008 63

GRÁFICO 8

Perda de Ca na água escoada das diferentes parcelas experimentais (P1, P2 e P3) de janeiro a abril de 2008 63

GRÁFICO 9

Distribuição em diagrama de caixa apresentando as perdas de K na água escoada para as três parcelas estudadas (P1, P2 e P3) 64

GRÁFICO 10

Perda de K no solo erodido das diferentes parcelas experimentais (P1, P2 e P3) de janeiro a abril de 2008 68

GRÁFICO 11

Perda de Ca no solo erodido das diferentes parcelas experimentais (P1, P2 e P3) de janeiro a abril de 2008 68

GRÁFICO 12

Relação entre as perdas de Corg. e solo de janeiro a abril de 2008 na parcela 70

GRÁFICO 13

Relação entre as perdas de Corg. e solo de janeiro a abril de 2008 na parcela 2

70

GRÁFICO 14

Relação entre as perdas de Corg. e solo de janeiro a abril de 2008 na parcela 3

71

LISTA DE TABELAS

TABELA 1

Previsão inicial de produção para a safra de café beneficiado de 2008 25

TABELA 2

Atributos físico-químicos do solo superficial (0-16 cm), no talhão café estudado, no início do período de chuvas 13 de novembro de 2007 53

TABELA 3

Distribuição das perdas de nutrientes na água escoada das diferentes parcelas experimentais de janeiro a abril de 2008 66

TABELA 4

Distribuição dos parâmetros físico-químicos no córrego (BC e AC) durante o período de chuvas 72

TABELA 5

Precipitação e parâmetros ambientais estudados na água escoada da parcela 1 (P1) para o uso do café ao longo da série temporal (n=22) 94

TABELA 6

Precipitação e parâmetros ambientais estudados na água escoada da parcela 2 (P2) para o uso do café ao longo da série temporal (n=25) 95

TABELA 7

Precipitação e parâmetros ambientais estudados na água escoada da parcela 3 (P3) para o uso do café ao longo da série temporal (n=22) 96

TABELA 8

Correlações entre as perdas de água e nutrientes, além da pluviosidade, pH e condutividade elétrica na água escoada da parcela 1 (P1) sob o uso do café (n=22), em negrito as correlações significativas a 95% de confiança (coeficiente de correlação de *Spearman*) 97

TABELA 9

Correlações entre as perdas de água e nutrientes, além da pluviosidade, pH e condutividade elétrica na água escoada da parcela 2 (P2) sob o uso do café (n=22), em negrito as correlações significativas a 95% de confiança (coeficiente de correlação de *Spearman*) 98

TABELA 10

Correlações entre as perdas de água e nutrientes, além da pluviosidade, pH e condutividade elétrica na água escoada da parcela 3 (P3) sob o uso do café (n=22), em negrito as correlações significativas a 95% de confiança (coeficiente de correlação de *Spearman*) 99

TABELA 11

Teste HSD de *Tukey* para a perda de água e nutrientes, além do pH e condutividade elétrica (n=22), considerando as parcelas experimentais (P1, P2, P3). Valores em negrito ($p < 0,05$) 100

TABELA 12

Parâmetros ambientais estudados no solo erodido da parcela 1 (P1, n=8) para o uso do café ao longo da série temporal 101

TABELA 13

Parâmetros ambientais estudados no solo erodido da parcela 2 (P2, n=8) para o uso do café ao longo da série temporal 102

TABELA 14

Parâmetros ambientais estudados no solo erodido da parcela 3 (P3, n=9) para o uso do café ao longo da série temporal 103

TABELA 15

Parâmetros ambientais estudados no curso hídrico (baixo córrego, BC; e alto córrego, AC) ao longo da série temporal (n=13) 104

LISTAS DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AC - Alto córrego

BC - Baixo córrego

CEFET Campos - Centro Federal de Educação Tecnológica de Campos

Corg. - Carbono orgânico

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento

DEA - Departamento de Engenharia Agrícola da UFV

DRP - Diagnóstico Rápido Participativo

EMATER-RIO - Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado do Rio de Janeiro

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

EPA - Agência de Proteção Ambiental Americana

FAERJ - Federação da Agricultura, Pecuária e Pesca do Estado do Rio de Janeiro

FUNDAÇÃO CIDE - Centro de Informações e Dados do Rio de Janeiro

FUNDENOR - Fundação Norte Fluminense de Desenvolvimento Regional

GPRH - Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos

MO - Matéria orgânica

NT - Nitrogênio total

PAS - Potencial de arraste de sedimentos

P1 - Parcela 1

P2 - Parcela 2

P3 - Parcela 3

RPS - rio Paraíba do Sul

S-SO₄ - Enxofre na forma de sulfato

T - Período de retorno em anos

TFS – Terra fina seca

Tie - Taxa de infiltração estável

UENF - Universidade Estadual do Norte Fluminense

UFV - Universidade Federal de Viçosa

UFRRJ - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

UPEA - Unidade de Pesquisa e Extensão Agro-Ambiental

EUPS - Equação Universal de Perdas de Solo

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
2 REVISÃO DE LITERATURA	18
2.1 Erosão hídrica	18
2.2 Precipitação e erosividade	21
2.3 Erodibilidade e suscetibilidade a erosão	22
2.4 Estudos de perdas de água e solo	23
2.5 Cultura do café	25
2.6 Macronutrientes e micronutrientes: cultura do café	27
2.6.1 Nitrogênio	27
2.6.2 Fósforo	28
2.6.3 Potássio	28
2.6.4 Cálcio	29
2.6.5 Magnésio	30
2.6.6 Enxofre	30
2.6.7 Boro	31
2.6.8- Zinco	31
2.6.9 Ferro	32
2.6.10 Manganês	32
2.6.11 Cobre	32
2.7 Metodologias participativas	34
3 METODOLOGIA	36
3.1 Hipótese	36
3.2 Área de estudo	37
3.3 Histórico do talhão de café estudado em Varre-Sai	39
3.4 Amostragem	41
3.5 Reuniões de campo	45
3.6 Análises químicas de água	48
3.7 Análises físico-químicas de solo	49
3.8 Análise estatística	51
3.9 Dimensionamento de terraços	52

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	53
4.1 Caracterização prévia	53
4.2 Regime de chuvas: perdas de água e solo	54
4.3 Perdas de nutrientes totais na água escoada das parcelas experimentais	60
4.4 Perdas de nutrientes totais no solo erodido das parcelas experimentais	66
4.5 Parâmetros físico-químicos do baixo e alto córrego	72
4.6 Reuniões de campo e participação da comunidade local	74
4.7 Propostas de manejo e conservação	78
4.7.1 Considerações gerais	78
4.7.2 Dimensionamento de terraço	81
5 CONCLUSÕES	83
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	84
APÊNDICES	93
APÊNDICE A	94
APÊNDICE B	95
APÊNDICE C	96
APÊNDICE D	97
APÊNDICE E	98
APÊNDICE F	99
APÊNDICE G	100
APÊNDICE H	101
APÊNDICE I	102
APÊNDICE J	103
APÊNDICE K	104
APÊNDICE L	105
APÊNDICE M	107
APÊNDICE N	108

1 INTRODUÇÃO

O rio Paraíba do Sul (RPS) é o principal manancial de águas lóxicas do Estado do Rio de Janeiro. Sua bacia possui uma cobertura de solo caracterizada por 70% de pastagem, 27% de agricultura e 3% de mata atlântica (MACIEL, 2005). Ao longo do seu curso podem ser avistadas as conseqüências da degradação resultante dos processos erosivos.

A importância do rio Paraíba do Sul para a população fluminense é inestimável, principalmente no que diz respeito ao abastecimento público, irrigação e produção de energia elétrica (MACIEL, 2005).

Entretanto, apesar de sua importância, são poucos os estudos relacionados à erosão hídrica na bacia do Paraíba do Sul, o que destaca o relevante papel do mesmo para o ecossistema.

Neste trabalho, foi considerada apenas a erosão hídrica, na qual o principal agente é a água da chuva, que provoca umedecimento dos agregados do solo reduzindo suas forças coesivas e no passar do tempo de exposição ocorre a desintegração dos agregados em partículas menores (PRUSKI, 2006).

O objetivo do trabalho foi utilizar a aplicação dos estudos de perdas de água, solo e nutrientes totais no cultivo de café (*Coffea arabica* L.) como sensibilizador e difusor pró-adoção das práticas de manejo e conservação na microbacia do rio Paraíba do Sul em Varre-Sai, RJ.

A cultura de café arábica (*Coffea arabica* L.), por ser a principal atividade econômica da comunidade em Varre-Sai, foi alvo do presente trabalho na microbacia. A produtividade do cafeeiro no município de Varre-Sai está em 1.320 kg.ha⁻¹ em uma área de cultivo que abrange 4.050 ha e o produto colhido está em 5.346 toneladas (FUNDAÇÃO CIDE, 2008).

Nesta concepção, o fato da microbacia pertencer à bacia hidrográfica do Paraíba do Sul aliou-se a possibilidade de se trabalhar próximo a comunidade local, e com condições ambientais propícias para a instalação das parcelas experimentais, no que diz respeito à declividade, ao uso do solo e ao período chuvoso característico. Desta forma, fez-se a escolha do sítio Panorama II como área de estudo em Varre-Sai, RJ.

Este local de estudo possui uma tradição de diversos trabalhos acadêmicos que foram aplicados por diferentes instituições ao longo dos anos: Universidade Federal de Viçosa (UFV), Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) e o Centro Federal de Educação Tecnológica de Campos (CEFET Campos).

Além dos aspectos apontados acima, o fator determinante para a realização deste estudo no sítio Panorama II parte do posicionamento pró-ativo de seu proprietário José Ferreira Pinto que forneceu uma estrutura de trabalho adequada para o funcionamento do mesmo e identifica a instituição de ensino como colaboradora na difusão de conhecimentos.

O conjunto de intenções específicas alocadas ao presente estudo visou atuar sobre os seguintes aspectos:

- Quantificar e caracterizar as perdas de água, solo e nutrientes totais, com base na utilização de parcelas experimentais em meio à lavoura de café (*Coffea arabica* L.);
- Interagir com a comunidade local na percepção dos processos erosivos e suas conseqüências para a manutenção da qualidade ambiental da microbacia do rio Paraíba do Sul;
- Propor diretrizes para a possível adoção de práticas de manejo e conservação na região;
- Propor diretrizes para agregar valor ao cultivo tradicional do café no sítio Panorama II em Varre-Sai, RJ.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Erosão hídrica

A principal causa da degradação das terras e dos recursos hídricos por assoreamento, salinização e eutrofização são os processos erosivos. Estes provocam o desprendimento e o arraste das partículas do solo (como nutrientes e matéria orgânica) pela ação da água e/ou do vento. A erosão dos solos trata-se de um processo natural, porém a atividade humana é grande potencializadora deste processo pelo uso intensivo e inadequado do mesmo (EPA, 2006; PRUSKI, 2006).

A erosão hídrica pode ocorrer de três formas referentes às suas diferentes ações: a erosão laminar com a remoção de delgadas camadas da superfície do solo de forma imperceptível; a erosão em sulcos com a formação de valas e sulcos irregulares, devido à concentração do escoamento superficial; e a erosão em voçorocas com deslocamento de grande quantidade de solo, formando canais com grandes dimensões (GUERRA *et al.*, 1999).

O processo de erosão hídrica do solo é condicionado pelos fatores chuva (intensidade, duração e frequência), solo (erodibilidade), topografia (declividade e comprimento da encosta), cobertura vegetal, manejo e práticas conservacionistas de suporte (COGO *et al.*, 2003; PRUSKI, 2006).

As perdas de água e solo provocadas pela erosão hídrica constituem fatores de fundamental importância na diminuição da capacidade produtiva do solo, em virtude da remoção de nutrientes adsorvidos aos sedimentos minerais e orgânicos e/ou solubilizados na água da enxurrada (BERTOL *et al.*, 2004).

A erosão hídrica, por ser seletiva, transporta preferencialmente os sedimentos mais finos, de menor diâmetro e de baixa densidade, constituídos sobretudo de colóides minerais e orgânicos, normalmente enriquecidos de elementos minerais (BERTOL *et al.*, 2007).

Os sedimentos transportados na enxurrada também se diferenciam quanto à textura, cuja variação influencia a velocidade de sedimentação das partículas no fluxo, conforme a lei de Stokes (TUNDISI, 2001).

As partículas de menor tamanho e de baixa densidade, como a argila e a matéria orgânica, apresentam movimento errático quando em suspensão na água, o que dificulta sua decantação. Assim, esses sedimentos permanecem suspensos na enxurrada por maior período de tempo, sendo mais expostos às reações de sorção/dessorção na massa de água do que os sedimentos de maior tamanho, os quais decantam mais rapidamente. Dessa forma, grandes

quantidades de sedimentos em suspensão, especialmente os coloidais, favorecem o transporte de nutrientes por erosão hídrica (KOSKI-VÄHÄLÄ; HARTIKAINEN, 2001; ^aBERTOL *et al.*, 2007).

Com isso, os ambientes situados fora da área de origem da erosão são degradados pelo aumento da turbidez e da eutrofização das águas. Isso acontece porque os sedimentos finos apresentam alta atividade química e, em geral, são altamente enriquecidos de nutrientes (^aBERTOL *et al.*, 2007).

Atualmente, as aplicações convencionais de fertilizantes realizadas pelos agricultores são excessivas em determinadas áreas do campo e insuficientes em outras. O conhecimento detalhado da variabilidade espacial dos atributos da fertilidade pode otimizar as aplicações localizadas de corretivos e fertilizantes, melhorando dessa maneira o controle do sistema de produção das culturas, reduzindo os custos gerados pela alta aplicação de insumos e a degradação ambiental provocada pelo excesso desses nutrientes (ROCHA; LAMPARELLI, 1998).

Em regiões tropicais e subtropicais, a decomposição da matéria orgânica é acelerada, e concomitantemente com o manejo inadequado do solo, reduz a porosidade pelo aumento da densidade, diminuindo a infiltração de água e incrementando a erosão hídrica (MELLO *et al.*, 2003).

A perda total de nutrientes na água e sedimentos carregados do solo em decorrência da erosão hídrica depende do volume total de água e da quantidade total de sedimentos transportados, além da concentração dos referidos nutrientes na água e nos sedimentos (SCHICK *et al.*, 2000).

Assim, as concentrações de nutrientes no material transportado, mesmo que relativamente pequenas para alguns nutrientes, podem representar grandes quantidades de adubos e fertilizantes perdidos em decorrência da erosão, que devem ser adicionados ao solo para que a sua capacidade produtiva se mantenha em níveis adequados (CASSOL *et al.*, 2002).

Os processos erosivos geram como conseqüências inúmeros problemas em cursos e reservatórios de água, a saber (PRUSKI, 2006):

- Diminuição da capacidade de armazenamento dos reservatórios devido à sedimentação;
- Redução do potencial de geração de energia elétrica;
- Elevação dos custos de tratamento da água;

- Desequilíbrio do balanço de oxigênio dissolvido na água com prejuízos para o crescimento de espécies aquáticas;
- Aumento dos custos de dragagem dos cursos e reservatórios d'água.

2.2 Precipitação e erosividade

A distribuição das chuvas em uma região é dependente de fatores estáticos (latitude, distância do oceano, efeito orográfico) e dinâmicos (movimentação das massas de ar), que associados entre si, caracterizam os índices pluviométricos na região. O estado do Rio de Janeiro caracteriza-se por alta variabilidade pluviométrica em decorrência dos fatores mencionados (DAVIS; NAGHETTINI, 2000).

A erosão hídrica é a consequência da interação da chuva com o solo, ou seja, é a resultante do poder da chuva em causar erosão e da capacidade do solo em resistir a esta. Ao potencial da chuva em causar erosão chama-se erosividade (BAZZANO *et al.*, 2007).

As propriedades do solo que influenciam a erosividade pela água são: as que afetam a velocidade da infiltração da água do solo, a permeabilidade e a capacidade de retenção da água; aquelas que resistem à capacidade de dispersão ao salpicamento, à abrasão e às forças de transporte da chuva e enxurrada (GUERRA; CUNHA, 1995).

A chuva tem seu potencial erosivo quantificado a partir de suas características físicas, sendo os índices de erosividade EI_{30} e $KE > 25$ os mais utilizados (CARVALHO *et al.*, 2005). No estado do Rio de Janeiro, os maiores valores de erosividade, para ambos os índices, são observados nas regiões da Baía da Ilha Grande e Serrana, enquanto os menores valores são observados nas regiões Norte e Noroeste Fluminense (MONTEBELLER *et al.*, 2007).

O conhecimento das características da chuva permite a planificação mais segura de estruturas de conservação de solo (terraços, curvas de nível) e de práticas agrícolas que visem à conservação do solo por meio de manutenção de sua cobertura, assim como outras obras (barragens, canais escoadouros), e de estruturas hidráulicas de fluxo para águas pluviais, o que justifica sua determinação (BAZZANO *et al.*, 2007).

2.3 Erodibilidade e suscetibilidade a erosão

Várias têm sido as tentativas, no sentido de correlacionar algumas propriedades físicas e/ou químicas do solo, com o um índice indicativo da sua susceptibilidade a erosão (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999).

Diferentes classes de solos podem apresentar susceptibilidade diferenciada à erosão superficial, mesmo para condições semelhantes de topografia, cobertura vegetal e práticas de manejo. Essas diferenças são devidas às propriedades do próprio solo e são denominadas de erodibilidade do solo (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999).

A erodibilidade pode ser definida como a susceptibilidade do solo à erosão superficial, de modo que as partículas de solo são destacadas dos agregados e transportadas pela ação por fluxo hídrico superficial concentrado. A erodibilidade é uma das propriedades de comportamento dos solos de maior complexidade pelo grande número de variáveis intervenientes (MENDES, 2006).

Os valores de erodibilidade do solo são utilizados, entre outros aspectos, para estabelecer uma escala de suscetibilidade natural dos solos à erosão hídrica (^bBERTOL *et al.*, 2007).

A resistência dos solos à erosão hídrica apresenta grande amplitude devido à variabilidade climática, que influi na erosividade das chuvas, e à variedade de solos com características diferenciadas, que reflete na sua erodibilidade, tornando arriscado estimar um valor com base unicamente na classificação de solos (SILVA *et al.*, 2005).

A erodibilidade do solo (fator K da Equação Universal de Perdas de Solo - EUPS) significa sua suscetibilidade natural à erosão hídrica, expressa como a quantidade de solo perdido por unidade de erosividade da chuva (fator R da EUPS), e, por isso, a unidade de expressão do fator K é $t.h.MJ^{-1}.mm^{-1}$ (WISCHMEIER; SMITH, 1978).

A erodibilidade do solo apresenta grande variabilidade espacial e temporal, a qual é parcialmente explicada pela variabilidade climática que influi no potencial erosivo das chuvas, pelo teor de água do solo antecedente às chuvas e pela variabilidade do solo que influencia a suscetibilidade deste à erosão (LIEBENOW *et al.*, 1990).

2.4 Estudos de perdas de água e solo

As perdas de água da chuva na forma de enxurrada geralmente são menos influenciadas pelo efeito da cobertura e manejo do solo do que as perdas de solo, já que este apresenta capacidade-limite de absorção de água (MELLO *et al.*, 2003; ^bBERTOL *et al.*, 2007). Ultrapassado tal limite, o excesso de água da chuva escoar, independentemente do sistema de manejo empregado. Isso ocorre especialmente sob chuvas de longa duração e volume elevado, as quais saturam o solo e produzem grandes enxurradas (^aBERTOL *et al.*, 2007).

Desta forma, as perdas totais de nutrientes por erosão hídrica são resultantes da concentração destes no solo original e das quantidades totais de solo e água removidas no processo erosivo (SCHICK *et al.*, 2000; BERTOL *et al.*, 2003; GUADAGNIN *et al.*, 2005). Em geral, existe relação linear positiva entre a concentração de nutrientes no material erodido e aquela na camada de 0-2,5 m de profundidade do solo original (SCHICK *et al.*, 2000; BERTOL *et al.*, 2003).

Os nutrientes das plantas, como P, K, Ca e Mg, perdidos por erosão hídrica, podem significar expressiva perda monetária, na forma de adubos e calcário que foram adicionados ao solo, com conseqüente aumento no custo de produção das culturas. Essas perdas são expressivamente diminuídas em termos absolutos com a adoção de terraços agrícolas, já que estes diminuem a erosão hídrica, podendo armazenar a enxurrada nos seus canais, dentro das lavouras (MARTÍNEZ-CASANOVAS; RAMOS, 2004).

As perdas de nutrientes por erosão hídrica podem se constituir em importante causa de empobrecimento do solo no local de origem da erosão e, ainda, de contaminação do ambiente, especialmente as águas superficiais, fora do local de origem da erosão (IBÁÑEZ *et al.*, 2004). Assim, quando mantidos dentro das lavouras, tais nutrientes podem representar importante economia em adubos e em calcário no sistema de produção vegetal (^bBERTOL *et al.*, 2007).

A Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS, tradicionalmente conhecida como USLE) de Wischmeier e Smith (1978), foi adaptada para as condições brasileiras por Bertoni e Lombardi Neto (1999), e utilizada para proporcionar a avaliação de perdas de solo. A equação é expressa pela seguinte fórmula (1):

$$A = R . K . L . S . C . P \quad (1)$$

Onde:

A = Perda de solo calculada por unidade de área, (t.ha⁻¹);

R = Fator erosividade da chuva: índice de erosão pela chuva, (MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹);

K = Fator erodibilidade do solo: intensidade de erosão por unidade de índice de erosão da chuva, para um solo específico que é mantido continuamente sem cobertura, mas sofrendo operações culturais normais, em $t.ha^{-1}$ ($t.h.MJ^{-1}.mm^{-1}$);

L = Fator comprimento da vertente: relação de perdas de solo entre um comprimento de declive qualquer e um comprimento de rampa de 25 m para o mesmo solo e grau de declive;

S = Fator declividade da vertente: relação de perdas de solo entre um declive qualquer e um declive de 9% para o mesmo solo e comprimento de rampa;

C = Fator uso-manejo do solo: relação entre perdas de solo de um terreno cultivado em dadas condições e as perdas correspondentes de um terreno mantido continuamente descoberto, isto é, nas mesmas condições em que o fator **K** é avaliado;

P = Fator práticas conservacionista: relação entre as perdas de solo de um terreno cultivado em determinada prática e as perdas quando se planta morro abaixo.

No Brasil, diversos estudos experimentais de conservação de água e solo geraram importantes contribuições para a difusão do conhecimento científico (COGO *et al.*, 2003; MELLO *et al.*, 2003; BERTOL *et al.*, 2006; CASTRO *et al.*, 2006; PANACHUKI *et al.*, 2006). Quando se trabalha com perdas de solo e nutrientes, torna-se necessário o levantamento de alguns atributos físico-químicos do solo no local do estudo, principalmente referente à camada superficial, como: pH, Al, matéria orgânica (MO), carbono orgânico (Corg.), macronutrientes e micronutrientes. Esta prática é importante para o entendimento da dinâmica dos nutrientes no solo e de como ocorre o seu empobrecimento com o transporte das partículas.

Outra informação importante, que precisou ser levantada pelos diferentes estudos de perdas de água e solo, foi o dimensionamento das parcelas experimentais de erosão instaladas na área com o cultivo de café na microbacia do rio Paraíba do Sul em Varre-Sai, RJ. A metodologia escolhida foi a de utilização de macro-parcelas para avaliar a erosão global de efeito ponto-a-ponto.

Em trabalhos anteriores, desenvolvidos por Leite *et al.* (2004), verificou-se a utilização de parcelas experimentais de 11 x 3,5 m, assim como observado durante visitas técnicas aos estudos de perdas de solo conduzidos na Universidade Federal de Viçosa. Entretanto, outros autores como Cogo *et al.* (2003), Bertol *et al.* (2004) e Bertol *et al.* (2006) utilizaram parcelas maiores, de 22,1 x 3,5 m, resultando na redução do número de parcelas a serem dispostas na área de estudo, além de seguir a metodologia USLE (WISCHMEIER; SMITH, 1978).

2.5 Cultura do café

A origem do café é proveniente dos altiplanos da Etiópia, onde um pastor notou que suas cabras ao se alimentarem de um certo arbusto ficavam agitadas (TAUNAY, 1945).

A cultura do café ocupa posição de destaque na economia mundial, sendo explorada por mais de 70 países, gerando divisas. Além de contar com sua função social de fixação de parte da população na zona rural, e geração de empregos diretos e indiretos (GONTIJO, 2004). Entre as *commodities* agrícolas produzidas no Brasil, a que apresenta maior volatilidade de preço é o café (AGUIAR, 2004).

A cultura cafeeira, dos últimos 150 anos até os dias atuais, vem apresentando papel de destaque na economia brasileira, como produto de exportação e geração de renda para a população; porém, a prática exige considerável demanda de água e nutrientes para a sua produção, fato que impulsiona a elaboração de diferentes estudos com o propósito de caracterização regional desta demanda (OLIVEIRA *et al.*, 2003).

A primeira estimativa de produção indica que o país deverá colher entre 41.288 e 44.174 mil sacas de 60 quilos de café beneficiado em 2008 (Tabela 1).

Tabela 1: Previsão inicial de produção para a safra de café beneficiado de 2008. Fonte: CONAB, 2008.

CAFÉ BENEFICIADO SAFRA 2008 PREVISÃO INICIAL DE PRODUÇÃO UF/REGIÃO	PRODUÇÃO (Mil sacas beneficiadas)					
	Arábica		Robusta		TOTAL	
	INFER.	SUPER.	INFER.	SUPER.	INFER.	SUPER.
Minas Gerais	20.694	22.039	35	37	20.729	22.076
Sul e Centro Oeste	10.609	11.298	-	-	10.609	11.298
Triângulo, Alto Paranaíba e Noroeste	4.129	4.398	-	-	4.129	4.398
Zona da Mata, Jequitinhonha, Mucuri, Rio Doce, Central e Norte	5.956	6.343	35	37	5.991	6.380
Espírito Santo	2.518	2.674	6.936	7.514	9.454	10.188
São Paulo	4.200	4.500	-	-	4.200	4.500
Paraná	2.120	2.340	-	-	2.120	2.340
Bahia	1.573	1.670	513	551	2.086	2.221
Rondônia	-	-	1.636	1720	1.636	1.720
Mato Grosso	12	14	159	166	171	180
Pará	-	-	252	268	252	268
Rio de Janeiro	243	258	12	15	255	273
Outros	155	164	230	244	385	408
BRASIL	31.515	33.659	9.773	10.515	41.288	44.174
PONTO MÉDIO		32.587		10.144		42.731

CONVÊNIO: MAPA -SPA/E/CONAB

O resultado dessa primeira pesquisa representa um crescimento entre 22,4 e 30,9%, quando comparado com a produção de 33.740 mil sacas obtidas na safra anterior (CONAB, 2008).

O centro de origem da espécie *Coffea arabica* L. tem por característica temperatura amena e local sombreado pelas florestas dos altiplanos da Etiópia. Este centro de origem está entre 6° e 9° N de latitude e 1600 e 2000 metros de altitude, com uma temperatura em torno de 15° a 20° C, chuva anual de 1600 a 2000 mm e apenas uma estação seca de 3 a 4 meses. A lavoura cafeeira está distribuída desde o Hawaii (20-25° N) e Cuba (22° N) até o estado do Paraná, Brasil (22 - 26° S) (CARR, 2001).

A produção do café arábica de 1970 a 2005 apresentou um crescimento a cada ano de 1,62 % (MATIELLO *et al.*, 2005). Atualmente, a produção do café arábica no país representa 76% do total estimada entre 31.515 e 33.659 mil sacas, tendo o estado de Minas Gerias como o maior produtor (50,1% da produção nacional) com uma produção estimada entre 20.694 e 22.039 mil sacas (CONAB, 2008).

A área cultivada com café estimada em 2.303,7 mil de hectares é 1,68% superior aos 2.265,7 mil hectares cultivados na safra anterior. Desse total, 92,6% (2.134 mil hectares) estão em produção e os 7,4% restantes (170 mil hectares) estão em formação (CONAB, 2008).

O Estado do Rio de Janeiro chegou a ser o maior produtor nacional de café, com uma produção de 3,5 milhões de sacas na década de 50, reduzindo drasticamente a área cultivada na década de 60 com o programa de diversificação, associados à erosão e problemas fitossanitários (MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA E DO COMÉRCIO, 1976).

A área ocupada com café no estado é de aproximadamente 28.900 ha onde a região noroeste é a principal produtora. Nesta região, Porciúncula, Varre-sai e Bom Jesus de Itabapoana apresentam contam com as maiores áreas: 92% da área de café da região; 62% da área de café do Estado; produtores com maiores áreas disponíveis, 72% da área para expansão; possibilidade de aumento de 124% da área de café (FAERJ, 2005). Dentre os fatores que dificultam a recuperação e expansão da cafeicultura no Rio de Janeiro destacam-se o baixo nível tecnológico, a falta de incentivo (linhas de crédito), as condições precárias das estradas de acesso e de assistência técnica, (BARBOSA *et al.*, 2006).

2.6 Macronutrientes e micronutrientes: cultura do café

2.6.1 Nitrogênio

A quantidade do nitrogênio (N) disponível no solo é baixa, por isso existe necessidade do aporte externo, em combinação com outros elementos, por produtos orgânicos ou químicos (FURTINI NETO *et al.*, 2001; EPSTEIN; BLOOM, 2006).

A demanda de N pelas plantas varia com a espécie. Entretanto, para um crescimento adequado, a concentração geralmente se apresenta dentro da faixa de 20 a 50 g.kg⁻¹ de matéria seca da planta (KERBAUY, 2004).

O N ocorre no solo em três partes principais: N orgânico não disponível para a planta; N amoniacal disponível de forma lenta para as plantas; além dos íons de amônio (NH₄⁺), nitrato (NO₃⁻) ou compostos solúveis mais usados pelas plantas que representam aproximadamente 3% do N total (TAIZ, 2004).

O N é um elemento fundamental para a ocorrência das reações enzimáticas nos vegetais. Convertido em aminoácidos na planta, atua na formação do protoplasma, local onde ocorre a divisão celular, sendo portanto, responsável pelo crescimento da planta (TAIZ, 2004; MALAVOLTA *et al.*, 2002).

