

MICHELE RIBEIRO RAMOS



**ATRIBUTOS FÍSICOS E PERDA DE SOLO, ÁGUA E
NUTRIENTES EM ENCOSTAS SOB SISTEMA DE PRODUÇÃO
DE HORTALIÇAS CONVENCIONAL E ORGÂNICO.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Área de Concentração em Pedologia e Manejo, Linha de Pesquisa Qualidade de Solo e Água, do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciência do Solo.

Orientador: Dr^a. Nerilde Favaretto
Co-Orientadores: Dr. Jeferson Dieckow
Dr. Renato Dedecek

CURITIBA

2009

MICHELE RIBEIRO RAMOS

**ATRIBUTOS FÍSICOS E PERDA DE SOLO, ÁGUA E
NUTRIENTES EM ENCOSTAS SOB SISTEMA DE PRODUÇÃO
DE HORTALIÇAS CONVENCIONAL E ORGÂNICO.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo, Área de Concentração em Pedologia e Manejo, Linha de Pesquisa Qualidade de Solo e Água, do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciência do Solo.

Orientador: Dr^a. Nerilde Favaretto
Co-Orientadores: Dr. Jeferson Dieckow
Dr. Renato Dedecek

CURITIBA

2009

Ramos, Michele Ribeiro

Atributos físicos e perda de solo, água e nutrientes em encostas sob sistema de produção de hortaliças convencional e orgânico / Michele Ribeiro Ramos.— Curitiba, 2009.

122 f.

Orientadora: Nerilde Favaretto.

Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

1. Hortaliças - Cultivo. 2. Físico-química do solo. I. Título.

CDU 635

CDD 635

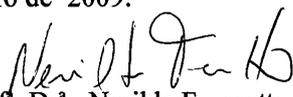


MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE SOLOS E ENGENHARIA AGRÍCOLA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO(MESTRADO)
Rua dos Funcionários, 1540-Curitiba/PR-80035-050-Fone/Fax 41-3350-5648
Página: www.pgcisolo.agrarias.ufpr.br/
E-mail: pgcisolo@ufpr.br

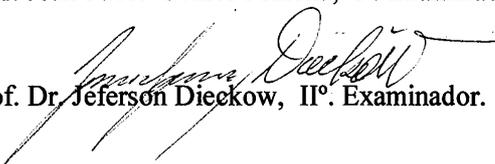
PARECER

Os Membros da Comissão Examinadora, designados pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado, apresentada pela candidata **MICHELE RIBEIRO RAMOS**, sob o título: "**Atributos físicos e perda de solo, água e nutrientes em encostas sob sistemas de produção de hortaliças convencional e orgânico**", requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Ciência do Solo – Área de Pedologia e Manejo do Solo, do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, após haverem analisado o referido trabalho e argüida a candidata, são de Parecer pela "**APROVAÇÃO**" da Dissertação, completando assim, os requisitos necessários para receber o diploma de **Mestre em Ciência do Solo - Área de Concentração: "Pedologia e Manejo do Solo"**.

Secretaria do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, em Curitiba, 16 de fevereiro de 2009.


Prof. Dr.^a Nerilde Favaretto, Presidente.


Prof. Dr. Jean Paolo Gomes Minella, I^o. Examinador.


Prof. Dr. Jeferson