O N é o componente que mais influencia a produtividade do café brasileiro. Não havendo outros fatores limitantes, a adubação nitrogenada realizada de forma adequada proporciona um crescimento rápido das plantas com a formação das folhas verdes e brilhantes. Aplicado em combinação com o potássio (K), possui efeito positivo, e com o auto-sombreamento, reduz a necessidade de adubação (MALAVOLTA *et al.*, 2002).

As perdas do N no solo ocorrem através da erosão, lixiviação (99% na forma de nitrato, NO₃⁻; e 1% na forma amoniacal, NH₄⁺; traços de nitrito, NO₂⁻) e volatilização (em baixa aeração do solo) (EPSTEIN; BLOOM, 2006).

O nitrogênio apresenta um acentuado dinamismo, o que o torna um elemento difícil de ser armazenado no solo em uma quantidade ideal. Sua exigência pela cultura do cafeeiro é grande, e pelo seu baixo efeito residual faz com que a necessidade da adubação nitrogenada seja maior comparada aos demais nutrientes (FURTINI NETO *et al.*, 2001).

O sintoma mais evidente da deficiência aguda de N é a clorose uniforme. Além disso, pode ocorrer formação de folhas menores, restrição no crescimento das plantas, baixo teor de clorofila e senescência precoce (MALAVOLTA *et al.*, 2002; FONTES, 2004).

2.6.2 Fósforo

Para um crescimento ótimo, a demanda de fósforo (P) está na faixa de concentração de 2 a 5 g.Kg⁻¹ de matéria seca (KERBAUY, 2004).

Por se tratar de um nutriente móvel nas plantas, os sintomas de deficiência estão na formação de folhas velhas, além da redução na expansão, área e número de folhas; coloração verde mais escura; drástica redução na razão parte aérea/raízes, sistema radicular pouco desenvolvido; senescência precoce das folhas; retardamento na formação dos órgãos reprodutivos e início da floração; e diminuição no número de flores e de sementes (MALAVOLTA *et al.*, 2002; KERBAUY, 2004; TAIZ, 2004).

Em solos mais ácidos ocorre maior exigência do nutriente pela planta (FURTINI NETO *et al.*, 2001; EPSTEIN; BLOOM, 2006). A absorção de P ocorre com alta intensidade nos primeiros estágios de desenvolvimento da planta. O P contribui para o melhor aproveitamento do potássio pelas plantas. A remoção de fósforo no solo ocorre por meio da erosão e de forma desprezível pela lixiviação (MALAVOLTA *et al.*, 2002; EPSTEIN; BLOOM, 2006).

O P é o macronutriente menos exigido pelo cafeeiro. A exigência deste elemento é considerada baixa comparada com N e K, estando associado às formações e crescimento do sistema radicular e lenhoso (FURTINI NETO *et al.*, 2001).

A cultura de café tem alta capacidade de extração do P do solo, na qual a forma de absorção preferencial é o fosfato (PO₄³⁻) (FURTINI NETO *et al.*, 2001). O H₂PO₄⁻ na presença do Al³⁺ sofre inibição não competitiva (MALAVOLTA *et al.*, 2002).

2.6.3 Potássio

O potássio (K) é absorvido de forma ativa pelas raízes na forma iônica K⁺. O K confere maior resistência às plantas em condições adversas (estresse hídrico e temperaturas extremas); possui função específica na abertura e fechamento dos estômatos, de permeabilidade da membrana, de controle do pH, dos processos osmóticos e na síntese de proteínas e manutenção da sua estabilidade (MALAVOLTA *et al.*, 2002; TAIZ, 2004).

A carência de K na planta é manifestada nos sistemas foliares (MALAVOLTA, *et al.*, 2002). Sua deficiência provoca clorose e necrose das folhas, colmos mais velhos e crescimento retardado (KERBAUY, 2004).

O K^+ sofre inibição competitiva na presença de Mg^{2+} , Ca^{2+} (sinérgico em baixa concentração deste) e Al^{3+} (MALAVOLTA *et al.*, 2002).

A perda de K ocorre por meio da lixiviação e remoção pelas culturas. Nas plantas, o K é altamente móvel. Em solos mais ácidos ocorrem maiores perdas de K, podendo ser corrigido por calagens adequadas (MALAVOLTA *et al.*, 2002; EPSTEIN; BLOOM, 2006).

O K desempenha papel dominante na cultura do cafeeiro. A demanda de K para um crescimento ótimo está na faixa de concentração de 20 a 50 $g.Kg^{-1}$ de matéria seca (KERBAUY, 2004).

A demanda de K pelo cafeeiro é equivalente a do N; aparece em maior proporção nos frutos, particularmente na polpa do fruto (FURTINI NETO *et al.*, 2001).

O nutriente permanece por muito tempo disponível no solo após a adubação, onde é facilmente extraído pelas raízes do cafeeiro (KERBAUY, 2004).

2.6.4 Cálcio

A disponibilidade de cálcio (Ca) no solo pode ser influenciada pela textura e pela quantidade de matéria orgânica. Sua perda ocorre por lixiviação e remoção pelas culturas. O Ca é o mais abundante nas plantas depois do K, porém muito imóvel na planta, acumulado principalmente em folhas velhas (MALAVOLTA *et al.*, 2002; EPSTEIN; BLOOM, 2006).

A demanda de Ca^{2+} para um crescimento ótimo está na faixa de concentração de 10 a 50 $g.Kg^{-1}$ de matéria seca, dependendo da espécie. Atua como elemento regulatório na relação cátions/ânions; exerce função na divisão e extensão celular; nos processos secretórios; no crescimento da raiz e tubo polínico. Além de sinalizador de estresse ambiental, infecção por patógeno ou injúria mecânica (KERBAUY, 2004; TAIZ, 2004).

A deficiência específica do mesmo está ligada à desintegração das paredes celulares. As plantas deficientes em Ca são mais baixas, compactas e com pequeno número de folhas, sendo que as folhas novas se desenvolvem pouco. Pode ocorrer a necrose, a queda total de flores e dificuldade na formação de flores (MALAVOLTA *et al.*, 2002; FONTES, 2004; TAIZ, 2004).

Além da relação, Ca^{2+} e K^+ citada anteriormente, o Ca^{2+} exerce um efeito antagônico sobre o Cu^{2+} e inibição competitiva sobre o Zn^{2+} (MALAVOLTA *et al.*, 2002).

2.6.5 Magnésio

A demanda de magnésio (Mg^{2+}) para um ótimo crescimento está na faixa de concentração de 15 a 35 $g.Kg^{-1}$ de matéria seca. Os sintomas da sua deficiência surgem nas folhas velhas e se caracterizam por clorose e necrose (KERBAUY, 2004), além de uma coloração verde mais clara, folhas mais grossas, quebradiças e enroladas para cima (MALAVOLTA *et al.*, 2002; FONTES, 2004).

O Mg é constituinte da clorofila; é responsável pela ativação de enzimas; e do aprofundamento e expansão da raiz, possuindo relação com o transporte de fósforo e carboidratos nas plantas. O Mg se concentra mais nas folhas, acumulando-se nas partes em crescimento de caule e raízes. O Mg^{2+} inibe competitivamente o Zn^{2+} (MALAVOLTA *et al.*, 2002; TAIZ, 2004).

No cafeeiro existe aproximadamente 4 vezes mais Ca que Mg (FURTINI NETO *et al.*, 2001). Este, segue basicamente a mesma tendência do Ca, tendo grande facilidade de translocação na planta, das folhas mais velhas para as novas. Possui relação antagônica com o K e Ca. A presença de Mg aumenta a absorção de P (MALAVOLTA *et al.*, 2002; TAIZ, 2004).

2.6.6 Enxofre

A demanda de enxofre (S) pelas plantas varia entre 1 a 5 $g.Kg^{-1}$ de matéria seca, conforme a espécie. O S é absorvido pelas raízes na forma de sulfato SO_4^{2-} , principalmente, podendo ser absorvido nas folhas na forma de SO_2 proveniente da atmosfera (KERBAUY, 2004).

O S é pouco móvel na planta e com funções importantes na regulação do transporte iônico nas membranas das raízes, relacionados com a tolerância à salinidade, com os constituintes das membranas, com a síntese de clorofila e com o desenvolvimento das raízes (MALAVOLTA *et al.*, 2002; TAIZ, 2004).

Os substratos com carência de MO apresentam deficiência de S (MALAVOLTA *et al.*, 2002; EPSTEIN; BLOOM, 2006).

Os sintomas da deficiência de enxofre consistem em redução no crescimento da parte aérea, levando a um decréscimo na razão parte aérea/raízes de aproximadamente duas vezes,

redução do tamanho das folhas e clorose acentuada (folhas novas principalmente e também em folhas velhas com déficit de N), devido ao menor teor de clorofila (KERBAUY, 2004).

Na cultura de café possui exigência semelhante ao P. Pouca importância é dada ao mesmo por ser também fornecido por fertilizantes nitrogenados ou fosfatados, como é o caso do sulfato de amônio e de superfosfato simples (MALAVOLTA *et al.*, 2002).

2.6.7 Boro

O boro (B) está associado à matéria orgânica e absorvido na forma de H_3BO_3 . Com perdas de B associadas à lixiviação, à falta de Ca ou à calagem excessiva ou ainda ao excesso de N na adubação. O B é pouco móvel na planta, com as culturas necessitando de suprimento durante seu crescimento (MALAVOLTA *et al.*, 2002).

O B atua na formação e na estabilização da parede celular, na diferenciação do xilema, no crescimento do tubo polínico, sendo mais direcionado ao crescimento reprodutivo do que vegetativo (MALAVOLTA *et al.*, 2002; KERBAUY, 2004; TAIZ, 2004).

A deficiência de B se manifesta nos pontos de crescimento e flores. A emergência e crescimento da planta são retardados, com folhas mais grossas (MALAVOLTA *et al.*, 2002). Aplicação excessiva de K causa deficiência de B (FONTES, 2004) e inibição não competitiva do $H_3BO_3^-$ sobre o Zn^{2+} (MALAVOLTA *et al.*, 2002).

2.6.8 Zinco

A demanda de zinco (Zn) pelas plantas está na faixa de 15 a 30 $mg.Kg^{-1}$ de matéria seca de folhas, sendo mais alta em alta concentração de P (inibição não competitiva) (KERBAUY, 2004).

O Zn é pouco móvel na planta; a absorção radicular do Zn^{2+} se dá ativamente, embora nas raízes 90% se dê em sítios de troca ou adsorção nas paredes das células do parênquima cortical (MALAVOLTA *et al.*, 2002; TAIZ, 2004). A deficiência do mesmo resulta em folhas menores, em diminuição do transporte raiz/parte aérea, em internódios do ápice mais curtos e a planta tem deficiência no crescimento (FONTES, 2004).

Altas concentrações de MO podem resultar em deficiência de Zn (MALAVOLTA *et al.*, 2002).

2.6.9 Ferro

A planta absorve ferro em seu estado iônico de menor oxidação (Fe^{2+}) e a eficiência da absorção varia entre as espécies de planta. O elemento atua na biossíntese dos citocromos, das coenzimas, da clorofila, e na cadeia de transporte de elétrons (KERBAUY, 2004; TAIZ, 2004). A deficiência de Fe^{2+} ocorre em altos valores de pH no solo, em solos encharcados e com muita MO (MALAVOLTA *et al.*, 2002). Os sintomas de deficiência ocorrem no aparecimento de clorose internervural das folhas jovens em rápida expansão (FONTES, 2004).

A concentração crítica de deficiência de Fe na matéria seca fica na faixa de 30 a 50 mg.Kg^{-1} , dependendo da espécie (KERBAUY, 2004).

A absorção de Fe é influenciada pelo K, Ca e Mg, com inibição competitiva pelo Cu, Zn e Mn (MALAVOLTA *et al.*, 2002).

2.6.10 Manganês

O manganês (Mn) tem importante função de oxirredução nas plantas, de transporte de elétrons na fotossíntese, e de eliminação de radicais livres. O Mn inibe a absorção de Ca, Mg, Zn e principalmente de Fe (MALAVOLTA *et al.*, 2002; TAIZ, 2004).

A concentração crítica de deficiência de Mn fica na faixa de 10 a 15 mg.Kg^{-1} de matéria seca de folhas maduras, dependendo da espécie (KERBAUY, 2004).

Os sintomas de deficiência são caracterizados pela clorose internervural com nítida coloração verde das nervuras e numerosas pontuações pequenas e redondas de coloração marrom ou preta. A deficiência ocorre em solos de baixada, ricos em MO, em solos alcalinos ou após calagem excessiva (MALAVOLTA *et al.*, 2002; FONTES, 2004).

2.6.11 Cobre

O cobre (Cu) é um elemento de transição semelhante ao Fe, de mobilidade variável dependendo da espécie de planta. O Cu possui ação de oxirredução; atua no desenvolvimento de mudas; é ativador enzimático e constituinte de proteínas nos processos da fotossíntese,

respiração, eliminação de radicais livres e lignificação (MALAVOLTA *et al.*, 2002; TAIZ, 2004). O elemento Cu compete com o Zn (MALAVOLTA *et al.*, 1997; KERBAUY, 2004).

A concentração crítica de deficiência de Cu fica na faixa de 1 a 35 mg.Kg⁻¹ de matéria seca, dependendo da espécie, da idade, do suprimento de N e da ocorrência do estresse hídrico (KERBAUY, 2004).

O excesso de N e a adubação fosfatada refletem na deficiência de Cu. As altas concentrações de Cu inibem Fe, Mo e Zn (MALAVOLTA *et al.*, 2002).

2.7 Metodologias participativas

O ambiente não se trata apenas como uma realidade visível, mas sim uma convergência de processos físicos, biológicos e simbólicos, que por meio das ações econômicas, científicas e técnicas do homem são reorganizados e reconduzidos (LEFF, 2001).

A percepção local do ambiente onde se vive, parte do princípio da racionalidade ambiental, que permite ressaltar a importância do papel da interatividade vital do meio diante da sua existência como ser vivo. Deste modo, a epistemologia ambiental procura investigar o que é o ambiente, esse estranho objeto do desejo de saber que emerge do campo da externalidade e do extermínio para qual foi enviado pelo longocentrismo e pelo círculo de racionalidade das ciências (LEFF, 2002).

O saber ambiental não é homogêneo, sua construção se dar por meio de um constante intercâmbio interdisciplinar, procurando integrar processos naturais e sociais diferenciados, matérias e racionalidades distintas, disfarçado por meio de um diálogo de saberes entre as mais diversas identidades culturais, práticas tradicionais e processos produtivos (LEFF, 2001).

O saber científico se desenvolve sobre os limites do campo temático da ciência e na sua relação com o ambiente, porém existem lacunas que podem ser produtivamente preenchidas pelas atividades interdisciplinares (LEFF, 2001).

A melhor forma de assumir a percepção ambiental é através do reconhecimento de sua complexidade. O ambiente não é limitado pelo seu caráter ecológico, mas dotado de multifacetadas em seu relacionamento com a civilização.

O pensamento epistemológico conserva o ambiente como seu objeto de reflexão, encontrado na indagação que o mesmo ultrapassa os códigos epistemológicos que tentam nomeá-lo, circunscrevê-lo e administrá-lo dentro dos cânones da racionalidade científica e econômica da modernidade (LEFF, 2002).

O reconhecimento do meio onde se vive desemboca-se em um saber para além dos limites do conhecimento científico, na problematização da racionalidade modernizadora que provoca a crise ambiental e compõe a autônoma complexidade do ambiente.

Pelo menos nos seus primórdios, a educação ambiental, surgiu como uma proposta de busca de alternativas ao produtivismo neoliberal. Entretanto, a globalização econômica transformou esses princípios originais, privilegiando mecanismos de mercado como forma de transição para um futuro sustentável e reduzindo a Educação Ambiental a um mero processo de conscientização de cidadão e/ou capacitação de profissionais para uma gestão ambiental orientada para a maximização econômica (LEFF, 2001).

Ao se falar em educação no processo de gestão ambiental, não está se falando de uma nova educação ambiental, mas em outra concepção de educação que toma o espaço da gestão ambiental como elemento estruturante na organização do processo de ensino-aprendizagem, construído com os sujeitos nele envolvidos, para que haja de fato controle social sobre decisões, que via de regra, afeta o destino de muitos, senão de todos, destas e de futuras gerações (QUINTAS, 2003).

Nesta concepção, as metodologias participativas são as mais propícias ao fazer educativo ambiental. Participar trata-se de um processo que gera a interação entre diferentes atores sociais na definição do espaço comum e do destino coletivo. Em tais interações, ocorrem relações de poder que incidem e se manifestam em níveis distintos em função dos interesses, valores e percepções dos envolvidos. Participar, aqui, é promover a cidadania, entendida como realização do “sujeito histórico” oprimido (LOUREIRO, 2004; MMA, 2004).

Como principal ferramenta na condução do presente estudo, será utilizada o Diagnóstico Rápido Participativo (DRP). O DRP evita problemas decorrentes de pesquisas longas e caras, tais como coletar dados em excesso, recolher dados sem importância, produzir resultados tardios e inadequados com pequena participação da população local. Além disso, o DRP evita alguns riscos de pesquisas rápidas (baseadas em impressões superficiais) e procura superar distorções, através da recuperação de informações qualitativas (WHITESIDE, 1994; ALENCAR, 1999).

3 METODOLOGIA

3.1 Hipótese

A realização do presente estudo foi dedicada a testar as seguintes hipóteses:

- As perdas de água, solo e nutrientes totais no cultivo de café funcionaram como fontes potenciais para a eutrofização e assoreamento de recursos hídricos;
- A prática do cultivo de café adensado (sobre espaçamento 1,75 x 1 m) conferiu uma barreira física considerável no que diz respeito às perdas de água, solo e nutrientes.

3.2 Área de estudo

A região norte-noroeste fluminense é formada pelo embasamento cristalino constituído por rochas metamórficas de alto grau, de idade pré-cambriana, apresentando gnaisses charnockíticos como rochas predominantes, ao lado de rochas metassedimentares e ortognáissicas. As rochas caracterizam-se pela presença de intenso falhamento, causado pelos mesmos eventos tectônicos que condicionaram o curso do rio Paraíba do Sul e seus afluentes GEPARMBH (2003) *apud* OTTONI (2005).

O total pluviométrico anual do noroeste fluminense está em torno de 1.200 mm. As precipitações concentram-se com valores aproximados de 82% do total, no período de outubro a março, período de primavera-verão. A geomorfologia da região e do município de Varre-Sai, RJ, onde se inclui a microbacia experimental, é caracterizada por relevo variando de plano nas baixadas a fortemente ondulado, escarpado e montanhoso (OTTONI, 2005).

O clima característico em Varre-Sai é tropical de altitude, com verões quentes e úmidos CEZAR (2001) *apud* OTTONI (2005). Este local encontra-se em altitudes entre 500 e 960 metros (ZANETTI, 2007).

A área estudada situa-se na microbacia experimental de Varre-Sai, que é pertencente ao rio Paraíba do Sul. Segundo o levantamento plani-altimétrico, realizado pela instituição CEFET - Unidade de Campos dos Goytacazes - RJ, a mesma apresenta uma área de 90,55 ha (noventa hectares e cinquenta e cinco centiares), de latitude 20° 56' 21,35" Sul e longitude 41° 53' 48,56" Oeste. Esta apresenta relevante importância como divisor de águas das bacias dos rios Paraíba do Sul e Itabapoana. Sua hidrografia é caracterizada por um pequeno curso d'água, alimentado por várias nascentes contidas na área de estudo e por um lago na cabeceira do curso (VIEIRA *et al.*, 2005).

Existem diferentes usos da terra na microbacia, com a predominância de pastagens, cafeicultura, seguidos por mata secundária e eucalipto.

No talhão de café, onde se desenvolveu a pesquisa, estão presentes duas linhagens (*Coffea arabica* L.): Catucaí Vermelho e Catucaí Amarelo, com predominância da primeira. O plantio de café na localidade tem aproximadamente 17 anos. A localidade era ocupada por pastagem e passou por uma safra de tomate.

O talhão de café estudado está estabelecido sobre um latossolo amarelo, segundo informações fornecidas pelo técnico agrícola e proprietário de terra José Ferreira Pinto, apresentando área de aproximadamente 1 ha com 4522 covas sobre um espaçamento de 1,75 x 1m. Com uma altitude média de aproximadamente 700 m e uma declividade de 28%.

A microbacia onde foi conduzido o trabalho encontra-se no sítio Panorama II, propriedade do José Ferreira Pinto, situado no município de Varre-Sai, região Noroeste Fluminense (Figura 1).

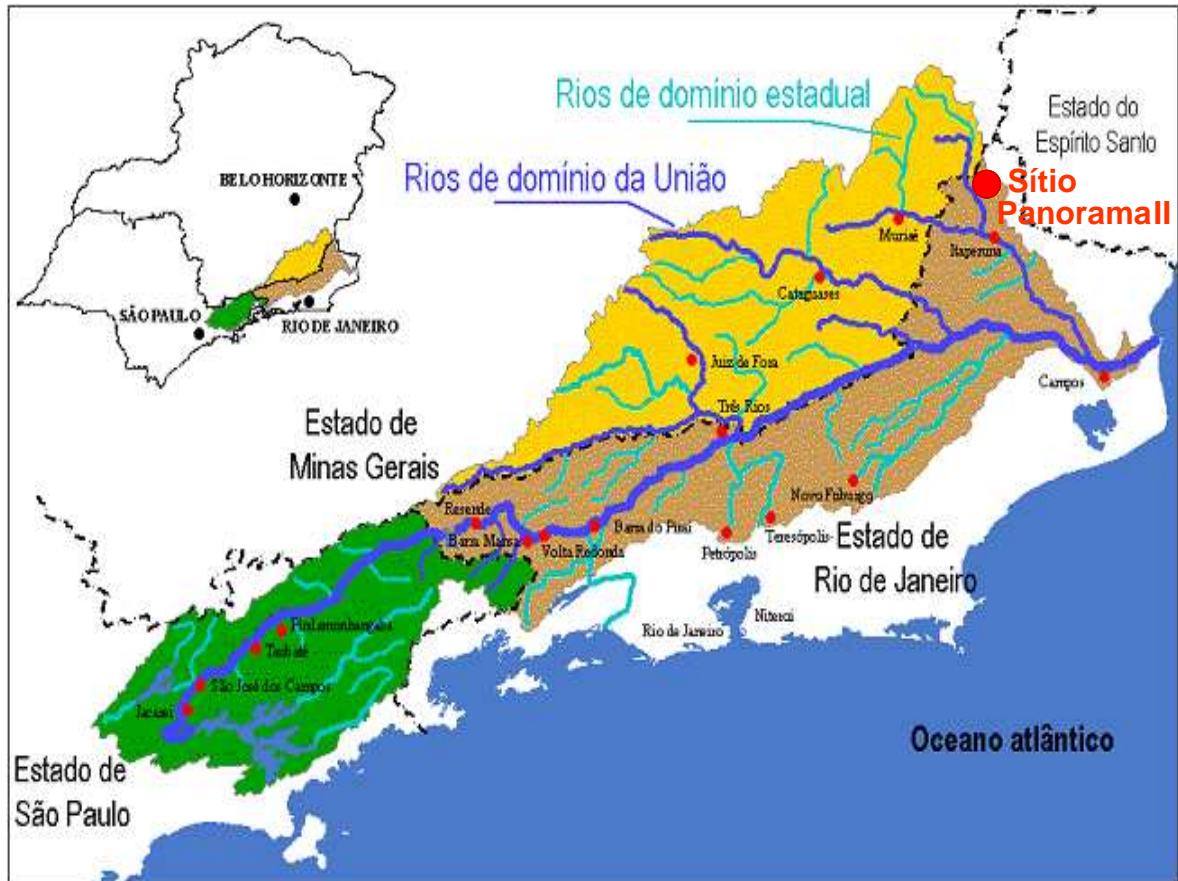


Figura 1: Localização da área de estudo na bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul. Fonte: Professor Vicente de Paulo Santos de Oliveira.

3.3 Histórico do talhão de café estudado em Varre-Sai

Durante as saídas e reuniões de campo para Varre-Sai foram coletadas, junto ao produtor rural que administra o cultivo de café (Paulo Prado) e o proprietário (José Ferreira Pinto), informações referentes ao histórico da prática realizada no sítio Panorama II (área estudada) durante aproximadamente 17 anos.

Antes do cultivo de café ser instalado em 1991, o talhão era ocupado por pastagem e passou por uma safra de tomate.

Desde 1991, no talhão de café, já foram aplicados diversos produtos orgânicos e/ou químicos como: superfosfato simples, calcário, esterco, sulfato de amônio, *roundup*, *baysiston*, glifosato, *tiodan*, ácido bórico, cloreto de potássio, goma espalhante, viça café, sulfato de zinco e oxiclreto de cobre.

Desde 2001, não é realizada a capina geral no talhão, fazendo uso de boa parte da serrapilheira como a palha do café sobre o solo.

De acordo com informações levantadas, durante o plantio do café foram utilizados 3 L de esterco, 200 g de superfosfato simples e 100 g de calcário.

A adubação após plantio (30 dias) contou com 15 g de sulfato de amônio; após 60 dias 20 g de N:P:K (20:0:20); após 90 dias 30 g de N:P:K (20:0:20); e após 120 dias 60 g de N:P:K (20:0:20), sempre com capina geral sobre a área. Desde 2001, mantém se o solo coberto e utiliza-se palha de café em uma quantidade de aproximadamente 6 L por cova.

Para pulverização das folhas de café, até 2004, utilizava-se outra série de produtos, como: ácido bórico (850 g), cloreto de potássio (500 g), espalhante (goma; 50 mL), *tiodan* para broca do café (1 L), sulfato de zinco (950 g) e oxiclreto de cobre (500 g), dissolvidos em 200 L de água.

Desde 2004, para pulverização das folhas, utiliza-se viça café (2 Kg), 200 g de calcário em 200 L de água e *tiodan* (1 L), duas vezes ao ano (aplicado geralmente em outubro e em março). Durante a execução do estudo não se verificou a necessidade de aplicação do mesmo pelo produtor rural em março.

O *baysiston* sempre é aplicado uma vez por ano (geralmente em dezembro), 9 g por cova. Glifosato ou *roundup* duas vezes ao ano para controlar ervas daninhas, que competem com a cultura de café pelos recursos naturais (uma no início do período de chuva e outra no final deste), sendo aplicados 150 mL para 20 L de água. Durante o estudo não se verificou a necessidade de aplicação do mesmo pelo produtor rural em abril.

A adubação para café adulto é de 150 g por cova, geralmente feita três vezes ao ano. Desde 2005, tem sido feito duas vezes ao ano (uma em novembro e outra em janeiro). Durante o estudo, foi realizado no dia 30 de janeiro de 2008.

3.4 Amostragem

Em 13 de novembro de 2007, foi realizada uma caracterização prévia do solo superficial do cultivo de café no horizonte A1 (propriedades físico-químicas e determinação de nutrientes totais), de modo a avaliar a evolução dos processos erosivos desde o início do período chuvoso.

A amostragem para caracterização prévia da área estudada foi feita da seguinte forma: aleatoriamente foram escolhidos 10 pontos no talhão de café, a partir dos quais se obteve uma amostra homogênea composta. Ainda em novembro houve coleta de todos os dados referente ao histórico de uso e ocupação do solo no cultivo de café e a todas as práticas desenvolvidas desde 1991: adubação, aplicação de fertilizantes, herbicidas, e remoção da palha de café, entre outros processos adotados.

No início de janeiro de 2008 foram instaladas três parcelas experimentais (P1, P2 e P3) para quantificação das perdas de água, nutrientes totais e solo no cultivo de café (Figura 2). A prática experimental da erosão hídrica abrangeu os meses de janeiro a abril de 2008, aproveitando o período chuvoso.



Figura 2: Vista panorâmica das três parcelas experimentais (em branco, à direita) no talhão de café estudado do sítio Panorama II. Fonte: Adaptação do *Google Earth*.

O dimensionamento das parcelas utilizadas foi de 22 x 3,5 m, perfazendo uma área de 77 m² (Figura 3). As mesmas foram instaladas no sentido da declividade (10 cm para dentro do solo e 20 cm para fora). Vale ressaltar, que neste estudo foram utilizadas tábuas pinho (madeira resistente e de baixo custo) no lugar de chapas galvanizadas, convencionalmente usadas nestes trabalhos, para se evitar uma possível oxidação nas mesmas influenciasse a concentração dos nutrientes totais metálicos, como o Fe e outros.

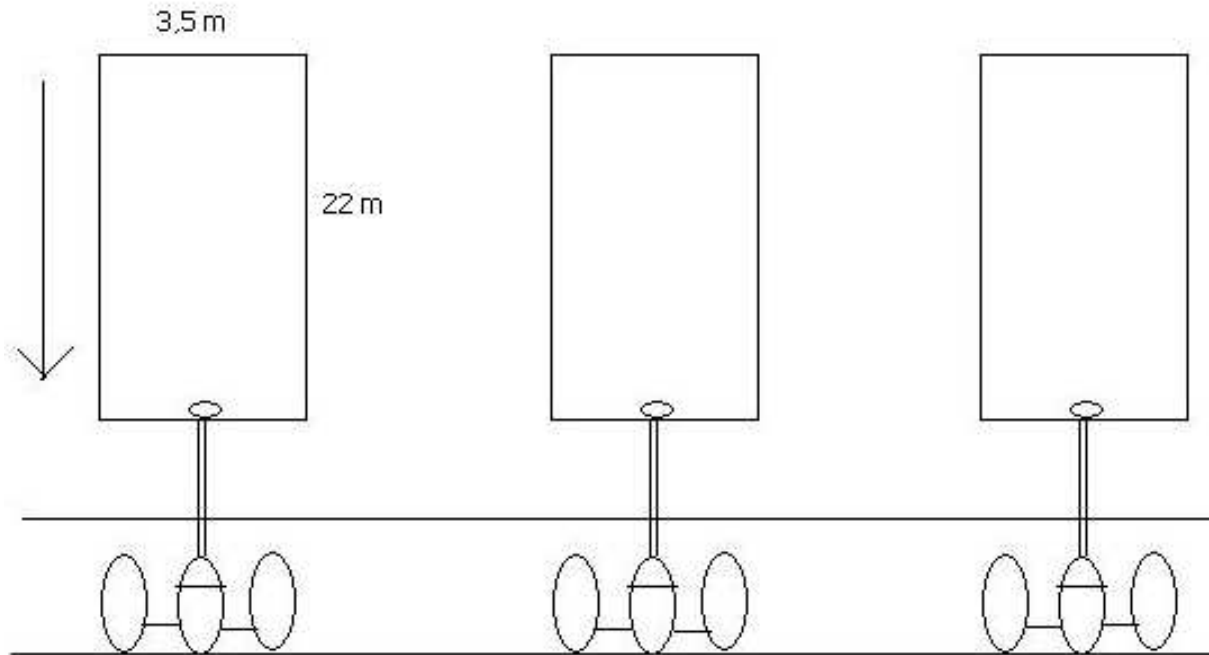


Figura 3: Parcelas experimentais de 22 x 3,5 m (P1, P2 e P3), instaladas no sentido da declividade de 28 %, para a aplicação dos estudos de perdas de água e solo na microbacia do rio Paraíba do Sul, Varre-Sai, RJ. Fonte: Elaboração própria.

As parcelas tiveram um formato retangular e na parte inferior das mesmas foram colocadas calhas coletoras acopladas a um tubo PVC com diâmetro de 100 mm e comprimento de 6 m, para conduzir a enxurrada até os três galões de PVC acoplados, com capacidade de 200 L cada. Na abertura do galão central adaptou-se uma estrutura com uma tela plástica associada ao Biddin, de forma a reter o sedimento (amostra composta) e permitir somente a entrada de água no galão. Através de um registro nos galões foi medido o volume de água, conforme ilustrado na figura 3.

As medições foram realizadas a cada evento de chuva erosivo, isto é, com maior que 10 mm, seguindo a metodologia USLE (WISCHMEIER; SMITH, 1978). Vale ressaltar que ainda segundo a mesma, eventos de chuva com até 6 mm podem ser considerados erosivos

obtidos em um tempo máximo de 15 minutos, entretanto a estação meteorológica do sítio Panorama II durante o período estudado encontrou-se com defeito no setor de descarga de dados.

Nas parcelas experimentais foi devidamente quantificada a água escoada, com alíquota condicionada em frascos de 500 mL de polietileno em geladeira ($\sim 5^{\circ}$ C), e o sedimento retido na calha e Biddin condicionados em sacos plásticos. A água e solo erodidos foram normalizados pela área experimental, sendo representados, respectivamente, em mm e em $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. A pesagem de solo erodido foi realizada em balança *Mettler Toledo* modelo PB 3002 de duas casas decimais.

O potencial de arraste de sedimentos do solo (PAS) foi calculado dividindo-se as perdas de solo ($\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$) pelas perdas de água (mm) (ZHOU *et al.*, 2002; MARTINS *et al.*, 2003).

Para as análises físico-químicas, as amostras de solo foram secas em estufa ($\sim 60^{\circ}\text{C}/72\text{h}$) e submetidas à peneira inox de malha 2 mm. Dentre as propriedades físicas do solo, foram avaliadas a granulometria e condutividade elétrica.

A caracterização química do solo foi realizada com base no pH, elementos orgânicos (Corg. e MO), macronutrientes (Ca, K, Mg, Na, P e S), micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn, Zn), além do Al. Vale ressaltar que não foi feita a determinação de N pela reduzida quantidade de solo erodido e pelo alto custo das determinações.

Desde janeiro de 2008 foram selecionados dois pontos de coleta de água em um córrego para caracterização físico-química. Um dos pontos situa-se a montante do talhão de café estudado e mais distante dos cultivos da fazenda (alto córrego AC; sobre coordenadas $20^{\circ} 56' 14,03''$ Sul e $41^{\circ} 53' 43,41''$ Oeste com altitude de 708 m). O outro ponto situa-se aproximadamente 100 m a jusante do talhão (baixo córrego BC; sobre coordenadas $20^{\circ} 56' 16,61''$ Sul e $41^{\circ} 53' 51,57''$ Oeste com altitude de 695 m), de forma a revelar uma possível contribuição nutricional do solo.

As amostras foram submetidas, conjuntamente com as amostras de água escoada nas parcelas, para as mesmas análises físico-químicas propostas anteriormente, com as devidas particularidades atribuídas à matriz água (não foi feita determinação de P, B e Corg. pelo custo das análises, mas efetuou-se a quantificação do N).

De modo otimizar o tempo e os recursos, todas as análises físico-químicas de água e solo necessárias foram terceirizadas no laboratório da Fundação Norte Fluminense de Desenvolvimento Regional (FUNDENOR), empresa jurídica de direito privado sem fins lucrativos, que segue critérios de referências analíticas da EMBRAPA.

A metodologia aplicada em resumo pode ser ilustrada da seguinte forma (Figura 4):

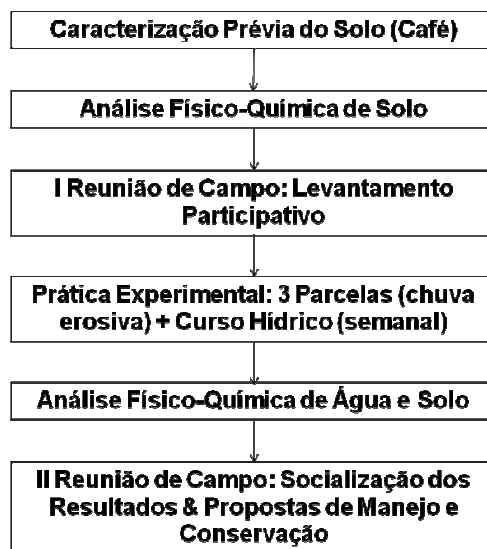


Figura 4: Metodologia aplicada durante os estudos de perdas de água e solo na microbacia do rio Paraíba do Sul, Varre-Sai, RJ. Fonte: Elaboração própria.

Paralelamente ao experimento, o perfil pluviométrico do período estudado (janeiro a abril de 2008) foi captado através de pluviômetro convencional, registrando os eventos diários de chuva, de modo a possibilitar melhores inferências sobre a dinâmica do processo erosivo na região.

As perdas de nutrientes na água foram determinadas multiplicando-se a vazão ($L \cdot dia^{-1}$) pela concentração dos mesmos na água escoada, normalizados pela área. Da mesma forma para o solo, multiplicou-se o solo erodido (massa seca) pela concentração dos mesmos no sedimento. Vale ressaltar que os cálculos foram realizados com as devidas normalizações de unidade para melhor representação numérica da perda de nutriente por evento diário de chuva erosiva ($mg \cdot ha^{-1}$, $g \cdot ha^{-1}$).

3.5 Reuniões de campo

As duas reuniões de campo (23 de fevereiro e 2 maio de 2008), envolveram a participação da comunidade local (proprietários de terra e produtores rurais) com a adesão de aproximadamente 30 pessoas em um galpão no Sítio Panorama II em Varre-Sai, RJ.

As reuniões foram conduzidas na forma de incentivar o debate sobre o uso de água e solo na cultura de café, através da adaptação da metodologia do Diagnóstico Rápido Participativo (DRP) (WHITESIDE, 1994; ALENCAR, 1999).

Desta forma, as reuniões se desenvolveram em 4 etapas: conhecimento da cultura tradicional local; percepção da problemática na comunidade (erosão hídrica na região); socialização dos resultados obtidos nas parcelas experimentais de perdas de água e solo; e direcionamento sobre as possibilidades de adoção das práticas de manejo e conservação.

Na primeira ocasião, foi realizada uma breve apresentação demonstrando uma série de imagens que associam as causas às conseqüências da erosão hídrica; foram levantados aspectos antrópicos, edáficos, bióticos e climáticos que contribuem para a intensificação dos processos erosivos, bem como aspectos inerentes à prática do cultivo do cafeeiro em especial a *Coffea arabica* L., além da apresentação do experimento de perdas de água e solo aplicado na cultura do café no sítio Panorama II.

A cada sessão apresentada era realizada uma pergunta provocativa (de forma semi-estruturada) estimulando a participação e a percepção da erosão hídrica em nível local na microbacia do rio Paraíba do Sul em Varre-Sai, RJ.

Algumas das perguntas utilizadas para estimular o debate foram:

- Como está sendo o período de chuvas para a comunidade em Varre-Sai?
- Alguma dificuldade em relação ao uso de água e solo nas atividades diárias?
- Algum prejuízo com o período de chuvas? Como está sendo enfrentado?
- Quem trabalha com café? Quanto tempo?
- Qual o mês de maior produtividade para o café?
- Ao longo dos anos como está sendo a produtividade com o café na região? Alguma dificuldade?

Na segunda reunião de campo, realizada no dia 02 de maio de 2008, no mesmo local, foi realizada uma revisão dos principais pontos levantados durante a primeira reunião, com o auxílio de um vídeo de 15 minutos com imagens do primeiro evento.

Após esta fração de tempo foi realizada uma breve apresentação referente à socialização dos principais resultados de perdas de água, solo e nutrientes provenientes das parcelas experimentais, estimulando a interação com a comunidade local, através da associação dos resultados aos aspectos locais levantados por eles na primeira reunião. Algumas das perguntas utilizadas para estimular o debate, nesta segunda ocasião, foram:

- Vocês acreditam que possam contribuir para a diminuição da erosão hídrica em Varre-Sai? De qual forma?
- Alguém já ouviu ou participou de alguma atividade para diminuir a erosão? Como foi a experiência?
- Vocês acreditam que financeiramente compensa diminuir a erosão? Quais os benefícios?
- Alguém já ouviu falar em terraços? Qual sua opinião sobre a atividade?
- Em relação ao cultivo do café orgânico alguém já ouviu falar? Quais os pontos fortes e fracos da atividade?
- Vocês acham que a transição do cultivo convencional para o orgânico seja importante e viável? Por quê?

No fechamento desse segundo momento foram apresentadas propostas para o direcionamento de adoção de práticas de manejo e conservação, baseadas nos dados gerados pelo experimento e condições da cultura local levantadas pela comunidade (histórico). Para melhor identificação das práticas por parte da comunidade foram utilizadas imagens para ilustrar as mesmas (ex. terraço), em especial associadas ao uso do café.

Para buscar uma melhor avaliação dos dois momentos que foram promovidos junto à comunidade de Varre-Sai, foi distribuído no final do segundo evento um formulário para os participantes manifestarem espontaneamente sua opinião sobre as reuniões, com as seguintes questões e opções de resposta:

- Reuniões de campo com a participação da comunidade são importantes?
 Não Pouco Importante Importante Muito Importante

- Você acha que a comunidade local participou do estudo de alguma forma?
 Não Pouco Sim, a maior parte Todo Momento

- O que foi passado durante as reuniões de campo foi entendido?
 Não Pouco Sim, a maior parte Tudo

- Antes do estudo você sabia o que era a erosão hídrica no seu dia-a-dia?
 Não Pouca coisa Sim, a maior parte Tudo

- Depois das duas reuniões, passou a perceber e conhecer o que é a erosão hídrica?
 Não Pouca coisa Sim, a maior parte Tudo

- Acredita que as propostas apresentadas para reduzir a erosão no café possam funcionar?
 Não Pouco Sim, a maior parte Tudo

- Você adotaria em sua propriedade as práticas de manejo e conservação apresentadas?
 Não Pouco Sim, a maior parte Todas

- Qual a sua opinião em relação às duas reuniões de campo que ocorreram em Varre-Sai?
 Ruim Mais ou Menos Boa Muito boa

3.6 Análises químicas de água

As análises químicas de água, realizadas pela FUNDENOR, abrangeram os seguintes métodos:

- A medição de pH foi por intermédio do método eletrométrico (*Standard Methods for the Examination of Water* 13ª Edição), isto é, determinação em uma alíquota de amostra de aproximadamente 50 mL da atividade dos íons hidrogênio com uso de um eletrodo padrão de hidrogênio e um eletrodo de referência.
- A determinação da condutividade elétrica foi por ponte de condutividade (*Yellow Springs Instruments co-instruction for model 31 conductivity bridge*), verificando a quantidade de transporte de carga pelos íons presentes em uma alíquota de amostra de aproximadamente 50 mL.
- Os elementos Ca, Mg, Fe, Cu, Zn e Mn foram determinados pelo método de espectroscopia de absorção atômica, onde em 1 mL de amostra em copo plástico foi adicionado 10 mL da solução lantânio para leitura, associada a uma curva padrão dos elementos.
- As determinações de Na e K ocorreram pelo método fotométrico, na qual da amostra de água foi feita a leitura no fotômetro de chama, utilizando a maior concentração de Na (80 ppm) e K (100 ppm), com referência a curva padrão.
- A determinação do S ocorreu pelo método turbidimétrico, no qual a amostra de água homogeneizada foi transferida com o auxílio de uma pipeta volumétrica de 10 mL para um *erlenmeyer* de 125 mL, onde foi adicionado 25 mL de $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ 0,01 M, e 0,25 g de carvão ativo, sendo agitado por 30 minutos com um agitador de mesa circular horizontal, e transferido para tubos de ensaio. Decantando por uma noite, foi pipetado 5 mL do extrato, adicionado 1 mL da solução HCl 0,5 N, acrescentado aproximadamente 0,05 g de BaCl_2 , homogeneizado para posterior leitura no espectrofotômetro a 420 nm entre 2 e 8 minutos com auxílio de uma curva padrão.
- O elemento N pelo método Kjeldahl, no qual converte os compostos de nitrogênio (proteínas, aminas, compostos orgânicos) em compostos de amônia. A amônia livre é liberada pela adição de cáusticos, que são então arrastados pela destilação e, subseqüentemente, titulados.

3.7 Análises físico-químicas de solo

As análises dos solos, realizadas pela FUNDENOR, foram realizadas conforme recomendações estabelecidas pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA (1997). As análises físico-químicas de solo abrangeram os métodos:

- A análise granulométrica foi realizada via dispersão total por método da pipeta.
- A medição de pH foi por intermédio do método potenciométrico, com uso do KCl e CaCl₂ (relação 1:2:5).
- A extração do Al pelo método do cloreto de potássio KCl normal (1 mol.L⁻¹), sendo determinado pelo método volumétrico e titulação pelo hidróxido de sódio (NaOH). Em resumo, foi transferido 10 mL de terra fina seca (T.F.S.) para frasco de *erlenmeyer* de 125 mL, adicionado 100 mL de solução 1 N de KCl, agitado durante 10 minutos em aparelho de agitação horizontal-circular. Em repouso por uma noite, foi retirada uma alíquota de 25 mL do sobrenadante, adicionado 5 gotas do indicador azul de bromotimol e titulado com hidróxido de sódio 0,025 N até atingir coloração verde. Por fim, a prova em branco foi obtida transferindo 25 mL da solução de KCl 1 N para um frasco de *erlenmeyer* de 50 mL, procedendo a determinação por titulação.
- A extração de Ca e Mg também pelo método do cloreto de potássio KCl normal (1 mol.L⁻¹), porém sendo determinado por absorção atômica em ppm, interpolado a uma curva padrão de Ca e Mg.
- A extração de Fe, Cu, Zn, Mn foi pelo método solução *Mehlich 1*. Em síntese, foi transferido 10 mL de T.F.S. para um *erlenmeyer* de 125 mL, adicionado 100 mL de solução extratora P – K (H₂SO₄ 0,5 N), agitado por 10 minutos em agitador horizontal circular. Em tempo necessário decantado foi transferido 25 mL do extrato obtido para o frasco *snap-cap* de 50 mL. Desta forma, sendo determinado por absorção atômica em ppm, interpolado a uma curva padrão de Fe, Cu, Zn e Mn.
- A extração de Na e K também ocorreu pelo método solução *Mehlich 1*, porém sendo determinado pelo método fotométrico.
- A determinação do carbono orgânico (Corg.) realizada pelo método volumétrico com uso do dicromato de potássio seguido por titulação pelo sulfato

ferroso amoniacal 0,4 N, e indiretamente a determinação da matéria orgânica (MO) pelo método *Walkley-Black*, multiplicando Corg. por 1,724.

- A extração do S pelo método do fosfato monocálcico e determinação pelo turbidimétrico. Em resumo, foi transferido aproximadamente 10 g de solo para *erlenmeyer* de 125 mL, adicionado 25 mL de Ca (H₂PO₄) 0,01 M, mais 0,25 g de carvão ativado, sendo agitado por 30 minutos em agitador de mesa circular horizontal. Depois foi transferido para tubos de ensaio, deixando decantar de um dia para o outro, foi pipetado 5 mL do extrato, adicionado 1 mL de solução HCl 0,5 N. Após o processo, foi acrescentado aproximadamente 0,05 g de Ba Cl₂, homogeneizado e submetido ao espectrofotômetro a 420 nm entre 2 e 8 minutos. Desta forma, foi calculado o enxofre com o auxílio de uma curva padrão.

- A extração do P ocorreu pelo método solução *Mehlich 1*, sendo determinado pelo método colorimétrico via ácido ascórbico. Em síntese, foi transferido aproximadamente 10 g de solo para *erlenmeyer* de 125 mL, adicionado 100 mL de solução extratora P – K (H₂SO₄ 0,5 N), sendo agitado por 10 minutos em agitador de mesa circular horizontal. Depois foi transferido para tubos de ensaio, deixando decantar, onde foi pipetado 5 mL do sobrenadante em copos plásticos de 50 mL, sendo adicionado 10 mL de solução sulfomolibdica e 30 mg de ácido ascórbico. Com isso, reagindo por 30 minutos foi realizada a leitura no espectrofotômetro com auxílio de uma curva padrão.

- A determinação do B, através do método extrator de água quente. Em resumo, foi transferido 10 mL de T.F.S. para um *erlenmeyer* de 125 mL, adicionado 20 mL de água deionizada, fervendo por 2 minutos em chapa aquecedora. Depois, foi adicionado 2 mL de cloreto de cálcio 0,1 M, homogeneizado e decantado por uma noite. Uma alíquota de 1 mL da amostra foi pipetada, transferida para copos plásticos de 50 mL e 1 mL de água deionizada para o branco. Dessa forma, foi adicionado 4 mL de solução curcumina, homogeneizado, colocados os copos plásticos em banho-maria mantido a 65 – 68° C, foram secos e conservados no banho por mais 15 minutos, sendo retirados e adicionados 25 mL de álcool etílico 95 %, homogeneizado até a dissolução com leitura no espectrofotômetro (540 nm).

3.8 Análise estatística

Para cada parcela estudada, os parâmetros físico-químicos da água escoada e solo erodido foram todos tabulados considerando-se as medidas de tendência central, média e mediana, desvio padrão e amplitude de variação.

Para a análise estatística dos parâmetros avaliados nas parcelas experimentais e curso hídrico associados às amostras de água, utilizou-se a correlação não paramétrica, postos *Spearman*, obtida por intermédio do programa *Statistics for Windows* versão 4.2 (*StatSoft, Inc*), visto que a maior parte das variáveis ambientais tendem a não apresentar distribuição amostral normal.

Na estatística, coeficiente de correlação de postos de *Spearman*, chamado assim devido à Charles *Spearman* e normalmente denominado pela letra grega ρ (rho), é uma medida de correlação não-paramétrica, isto é, avalia uma função monótona arbitrária que pode ser a descrição da relação entre duas variáveis, sem fazer nenhuma suposição sobre a distribuição de freqüências das variáveis. Ao contrário do coeficiente de correlação de Pearson não requer à suposição que a relação entre as variáveis seja linear, nem requer que as variáveis sejam medidas em intervalo de classe; pode ser usado para as variáveis medidas no nível ordinal.

Se não houver nenhum posto estabelecido, de acordo com a equação (2),

$\neg \exists_{i,j} i \neq j \wedge (x_i = x_j \vee y_i = y_j)$ o ρ é dado por:

$$\rho = 1 - \frac{6 \sum d_i^2}{n(n^2 - 1)} \quad (2)$$

Onde:

d_i = a diferença entre cada posto de valor correspondentes de x e y, e

n = o número dos pares dos valores.

Como critério comparativo, neste estudo, convencionou-se avaliar a diferença estatística entre as parcelas experimentais para todos os parâmetros avaliados, com exceção dos micronutrientes e macronutrientes do solo, atribuído ao número amostral (n) baixo e sobre uma série temporal desuniforme entre as parcelas. A heterogeneidade intersistêmica dos parâmetros ambientais das amostras de água nas parcelas experimentais (P1, P2 e P3) foi avaliada via emprego de análises de variância (ANOVA, teste HSD de *Tukey, Honestly Significant Difference*).

3.9 Dimensionamento de terraços

Uma das propostas para a adoção de práticas de manejo e conservação na microbacia do rio Paraíba do Sul em Varre-Sai, RJ, foi o direcionamento para a utilização de terraços na região. A ferramenta utilizada para o dimensionamento dos possíveis terraços a serem implantados na região estudada foi o *software* Terraço 3.0.

O *software* foi desenvolvido pelo GPRH (Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos) do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa (DEA - UFV), com objetivo de racionalizar o uso das principais práticas utilizadas para o controle da erosão em áreas agrícolas, bem como de selecionar, dimensionar e otimizar a implantação de sistemas de conservação de solos, considerando as condições da área agrícola analisada (PRUSKI *et al.*, 2006).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização prévia

Na tabela 2 são apresentados os parâmetros físico-químicos do solo durante a avaliação prévia realizada em 13 novembro de 2007 para o solo antes do período chuvoso.

Tabela 2: Atributos físico-químicos do solo superficial (0-16 cm), no talhão café estudado, no início do período de chuvas 13 de novembro de 2007.

Caracterização Prévia do Solo						
Areia Grossa	Areia Fina	Argila	Silte	Silte/Argila	pH H ₂ O	Corg.
						g.dm ⁻³
29	8	45	18	0,40	4,70	30,7
S-SO ₄	P	Fe	Cu	Zn	Mn	B
						mg.dm ⁻³
47,0	54,0	61,3	1,42	18,1	9,61	0,42
K	Ca	Mg	Al	H+Al	Na	MO
						g.dm ⁻³
4,80	30,7	10,7	5,10	103	0,30	52,9

Pode se verificar que o solo a ser estudado, latossolo amarelo, é predominantemente argiloso (~ 45%), de caráter ácido (4,70), o que indica a necessidade da correção da acidez pelo calcário e o aporte externo de nutrientes (adubos e fertilizantes) diante das exigências do cultivo de café voltado a maior produtividade. As concentrações de Ca, Mg, P, S e Fe se destacaram durante a caracterização prévia (Tabela 2).

4.2 Regime de chuvas: perdas de água e solo

O total precipitado de chuva durante o período estudado, de janeiro a abril de 2008, foi de aproximadamente 686 mm. Neste período foram identificados 42 registros de chuva, dos quais 60% podem ser denominados como chuva erosiva, com precipitação maior que 10 mm, sendo apresentados no gráfico 1.

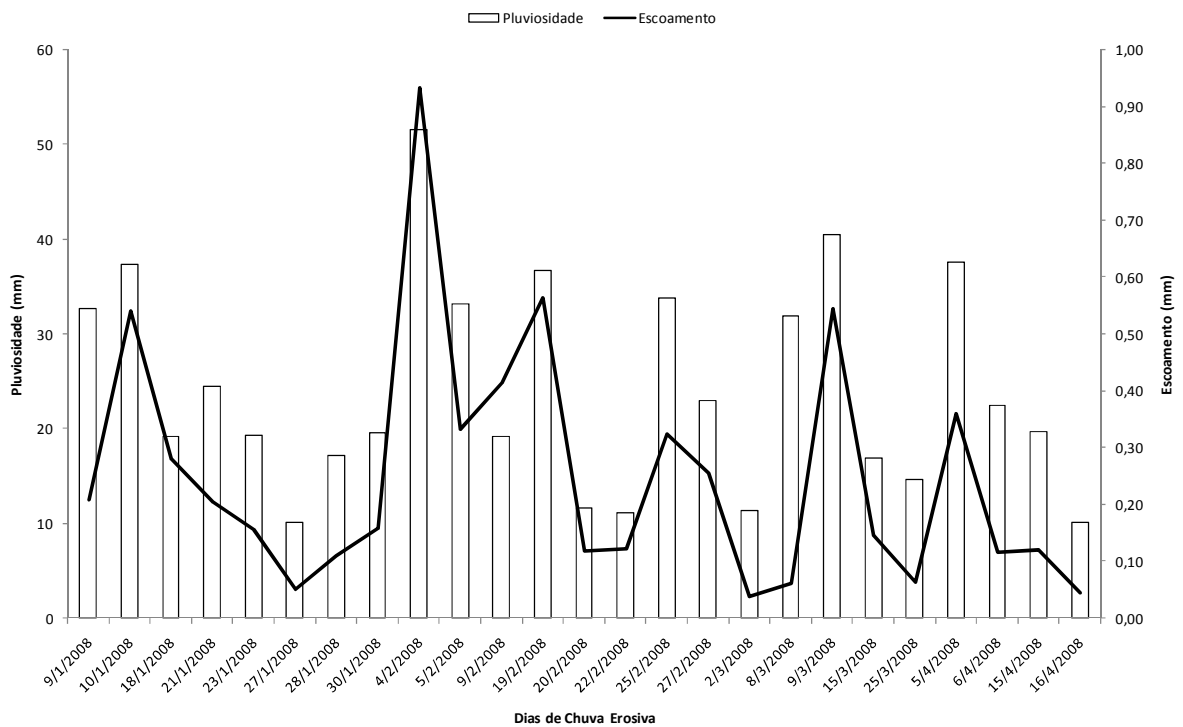


Gráfico 1: Pluviosidade e escoamento em dias de chuva erosiva de janeiro a abril de 2008 no cultivo do café.

Desta forma, se identifica que durante as maiores precipitações foram detectados os maiores escoamentos, nos quais os registros mais comuns ocorreram no início do mês. O maior escoamento ocorreu no dia 4 de fevereiro de 2008 quando o registro da pluviosidade foi de aproximadamente 51,6 mm. As parcelas experimentais neste dia contaram com um escoamento médio de 0,93 mm (Gráfico 1; APÊNDICE A, Tabela 5; APÊNDICE B, Tabela 6; APÊNDICE C, Tabela 7).

As perdas de água entre as parcelas experimentais apresentaram comportamento semelhante no que diz respeito à série temporal, com um escoamento médio em dias de chuva erosiva de $0,25 \pm 0,21$ mm, com amplitude de 0,04 a 0,93 mm.

As perdas de água apresentaram correlação positiva significativa com a pluviosidade indicadas pelo teste *Spearman* (P1 $r_s=0,78$, $n=22$, $p<0,05$; P2 $r_s=0,79$, $n=22$, $p<0,05$; P3 $r_s=0,79$, $n=22$, $p<0,05$; APÊNDICE D, Tabela 8; APÊNDICE E, Tabela 9; APÊNDICE F, Tabela 10).

As perdas de água obtidas neste estudo foram comparadas com outros trabalhos nas seguintes condições: sobre condição de declive similar (~28%) a perda encontrada foi 1,3 vezes menor do que na condição de mata nativa, 1,7 vezes menor do que eucalipto e 4,6 vezes menor do que solo descoberto na região de Aracruz-ES de 1997 a 2000 (MARTINS *et al.*, 2003); sobre condições de declividade diferente, a perda encontrada foi 1,3 vezes menor do que o uso mata nativa (declividade de 42%) na região centro-leste de Minas Gerais de 2002 a 2004, tendo ainda 1,8 vezes menores perdas do que a pastagem plantada (declividade 25%), 7 vezes menores do que o eucalipto (declividade 30%) e 5,6 vezes menores do que o solo descoberto (declividade 33%) (PIRES *et al.*, 2006); sobre condições de declive de 8% foram verificadas 5 vezes menores perdas quando comparadas ao uso cana-de-açúcar em Guariba-SP (IZIDORIO *et al.*, 2005); e sobre um dimensionamento de parcela similar as perdas foram semelhantes para o uso convencional de soja em declividade de 12% na região de Missões-RS em 1995 (COGO *et al.*, 2003).

As perdas obtidas também foram semelhantes às encontradas em Lavras-MG (2004) sobre condição de uso de café em cultivo convencional roçado com declividade de 12% (CARVALHO *et al.*, 2007).

O gráfico 2 representa o escoamento médio acumulado das parcelas experimentais do dia 21 de janeiro de 2008 (período onde as 3 parcelas experimentais estavam completamente instaladas) até o final do experimento no dia 16 de abril de 2008.

A P3 apresentou o maior destaque no escoamento acumulado por dias de chuva erosiva com 5,52 mm no final do estudo, seguidos pela P2 com 5,21 mm e P1 com 5,02 mm (Gráfico 2). As pequenas diferenças podem estar associadas à interação chuva-vegetação-solo nas diferentes parcelas, e a distribuição da serrapilheira sobre o terreno. Entretanto, o teste de variância HSD *Tukey* não detectou diferença significativa entre as parcelas. A perda acumulada média de água, envolvendo eventos de chuva erosiva de 21 de janeiro a 16 de abril de 2008, normalizada por ha é de aproximadamente 52.505 L.ha⁻¹.

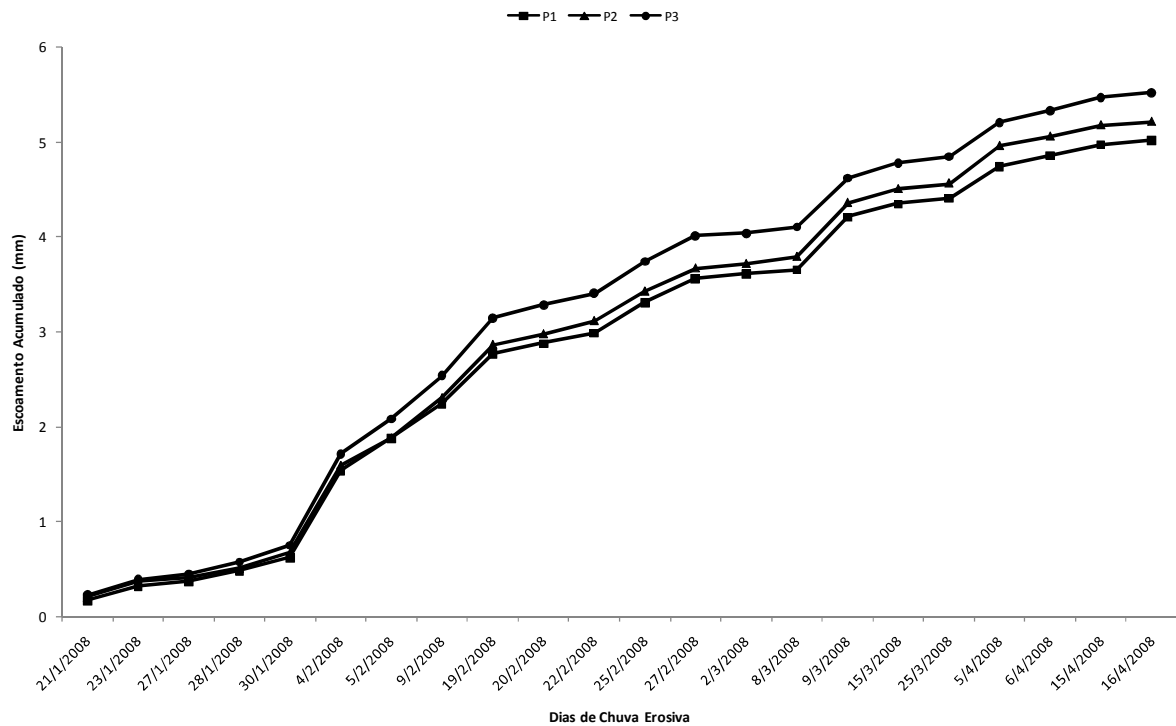


Gráfico 2: Escoamento acumulado para as diferentes parcelas experimentais (P1, P2 e P3) de janeiro a abril de 2008 em dias de chuva erosiva.

A perda de água acumulada no cultivo de café extrapolada para o ano é de aproximadamente 15,2 mm, considerando-se a média anual do total pluviométrico de 2002 a 2007 (1493 mm), segundo estudos realizados pela UENF (comunicação pessoal com Elias Fernandes de Sousa).

Desta forma, pela perda acumulada de água média entre as parcelas, detecta-se que, durante o período de estudo, do total que precipitou (515 mm), considerando-se eventos de chuva erosiva, escoou aproximadamente 1% apenas de água no cultivo de café, o que ressalta a importância do cultivo de café adensado (1,75 x 1 m) como barreira ao escoamento superficial.

A perda de água para o cultivo de café adensado identificada durante o estudo foi inferior às diversas culturas agrícolas avaliadas por diferentes autores no Brasil, como: milho, feijão, soja e aveia (SCHICK *et al.*, 2000; BEUTLER *et al.*, 2003); pastagem e soja (ANDRELLO *et al.*, 2003); eucalipto (MARTINS *et al.*, 2003; BRITO *et al.*, 2005); pastagem e eucalipto (PIRES *et al.*, 2006); e cana-de-açúcar (IZIDORIO *et al.*, 2005; BEZERRA; CANTALICE 2006).

Durante o período estudado foram poucos os eventos das perdas de solo, apenas 36% das chuvas erosivas ocasionaram as mesmas (P1, n=8; P2, n=8 e P3, n=9), possivelmente atribuído ao papel da cultura de café, que cultivado de forma adensada confere maior rugosidade superficial e melhor retenção e estabilidade do solo, mesmo em uma região marcada por um declive acentuado.

Apesar dos poucos eventos, foi identificado um comportamento semelhante às perdas de água: na ocorrência das maiores precipitações foram observadas as maiores perdas de solo. Em estudos anteriores com a utilização de simuladores de chuva, foi identificada esta mesma relação (PANACHUKI *et al.*, 2006).

As perdas de solo foram verificadas durante os maiores escoamentos, demonstrando o papel fundamental do processo no carreamento das partículas de solo (Gráficos 1 e 3).

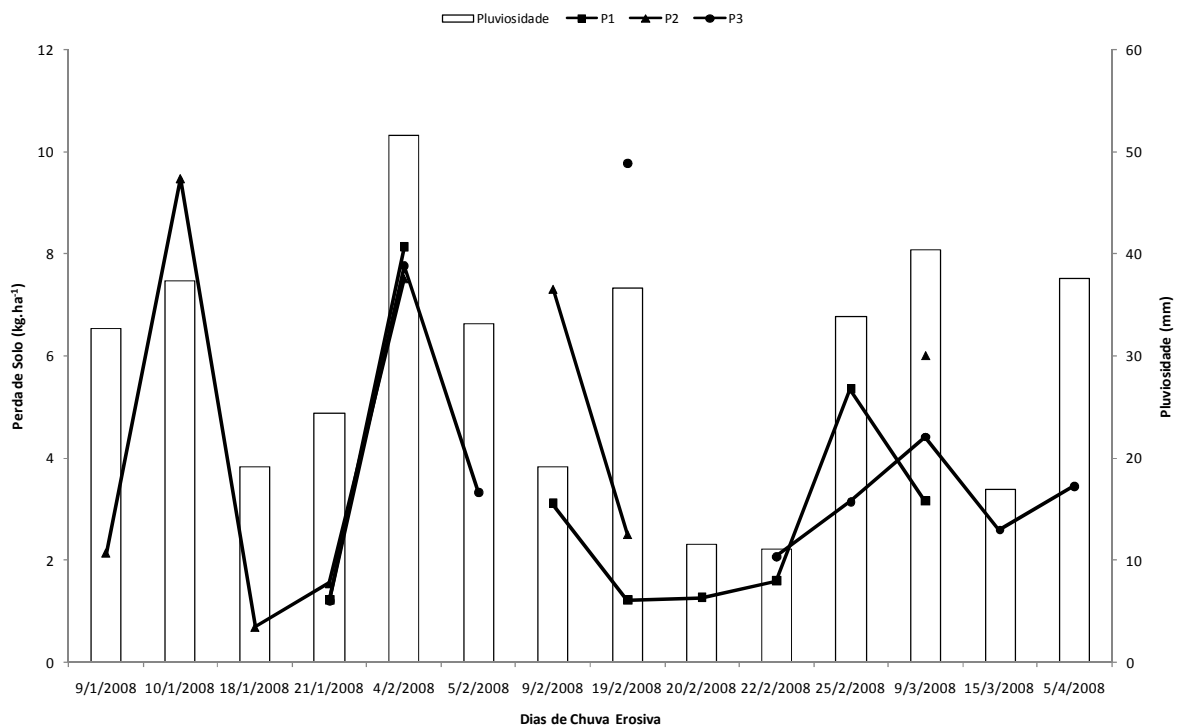


Gráfico 3: Perdas de solo e pluviosidade em dias de chuva erosiva para as diferentes parcelas experimentais (P1, P2 e P3) de janeiro a abril de 2008.

Vale ressaltar que, se for considerado apenas o período onde as três parcelas estavam instaladas simultaneamente (21/01/2008), a P3 apresenta maior perda de solo durante o estudo (por número de eventos, 9), possivelmente por possuir um evento a mais de perda de solo durante o período.

A perda de solo média, normalizada por ha, encontradas nas parcelas experimentais apresentou a seguinte distribuição em dias de chuva erosiva: P2 com $4,65 \pm 3,31 \text{ kg.ha}^{-1}$ com amplitude de 0,69 a $9,48 \text{ kg.ha}^{-1}$ > P3 com $4,19 \pm 2,79 \text{ kg.ha}^{-1}$ variando de 1,21 a $9,77 \text{ kg.ha}^{-1}$ > P1 com $3,13 \pm 2,48 \text{ kg.ha}^{-1}$ com intervalo de 1,22 a $8,13 \text{ kg.ha}^{-1}$.

As perdas de solo obtidas durante o estudo foram semelhantes às encontradas em trabalhos anteriores, sobre condição de declive similar (~28%), em mata nativa, na região de Aracruz-ES, no ano de 1997 a 2000, tendo ainda perdas 14 vezes menores do que o eucalipto e 126 vezes menores do que o solo descoberto no mesmo trabalho (MARTINS *et al.*, 2003). Sobre condições de declividade diferente, as perdas foram semelhantes as da mata nativa (declividade 42%) na região centro-leste de Minas Gerais de 2002 a 2004, tendo ainda perdas 1,5 vezes menores do que a pastagem plantada (declividade 25%), 6 vezes menores do que o eucalipto (declividade 30%) e 100 vezes menores do que o solo descoberto (declividade 33%) (PIRES *et al.*, 2006); sobre condições de declive de 8%, foram verificadas perdas 76 vezes menores quando comparadas ao uso cana-de-açúcar em Guariba-SP (IZIDORIO *et al.*, 2005); e similares sobre a mesma condição de uso café em declividade de 12%, cultivado de forma orgânica com roçado, em Lavras-MG em 2004 (CARVALHO *et al.*, 2007).

O gráfico 4 representa a perda de solo acumulada das parcelas experimentais do dia 21 de janeiro de 2008 (período onde as 3 parcelas experimentais estavam completamente instaladas) até o final do experimento no dia 16 de abril de 2008.

A P3 apresentou o maior destaque na perda de solo acumulada com $37,7 \text{ kg.ha}^{-1}$ no final do estudo, seguidos pela P1 com $25,1 \text{ kg.ha}^{-1}$ e P2 com $24,9 \text{ kg.ha}^{-1}$. Este comportamento pode ser explicado pela interação água de chuva-cultura de café-solo e distribuição da serrapilheira pelo terreno (Gráfico 4).

A perda de solo acumulada no cultivo de café, extrapolada para ano, é de aproximadamente 138 kg.ha^{-1} , considerando-se o total pluviométrico médio de 2002 a 2007 (1493 mm).

Ao integrar perda de solo com o escoamento identificou-se um potencial de arraste de sedimentos (PAS) médio nas parcelas estudadas de $0,01 \text{ Mg.ha}^{-1}.\text{mm}^{-1}$, semelhante à encontrada em outros estudos comparando diferentes formas de cultivo de café (CARVALHO *et al.*, 2007).

Em estudo similar desenvolvido por Zhou *et al.* (2002), foram registrados valores na ordem de 0,0003; 0,0091; e $0,0437 \text{ Mg.ha}^{-1}.\text{mm}^{-1}$, para reflorestamento misto, eucalipto e solo descoberto, respectivamente. Resultados semelhantes também foram encontrados em floresta

plantada de eucalipto, floresta nativa e solo descoberto, nos trabalhos desenvolvidos por Martins *et al.* (2003) e Brito *et al.* (2005).

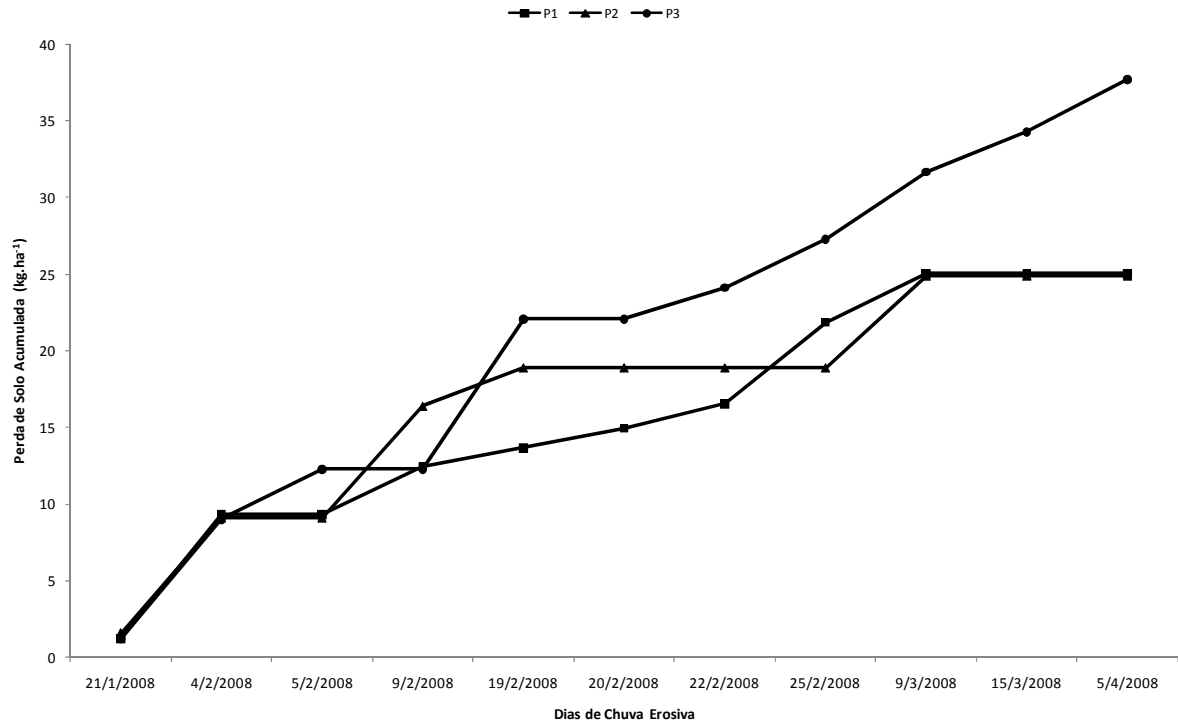


Gráfico 4: Perda de solo acumulada para as diferentes parcelas experimentais (P1, P2 e P3) de janeiro a abril de 2008.

Os baixos valores para o potencial de arraste de sedimentos, observados no presente estudo, são atribuídos principalmente à barreira física propiciada pela cobertura vegetal (cultura de café adensado, 1,75 x 1 m), reduzindo a energia cinética de transporte de sedimentos na enxurrada, dificultando o escoamento superficial e a quebra dos agregados.

A perda de solo para o cultivo de café adensado identificada durante o estudo foi inferior as diversas culturas agrícolas avaliadas por diferentes autores no Brasil, como: milho, feijão, soja e aveia (SCHICK *et al.*, 2000; BEUTLER *et al.*, 2003); pastagem e soja (ANDRELLO *et al.*, 2003); eucalipto (MARTINS *et al.*, 2003; BRITO *et al.*, 2005); pastagem e eucalipto (PIRES *et al.*, 2006); e cana-de-açúcar (IZIDORIO *et al.*, 2005; BEZERRA; CANTALICE 2006).

4.3 Perdas de nutrientes totais na água escoada das parcelas experimentais

De forma geral, o pH da água escoada foi semelhante aos encontrados em cursos hídricos naturais (Gráfico 5). O pH na água escoada das parcelas experimentais apresentou comportamento semelhante entre as parcelas experimentais estudadas ao longo da série temporal: P2 $6,50 \pm 0,40$, com amplitude de 5,80 a 7,40 > P3 $6,40 \pm 0,29$, variando de 5,90 a 6,90 > P1 com $6,39 \pm 0,39$, com intervalo de 5,80 a 7,40.

A condutividade elétrica na água escoada se comportou da mesma forma entre as parcelas, com a seguinte distribuição: P1 $0,10 \pm 0,19 \text{ dS.m}^{-1}$, com amplitude de 0,01 a 0,92 dS.m^{-1} > P2 $0,07 \pm 0,07 \text{ dS.m}^{-1}$, variando de 0,01 a 0,29 dS.m^{-1} > P3 $0,07 \pm 0,18 \text{ dS.m}^{-1}$, com intervalo de 0,01 a 0,86 dS.m^{-1} . Todos os parâmetros ambientais medidos na água escoada durante o estudo podem ser observados nos Apêndices (APÊNDICE A, Tabela 5; APÊNDICE B, Tabela 6; APÊNDICE C, Tabela 7).

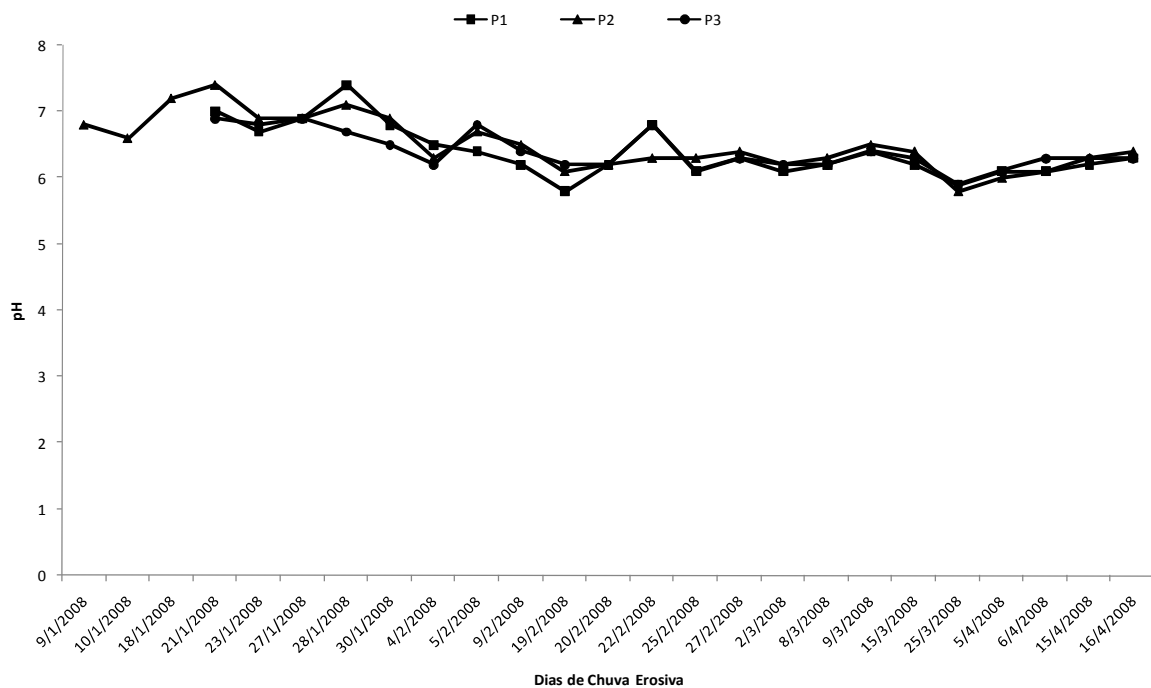


Gráfico 5: Distribuição do pH na água escoada das diferentes parcelas experimentais (P1, P2 e P3) de janeiro a abril de 2008.

A particularidade identificada neste período ocorreu no dia 22 de fevereiro de 2008, com um pico encontrado na P1 ($0,92 \text{ dS.m}^{-1}$) e na P3 ($0,86 \text{ dS.m}^{-1}$), possivelmente associado a maior disponibilidade de nutrientes em solução, provenientes do aporte externo por adubação

(N:P:K) que ocorreu no fim de janeiro de 2008 e à interação particular entre chuva-vegetação-solo em cada parcela (Gráfico 6).

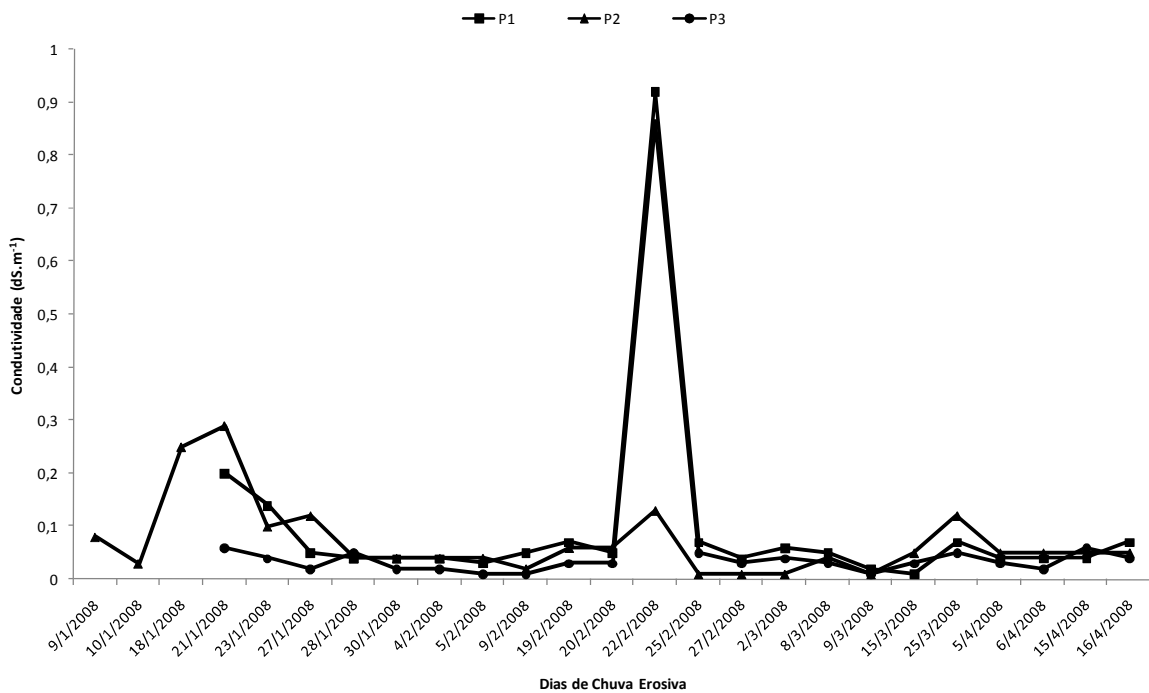


Gráfico 6: Distribuição da condutividade elétrica na água escoada das diferentes parcelas experimentais (P1, P2 e P3) de janeiro a abril de 2008.

As perdas de nutrientes totais apresentaram o mesmo comportamento sobre a série temporal, com as maiores perdas sendo determinadas pelos escoamentos mais intensos, como consequência dos eventos de maior precipitação. De forma geral, as perdas de nutrientes são condicionadas pela concentração dos mesmos na água e solo, e principalmente pelo escoamento, assim como comportamento observado em estudos anteriores (BERTOL *et al.*, 2003).

De modo a explicitar essa correlação positiva significativa, foi utilizado o teste não paramétrico de *Spearman*. Para exemplificar, seguem abaixo algumas das principais correlações detectadas durante o estudo: a perda de K apresentou correlação positiva significativa com a pluviosidade (P1 $r_s=0,71$, $n=22$, $p<0,05$; P2 $r_s=0,77$, $n=22$, $p<0,05$; P3 $r_s=0,74$, $n=22$, $p<0,05$) e o escoamento (P1 $r_s=0,89$, $n=22$, $p<0,05$; P2 $r_s=0,93$, $n=22$, $p<0,05$; P3 $r_s=0,82$, $n=22$, $p<0,05$); Ca apresentou correlação positiva significativa com a pluviosidade (P1 $r_s=0,67$, $n=22$, $p<0,05$; P2 $r_s=0,79$, $n=22$, $p<0,05$; P3 $r_s=0,76$, $n=22$, $p<0,05$), o escoamento (P1 $r_s=0,93$, $n=22$, $p<0,05$; P2 $r_s=0,91$, $n=22$, $p<0,05$; P3 $r_s=0,91$, $n=22$, $p<0,05$); e Fe apresentou correlação positiva significativa com a pluviosidade (P1 $r_s=0,61$, $n=22$,

$p < 0,05$; P2 $r_s = 0,46$, $n = 22$, $p < 0,05$; P3 $r_s = 0,67$, $n = 22$, $p < 0,05$), o escoamento (P1 $r_s = 0,77$, $n = 22$, $p < 0,05$; P2 $r_s = 0,80$, $n = 22$, $p < 0,05$; P3 $r_s = 0,90$, $n = 22$, $p < 0,05$). Nos apêndices pode ser visto mais informações sobre as correlações das perdas de nutrientes detectadas durante a realização do estudo para as diferentes parcelas experimentais (APÊNDICE D, Tabela 8; APÊNDICE E, Tabela 9; APÊNDICE F, Tabela 10).

Verificou-se uma significativa variabilidade durante as perdas de nutrientes, de forma geral $> 75\%$, fato que possivelmente está associado à influência do fator escoamento sobre as perdas (Tabela 2). As maiores concentrações de nutrientes na água escoada ocorreram no início do período estudado, pela maior disponibilidade dos mesmos sobre o solo, com diluição no decorrer das ocorrências de chuva; e também logo após o aporte externo de nutrientes por adubação, que ocorreu no dia 30 de janeiro de 2008. Dentre os macronutrientes que apresentaram maiores perdas foram: o N na P3 ($2,58 \pm 2,65 \text{ g.ha}^{-1}$, com amplitude de 0,41 a $10,2 \text{ g.ha}^{-1}$); o K na P2 ($0,33 \pm 0,21 \text{ g.ha}^{-1}$, com amplitude de 0,05 a $0,85 \text{ g.ha}^{-1}$); e Ca P1 ($0,29 \pm 0,25 \text{ g.ha}^{-1}$, com amplitude de 0,04 a $0,98 \text{ g.ha}^{-1}$) (Tabela 2).

Tabela 2: Distribuição das perdas de nutrientes na água escoada das diferentes parcelas experimentais de janeiro a abril de 2008.

Perda (n=22)	K (g.ha ⁻¹)			Ca (g.ha ⁻¹)			Na (g.ha ⁻¹)			S (g.ha ⁻¹)			N (g.ha ⁻¹)		
	P1	P2*	P3	P1	P2*	P3	P1	P2*	P3	P1	P2*	P3	P1	P2*	P3
Média	0,20	0,33	0,14	0,29	0,20	0,22	0,01	0,01	0,01	0,20	0,20	0,20	2,28	1,95	2,58
Mediana	0,13	0,29	0,11	0,19	0,13	0,18	0,01	0,01	0,01	0,11	0,17	0,13	1,06	1,37	1,45
Desv. Pad.	0,14	0,21	0,09	0,25	0,16	0,16	0,01	0,01	0,01	0,17	0,16	0,17	2,39	2,03	2,65
CV	71	63	63	87	80	75	90	115	100	88	79	88	105	104	103
Intervalo	0,04 - 0,60	0,05 - 0,85	0,02 - 0,34	0,04 - 0,98	0,04 - 0,59	0,03 - 0,59	0,00 - 0,03	0,00 - 0,06	0,00 - 0,04	0,03 - 0,65	0,02 - 0,58	0,02 - 0,72	0,17 - 10,1	0,37 - 8,84	0,41 - 10,2
Perda (n=22)	Mg (g.ha ⁻¹)			Fe (g.ha ⁻¹)			Cu (mg.ha ⁻¹)			Zn (mg.ha ⁻¹)			Mn (mg.ha ⁻¹)		
	P1	P2*	P3	P1	P2*	P3	P1	P2*	P3	P1	P2*	P3	P1	P2*	P3
Média	0,02	0,01	0,01	0,00	0,04	0,02	0,40	0,22	0,29	0,48	0,36	0,33	0,43	0,36	0,43
Mediana	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,19	0,06	0,17	0,16	0,20	0,17	0,11	0,05	0,05
Desv. Pad.	0,02	0,01	0,01	0,00	0,07	0,03	0,73	0,32	0,42	1,01	0,37	0,54	0,81	0,60	0,88
CV	140	123	121	127	192	149	184	145	142	212	103	161	189	166	203
Intervalo	0,00 - 0,09	0,00 - 0,06	0,00 - 0,07	0,00 - 0,02	0,00 - 0,31	0,00 - 0,11	0,00 - 3,40	0,00 - 1,20	0,00 - 1,58	0,00 - 4,76	0,00 - 1,41	0,00 - 2,37	0,00 - 3,55	0,00 - 2,41	0,00 - 3,74

* O n amostral para a P2 é igual a 25.

As perdas de nutrientes ao longo da série temporal e o comportamento semelhante entre elas podem ser observadas nos gráficos 7 e 8:

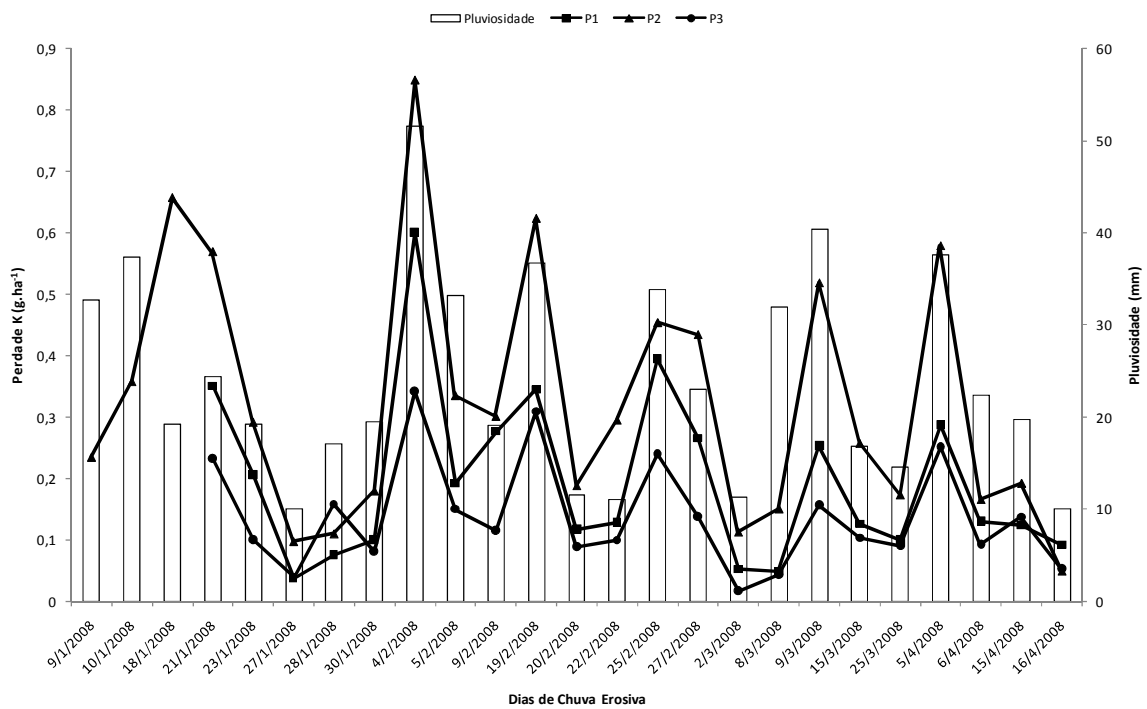


Gráfico 7: Perda de K na água escoada das diferentes parcelas experimentais (P1, P2 e P3) de janeiro a abril de 2008.

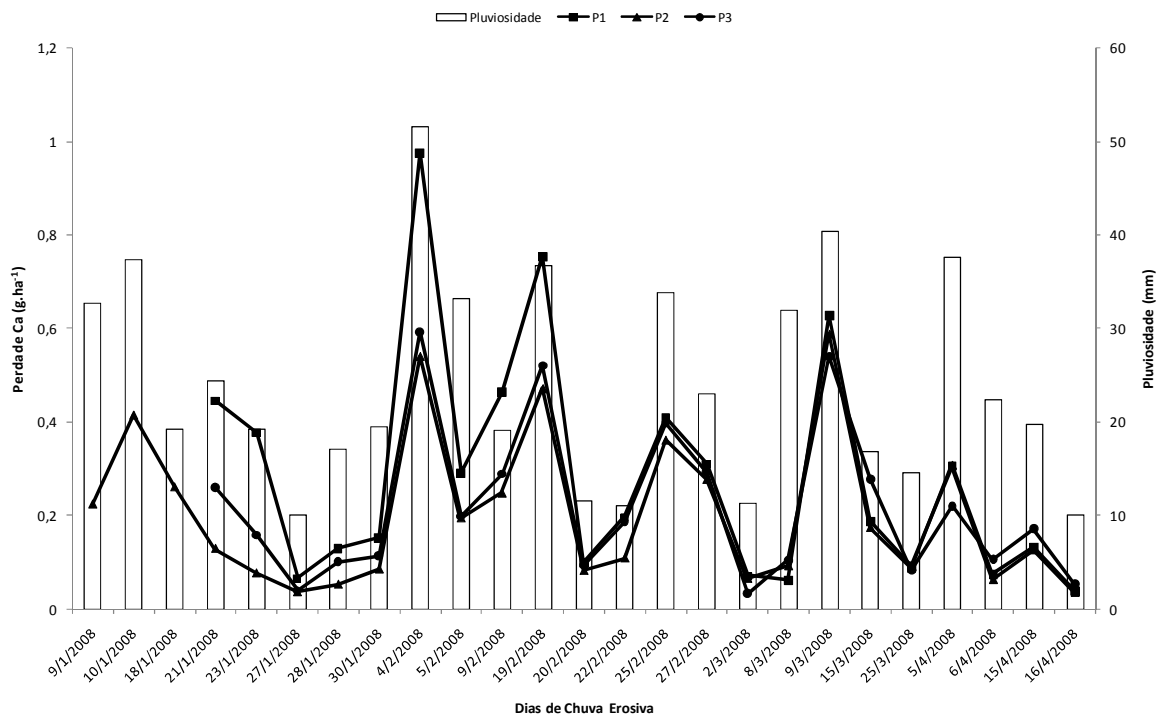


Gráfico 8: Perda de Ca na água escoada das diferentes parcelas experimentais (P1, P2 e P3) de janeiro a abril de 2008.

As maiores concentrações dos macronutrientes citados anteriormente, possivelmente estão relacionadas ao aporte por adubação (N:P:K) que ocorreu no dia 30 de janeiro. Além do fato do Ca ser relativamente solúvel e do K ser altamente solúvel em água, e/ou estar simplesmente presente em altas concentrações no solo como verificado em estudos anteriores (SCHICK *et al.*, 2000; BERTOL *et al.*, 2003).

Dentre os micronutrientes, o Fe apresentou maior perda detectada, principalmente na P2 ($0,04 \pm 0,07 \text{ mg.ha}^{-1}$), com amplitude de 0,00 a $0,31 \text{ mg.ha}^{-1}$.

Durante o estudo, as perdas de nutrientes apresentaram semelhante distribuição ao longo da série temporal, associadas às maiores precipitações.

De forma geral, as perdas de nutrientes estiveram na mesma faixa de valores entre as parcelas experimentais e com comportamento semelhante. Para melhor inferir sobre esta relação, foi realizado o teste HSD de *Tukey* que comprovou que não existe diferença significativa entre as parcelas experimentais, exceto para o K na qual P2, que foi diferente de P1 e P3 (Gráfico 9).

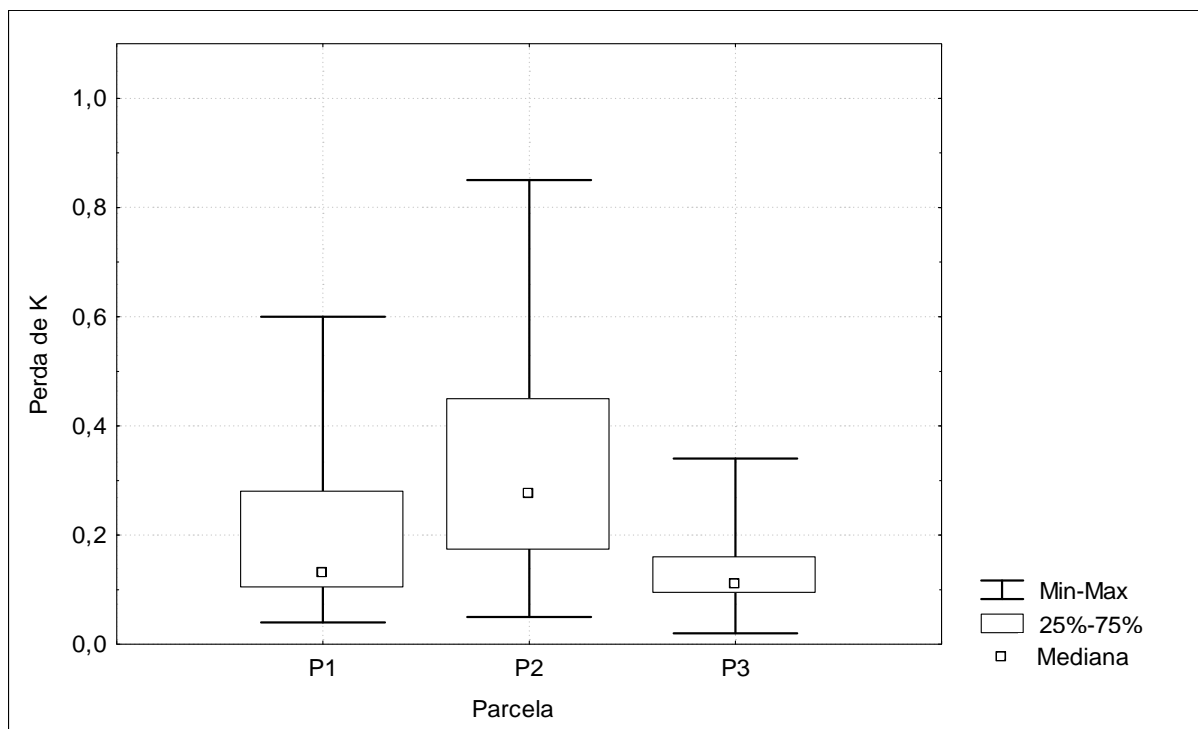


Gráfico 9: Distribuição em diagrama de caixa apresentando as perdas de K na água escoada para as três parcelas estudadas (P1, P2 e P3).

O fato pode estar associado à alta solubilidade do K em água e a sua maior disponibilidade no solo da P2, sobre uma interação particular entre chuva-cultura-solo, ou à aplicação heterogênea de adubo sobre a área durante o ano.

O teste HSD de *Tukey* pode ser verificado com maior riqueza de detalhes nos Apêndices (APÊNDICE G, Tabela 11).

As pequenas diferenças entre as perdas de nutrientes, ao longo da série temporal, entre as parcelas podem ser atribuídas a uma possível distribuição heterogênea de nutrientes sobre a área durante a aplicação de adubos e de fertilizantes e/ou aos diferentes níveis de exigência particular da cultura em relação aos mesmos, além da resultante da própria interação entre chuva-cultura-solo. O papel da serrapilheira no maior tempo de residência dos nutrientes na área considerada.

As concentrações de N, P, K, Ca e Mg na água escoada estão intimamente associadas às intervenções periódicas na cultura, como aplicação de adubos e fertilizantes, entre outras intervenções sobre o solo, como comprovado em estudos anteriores (BERTOL *et al.*, 2003).

As perdas de nutrientes totais na água escoada, extrapoladas para o ano, com base no total pluviométrico (média de 2002 a 2007, 1493 mm) podem representar uma perda anual de: 13,8 g.ha⁻¹ de K; 14,8 g.ha⁻¹ de Ca; 0,78 g.ha⁻¹ de Mg; 0,61 g.ha⁻¹ de Na; 12,6 g.ha⁻¹ de S; 1,01 g.ha⁻¹ de Fe; 6,11 mg.ha⁻¹ de Cu; 0,05 g.ha⁻¹ de Zn; 0,03 g.ha⁻¹ de Mn; e 0,03 kg.ha⁻¹ de N.

As maiores perdas de nutrientes totais estiveram mais associadas ao escoamento do que à perda de solo, fato possivelmente atribuído ao maior número de eventos de perdas de água (n=22 ou n=25) quando comparados com as de solo (n=8 ou n=9), com exceção dos elementos Mn e Zn.

As perdas de nutrientes totais atribuídas ao escoamento foram mínimas quando comparadas com estudos anteriores para: soja (BERTOL *et al.*, 2003); milho e feijão (BERTOL *et al.*, 2004); soja, feijão, milho e aveia (^bBERTOL *et al.*, 2007), fato que pode estar associado ao escoamento reduzido e do baixo PAS detectado durante o experimento.

4.4 Perdas de nutrientes totais no solo erodido das parcelas experimentais

Para os solos erodidos das parcelas experimentais foi verificado, como na caracterização prévia, predominância do material argiloso, ~40 %. O pH apresentou comportamento semelhante entre as parcelas experimentais estudadas ao longo da série temporal: P3 $5,74 \pm 0,17$, com amplitude de 5,60 a 6,10 > P1 $5,70 \pm 0,12$, variando de 5,60 a 5,80 > P2 com $5,47 \pm 0,24$, com intervalo de 5,20 a 5,80.

Todos os parâmetros ambientais determinados no solo erodido durante o estudo podem ser observados nos Apêndices (APÊNDICE H, Tabela 12; APÊNDICE I, Tabela 13; APÊNDICE J, Tabela 14).

Os macronutrientes que apresentaram maiores perdas por evento de chuva erosiva foram: o Ca na P1 ($0,07 \pm 0,07 \text{ g.ha}^{-1}$, com amplitude de 0,02 a $0,22 \text{ g.ha}^{-1}$); e o K na P3 ($0,02 \pm 0,01 \text{ g.ha}^{-1}$, com amplitude de 0,01 a $0,04 \text{ g.ha}^{-1}$) (Tabela 3). Possivelmente, associado a sua maior disponibilidade sobre o solo durante o período estudado, no caso do K contou com um evento de adubação que ocorreu no dia 30 de janeiro, conferindo maior tempo de residência durante o período chuvoso, por exemplo.

Tabela 3: Distribuição das perdas de nutrientes no solo erodido das diferentes parcelas experimentais de janeiro a abril de 2008.

Perda (n=8)	K (g.ha ⁻¹)			Ca (g.ha ⁻¹)			Mg (g.ha ⁻¹)			P (g.ha ⁻¹)			S-SO ₄ (g.ha ⁻¹)		
	P1	P2	P3*	P1	P2	P3*	P1	P2	P3*	P1	P2	P3*	P1	P2	P3*
Média	0,01	0,01	0,02	0,07	0,06	0,07	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01
Mediana	0,01	0,01	0,01	0,05	0,05	0,05	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00
Desv. Pad.	0,01	0,01	0,01	0,07	0,04	0,05	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00
CV	84	68	83	96	67	67	81	83	74	73	80	61	78	70	66
Intervalo	0,00 - 0,03	0,00 - 0,03	0,01 - 0,04	0,02 - 0,22	0,01 - 0,10	0,02 - 0,17	0,00 - 0,02	0,00 - 0,02	0,00 - 0,04	0,00 - 0,01	0,00 - 0,02	0,00 - 0,02	0,00 - 0,01	0,00 - 0,01	0,00 - 0,01
Perda (n=8)	Fe (mg.ha ⁻¹)			Cu (mg.ha ⁻¹)			Zn (mg.ha ⁻¹)			Mn (mg.ha ⁻¹)			B (mg.ha ⁻¹)		
	P1	P2	P3*	P1	P2	P3*	P1	P2	P3*	P1	P2	P3*	P1	P2	P3*
Média	2,31	4,21	3,26	0,16	0,09	0,13	2,74	1,65	2,45	1,34	1,62	1,59	0,02	0,02	0,02
Mediana	1,95	3,95	2,30	0,12	0,07	0,14	1,98	1,35	2,16	0,96	1,62	1,09	0,01	0,02	0,01
Desv. Pad.	1,30	3,12	2,22	0,14	0,07	0,07	2,35	1,10	1,43	1,28	1,15	1,09	0,01	0,02	0,01
CV	56	74	68	86	76	56	86	67	58	96	71	69	79	73	74
Intervalo	0,92 - 4,88	0,71 - 8,32	1,07 - 7,93	0,05 - 0,42	0,02 - 0,19	0,03 - 0,22	0,87 - 7,55	0,50 - 3,57	0,62 - 5,11	0,33 - 4,12	0,29 - 3,08	0,42 - 3,64	0,00 - 0,04	0,00 - 0,04	0,01 - 0,05
Perda (n=8)	Corg. (g.ha ⁻¹)			MO (g.ha ⁻¹)			Al (mg.ha ⁻¹)			Na (mg.ha ⁻¹)					
	P1	P2	P3*	P1	P2	P3*	P1	P2	P3*	P1	P2	P3*			
Média	2,43	2,86	2,97	4,12	4,87	5,01	0,03	0,86	0,15	0,46	0,63	0,43			
Mediana	1,62	2,21	2,30	2,60	3,74	3,67	0,00	0,61	0,00	0,36	0,62	0,53			
Desv. Pad.	2,14	2,24	2,03	3,66	3,92	3,59	0,09	0,95	0,23	0,38	0,33	0,23			
CV	88	78	69	89	81	72	283	110	152	83	52	55			
Intervalo	0,71 - 6,67	0,60 - 6,76	0,96 - 7,04	1,44 - 11,5	0,75 - 11,7	0,99 - 12,1	0,00 - 0,26	0,00 - 2,22	0,00 - 0,52	0,11 - 1,21	0,23 - 1,26	0,14 - 0,72			

* O n é igual a 9 para a P3.

O Fe foi o micronutriente que apresentou a maior perda durante o estudo com destaque para P2 com $4,21 \pm 3,12 \text{ mg.ha}^{-1}$, com amplitude de 0,71 a $8,32 \text{ mg.ha}^{-1}$ (Tabela 3).

A maior perda de MO ocorreu na P3 com $5,01 \pm 3,59 \text{ g.ha}^{-1}$, com amplitude de 0,99 a $12,1 \text{ g.ha}^{-1}$; e o Corg. na P3 $2,97 \pm 2,03 \text{ g.ha}^{-1}$, com amplitude de 0,96 a $7,04 \text{ g.ha}^{-1}$ (Tabela 3).

Não foi possível realizar o tratamento estatístico para verificar se ocorreu diferença significativa entre as perdas das parcelas devido aos poucos eventos de perdas de solo e ao fato deles não ocorrerem ao mesmo tempo para as parcelas. Entretanto, as diferenças observadas entre as perdas de nutrientes no solo erodido das parcelas podem ser atribuídas ao fato dos eventos de perda de solo não ocorrerem ao mesmo tempo para elas; a uma possível distribuição heterogênea de nutrientes sobre a área durante a aplicação de adubos e de fertilizantes; e/ou aos diferentes níveis de exigência da cultura em relação aos mesmos; além da resultante da própria interação entre chuva-cultura-solo. O papel da serrapilheira no maior tempo de residência dos nutrientes na área pode ser levado em conta neste aspecto.

De forma geral, a maior disponibilidade de nutrientes no talhão de café no início do período de chuva foi refletida na maior concentração dos mesmos no solo erodido. Assim como detectado logo após o aporte externo por adubação (N:P:K) que ocorreu no dia 30 de janeiro de 2008 na cultura.

As perdas de nutrientes totais apresentaram comportamento semelhante ao longo da série temporal, com as maiores perdas sendo determinadas pelos escoamentos mais intensos, como consequência da maior precipitação no período. Seguem alguns exemplos da condição nos gráficos 10 e 11.

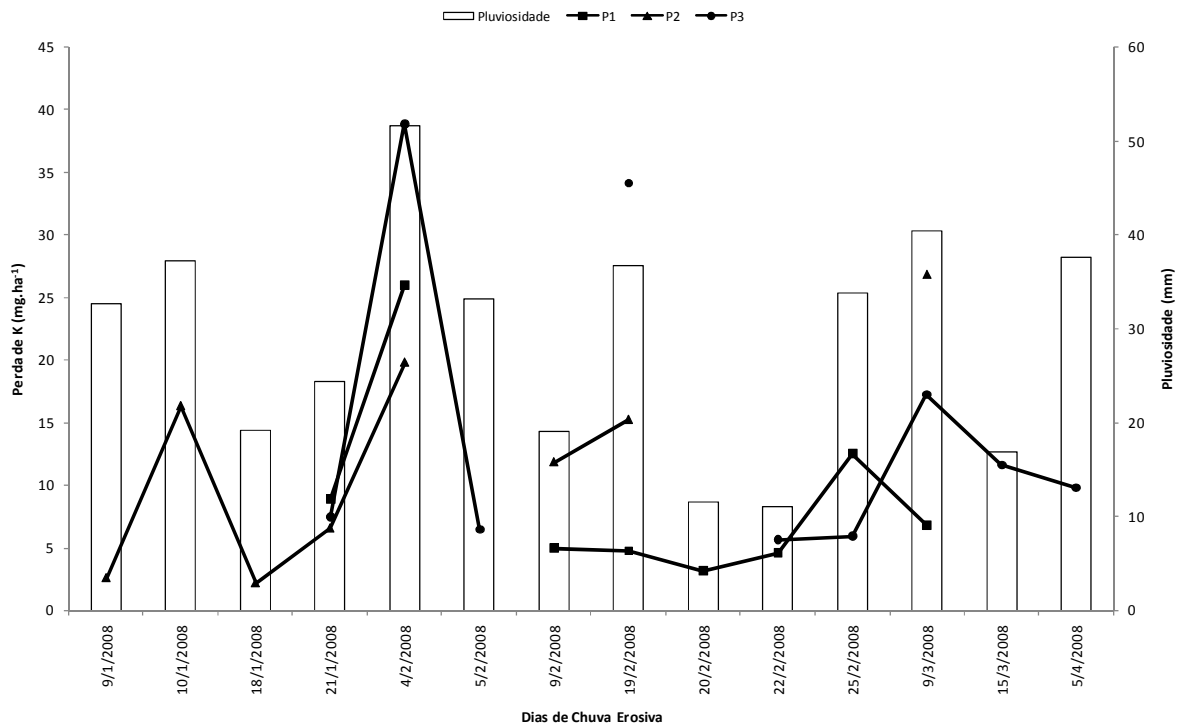


Gráfico 10: Perda de K no solo erodido das diferentes parcelas experimentais (P1, P2 e P3) de janeiro a abril de 2008.

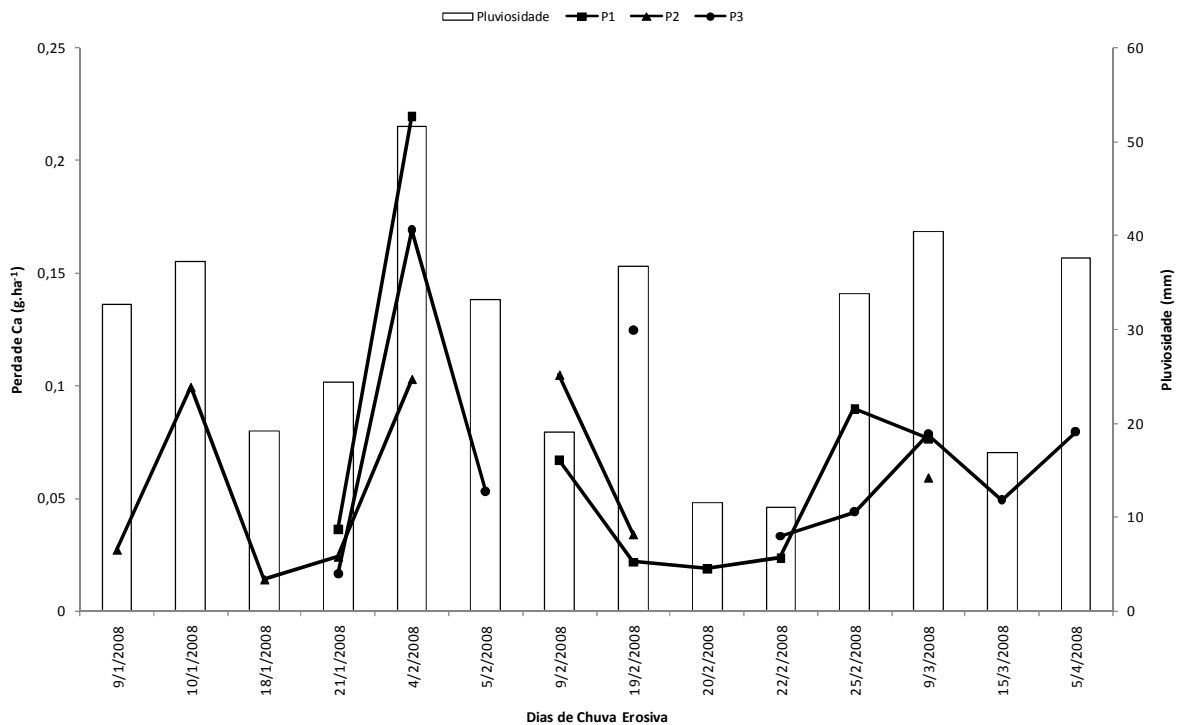


Gráfico 11: Perda de Ca no solo erodido das diferentes parcelas experimentais (P1, P2 e P3) de janeiro a abril de 2008.

As perdas de nutrientes totais, de Al e de elementos orgânicos no solo erodido, se extrapoladas para o ano com base no total pluviométrico (média de 2002 a 2007, 1493 mm) podem representar uma perda anual de: 0,47 g.ha⁻¹ de K; 2,64 g.ha⁻¹ de Ca; 0,42 g.ha⁻¹ de Mg; 0,33 g.ha⁻¹ de P; 0,02 g.ha⁻¹ de Na; 0,24 mg.ha⁻¹ de S; 0,75 mg.ha⁻¹ de B; 0,12 g.ha⁻¹ de Fe; 5,00 mg.ha⁻¹ de Cu; 0,09 g.ha⁻¹ de Zn; 0,06 g.ha⁻¹ de Mn; e 0,01 g.ha⁻¹ de Al; 0,11 kg.ha⁻¹ de Corg.; 0,18 kg.ha⁻¹ de MO.

Uma das maiores concentrações no solo erodido, além do Ca de maior destaque, foi o K, devido à sua menor retenção pelos constituintes do solo, o que facilita o transporte pela água da enxurrada, corroborando com trabalhos de Schick *et al.* (2000), Silva *et al.* (2005) e Carvalho *et al.* (2007). Entretanto, devido à perda de solo ser baixa na cultura de café adensada estudada, não foi detectado, uma perda de K significativa quando comparada com os estudos anteriores citados acima.

As perdas de nutrientes totais e de elementos orgânicos (Corg. e MO) atribuídos ao solo erodido foram mínimas quando comparadas com outros estudos: em diversas formas de cultivo de café no sul de Minas Gerais (CARVALHO *et al.*, 2007); pastagem (CASSOL *et al.*, 2002); e cana-de-açúcar em Guariba-SP (IZIDORIO *et al.*, 2005). Tal fato pode ser atribuído aos poucos eventos de perdas de solo detectados, ao escoamento reduzido e ao baixo PAS durante a realização do estudo.

As perdas de carbono orgânico no sedimento acompanharam as perdas de solo em uma correlação linear (Gráfico 12, 13 e 14), corroborando com Cassol *et al.* (2002) e Carvalho *et al.* (2007).

A fração coloidal e a matéria orgânica são os primeiros constituintes a serem removidos pela erosão hídrica, tendo em vista a sua baixa densidade (SCHICK *et al.*, 2000; SILVA *et al.*, 2005). Desta forma, foi identificado um comportamento seletivo dos processos erosivos no presente estudo.

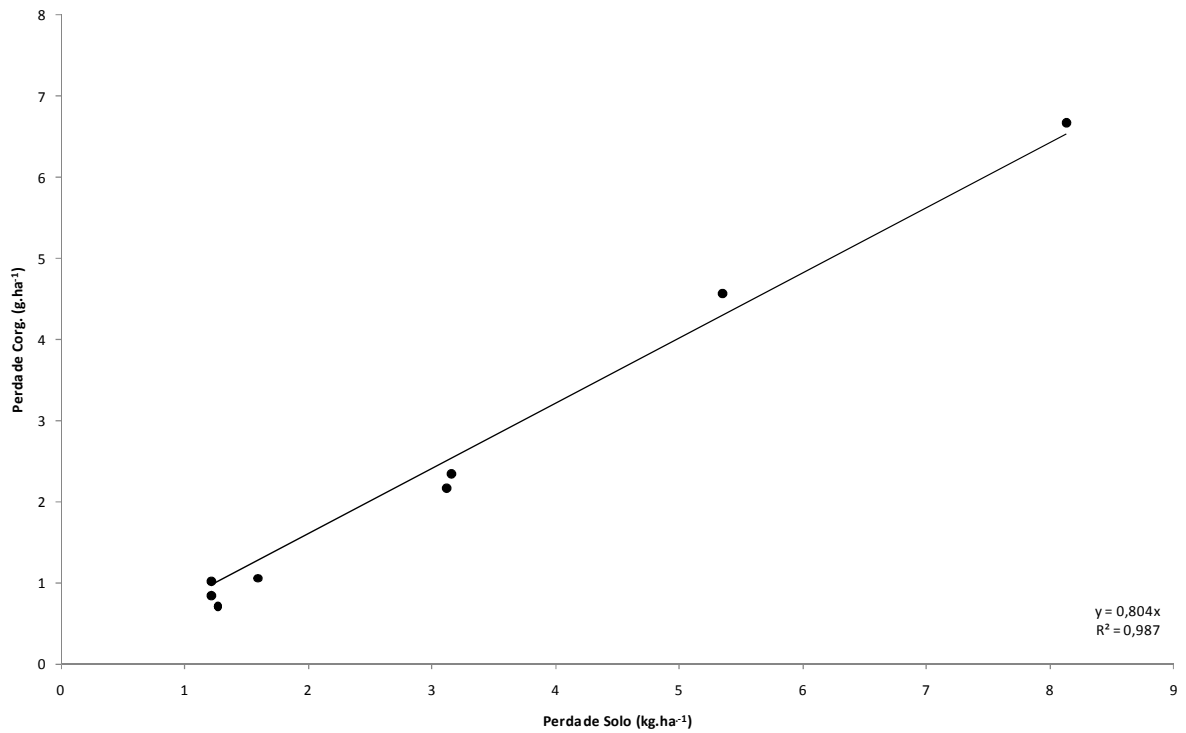


Gráfico 12: Relação entre as perdas de Corg. e solo de janeiro a abril de 2008, na parcela 1.

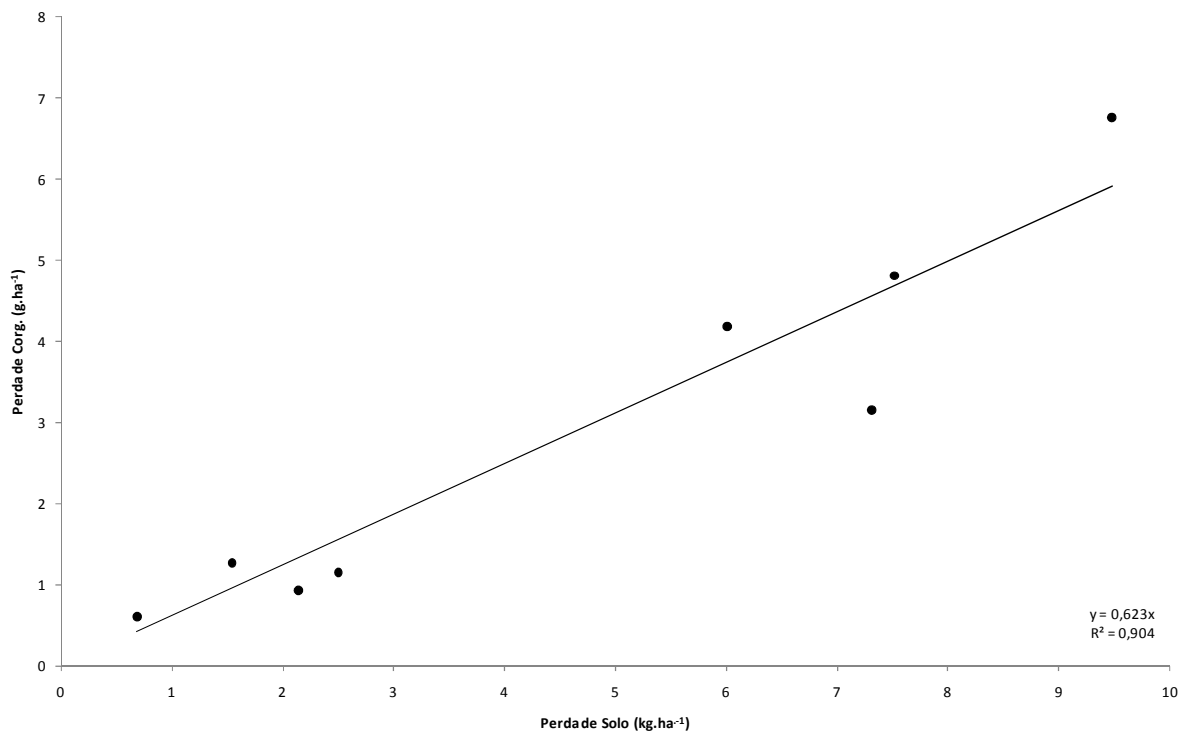


Gráfico 13: Relação entre as perdas de Corg. e solo de janeiro a abril de 2008, na parcela 2.

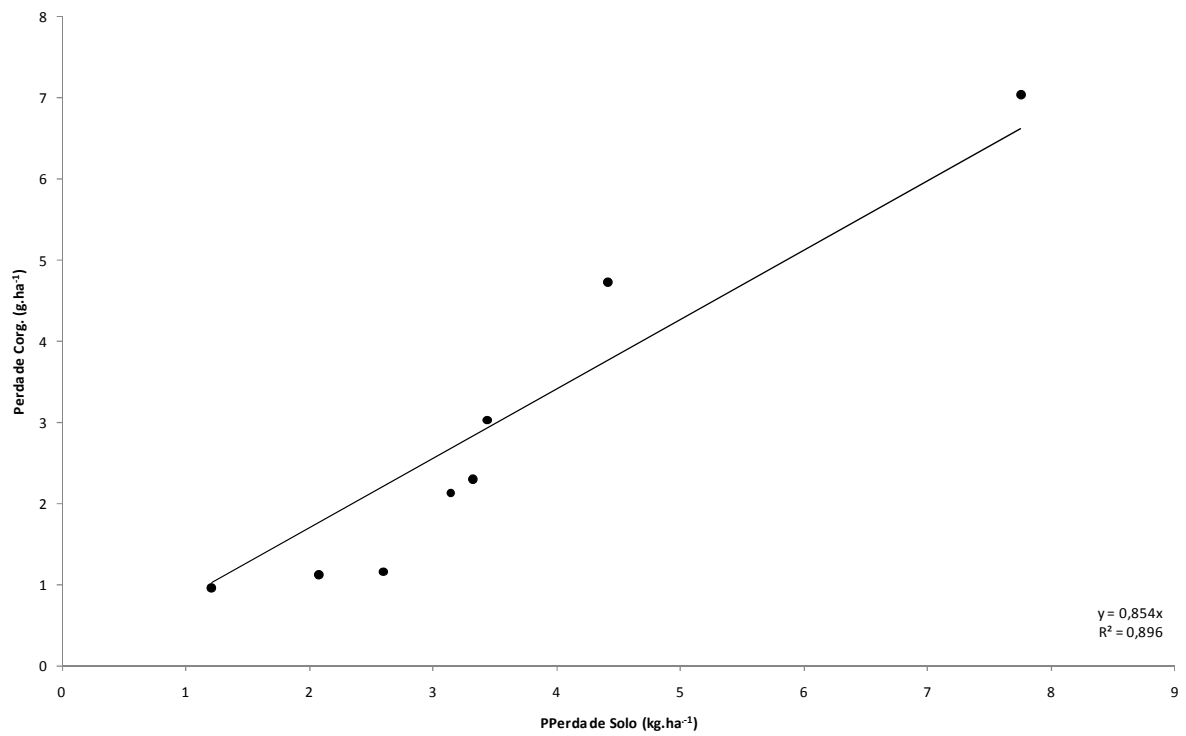


Gráfico 14: Relação entre as perdas de Corg. e solo de janeiro a abril de 2008, na parcela 3.

4.5 Parâmetros físico-químicos do baixo e alto córrego

Os valores de pH no baixo e no alto córrego apresentaram comportamento semelhante entre si ao longo da série temporal: BC $6,95 \pm 0,17$, com amplitude de 6,80 a 7,30; e AC $6,95 \pm 0,06$, intervalo de 6,80 a 7,00 (Tabela 4). De forma geral, o pH foi semelhante ao encontrado em cursos hídricos naturais.

Tabela 4: Distribuição dos parâmetros físico-químicos no córrego (BC e AC) durante o período de chuvas.

Baixo Córrego						
n=13	pH	Condutividade dS.m ⁻¹	K	Ca	Na	Mg
				mg.L ⁻¹		
Média	6,95	0,02	1,29	7,31	1,57	0,66
Mediana	6,90	0,02	1,17	5,76	1,61	0,67
Desvio Padrão	0,17	0,00	0,19	3,08	0,09	0,15
CV	2,46	20,8	14,5	42,2	5,49	22,1
Intervalo	6,80 - 7,30	0,02 - 0,03	1,17 - 1,56	5,07 - 15,6	1,38 - 1,61	0,45 - 0,92
n=13	Fe	Cu	Zn	Mn	S	N
				mg.L ⁻¹		
Média	0,49	0,00	0,00	0,02	5,53	82,8
Mediana	0,52	0,00	0,00	0,02	5,80	82,0
Desvio Padrão	0,34	0,01	0,00	0,01	1,38	29,5
CV	69,0	226	190	80,4	24,9	35,6
Intervalo	0,00 - 1,06	0,00 - 0,03	0,00 - 0,01	0,00 - 0,04	3,50 - 7,50	43,0 - 140
Alto Córrego						
n=13	pH	Condutividade dS.m ⁻¹	K	Ca	Na	Mg
				mg.L ⁻¹		
Média	6,95	0,02	1,26	5,48	1,15	0,40
Mediana	7,00	0,02	1,17	5,20	1,15	0,41
Desvio Padrão	0,06	0,00	0,17	0,93	0,00	0,11
CV	0,93	0,00	13,6	16,9	0,00	26,7
Intervalo	6,80 - 7,00	0,02 - 0,02	1,17 - 1,56	5,18 - 8,55	1,15 - 1,15	0,20 - 0,61
n=13	Fe	Cu	Zn	Mn	S	N
				mg.L ⁻¹		
Média	0,36	nd	0,00	0,00	4,91	40,5
Mediana	0,38	nd	0,00	0,00	4,30	40,0
Desvio Padrão	0,22	nd	0,00	0,01	1,80	15,0
CV	61,2	nd	190	132	36,7	37,0
Intervalo	0,16 - 0,96	nd	0,00 - 0,01	0,00 - 0,01	3,10 - 8,70	29,0 - 86,0

Os macronutrientes que apresentaram destaque em sua concentração no córrego, principalmente no baixo córrego (BC), foram: o N no BC ($82,8 \pm 29,5$ mg.L⁻¹, com amplitude de 43,0 a 140 mg.L⁻¹ e no AC ($40,5 \pm 15,0$ mg.L⁻¹, com intervalo de 29,0 a 86,0 mg.L⁻¹); o Ca no BC ($7,31 \pm 3,08$ mg.L⁻¹, com amplitude de 5,07 a 15,6 mg.L⁻¹) e no AC ($5,48 \pm 0,93$ mg.L⁻¹, com intervalo de 5,18 a 8,55 mg.L⁻¹); o S no BC ($5,53 \pm 1,38$ mg.L⁻¹, com amplitude de

3,50 a 7,50 mg.L⁻¹) com perfil crescente de concentração ao longo da série temporal e no AC (4,91 ± 1,80 mg.L⁻¹, com intervalo de 3,10 a 8,70 mg.L⁻¹); e o K no BC (1,29 ± 0,19 mg.L⁻¹, com amplitude de 1,17 a 1,56 mg.L⁻¹) e no AC (1,26 ± 0,17 mg.L⁻¹, com intervalo de 1,17 a 1,56 mg.L⁻¹) (Tabela 4).

A concentração de Ca no BC e no AC apresentou, de forma geral, comportamento semelhante entre si ao longo da série temporal. Entretanto, neste estudo foram identificados alguns sinais de incremento de Ca ao longo da série temporal no córrego, com pico de 15,6 mg.L⁻¹ apresentado no dia 29 de fevereiro de 2008. O fato pode ser associado à colaboração das perdas de água e solo de áreas agricultáveis, assim como a concentração de N, com pico no curso ao longo da série temporal de 140 mg.L⁻¹, apresentado no dia 14 de março de 2008 (Tabela 4).

O micronutriente de maior concentração no córrego foi o Fe no BC (0,49 ± 0,34 mg.L⁻¹ com amplitude de 0,00 a 1,06 mg.L⁻¹, com perfil crescente de concentração ao longo da série temporal e no AC (0,36 ± 0,22 mg.L⁻¹, com intervalo de 0,16 a 0,96 mg.L⁻¹) (Tabela 4).

Maior riqueza de detalhes sobre os parâmetros ambientais determinados durante o estudo na série temporal para o córrego (BC e AC) pode ser visto nos Apêndices (APÊNDICE K, Tabela 15).

Pela distância (~ 100 m) entre o talhão de café estudado e o córrego (ponto mais próximo, BC) não se pode afirmar que há influência direta do cultivo sobre a qualidade da água do mesmo, apesar de se verificar alta concentração de Ca e N, coincidentes com os períodos de maior escoamento, o que pode estar associado ao aporte de nutrientes por erosão hídrica de outras áreas agricultáveis mais próximas ao córrego durante o período chuvoso.

O cultivo adensado do café funciona como importante barreira física no aporte de nutrientes para o córrego, entretanto pela variedade de agrotóxicos utilizada e pelo declive acentuado (28 %), pode representar uma fonte potencial de nutrientes em regiões mais próximas aos recursos hídricos, onde por exemplo não respeitem a faixa marginal de proteção.

4.6 Reuniões de campo e participação da comunidade local

Durante a realização do projeto foram promovidas duas reuniões de campo no galpão do sítio Panorama II, de forma a estimular a participação e a colaboração da comunidade local durante a realização dos estudos de perdas de água e solo pró-direcional para adoção de práticas de manejo e conservação na microbacia do rio Paraíba do Sul em Varre-Sai (APÊNDICES L e M).

Os eventos contaram com um público heterogêneo (produtores rurais, proprietários de terra, estudantes, funcionários públicos e membros da comunidade local), incluindo ainda a participação de adolescentes.

Durante as reuniões, o autor deste trabalho, atuou como mediador, de forma a conduzir e estimular o debate na comunidade. A primeira reunião ocorreu no dia 23/02/2008 e contou com a participação de aproximadamente 40 pessoas (Figura 5).



Figura 5: Primeira reunião de campo durante os estudos de perdas de água e solo na microbacia do rio Paraíba do Sul, Varre-Sai, RJ (Sítio Panorama II).

Alguns dos principais depoimentos coletados durante a realização da primeira reunião de campo indicam a percepção sobre a dinâmica de funcionamento da microbacia e a relação entre aspectos naturais e antrópicos na região:

“O regime de chuvas ao longo do ano tem mudado bastante. E o período de chuvas vem chegando com atraso e com volume de chuva intenso” - Proprietário de terra 1.

“Todo o planejamento para adubação e aplicação de fertilizantes segue o regime de chuvas” - Produtor rural 1.

“Até nas estradas de chão de acesso ao sítio pode se verificar o efeito da erosão no período de chuvas, os carros ficam atolados” - Lavrador 1.

“Teve um ano que tivemos uma seca aqui que alguns produtores investiram em projeto de irrigação” - Produtor rural 2.

“A água dos nossos córregos fica muito barrenta neste período” - Lavrador 2.

“Geralmente, quanto mais chuva temos melhor para gente, mas eu lembro que tivemos um ano que a chuva foi muito rigorosa e prejudicou nossa produtividade” - Produtor rural 3.

“Deus foi um paizão para Varre-Sai: A disponibilidade de chuva em Varre-Sai não é problema” - Produtor rural 4.

“Caiu o custo da produção de café e da mão-de-obra. A tecnologia tem melhorado muito a produtividade da colheita” - Proprietário de terra 2.

“A prática de café é uma atividade sustentável” - Produtor rural 5.

“A produtividade de café na região, de forma geral, sempre surpreende de forma positiva” - Produtor rural 6.

“Em Varre-Sai já se usou muito esterco para fazer a cova, como não tinha muito material orgânico disponível no solo” - Produtor rural 7.

Desta forma, foi realizada a construção de um diagnóstico participativo da condição local, funcionando como ponto de partida para o direcionamento de propostas de manejo e conservação na região.

Com relação aos principais depoimentos coletados durante a realização da segunda reunião de campo, percebeu-se uma melhor compreensão e conscientização da importância da adoção de práticas de manejo e de conservação para a qualidade ambiental da microbacia no que diz respeito ao solo e água, por parte dos participantes:

“Antes a gente varria o solo todo e depois parou, pois viu que não tava ficando bom não” - Lavrador 1.

“Os produtos químicos estão cada dia mais caros” - Proprietário de terra 1.

“Nós aqui já trabalhamos na criação de curvas de nível e a gente percebeu que a coisa melhorou” - Produtor rural 1.

“Essa água que a gente bebe corre risco de ficar ruim?” - Lavrador 2.

“Como você pretende instalar terraço em uma área que já existe a cultura instalada?” - Produtor rural 2.

“No Paraná, onde eu morei, eles tiveram que montar terraços para não terem mais prejuízos com a época da chuva” - Proprietário de terra 2.

“Mudar a cultura de café com base em produtos químicos para o café orgânico custa muito dinheiro” - Proprietário de terra 3.

“Apenas reduzir a utilização de produtos químicos para utilizar produtos orgânicos não garante a certificação, tem que interromper totalmente a utilização do produto químico” - Proprietário de terra 4.

“Não tenha dúvida que reconhecemos a importância do café orgânico para a saúde das pessoas, mas ainda é muito complicado” - Proprietário de terra 5.

“A palha do café aqui a gente usa sobre o próprio solo” - Produtor rural 3.

“A cultura de café adensada aqui em Varre-Sai reduziu bastante as perdas de água e terra” - Produtor rural 4.

Dessa forma, verificou-se o reconhecimento da importância de adotar práticas de manejo e conservação para se controlar os processos erosivos, e a pró-atividade da comunidade em conhecer melhor as propostas apresentadas, como a aplicação de terraços construídos de forma manual com enxadas e a incorporação gradativa do cultivo orgânico do café. Vale ressaltar que a produtividade significativa do café de forma convencional não atrai o produtor para mudar para a aplicação orgânica.

As duas reuniões de campo foram avaliadas da seguinte forma pela comunidade, das 25 pessoas aleatoriamente questionadas:

- Em relação à importância da participação da comunidade em reuniões de campo, 90% consideram muito importante e 10% importante;
- No que diz respeito ao grau de participação da comunidade local nas reuniões, 65% acreditam que na maior parte do tempo teve participação, 25% que a participação foi pouca, 5% que a participação ocorreu por todo momento e outros 5% que não se teve participação;
- Em referência ao grau de entendimento sobre as duas reuniões apresentadas, 75% entenderam a maior parte do conteúdo apresentado, 15% entenderam tudo, 10% entenderam pouco;

- Em relação ao grau de conhecimento sobre erosão hídrica antes das reuniões de campo, 60% não conheciam o processo erosivo, 30% conheciam pouco, 5% conheciam a maior parte e os outros 5% conheciam tudo;
- Em referência ao grau de conhecimento sobre erosão hídrica depois das reuniões de campo, 60% entendem a maior parte sobre os processos erosivos, 25% entendem tudo e 15% entendem pouco;
- Para o grau de confiança na redução da erosão hídrica com a adoção das práticas de manejo e conservação apresentadas, durante a segunda reunião, 75% acreditam que todas as práticas apresentadas podem ser bem sucedidas, 20% acreditam na maior parte e 5% acreditam pouco;
- No que diz respeito a adotar às propostas de manejo e conservação apresentadas em sua propriedade, se tivessem oportunidade, 95% adotariam todas as práticas e 5% a maior parte delas;
- Em relação à opinião da comunidade sobre as duas reuniões de campo que ocorreram, 50% classificam como muito boa e 50% como boa.

Desta forma, foi verificado que as duas reuniões de campo promoveram a conscientização e sensibilização da comunidade local diante da percepção do evento erosivo no seu cotidiano e do reconhecimento da importância da participação da mesma na mudança deste quadro desfavorável. Os eventos permitiram que a integração do saber popular ao científico, através da adaptação da metodologia DRP, direcionasse a pró-adoção das práticas de manejo e conservação.

As duas reuniões de campo que ocorreram em Varre-Sai no Sítio Panorama II foram documentadas em vídeo, estando disponível no acervo do CEFET Campos para interessados. Vale ressaltar ainda, que após o período de defesa de dissertação, foi realizado um evento dia 25 de julho de 2008 na própria propriedade (APÊNDICE N). Ressalta-se o comprometimento da instituição e do autor em oferecerem um retorno para a comunidade em relação ao fechamento do trabalho, envolvendo as sugestões e as correções propostas pela banca durante a data da defesa, 17 de julho de 2008.

4.7 Propostas de manejo e conservação

4.7.1 Considerações gerais

No que diz respeito ao espaçamento do café, Prochnow *et al.* 2005, investigando diferentes espaçamentos (3,0 x 0,5 m, 3,0 x 1,0 m, 3,0 x 2,0 m, 3,0 x 3,0 m e 4,0 x 2,0 m) identificou o espaçamento 3,0 x 1,0 m como potencial para a redução das perdas de água e solo. O espaçamento 1,0 m entre covas já é utilizado no cultivo adensado de café em Varre-Sai, porém o espaçamento 3,0 m orientado entre fileiras possibilitaria a utilização de culturas intercalares como: leguminosas (ex. feijão), bananeira, ipê-preto, entre outros (NEVES *et al.*, 2007).

A prática confere ganho nutricional ao solo, maior rugosidade superficial como barreira para as perdas de água e solo e atua como uma importante prática na redução da necessidade de aplicação de produtos químicos.

O cultivo de café, como observado durante a elaboração do presente estudo, apresenta uma atuação efetiva em relação às perdas de terra. Em outro trabalho, foi verificado que o cultivo diminui as perdas em torno 78% nos primeiros 5 anos e em 99% em diante. Os primeiros 60 meses funcionam como sendo o período crítico com relação às perdas de solo e água em cafeeiro (FREITAS *et al.*, 2003). O cultivo requer um tempo para recobrir totalmente o solo, pois tem uma área maior para desenvolvimento e proteção.

O cultivo de café adensado favorece o solo de forma a permitir que boa parte da precipitação se infiltre ao atingi-lo. Porém, em uma região de declividade acentuada se exigem mais cuidados na intervenção sobre o processo de escoamento superficial, pois as perdas de solo e nutrientes são conseqüências diretas da perda de água por escoamento superficial. Desta forma, uma maior disponibilização de nutrientes sobre o solo na escala de tempo (tempo de residência) confere menores gastos com fertilizantes e adubação.

Em estudos anteriores foi apresentada uma comparação sobre o melhor desempenho de diferentes cultivos de café na redução das perdas de água, onde se verificou que: cultivo orgânico roçado > cultivo convencional roçado > cultivo convencional com utilização de herbicida > cultivo convencional com capina manual > café sob cultivo orgânico com capina manual (CARVALHO *et al.*, 2007).

Desta forma, ressalta-se a importância de se manter o solo coberto pela serrapilheira, que funciona de maneira a fornecer uma rugosidade superficial ao mesmo, contribuindo para reduzir a velocidade da enxurrada e o potencial de desagregação, assim como para favorecer a

infiltração, interceptar a ação da chuva, e contribuir com o aporte local de nutrientes, como verificado em trabalhos anteriores desenvolvidos em cultura de soja (COGO *et al.*, 2003) e cana-de-açúcar (BEZERRA; CANTALICE 2006).

Como identificado, por Martins *et al.* 2003, em um solo descoberto as perdas de água chegam até um quarto do volume precipitado no período.

Freitas *et al.* 2003 observou que cafeeiros com sombra densa interceptaram 21% da chuva, com pouca sombra 14% e sem sombra 12%, o que reitera a importância da manutenção do cultivo adensado do café em Varre-Sai. O espaçamento encontrado de 1,75 x 1 m na área estudada está dentro do limite mínimo para a prática, pois a proximidade maior entre covas favoreceria o maior desprendimento de solo pela instabilidade durante o desenvolvimento da cultura, como visto em estudo anterior (PROCHNOW *et al.*, 2005).

O cultivo de café recebe grandes quantidades de produtos químicos ao longo do ano, o que em uma região de declividade acentuada como a de Varre-Sai representa uma fonte potencial de eutrofização para cursos hídricos.

No que diz respeito, à aplicação de fertilizantes, a proposta é mesclar a adubação química com a orgânica para fins de diminuir o impacto sobre os recursos hídricos diretamente associados, para a melhoria da saúde das pessoas que manuseiam o produto, entre outros benefícios a qualidade do café gerado. A intervenção sobre os tratamentos fitossanitários pode beneficiar a qualidade da cultura de café em busca de uma futura certificação. Deve-se assim, incentivar a inserção da prática do cultivo orgânico em detrimento do cultivo tradicional.

A aplicação de adubo e de fertilizante precisa ser realizada com base na interpretação da análise de solo (prática onerosa) e na produtividade da cultura. A preocupação com o regime de chuvas já existe na comunidade em Varre-Sai, sendo que toda a programação de aplicação de produtos químicos é feita com base nisto. A continuidade da prática e sua adequação, principalmente identificando a correlação entre aplicação de nutrientes e produtividade, são fundamentais para a manutenção da qualidade e sobrevivência do solo utilizado.

Com isso, torna-se fundamental, no cultivo de café, reduzir a aplicação de fertilizantes e adubos (agrotóxicos), adotar práticas de manejo e conservação, como a apresentada neste trabalho (ex. o terraço), buscar a substituição gradativa da adubação química pela orgânica sob dosagens controladas, no qual se verificou um trabalho que utiliza esterco de galinha com excelente resposta para o cafeeiro (MORETI *et al.*, 2007).

Neste aspecto, o CEFET Campos pode direcionar e subsidiar a aplicação do húmus de minhoca para a prática orgânica do café em Varre-Sai. Tal pesquisa já vem sendo desenvolvida na Unidade de Pesquisa e Extensão Agro-Ambiental (UPEA) desde o início deste ano, com resposta funcional para outras culturas.

A área estudada em Varre-Sai já adota uma importante prática orgânica com a utilização da palha de café sobre o solo compondo a cobertura morta de forma a permitir maior disponibilização de MO e nutrientes, além de funcionar como barreira potencial contra a ação das chuvas. Alguns estudos conferem ganhos econômicos à palha na utilização da mesma para a ração bovina, melhor valor nutricional que o milho, por exemplo.

Como intervenção nos tratamentos fitossanitários, foi orientada para o controle de fungos, a utilização de oxiclreto de cobre (2 kg.ha^{-1}) nos sistemas orgânicos, em detrimento ao folicur que é utilizado geralmente nos sistemas convencionais (1 L.ha^{-1}), de acordo com Carvalho *et al.* 2007.

A adoção do café orgânico representa maior ganho do solo do que a prática convencional como verificado em estudos anteriores (THEODORO, 2001; ARAÚJO, 2004). Entretanto, sabe-se que a transição para o modelo gera custos e precisa ser contemplado de forma gradativa, principalmente para se buscar a certificação como produto essencialmente orgânico.

Para declividades de aproximadamente 28% é recomendada pela literatura a adoção do terraço em patamar (“escada”). Entretanto, como o cultivo de café já se encontra instalado sobre a área, este tipo de terraço não se torna viável. Procurou-se buscar orientação para adequar a utilização de outro tipo de terraço (nível embutido, conhecido como base estreita), com base na metodologia de Lombardi Neto, para que seja construído de forma manual, cujo dimensionamento foi proposto utilizando o *software* Terraço 3.0.

A prática confere maior rugosidade superficial ao terreno, diminui a velocidade do escoamento, melhora a disponibilização de nutrientes e aproveitamento de água para infiltração pelo maior tempo de residência no solo, além de reduzir significativamente as perdas de água, solo e nutrientes. A aplicação de terraço na área precisa ser melhor estudada, pois representa custos em sua projeção e a má formação do mesmo pode potencializar as perdas de água, solo e nutrientes em uma área.

4.7.2 Dimensionamento de terraço

A utilização do *software* Terraço 3.0 permitiu direcionar a projeção para possível adoção de terraços na área do cultivo de café instalado, ressaltando a necessidade de adaptações já que o cultivo está estabelecido, sendo que a intervenção é viável somente com a utilização manual de enxadas.

Com base na latitude e longitude da localidade de interesse o programa fornece a maioria dos parâmetros da precipitação K, a, b, c (parâmetros da equação de chuvas intensas) por interpolação, com base no banco de dados disponível. Em Varre-Sai, sobre a latitude 20° 55' 52'' Sul e longitude 41° 52' 07'' Oeste, foram obtidos os seguintes parâmetros de precipitação: K=4915,236; a=0,196; b=34,048; c=0,982.

Neste estudo optou-se por adotar a opção mais próxima da condição real, ou seja, a projeção de um terraço de nível embutido, sem drenagem, em seção triangular (declividade da parede do canal 0,679 m.m⁻¹ e coeficiente de desuniformidade 1), de acordo com a metodologia de Lombardi Neto (1994), com as devidas atenções em relação à declividade (na qual a declividade máxima recomendada é de 0,16 m.m⁻¹), por não estarem dentro do padrão de declividade recomendado, além de ter que ser adaptado para criação manual, através de enxadas.

Para isso, no primeiro teste utilizou-se um período de retorno (T) de 20 anos e uma taxa de infiltração estável (Tie) de 49,3 mm.h⁻¹, a menor observada durante estudos realizados por Zanetti (2007) na microbacia do rio Paraíba do Sul em Varre-Sai para o café, associando-se com: a declividade observada no terreno de estudo de 0,28 m.m⁻¹; condições relacionadas ao cultivo de café (índice U=1,5) em fileiras estreitas retas (1,75 x 1 m; encontrada no local de estudo); com boa disponibilidade de chuva; classificada no grupo 5 em relação ao preparo do solo (sem preparo primário, com preparo secundário sem revolvimento do solo e em plantio direto, além da manutenção dos restos culturais sobre o mesmo; M=5); e quanto à resistência a erosão associada à declividade enquadra-se no grupo A (Alta resistência; K=1,25).

Desta maneira, com a utilização do método de Lombardi Neto (1994) para cálculo do espaçamento entre terraços obteve-se o seguinte dimensionamento: Lâmina de escoamento superficial: 48,3 mm; altura teórica: 68,1 cm; altura recomendada: 78,1 cm; espaçamento horizontal: 24,4 m; e espaçamento vertical: 6,83 m. Pela projeção, foi observado que este teste de dimensionamento da altura do terraço > 60 cm estaria direcionado para uma área onde o plantio do café não estivesse implantado e não local onde o cultivo já esteja estabelecido (como o talhão estudado).

Com isso, para buscar uma alternativa mais próxima das condições reais, com a cultura de café já estabelecida, foi realizado mais um teste com estes mesmos parâmetros adotados anteriormente, com exceção da mudança da Tie para $94,6 \text{ mm.h}^{-1}$, a maior observada durante estudos realizados por Zanetti (2007) na microbacia para o café. Desta forma, com a utilização do método de Lombardi Neto (1994) para cálculo do espaçamento entre terraços obteve-se o seguinte dimensionamento: Lâmina de escoamento superficial: 23,3 mm; altura teórica: 47,4 cm; altura recomendada: 57,4 cm; espaçamento horizontal: 24,4 m; e espaçamento vertical: 6,83 m.

5 CONCLUSÕES

Durante a realização deste estudo na microbacia do rio Paraíba do Sul, em Varre-Sai, foi possível a identificação das seguintes inferências:

- A participação popular (sensibilização) foi fundamental para aproximar os estudos de perdas de água e solo no cultivo do café do direcionamento para adoção de práticas de manejo e conservação;
- Das chuvas erosivas (> 10 mm) apenas 36% foram responsáveis por perdas de solo, e do total precipitado (515 mm) apenas 1% foi escoado.
- As maiores perdas de nutrientes foram provenientes do escoamento superficial, com exceção do Zn e do Mn. As perdas de nutrientes acumuladas com maior destaque foram: 50,2 g.ha⁻¹ para o N; 5,11 g.ha⁻¹ para o Ca; 4,77 g.ha⁻¹ para o K; e para o micronutriente Fe com 0,35 g.ha⁻¹. Não foi detectada influência direta das perdas na eutrofização e assoreamento do córrego estudado.
- O cultivo de café adensado funciona como barreira física das perdas de água, solo e nutrientes, onde foi observado um potencial de arraste de sedimentos baixo (0,01 Mg.ha⁻¹.mm⁻¹);
- A redução do uso de produtos químicos, a incorporação gradativa da agricultura orgânica, a manutenção da serrapilheira sobre o solo e do cultivo adensado, a adequação da aplicação de adubos e fertilizantes em congruência com as condições climáticas é fundamental para a manutenção da qualidade de água dos recursos hídricos existentes;
- A instalação de terraços apareceu como uma importante ação de manejo e de conservação a ser implantada, entretanto precisa de dimensionamento adequado e exigem adaptações manuais devido à cultura já estar pré-estabelecida.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL AMERICANA. **Need for watershed approaches.** Washington, 2006.

AGUIAR, Danilo Rolim Dias de. Agricultural futures contracts in Brazil: evolution and perspectives. **Competitividade do agronegócio brasileiro em mercados globalizados.** In: MOURA, A. D.; SILVA JUNIOR, A. G. (editores). Viçosa: Suprema Gráfica e Editora v. 1, pp. 27-52, 2004.

ALENCAR, Edgar. **Introdução à metodologia de pesquisa social.** Universidade Federal de Lavras. 1999. 125 p.

ANDRELLO, A. C.; APPOLONI, C. R.; GUIMARÃES, M. F. Uso do Césio-137 para avaliar taxas de erosão em cultura de soja, café e pastagem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, pp. 223-229, 2003.

ARAÚJO, João Batista Silva. **Composto orgânico e biofertilizante na nutrição do cafeeiro em formação no sistema orgânico.** 2004. 79 f. Dissertação de Mestrado (Agronomia com ênfase em fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2004.

BARBOSA, Dimmy Herllen Silveira Gomes; VIEIRA, Henrique Duarte; PARTELLI, Fábio Luiz; SOUZA, Ricardo Moreira de. Estabelecimento de normas DRIS e diagnóstico nutricional do cafeeiro arábica na região noroeste do Estado do Rio de Janeiro. **Ciência Rural**, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, v. 36, n. 6, pp. 1717-1722, nov./dez. 2006.

BAZZANO, Marcos Gabriel Peñalva; ELTZ, Flávio Luiz Foletto; CASSOL, Elemer Antonino. Erosividade, coeficiente de chuva, padrões e período de retorno das chuvas de Quaraí, RS. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, MG, v. 31, n. 5, pp. 1205-1217, mai./jun. 2007.

BERTOL, Ildegardis; MELLO, Eloy Lemos; GUADAGNIN, Jean Cláudio; ZAPAROLLI, Almir Luis Vedana; CARRAFA, Marcos Roberto. Nutrient losses by water erosion **Scientia Agricola**, v. 60, n. 3, pp. 581-586, jul./set. 2003.

BERTOL, Ildegardis; GUADAGNIN, Jean Cláudio; CASSOL, Paulo César; AMARAL, André Júlio; BARBOSA, Fabricio Tondello. Perdas de fósforo e potássio por erosão hídrica em um inceptisol sob chuva natural. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, MG, v. 28, n. 3, pp. 485-494, mai./jun. 2004.

BERTOL, Ildegardis; AMARAL, André Júlio; VÁZQUEZ, Eva Vidal; GONZÁLEZ, Antônio Paz; BARBOSA, Fabricio Tondello; BRIGNONI, Leonardo Felipe. Relações da rugosidade superficial do solo com o volume de chuva e com a estabilidade de agregados em água. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, MG, v. 30, n. 3, pp. 543-553, mai./jun. 2006.

^aBERTOL, Ildegardis; ENGEL, Fernando Luis; MAFRA, Álvaro Luiz; BERTOL, Oromar João; RITTER, Sidinei Roberto. Phosphorus, potassium and organic carbon concentrations in runoff under different soil tillage systems during soybean growth. **Soil & Tillage Research**, v. 94, n. 1, pp. 142-150, mai. 2007.

^bBERTOL, Ildegardis; LEITE, Dirceu; ENGEL, Fernando Luis; COGO, Neroli Pedro; GONZÁLEZ, Antônio Paz. Erodibilidade de um nitossolo háplico alumínico determinada em condições de campo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, MG, v. 31, n. 3, pp. 541-549, 2007 mai./jun. 2007.

BERTONI, José; LOMBARDI NETO, Francisco. **Conservação do Solo**. 6. ed. São Paulo: ÍCONE, 1999. 355 p.

BEUTLER, Josué Fernando; BERTOL, Ildegardis; VEIGA, Milton da; WILDNER, Leandro de Padro. Perdas de solo e água num Latossolo Vermelho aluminoférrico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo sob chuva natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 3, pp. 509-517, mai./jun. 2003.

BEZERRA, Sandro Augusto; CANTALICE, José Ramon Barros. Erosão em sulco em diferentes condições de cobertura do solo, sob cultivo da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, n. 3, pp. 565-573, mai./jun. 2006.

BRITO, Liziane de Figueiredo; SILVA, Marx Leandro Naves; CURI, Nilton; LEITE, Fernando Palha; FERREIRA, Mozart Martins; PIRES, Lislane Souza. Erosão hídrica de Latossolo Vermelho muito argiloso relevo ondulado em áreas de pós-plantio de eucalipto no Vale do Rio Doce região Centro Leste do estado de Minas Gerais. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, SP, v. 67, pp. 27-36, abr. 2005.

CARR, M. K. V. The water relations and irrigation requirements of coffee. **Experimental Agriculture**, Cambridge, v. 37, n. 1, pp.1-36, jan. 2001.

CARVALHO, Daniel Fonseca de; MONTEBELLER, Claudinei Antonio; FRANCO, Elenilson Moreira. Padrões de precipitação e índices de erosividade para as chuvas de Seropédica e Nova Friburgo, RJ. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, SP, v. 9, n. 1, pp. 7-14, jan./mar. 2005.

CARVALHO, Ricardo; SILVA, Marx Leandro Naves; AVANZI, Junior Cesar; CURI, Nilton; SOUZA, Fabiana Silva de. Erosão hídrica em latossolo vermelho sob diversos sistemas de manejo do cafeeiro no sul de Minas Gerais. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, MG, v. 31, n. 6, pp. 1679-1687, nov./dez. 2007.

CASSOL, Elemar Antonino; LEVIEN, Renato; ANGHINONI, Ibanor; BADELUCCI, Marilene Pires. Perdas de nutrientes por erosão em diferentes métodos de melhoramento de pastagem nativa no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, MG, v. 26, n. 3, pp. 705-712, 2002.

CASTRO, Luciana Gomes; COGO, Neroli Pedro; VOLK, Leandro Bocchi da Silva. Alterações na rugosidade superficial do solo pelo preparo e pela chuva e sua relação com a erosão hídrica. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, MG, v. 30, n. 2, pp. 339-352, mar./abr. 2006.

CEZAR, L. H. da Silva. **A horticultura do tomate e a organização do território em São José de Ubá – Noroeste Fluminense**. 2001. 135 f. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Geografia) Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2001.

COGO, Neroli Pedro; LEVIEN, Renato; SCHWARZ, R. A. Perdas de solo e água por erosão hídrica influenciadas por métodos de preparo, classes de declive e níveis de fertilidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência de Solo**, Viçosa, MG, v. 27, n. 4, pp. 743-753, jul./ago. 2003.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da Safra Brasileira: Café Safra 2008**, primeira estimativa. Brasília, jan. 2008. 8 p.

DAVIS, Elizabeth Guelman; NAGHETTINI, Mauro da Cunha; CARVALHO, Daniel Fonseca de. **Estudo de Chuvas Intensas no Estado do Rio de Janeiro**. 2. ed. Revisada e Ampliada (CD-ROM). Brasília: CPRM, 2000.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212 p.

EPSTEIN, Emanuel; BLOOM, Arnold J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. 2 ed. Londrina: Planta, 2006. 403 p.

FEDERAÇÃO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E PESCA DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. **Diagnóstico da cafeicultura do Estado do Rio de Janeiro: relatório de pesquisa**.

Rio de Janeiro: FAERJ/SEBRAE. 2005. 165 p. Disponível em: <http://www.fajerj.com.br/>. Acesso em 11 de jun. de 2008.

FONTES, Paulo Cezar Rezende. **Diagnóstico do estado nutricional das plantas**. Viçosa: Editora UFV, 2004. 122 p.

FREITAS, Rupert Barros de; OLIVEIRA, Luiz Edson Mota de; DELÚ FILHO, Nelson; SOARES, Angela Maria. Influência de diferentes níveis de sombreamento no comportamento fisiológico de cultivares de café (*Coffea arabica* L.). **Ciência agrotécnica**, Lavras, MG, v. 27, n. 4, pp. 804-810, jul./ago. 2003.

FUNDAÇÃO CENTRO DE INFORMAÇÕES E DADOS DO RIO DE JANEIRO, **Culturas Agrícolas: Café**. Disponível em: <http://www.cide.rj.gov.br/tabnet/deftohtm.exe?cide/Agropec/Agric.def>. Acesso em 11 de jun. de 2008.

FURTINI NETO, Antônio Eduardo; VALE, F. R.; RESENDE, Álvaro Vilela; GUILHERME, Luiz Roberto Guimarães; GUEDES, Geraldo Aparecido de Aquino. **Fertilidade do Solo**. Lavras: UFLA, FAEPE, 2001. 252 p.

GEPARMBH. **Relatório 1 do Projeto Gestão Participativa da Bacia do Rio São Domingos**. In: Edital CT-HIDRO/FINEP-MCT 02/2002, Rio de Janeiro, 2003.

GONTIJO, Roger Alexandre Nogueira. **Faixas críticas de teores foliares de macro e micronutrientes em mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.)**. 2004. 84 f. Dissertação (Agronomia com ênfase em fitotecnia). Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 2004.

GUADAGNIN, Jean Cláudio; BERTOL, Ildgardis; CASSOL, Paulo César; AMARAL, André Júlio. Perdas de solo, água e nitrogênio por erosão hídrica em diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, MG, v. 29, pp. 277-286, mai./abr. 2005.

GUERRA, Antônio José Teixeira, CUNHA, Sandra Baptista. **Geomorfologia: Uma Atualização de Bases e Conceitos**. 1 ed. Rio de Janeiro: BERTRAND BRASIL, 1995. 472 p.

GUERRA, Antônio José Teixeira; SILVA, Antônia Soares da; BOTELHO, Rosângela Garrido Machado. **Erosão e construção dos solos: conceitos, temas, aplicações**. Rio de Janeiro: BERTRAND BRASIL, 1999. 339 p.

IBÁÑEZ, A.; MARTÍNEZ, C.; RAMOS, M. C.; MARTÍNEZ-CASANOVAS, J. A. **Effects of composted cattle manure on erosion rates and nutrient losses.** EUROSIL, 2004. Freiburg, Germany. Abstracts. Freiburg, CD-ROOM.

IZIDORIO, Ricardo; MARTINS FILHO, Marcílio Vieira; MARQUES JÚNIOR, José; SOUZA, Zigomar Menezes de; PEREIRA, Gener Tadeu. Perdas de nutrientes por erosão e sua distribuição espacial em área sob cana-de-açúcar. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, SP, v. 25, n. 3, pp. 660-670, set./dez. 2005.

KERBAUY, Gilberto Barbante. **Fisiologia vegetal.** São Paulo: Guanabara Koogan S. A, 2004. 452 p.

KOSKI-VÄHÄLÄ, Jukka; HARTIKAINEN, Helinä. Assessment of the risk of phosphorus loading due to resuspended sediment. **Journal of Environmental Quality**, v. 30, pp. 960-966, 2001.

LEFF, Enrique. **Saber Ambiental: Sustentabilidade, Racionalidade, Complexidade, Poder.** Petrópolis: Vozes/PNUMA. 2001. 343 p.

LEFF, Enrique. **Epistemologia Ambiental.** 2 ed. São Paulo: Cortez. 2002. 240 p.

LEITE, Dirceu; BERTOL, Ildegardis; GUADAGNIN, Jean Cláudio; SILVA, Edilceu João da; RITTER, Sidinei Roberto. Erosão hídrica em um Nitossolo Háplico submetido a diferentes sistemas de manejo sob chuva simulada: I. Perdas de solo e água. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 28, pp. 1033-1044, 2004.

LIEBENOW, A. M.; ELLIOT, W. J.; LAFLEN, J. N.; KOHL, K. D. Interrill erodibility: Collection and analysis of data from cropland soils. **Trans. Am. Sci. Agric. Eng.**, v. 33, pp. 1882-1888, 1990.

LOMBARDI NETO, F.; BELLINAZZI JÚNIOR, R.; LEPSCH, I. F.; OLIVEIRA, J. B.; BERTOLINI, D.; GALETI, P. A.; DRUGOWICH, M. I. **Terraceamento agrícola.** Boletim Técnico CATI, 206. Campinas: Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do Estado de São Paulo - Coordenadoria de Assistência Técnica Integral, 1994. 39 p.

LOUREIRO, Carlos Frederico Bernardo. **O que significa transformar em Educação Ambiental?** In: Zakrzevski, S. B.; Barcelos, V. Educação ambiental e compromisso social. Erechim: EdiFapes. 2004.

MACIEL, Marcelo dos Santos. **Caracterização elementar, isotópica e dimensional da matéria orgânica dissolvida e particulada na porção inferior do rio Paraíba do Sul e principais tributários**. 2005. 68 f. Monografia (Ciências Biológicas com ênfase em Ciências Ambientais) Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ, 2005.

MALAVOLTA, Eurípedes; ALCARDE, José Carlos; PIMENTEL, Flávio Araújo. **Adubos e adubações**: adubos minerais e orgânicos. São Paulo: Nobel 2002. 200 p.

MARTÍNEZ-CASASNOVAS, J. A.; RAMOS, M. C. **The cost of soil erosion in vineyard fields of the penedès – Anoia region (NE Spain)**. EUROSIL Abstracts (CD-Rom), FREIBURG, 2004.

MARTINS, Sérgio Gualberto; SILVA, Marx Leandro Naves; CURI, Nilton; FERREIRA, Mozart Martins; FONSECA, Sebastião; MARQUES, João José Granate de Sá e Melo. Perdas de solo e água por erosão hídrica em sistemas florestais na região de Aracruz (ES). **Revista Brasileira de Ciência de Solo**, v. 27, n. 3, pp. 395-403, mai./jun. 2003.

MATIELLO, J. B.; SANTINATO, R.; GARCIA, A. W. R.; ALMEIDA, S. R.; FERNANDES, D. R. **Cultura de Café no Brasil**: Novo Manual de Recomendações. Edição Atualizada e Revisada. Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFE, 2005. 434 p.

MELLO, Eloy Lemos de; BERTOL, Ildegardis; ZAPAROLLI, Almir Luis Vedana; CARRAFA, Marcos Roberto. Perdas de solo e água em diferentes sistemas de manejo de um nitossolo háplico submetido à chuva simulada. **Revista Brasileira de Ciência de Solo**, Viçosa, MG, v. 27, n. 5, pp. 901-909, set./out. 2003.

MENDES, Carlos André Ribeiro. **Erosão Superficial em Encosta Íngreme sob Cultivo Perene e com Pousio no Município de Bom Jardim – RJ**. 2006. 237 f. Tese de Doutorado (Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Rio de Janeiro, RJ. 2006.

MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA E DO COMÉRCIO. **O café no estado do Rio de Janeiro: análise anterior e posterior a renovação cafeeira**. Rio de Janeiro: MIC/IBC/SERAC-MG2/GERCA, 1976. 68 p.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Identidades da educação ambiental brasileira**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2004. 156 p.

MONTEBELLER, Claudinei Antonio; CEDDIA, Marcos Bacis; CARVALHO, Daniel Fonseca de; VIEIRA, Sidney Rosa; FRANCO, Elenilson Moreira. Variabilidade espacial do

potencial erosivo das chuvas no Estado do Rio de Janeiro. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, SP, v. 27, n. 2, pp. 426-435, mai./ago. 2007.

MORETI, Dolorice; ALVES, Marlene Cristina; VALÉRIO FILHO, Walter Veriano; CARVALHO, Morel de Passos E. Atributos químicos de um latossolo vermelho sob diferentes sistemas de preparo, adubações e plantas de cobertura. **Revista Brasileira de Ciência de Solo**, Viçosa, MG, v. 31, pp. 167-175, jan./fev. 2007.

NEVES, Yonara Poltronieri; MARTINEZ, Herminia Emilia Prieto; SOUZA, Caetano Marciano de; CECON, Paulo Roberto Teor de água e fertilidade do solo com cafeeiros cultivados em sistemas agroflorestais. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 31, n. 4, pp. 575-588, 2007.

OLIVEIRA, Polyanna Mara de; SILVA, Antônio Marciano da; NETO, Pedro Castro. Estimativa da Evapotranspiração e do coeficiente de cultura do cafeeiro (*Coffea arabica* L.). **Revista Irriga**, Botucatu, SP, v. 8, n. 3, pp. 273-282, set./dez. 2003.

OTTONI, Marta Vasconcelos. **Classificação físico-hídrica de solos e determinação da capacidade de campo in situ a partir de testes de infiltração**. 2005. 141 f. Dissertação de Mestrado (Engenharia Civil) Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

PANACHUKI, Elói; SOBRINHO, Teodorico Alves; VITORINO, Antônio Carlos Tadeu; CARVALHO, Daniel Fonseca de; URCHEI, Mário Artemio. Parâmetros físicos do solo e erosão hídrica sob chuva simulada, em área de integração agricultura-pecuária. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, SP, v. 10, n. 2, pp. 261-268, jul./set. 2006.

PIRES, Lislane Sousa; SILVA, Marx Leandro Naves; CURI, Nilton; LEITE, Fernando Palha; BRITO, Liziane de Figueiredo. Erosão hídrica pós-plantio em florestas de eucalipto na região centro-leste de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 41, n. 4, pp. 687-695, abr. 2006.

PROCHNOW, Daniel; DECHEN, Sonia Carmela Falci; MARIA, I. C. de; CASTRO, Orlando Melo de; VIEIRA, Sidney Rosa. Razão de perdas de terra e fator C da cultura do cafeeiro em cinco espaçamentos, em Pindorama (SP). **Revista Brasileira de Ciência de Solo**, Viçosa, MG, v. 29, pp. 91-98, 2005.

PRUSKI, Fernando Falco. **Conservação de solo e água: práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica**. Viçosa: UFV, 2006. 240 p.

PRUSKI, Fernando Falco; SILVA, Demetrius David da; TEIXEIRA, A. F.; CECÍLIO, Roberto Avelino; SILVA, J. M. A.; GRIEBELER, Nori Paulo. **HIDROS: dimensionamento de sistemas hidroagrícolas**. 1 ed. Viçosa: Editora UFV, 2006. 259 p.

QUINTAS, José Silva. **Educação ambiental e sustentabilidade**. (Mimeo). Brasília: IBAMA, 2003.

ROCHA, Jansle Vieira; LAMPARELLI, Rubens Augusto Camargo. **Mecanização e agricultura de precisão**. Geoprocessamento. In: SILVA, F. M. Poços de Caldas: UFV, Cap. 1, pp.1-30, 1998.

SCHICK, Jefferson; BERTOL, Ildegardis; BATISTELA, Orivaldo; BALBINOT JÚNIOR., Alvari Antônio. 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 de Solo**, Viçosa, MG, v. 24, n. 3, pp. 437-447, 2000.

SILVA, Antônio Marcos da; SILVA, Marx Leandro Naves; CURI, Nilton; LIMA, J. M.; AVANZI, Júnior César; FERREIRA, Mozart Martins. Perdas de solo, água, nutrientes e carbono orgânico em Cambissolo e Latossolo sob chuva natural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 12, pp.1223-1230, dez. 2005.

TAIZ, Lincoln; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 720 p.

TAUNAY, A. de E. **Pequena história do Café no Brasil (1727-1937)**. Rio de Janeiro : Departamento Nacional do Café, 1945. 558 p.

THEODORO, Vanessa Cristina de Almeida. **Caracterização de sistemas de produção de café orgânico em conversão e convencional**. 2001. 214 f. Dissertação de Mestrado (Agronomia com ênfase em fitotecnia) Universidade Federal de Lavras, MG, 2001.

TUNDISI, José Galizia. Biomanipulação para o gerenciamento de lagos e represas. In: **Diretrizes para o gerenciamento de lagos**. 2. ed. São Carlos, ILEC v. 7. pp. 33-51, 2001.

VIEIRA, Eliane Maria; ALMEIDA, Frederico Terra de; CANELA, Maria Cristina; CRESPO, Hélio Júnior de Souza; ALVES, Maria da Glória; ZANETTI, Sidney Sara; OLIVEIRA, Vicente de Paulo Santos de; TIBANA, Sérgio; SANTOS JÚNIOR, Elias Lira dos. **Diagnóstico da qualidade de água para irrigação em uma microbacia do rio Paraíba do Sul com auxílio de geoprocessamento**. In: XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, João Pessoa, PB, 2005.

WHITESIDE, Marti. **Diagnóstico Participativo Rápido Rural**: manual de técnicas. Moçambique: Comissão Nacional do Meio Ambiente. 1994. 64p.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. **Predicting rainfall erosion losses**: a guide to conservation planning. Agricultural Handbook, 537, Washington: USDA, 1978. 58 p.

ZANETTI, Sidney Sára. **Modelagem hidrológica em microbacia hidrográfica da bacia do rio Paraíba do Sul**. 2007. 135 f. Tese de Doutorado (Produção Vegetal) Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ, 2007.

ZHOU, Guo-yi.; MORRIS, Jim D.; YAN, H. H.; YU, Z. Y.; PENG, S. L. Hydrological impacts of reforestation with eucalyptus and indigenous species: a case study in southern China. **Forest Ecological Management**, Amsterdam, v. 167, n. 1/3, pp. 209-222, ago. 2002.

APÊNDICES

APÊNDICE A - Tabela 5: Precipitação e parâmetros ambientais estudados na água escoada da parcela 1 (P1) para o uso do café ao longo da série temporal (n=22).

P1 Data (n=22)	Precipitação (mm)	Escoamento	pH	Condutividade dS.m ⁻¹	K	Ca	Na	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn	S	N
									mg.L ⁻¹					
21/1/2008	24,4	0,17	7,00	0,20	15,6	19,9	0,92	1,15	0,05	0,01	0,00	0,02	15,6	68,0
23/1/2008	19,3	0,15	6,70	0,14	10,6	19,4	0,46	0,97	0,05	0,01	0,00	0,02	12,0	56,0
27/1/2008	10,1	0,05	6,90	0,05	5,86	10,0	0,23	0,12	0,05	0,01	0,00	0,02	7,20	56,0
28/1/2008	17,1	0,11	7,40	0,04	5,47	9,32	0,23	0,16	0,07	0,01	0,00	0,02	5,50	68,0
30/1/2008	19,5	0,14	6,80	0,04	5,47	8,30	0,23	0,12	0,11	0,00	0,00	0,02	4,90	56,0
4/2/2008	51,6	0,91	6,50	0,04	5,08	8,26	0,23	0,36	0,16	0,01	0,01	0,03	4,80	42,0
5/2/2008	33,2	0,34	6,40	0,03	4,30	6,51	0,23	0,15	0,14	0,01	0,01	0,02	4,90	68,0
9/2/2008	19,1	0,36	6,20	0,05	5,86	9,84	0,46	0,41	0,14	0,01	0,01	0,03	5,20	56,0
19/2/2008	36,7	0,52	5,80	0,07	5,08	11,1	0,46	1,37	0,08	0,05	0,07	0,02	9,50	82,8
20/2/2008	11,6	0,11	6,20	0,05	8,21	6,95	0,23	0,82	0,11	0,03	0,03	0,00	6,40	69,0
22/2/2008	11,1	0,11	6,80	0,92	8,99	13,7	2,07	0,35	0,08	0,03	0,03	0,00	7,53	55,2
25/2/2008	33,8	0,32	6,10	0,07	9,38	9,74	0,23	0,15	0,18	0,01	0,02	0,00	6,40	100
27/2/2008	23,0	0,25	6,30	0,04	8,21	9,58	0,23	0,20	0,08	0,01	0,01	0,00	6,80	120
2/3/2008	11,3	0,05	6,10	0,06	8,99	12,1	1,15	0,26	0,08	0,01	0,03	0,00	8,80	120
8/3/2008	31,9	0,05	6,20	0,05	8,21	10,4	0,23	0,20	0,07	0,01	0,02	0,00	8,00	80,0
9/3/2008	40,4	0,55	6,40	0,02	3,52	8,74	0,23	0,20	0,11	0,01	0,01	0,00	6,10	140
15/3/2008	16,9	0,14	6,20	0,01	7,04	10,5	0,23	0,14	0,05	0,01	0,02	0,00	6,50	120
25/3/2008	14,6	0,06	5,90	0,07	12,5	11,4	0,46	0,65	0,07	0,00	0,00	0,01	5,80	58,0
5/4/2008	37,6	0,33	6,10	0,04	6,65	7,08	0,46	0,88	0,07	0,00	0,00	0,01	5,80	86,0
6/4/2008	22,4	0,12	6,10	0,04	8,60	4,97	0,23	0,22	0,09	0,00	0,00	0,01	5,30	58,0
15/4/2008	19,7	0,11	6,20	0,04	8,51	9,15	0,23	1,56	0,09	0,00	0,01	0,00	5,40	29,0
16/4/2008	10,1	0,05	6,30	0,07	15,6	6,64	0,23	0,31	0,35	0,00	0,01	0,00	4,60	29,0

APÊNDICE B - Tabela 6: Precipitação e parâmetros ambientais estudados na água escoada da parcela 2 (P2) para o uso do café ao longo da série temporal (n=25).

P2 Data (n=25)	Precipitação (mm)	Escoamento	pH	Condutividade dS.m ⁻¹	K	Ca	Na	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn	S	N
									mg.L ⁻¹					
9/1/2008	32,7	0,21	6,80	0,08	8,60	8,22	0,97	0,78	4,55	0,01	0,01	0,04	4,30	56,0
10/1/2008	37,3	0,54	6,60	0,03	5,08	5,89	0,92	0,39	4,45	0,01	0,02	0,02	5,40	14,0
18/1/2008	19,2	0,28	7,20	0,25	18,4	7,32	0,93	0,65	0,07	0,02	0,02	0,02	6,20	78,0
21/1/2008	24,4	0,21	7,40	0,29	20,4	4,65	0,92	0,17	1,90	0,01	0,02	0,01	14,0	84,0
23/1/2008	19,3	0,16	6,90	0,10	14,5	3,83	0,23	0,08	1,40	0,01	0,01	0,00	8,60	68,0
27/1/2008	10,1	0,05	6,90	0,12	16,4	6,19	0,46	0,16	0,09	0,01	0,02	0,00	9,60	82,0
28/1/2008	17,1	0,10	7,10	0,04	8,60	4,13	0,23	0,12	0,17	0,01	0,02	0,00	5,20	56,0
30/1/2008	19,5	0,15	6,90	0,04	8,99	4,27	0,23	0,13	0,33	0,00	0,01	0,00	4,90	28,0
4/2/2008	51,6	0,93	6,30	0,04	7,04	4,49	0,23	0,13	1,70	0,01	0,01	0,02	4,80	56,0
5/2/2008	33,2	0,29	6,70	0,04	8,99	5,23	0,23	0,12	0,76	0,01	0,01	0,02	4,90	56,0
9/2/2008	19,1	0,42	6,50	0,02	5,47	4,50	0,23	0,14	1,45	0,01	0,01	0,02	5,20	28,0
19/2/2008	36,7	0,56	6,10	0,06	8,60	6,51	0,23	0,86	0,57	0,01	0,01	0,01	6,40	40,0
20/2/2008	11,6	0,11	6,20	0,06	12,9	5,64	0,23	0,62	0,41	0,01	0,01	0,01	5,70	41,4
22/2/2008	11,1	0,14	6,30	0,13	16,4	6,06	0,46	0,62	0,39	0,01	0,01	0,01	9,70	55,2
25/2/2008	33,8	0,31	6,30	0,01	11,3	9,00	0,23	0,18	0,39	0,00	0,01	0,00	7,30	60,0
27/2/2008	23,0	0,24	6,40	0,01	13,7	8,75	0,25	0,10	0,25	0,00	0,01	0,00	7,60	100
2/3/2008	11,3	0,05	6,20	0,01	18,8	10,9	0,46	0,11	0,45	0,00	0,01	0,00	6,10	120
8/3/2008	31,9	0,07	6,30	0,04	15,6	9,54	0,46	0,13	0,25	0,00	0,01	0,00	6,50	60,0
9/3/2008	40,4	0,57	6,50	0,01	7,04	7,99	0,23	0,14	0,30	0,00	0,01	0,00	7,60	120
15/3/2008	16,9	0,14	6,40	0,05	13,7	9,27	0,23	0,16	0,27	0,00	0,01	0,00	8,90	100
25/3/2008	14,6	0,06	5,80	0,12	22,7	11,4	0,46	1,26	0,22	0,00	0,00	0,01	5,30	86,0
5/4/2008	37,6	0,39	6,00	0,05	11,3	6,03	0,23	0,47	0,09	0,00	0,00	0,00	5,10	72,0
6/4/2008	22,4	0,10	6,10	0,05	12,9	4,89	0,23	0,02	0,12	0,00	0,00	0,01	5,90	29,0
15/4/2008	19,7	0,12	6,30	0,05	12,5	8,24	0,23	1,37	0,17	0,00	0,01	0,00	5,30	29,0
16/4/2008	10,1	0,04	6,40	0,05	10,6	7,46	0,23	0,41	0,20	0,00	0,01	0,01	5,10	86,0

APÊNDICE C - Tabela 7: Precipitação e parâmetros ambientais estudados na água escoada da parcela 3 (P3) para o uso do café ao longo da série temporal (n=22).

P3 Data (n=22)	Precipitação (mm)	Escoamento	pH	Condutividade dS.m ⁻¹	K	Ca	Na	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn	S	N
									mg.L ⁻¹					
21/1/2008	24,4	0,23	6,90	0,06	7,82	8,78	0,23	0,67	0,69	0,01	0,01	0,02	5,70	56,0
23/1/2008	19,3	0,16	6,80	0,04	4,69	7,43	0,23	0,25	0,41	0,01	0,01	0,02	5,60	68,0
27/1/2008	10,1	0,06	6,90	0,02	5,08	5,25	0,23	0,17	0,32	0,01	0,01	0,02	4,40	68,0
28/1/2008	17,1	0,12	6,70	0,05	9,77	6,34	0,23	0,14	0,29	0,01	0,02	0,02	6,40	82,0
30/1/2008	19,5	0,18	6,50	0,02	3,52	4,96	0,23	0,19	0,42	0,01	0,00	0,02	5,50	82,0
4/2/2008	51,6	0,96	6,20	0,02	2,74	4,75	0,23	0,18	0,92	0,01	0,01	0,03	5,80	82,0
5/2/2008	33,2	0,37	6,80	0,01	3,13	4,14	0,23	0,20	0,76	0,01	0,01	0,03	3,90	68,0
9/2/2008	19,1	0,45	6,40	0,01	1,95	4,90	0,23	0,05	1,50	0,01	0,00	0,03	5,10	96,0
19/2/2008	36,7	0,61	6,20	0,03	3,91	6,59	0,23	0,90	0,64	0,02	0,03	0,00	6,30	33,0
20/2/2008	11,6	0,13	6,20	0,03	5,08	5,43	0,23	0,77	0,58	0,01	0,01	0,00	11,9	60,0
22/2/2008	11,1	0,12	6,80	0,86	6,26	11,8	2,30	0,93	0,21	0,00	0,01	0,01	6,79	91,1
25/2/2008	33,8	0,34	6,10	0,05	5,47	9,09	0,23	0,16	0,64	0,01	0,01	0,00	6,50	120
27/2/2008	23,0	0,27	6,30	0,03	3,91	8,34	0,23	0,12	0,29	0,00	0,01	0,00	6,10	140
2/3/2008	11,3	0,03	6,20	0,04	5,08	10,0	0,69	0,15	0,26	0,01	0,01	0,00	6,10	120
8/3/2008	31,9	0,06	6,20	0,03	5,08	12,5	0,23	0,83	0,44	0,01	0,01	0,00	5,90	120
9/3/2008	40,4	0,51	6,40	0,01	2,35	8,08	0,23	0,18	0,45	0,01	0,01	0,00	6,70	120
15/3/2008	16,9	0,16	6,30	0,03	5,08	13,7	0,23	0,95	0,23	0,01	0,01	0,00	6,40	100
25/3/2008	14,6	0,07	5,90	0,05	9,77	8,92	0,23	1,37	0,12	0,00	0,00	0,01	5,80	58,0
5/4/2008	37,6	0,35	6,10	0,03	5,47	4,80	0,23	0,09	0,15	0,00	0,00	0,00	5,50	29,0
6/4/2008	22,4	0,13	6,30	0,02	5,47	6,23	0,23	0,81	0,16	0,00	0,00	0,00	6,50	29,0
15/4/2008	19,7	0,14	6,30	0,06	7,82	9,84	0,23	0,77	0,13	0,00	0,01	0,02	7,00	58,0
16/4/2008	10,1	0,05	6,30	0,04	7,82	8,01	0,23	0,51	0,17	0,00	0,01	0,00	7,60	72,0

APÊNDICE D - Tabela 8: Correlações entre as perdas de água e nutrientes, além da pluviosidade, pH e condutividade elétrica na água escoada da parcela 1 (P1) sob o uso do café (n=22), em negrito as correlações significativas a 95% de confiança (coeficiente de correlação de *Spearman*).

Correlação	p	Correlação	p	Correlação	p	Correlação	p
pluv & pluv	1	pH & pH	1	K & Mg	0,00	Mg & Cu	0,02
pluv & escoamento	0,00	pH & Cond	0,89	K & Fe	0,00	Mg & Zn	0,11
pluv & pH	0,47	pH & K	0,57	K & Cu	0,00	Mg & Mn	0,01
pluv & cond	0,12	pH & Ca	0,73	K & Zn	0,02	Mg & S	0,00
pluv & K	0,00	pH & Na	0,92	K & Mn	0,03	Mg & N	0,01
pluv & Ca	0,00	pH & Mg	0,54	K & S	0,00	Fe & Fe	1
pluv & Na	0,02	pH & Fe	0,58	K & N	0,00	Fe & Cu	0,00
pluv & Mg	0,01	pH & Cu	0,53	Ca & Ca	1	Fe & Zn	0,00
pluv & Fe	0,00	pH & Zn	0,26	Ca & Na	0,00	Fe & Mn	0,04
pluv & Cu	0,09	pH & Mn	0,50	Ca & Mg	0,00	Fe & S	0,00
pluv & Zn	0,09	pH & S	0,92	Ca & Fe	0,00	Fe & N	0,00
pluv & Mn	0,08	pH & N	0,70	Ca & Cu	0,00	Cu & Cu	1
pluv & S	0,00	Cond & Cond	1	Ca & Zn	0,01	Cu & Zn	0,00
pluv & N	0,00	Cond & K	0,94	Ca & Mn	0,01	Cu & Mn	0,20
escoamento & escoamento	1	Cond & Ca	0,83	Ca & S	0,00	Cu & S	0,00
escoamento & pH	0,90	Cond & Na	0,32	Ca & N	0,00	Cu & N	0,00
escoamento & Cond	0,18	Cond & Mg	0,36	Na & Na	1	Zn & Zn	1
escoamento & K	0,00	Cond & Fe	0,45	Na & Mg	0,00	Zn & Mn	0,91
escoamento & Ca	0,00	Cond & Cu	0,93	Na & Fe	0,00	Zn & S	0,01
escoamento & Na	0,00	Cond & Zn	0,64	Na & Cu	0,00	Zn & N	0,00
escoamento & Mg	0,00	Cond & Mn	0,98	Na & Zn	0,01	Mn & Mn	1
escoamento & Fe	0,00	Cond & S	0,75	Na & Mn	0,05	Mn & S	0,02
escoamento & Cu	0,00	Cond & N	0,18	Na & S	0,00	Mn & N	0,08
escoamento & Zn	0,01	K & K	1	Na & N	0,00	S & S	1
escoamento & Mn	0,01	K & Ca	0,00	Mg & Mg	1	S & N	0,00
escoamento & S	0,00	K & Na	0,00	Mg & Fe	0,03	N & N	1
escoamento & N	0,00						

APÊNDICE E - Tabela 9: Correlações entre as perdas de água e nutrientes, além da pluviosidade, pH e condutividade elétrica na água escoada da parcela 2 (P2) sob o uso do café (n=22), em negrito as correlações significativas a 95% de confiança (coeficiente de correlação de *Spearman*).

Correlação	p	Correlação	p	Correlação	p	Correlação	p
pluv & pluv	1	pH & pH	1	K & Mg	0,01	Mg & Cu	0,31
pluv & escoamento	0,00	pH & Cond	0,53	K & Fe	0,00	Mg & Zn	0,34
pluv & pH	0,98	pH & K	0,85	K & Cu	0,05	Mg & Mn	0,15
pluv & cond	0,35	pH & Ca	0,53	K & Zn	0,00	Mg & S	0,03
pluv & K	0,00	pH & Na	0,53	K & Mn	0,09	Mg & N	0,07
pluv & Ca	0,00	pH & Mg	0,49	K & S	0,00	Fe & Fe	1
pluv & Na	0,00	pH & Fe	0,19	K & N	0,00	Fe & Cu	0,00
pluv & Mg	0,07	pH & Cu	0,00	Ca & Ca	1	Fe & Zn	0,00
pluv & Fe	0,03	pH & Zn	0,22	Ca & Na	0,00	Fe & Mn	0,01
pluv & Cu	0,57	pH & Mn	0,15	Ca & Mg	0,00	Fe & S	0,00
pluv & Zn	0,01	pH & S	0,48	Ca & Fe	0,00	Fe & N	0,00
pluv & Mn	0,62	pH & N	0,76	Ca & Cu	0,38	Cu & Cu	1
pluv & S	0,00	Cond & Cond	1	Ca & Zn	0,00	Cu & Zn	0,00
pluv & N	0,00	Cond & K	0,18	Ca & Mn	0,33	Cu & Mn	0,00
escoamento & escoamento	1	Cond & Ca	0,12	Ca & S	0,00	Cu & S	0,03
escoamento & pH	0,47	Cond & Na	0,55	Ca & N	0,00	Cu & N	0,15
escoamento & Cond	0,23	Cond & Mg	0,39	Na & Na	1	Zn & Zn	1
escoamento & K	0,00	Cond & Fe	0,53	Na & Mg	0,03	Zn & Mn	0,14
escoamento & Ca	0,00	Cond & Cu	0,75	Na & Fe	0,00	Zn & S	0,00
escoamento & Na	0,00	Cond & Zn	0,72	Na & Cu	0,02	Zn & N	0,00
escoamento & Mg	0,01	Cond & Mn	0,84	Na & Zn	0,00	Mn & Mn	1
escoamento & Fe	0,00	Cond & S	0,31	Na & Mn	0,02	Mn & S	0,11
escoamento & Cu	0,04	Cond & N	0,20	Na & S	0,00	Mn & N	0,50
escoamento & Zn	0,00	K & K	1	Na & N	0,00	S & S	1
escoamento & Mn	0,15	K & Ca	0,00	Mg & Mg	1	S & N	0,00
escoamento & S	0,00	K & Na	0,00	Mg & Fe	0,27	N & N	1
escoamento & N	0,00						

APÊNDICE F - Tabela 10: Correlações entre as perdas de água e nutrientes, além da pluviosidade, pH e condutividade elétrica na água escoada da parcela 3 (P3) sob o uso do café (n=22), em negrito as correlações significativas a 95% de confiança (coeficiente de correlação de *Spearman*).

Correlação	p	Correlação	p	Correlação	p	Correlação	p
pluv & pluv	1	pH & pH	1	K & Mg	0,05	Mg & Cu	0,05
pluv & escoamento	0,00	pH & Cond	0,70	K & Fe	0,00	Mg & Zn	0,01
pluv & pH	0,26	pH & K	0,70	K & Cu	0,02	Mg & Mn	0,80
pluv & cond	0,15	pH & Ca	0,80	K & Zn	0,00	Mg & S	0,09
pluv & K	0,00	pH & Na	0,73	K & Mn	0,34	Mg & N	0,15
pluv & Ca	0,00	pH & Mg	0,63	K & S	0,00	Fe & Fe	1
pluv & Na	0,01	pH & Fe	0,95	K & N	0,00	Fe & Cu	0,00
pluv & Mg	0,06	pH & Cu	0,52	Ca & Ca	1	Fe & Zn	0,02
pluv & Fe	0,00	pH & Zn	0,59	Ca & Na	0,00	Fe & Mn	0,12
pluv & Cu	0,02	pH & Mn	0,01	Ca & Mg	0,02	Fe & S	0,00
pluv & Zn	0,02	pH & S	0,46	Ca & Fe	0,00	Fe & N	0,00
pluv & Mn	0,86	pH & N	0,67	Ca & Cu	0,00	Cu & Cu	1
pluv & S	0,00	Cond & Cond	1	Ca & Zn	0,00	Cu & Zn	0,00
pluv & N	0,00	Cond & K	0,96	Ca & Mn	0,53	Cu & Mn	0,11
escoamento & escoamento	1	Cond & Ca	0,27	Ca & S	0,00	Cu & S	0,00
escoamento & pH	0,90	Cond & Na	0,35	Ca & N	0,00	Cu & N	0,00
escoamento & Cond	0,04	Cond & Mg	0,60	Na & Na	1	Zn & Zn	1
escoamento & K	0,00	Cond & Fe	0,04	Na & Mg	0,26	Zn & Mn	0,74
escoamento & Ca	0,00	Cond & Cu	0,04	Na & Fe	0,00	Zn & S	0,01
escoamento & Na	0,00	Cond & Zn	0,99	Na & Cu	0,02	Zn & N	0,00
escoamento & Mg	0,09	Cond & Mn	0,75	Na & Zn	0,04	Mn & Mn	1
escoamento & Fe	0,00	Cond & S	0,08	Na & Mn	0,27	Mn & S	0,59
escoamento & Cu	0,00	Cond & N	0,11	Na & S	0,00	Mn & N	0,14
escoamento & Zn	0,01	K & K	1	Na & N	0,00	S & S	1
escoamento & Mn	0,22	K & Ca	0,00	Mg & Mg	1	S & N	0,00
escoamento & S	0,00	K & Na	0,00	Mg & Fe	0,20	N & N	1
escoamento & N	0,00						

APÊNDICE G - Tabela 11: Teste HSD de *Tukey* para a perda de água e nutrientes, além do pH e condutividade elétrica (n=22), considerando as parcelas experimentais (P1, P2, P3). Valores em negrito ($p < 0,05$).

Escoamento	P1	P2	P3	Fe	P1	P2	P3
P1		0,99	0,94	P1	0,08	0,21	
P2			0,98	P2		0,88	
P3				P3			
pH	P1	P2	P3	Cu	P1	P2	P3
P1		0,83	1,00	P1	0,33	0,78	
P2			0,87	P2		0,72	
P3				P3			
Condutividade	P1	P2	P3	Zn	P1	P2	P3
P1		0,74	0,83	P1	0,66	0,77	
P2			0,99	P2		0,98	
P3				P3			
K	P1	P2	P3	Mn	P1	P2	P3
P1		0,03	0,42	P1	0,75	1,00	
P2			0,00	P2		0,75	
P3				P3			
Ca	P1	P2	P3	S	P1	P2	P3
P1		0,26	0,51	P1	1,00	1,00	
P2			0,89	P2		1,00	
P3				P3			
Na	P1	P2	P3	N	P1	P2	P3
P1		0,26	0,51	P1	0,91	0,92	
P2			0,89	P2		0,69	
P3				P3			
Mg	P1	P2	P3				
P1		0,38	0,64				
P2			0,90				
P3							

APÊNDICE H - Tabela 12: Parâmetros ambientais estudados no solo erodido da parcela 1 (P1, n=8) para o uso do café ao longo da série temporal.

P1	Precipitação	Perda de Solo	P	Fe	Cu	Zn	Mn	B	S-SO₄
Data									
n=8	mm	kg.ha⁻¹		mg.dm⁻³					
21/1/2008	24,4	1,22	231	73,9	3,10	72,4	32,6	0,51	138
4/2/2008	51,6	8,13	135	46,2	4,00	71,6	39,0	0,40	95,3
9/2/2008	19,1	3,12	203	52,3	4,62	80,0	34,7	0,35	109
19/2/2008	36,7	1,22	172	58,1	3,29	55,2	23,9	0,69	93,0
20/2/2008	11,6	1,27	114	98,0	2,90	53,1	20,1	0,28	87,1
22/2/2008	11,1	1,60	108	86,1	2,53	49,9	21,6	0,21	103
25/2/2008	33,8	5,35	105	37,5	2,75	63,4	25,2	0,50	132
9/3/2008	40,4	3,16	300	82,6	6,58	68,4	42,8	0,73	107
P1	Corg.	MO	pH	K	Ca	Mg	Al	Na	
Data									
n=8	g.dm⁻³			mmol_c.dm⁻³					
21/1/2008	53,6	92,4	*	14,3	115	24,0	1,80	0,70	
4/2/2008	63,2	109	5,60	6,30	104	18,3	0,00	0,50	
9/2/2008	53,6	92,4	5,80	3,10	83,0	17,2	0,00	0,50	
19/2/2008	65,0	112	*	7,60	68,9	18,3	0,00	0,30	
20/2/2008	43,2	74,5	*	4,80	56,7	16,6	0,00	0,30	
22/2/2008	51,3	88,4	*	5,60	57,2	14,9	0,00	0,50	
25/2/2008	65,7	113	5,60	4,60	64,7	17,6	0,00	0,50	
9/3/2008	57,4	99,0	5,80	4,20	93,5	16,1	0,00	0,50	

APÊNDICE I - Tabela 13: Parâmetros ambientais estudados no solo erodido da parcela 2 (P2, n=8) para o uso do café ao longo da série temporal.

P2	Precipitação	Perda de Solo	P	Fe	Cu	Zn	Mn	B	S-SO₄
Data									
n=8	mm	kg.ha⁻¹		mg.dm⁻³					
9/1/2008	32,7	2,14	107	93,5	0,89	36,9	22,2	0,23	99,0
10/1/2008	37,3	9,48	170	43,0	1,58	21,3	23,1	0,36	110
18/1/2008	19,2	0,69	252	80,0	3,12	56,1	32,9	0,43	173
21/1/2008	24,4	1,55	196	42,7	1,68	30,2	22,2	0,27	140
4/2/2008	51,6	7,52	196	78,8	1,74	36,6	31,5	0,33	93,0
9/2/2008	19,1	7,31	111	87,7	0,96	24,7	25,9	0,38	94,0
19/2/2008	36,7	2,51	145	51,6	1,40	26,8	31,1	0,49	90,0
9/3/2008	40,4	6,01	108	83,4	1,57	21,4	28,5	0,34	94,0
P2	Corg.	MO	pH	K	Ca	Mg	Al	Na	
Data									
n=8	g.dm⁻³			mmol.dm⁻³					
9/1/2008	33,4	57,6	5,20	2,40	48,8	8,30	5,00	0,90	
10/1/2008	54,9	94,6	5,20	3,40	40,4	12,7	2,00	0,30	
18/1/2008	67,4	116		6,30	78,0	10,7	0,00	1,10	
21/1/2008	63,2	109		8,40	59,8	8,90	0,00	0,60	
4/2/2008	49,2	84,8	5,60	5,20	52,7	12,8	0,00	0,30	
9/2/2008	33,2	57,2	5,40	3,20	55,2	6,50	2,60	0,30	
19/2/2008	35,4	61,0	5,60	12,0	52,2	11,7	1,50	0,70	
9/3/2008	53,6	92,4	5,80	8,80	37,9	10,7	1,10	0,70	

APÊNDICE J - Tabela 14: Parâmetros ambientais estudados no solo erodido da parcela 3 (P3, n=9) para o uso do café ao longo da série temporal.

P3	Precipitação	Perda de Solo	P	Fe	Cu	Zn	Mn	B	S-SO₄
Data									
n=9	mm	kg.ha⁻¹							
				mg.dm⁻³					
21/1/2008	24,4	1,21	114	68,0	1,79	42,8	27,0	0,49	97,0
4/2/2008	51,6	7,75	135	78,7	2,22	50,7	30,9	0,21	85,0
5/2/2008	33,2	3,32	117	89,1	2,44	50,0	21,3	0,34	98,0
19/2/2008	36,7	9,77	162	41,0	1,36	25,7	28,7	0,36	103
22/2/2008	11,1	2,08	191	63,0	1,01	23,1	35,2	0,23	110
25/2/2008	33,8	3,14	242	56,4	5,36	75,0	31,7	0,43	100
9/3/2008	31,9	4,42	186	34,9	3,33	59,7	32,6	0,22	96,0
15/3/2008	16,9	2,60	196	41,9	2,89	53,2	29,6	0,35	93,0
5/4/2008	37,6	3,44	181	86,2	3,21	44,4	24,4	0,20	107
P3	Corg.	MO	pH	K	Ca	Mg	Al	Na	
Data									
n=9	g.dm⁻³								mmol_c.dm⁻³
21/1/2008	61,3	106		12,1	52,5	30,5	0,00	0,40	
4/2/2008	69,9	121	6,10	9,90	84,0	29,0	0,00	0,30	
5/2/2008	53,2	91,7	5,80	3,80	61,3	16,3	1,00	0,20	
19/2/2008	33,2	57,2	5,60	6,90	49,1	17,6	0,00	0,20	
22/2/2008	41,7	71,9	5,60	5,30	61,7	18,5	0,00	0,30	
25/2/2008	52,2	90,0	5,70	3,70	54,1	10,7	1,30	0,60	
9/3/2008	82,5	142	5,70	7,70	68,6	24,5	0,00	0,40	
15/3/2008	34,4	59,3	5,80	8,80	73,2	20,1	0,00	0,30	
5/4/2008	67,8	117	5,60	5,60	89,0	31,0	1,30	0,70	

APÊNDICE K - Tabela 15: Parâmetros ambientais estudados no curso hídrico (baixo córrego, BC; e alto córrego, AC) ao longo da série temporal (n=13).

Baixo Córrego - BC												
Data	pH	Condutividade	K	Ca	Na	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn	S	NT
n=13		dS.m⁻¹					mg.L⁻¹					
24/11/2008	7,30	0,02	1,56	5,07	1,38	0,85	0,14	0,00	0,00	0,02	5,50	82,0
12/1/2008	7,00	0,03	1,17	5,13	1,61	0,59	0,00	0,00	0,00	0,03	4,50	82,0
22/1/2008	6,90	0,02	1,17	5,53	1,61	0,67	0,27	0,00	0,00	0,03	4,00	82,0
25/1/2008	7,00	0,03	1,17	5,75	1,38	0,75	0,31	0,01	0,00	0,02	3,90	56,0
1/2/2008	7,00	0,02	1,17	5,76	1,61	0,77	0,01	0,00	0,00	0,03	4,10	68,0
8/2/2008	6,90	0,03	1,17	5,54	1,61	0,66	0,63	0,01	0,00	0,04	3,50	96,0
23/2/2008	7,30	0,03	1,56	5,19	1,61	0,92	0,70	0,00	0,00	0,00	7,50	50,0
29/2/2008	6,80	0,02	1,17	15,6	1,61	0,56	0,52	0,00	0,00	0,00	6,50	120
7/3/2008	6,80	0,02	1,17	9,56	1,61	0,45	0,45	0,03	0,00	0,00	6,40	80,0
14/3/2008	6,90	0,02	1,17	9,76	1,61	0,51	1,06	0,00	0,01	0,00	6,80	140
21/3/2008	6,90	0,02	1,17	9,83	1,61	0,45	0,89	0,00	0,00	0,01	6,20	120
4/4/2008	6,80	0,02	1,56	6,13	1,61	0,71	0,90	0,00	0,01	0,02	7,20	58,0
11/4/2008	6,80	0,02	1,56	6,22	1,61	0,75	0,55	0,00	0,01	0,03	5,80	43,0
Alto Córrego - AC												
Data	pH	Condutividade	K	Ca	Na	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn	S	NT
n=13		dS.m⁻¹					mg.L⁻¹					
24/11/2008	7,00	0,02	1,56	5,10	1,15	0,33	0,16	0,00	0,00	0,00	3,10	30,0
12/1/2008	7,00	0,02	1,17	5,10	1,15	0,33	0,16	0,00	0,00	0,00	3,10	30,0
22/1/2008	6,95	0,02	1,17	5,20	1,15	0,41	0,21	0,00	0,00	0,00	3,10	30,0
25/1/2008	6,90	0,02	1,17	5,20	1,15	0,41	0,21	0,00	0,00	0,00	4,30	29,0
1/2/2008	7,00	0,02	1,17	5,20	1,15	0,41	0,21	0,00	0,00	0,00	4,30	40,0
8/2/2008	7,00	0,02	1,17	5,20	1,15	0,41	0,21	0,00	0,00	0,00	4,30	40,0
23/2/2008	6,90	0,02	1,56	5,29	1,15	0,57	0,38	0,00	0,01	0,00	8,70	43,0
29/2/2008	6,90	0,02	1,17	5,29	1,15	0,35	0,38	0,00	0,00	0,01	4,10	43,0
7/3/2008	7,00	0,02	1,17	5,29	1,15	0,35	0,38	0,00	0,00	0,01	4,10	43,0
14/3/2008	7,00	0,02	1,17	5,29	1,15	0,35	0,38	0,00	0,00	0,01	4,10	43,0
21/3/2008	7,00	0,02	1,17	8,55	1,15	0,20	0,46	0,00	0,00	0,01	7,20	40,0
4/4/2008	6,80	0,02	1,56	5,40	1,15	0,61	0,96	0,00	0,01	0,01	6,90	86,0
11/4/2008	6,90	0,02	1,17	5,18	1,15	0,48	0,52	0,00	0,01	0,00	6,50	29,0

APÊNDICE L - Lista Oficial: Primeira Reunião de Campo (23/02/2008)

- 1- Paulo Henrique do Prado, Idade: 37 anos, Função: Lavrador
- 2- Flávio Pereira Neves, Idade: 47 anos, Função: Lavrador
- 3- Valdir Marques de Oliveira, Idade: 50 anos, Função: Lavrador
- 4- João Soares da Silva, Idade: 49 anos, Função: Lavrador
- 5- Guilherme Ramos, Idade: 33 anos, Função: Agrônomo
- 6- Duarte Ramos, Idade: 48 anos, Função: Veterinário
- 7- Marciano Rocha de Souza, Idade: 25 anos, Função: Lavrador
- 8- Valdinei Marques de Oliveira, Idade: 27 anos, Função: Funcionário Público
- 9- José Ferreira Pinto, Idade: 55 anos, Função: Técnico Agrícola
- 10- José Eremeo Gomes de Oliveira, Idade: 52 anos, Função: Produtor Rural (Secretário de Agricultura)
- 11- Maristela Louvain Fábio Moraes, Idade: 40 anos, Função: Produtora Rural
- 12- Antônio Saide de Oliveira, Idade: 56 anos, Função: Prefeito do Município de Varre-Sai
- 13- Godofredo Fabri Filho, Idade: 75 anos, Função: Agricultor (Aposentado)
- 14- Francisco Antônio de Souza, Idade: 40 anos, Função: Motorista
- 15- Otoniel dos Reis Ribeiro, Idade: 28 anos, Função: Lavrador
- 16- Valdez Marques de Oliveira, Idade: 28 anos, Função: Lavrador
- 17- Enes de Souza Ferreira, Idade: 25 anos, Função: Lavrador
- 18- Wagner Marques de Oliveira, Idade: 19 anos, Função: Lavrador e Estudante
- 19- Jackson José de Souza, Idade: 21 anos, Função: Lavrador
- 20- Derneval Vicente da Silva, Idade: 24 anos, Função: Lavrador
- 21- Daniel Vicente da Silva, Idade: 27 anos, Função: Lavrador
- 22- Eliandro Vicente da Silva, Idade: 23 anos, Função: Lavrador
- 23- Cícero Tadeu, Idade: 50 anos, Função: Classificador de Café
- 24- Paulo Isédio Peçanha, Idade: 43 anos, Função: Lavrador
- 25- Veoníceo Batista Frangilo, Idade: 19 anos, Função: Lavrador
- 26- Celso Vicente da Silva, Idade: 21 anos, Função: Lavrador
- 27- Jayane Prado Reis, Idade: 8 anos, Função: Estudante
- 28- Leandro Teixeira Frangilo, Idade: 10 anos, Função: Estudante
- 29- Paulo Henrique do Prado Júnior, Idade: 11 anos, Função: Estudante
- 30- Vinicius do Prado, Idade: 8 anos, Função: Estudante
- 31- Vanessa Marques de Oliveira, Idade: 15 anos, Função: Estudante

- 33- Antônio Frangilo, Idade: 26 anos, Função: Lavrador
- 34- Leonel Vicente, Idade: 22 anos, Função: Lavrador
- 35- Jorge Luiz das Graças, Idade: 40 anos, Função: Motorista
- 36- Alencar Morete, Idade: 51 anos, Função: Lavrador

APÊNDICE M - Lista Oficial: Segunda Reunião de Campo (02/05/2008)

- 1- Ricardo Vicente da Silva, Idade: 35 anos, Função: Lavrador
- 2- Floreci Gazetta de Oliveira, Idade: 39 anos, Função: Lavrador
- 3- Celso Vicente da Silva, Idade: 22 anos, Função: Lavrador
- 4- Derneval Vicente da Silva, Idade: 24 anos, Função: Lavrador
- 5- Jackson José de Souza, Idade: 22 anos, Função: Lavrador
- 6- Leonil da Silva, Idade: 23 anos, Função: Lavrador
- 7- Daniel Vicente da Silva, Idade: 28 anos, Função: Lavrador
- 8- Paulo Esídeo Pessanha, Idade: 43 anos, Função: Lavrador
- 9- Otoniel dos Reis Ribeiro, Idade: 28 anos, Função: Lavrador
- 10- Veonicio Batista, Idade: 19 anos, Função: Lavrador
- 11- Alencar Morete, Idade: 51 anos, Função: Lavrador
- 12- Enes de Souza Ferreira, Idade: 25 anos, Função: Lavrador
- 13- José Antônio Frangilo, Idade: 32 anos, Função: Lavrador
- 14- Flavio Pereira Neves, Idade: 46 anos, Função: Lavrador
- 15- Jayane de Prado Reis, Idade: 8 anos, Função: Estudante
- 16- Jorge Luiz das Graças, Idade: 40 anos, Função: Motorista
- 17- Paulo Henrique do Prado, Idade: 37 anos, Função: Lavrador
- 18- Paulo Henrique do Prado Júnior, Idade: 11 anos, Função: Estudante
- 19- Adão Marcos Ferreira, Idade: 51 anos, Função: Lavrador
- 20- Vinicius do Prado, Idade: 8 anos, Função: Estudante
- 21- Valdez Marques de Oliveira, Idade: 29 anos, Função: Lavrador
- 22- Jovaci dos Santos Mendonça, Idade: 38 anos, Função: Lavrador
- 23- Ana Cristina Roza, Idade: 14 anos, Função: Estudante
- 24- Ana Cláudia Roza, Idade: 15 anos, Função: Estudante
- 25- Valdiléia Marques da Oliveira Prado, Idade: 31 anos, Função: Assistente Social
- 26- Leandro Teixeira Frangilo, Idade: 10 anos, Função: Estudante
- 27- Eliana Teixeira Frangilo, Idade: 12 anos, Função: Estudante
- 28- José Ferreira Pinto, Idade: 55 anos, Função: Técnico Agrícola
- 29- João Adilton Martins, Idade: 57 anos, Função: Produtor Rural
- 30- Sebastião Geraldo Almeida, Idade: 47 anos, Função: Produtor Rural

APÊNDICE N - Lista Oficial: Terceira Reunião de Campo (25/07/2008)

- 1- José Luiz Pereira Barbosa, Idade: 53 anos, Função: Lavrador
- 2- Adão Morete, Idade: 60 anos, Função: Aposentado
- 3- Valdez Marques de Oliveira, Idade: 29 anos, Função: Lavrador
- 4- Alencar Morete, Idade: 52 anos, Função: Lavrador
- 5- Vinicius Marques de Oliveira Prado, Idade: 8 anos, Função: Estudante
- 6- Paulo Henrique do Prado, Idade: 37 anos, Função: Lavrador
- 7- Luiz Gonzaga di Paula Barboza, Idade: 24 anos, Função: Lavrador
- 8- Francisco José Paulo Barbosa, Idade: 16 anos, Função: Lavrador
- 9- Nilson Nunes da Conceição, Idade: 40 anos, Função: Lavrador
- 10- Nilmar Nunes de Carvalho, Idade: 34 anos, Função: Lavrador
- 11- Rafael Vicente da Silva, Idade: 15 anos, Função: Lavrador
- 12- Gilson Batista Frangilo, Idade: 19 anos, Função: Lavrador
- 13- Maxuel Paulo Barbosa, Idade: 15 anos, Função: Lavrador
- 14- Luiz dos Santos Beloto, Idade: 40 anos, Função: Lavrador
- 15- Eliana Teixeira Frangilo, Idade: 11 anos, Função: Estudante
- 16- Eduardo Ferreira, Idade: 46 anos, Função: Cafeicultor
- 17- Marcos Ferreira Carneiro, Idade: 55 anos, Função: Produtor Rural
- 18- Davi Sobreira Ferreira, Idade: 19 anos, Função: Cafeicultor
- 19- Otoniel dos Reis Ribeiro, Idade: 28 anos, Função: Lavrador
- 20- Nilza Maria de Carvalho Beloto, Idade: 36 anos, Função: Lavradora
- 21- Paulo Henrique do Prado Júnior, Idade: 11 anos, Função: Estudante
- 22- Marciano Rocha de Souza, Idade: 25 anos, Função: Lavrador
- 23- Enes de Souza Ferreira, Idade: 25 anos, Função: Lavrador
- 24- Valdiléia Marques da Oliveira Prado, Idade: 31 anos, Função: Assistente Social
- 25- José Antônio Frangilo, Idade: 32 anos, Função: Lavrador
- 26- José Ferreira Pinto, Idade: 55 anos, Função: Técnico Agrícola
- 27- Daniel Vicente da Silva, Idade: 28 anos, Função: Lavrador
- 28- Jorge Luiz das Graças, Idade: 40 anos, Função: Motorista
- 29- Celso Vicente da Silva, Idade: 22 anos, Função: Lavrador
- 30- Paulo Iséidio Peçanha, Idade: 43 anos, Função: Lavrador
- 31- Jackson José de Souza, Idade: 21 anos, Função: Lavrador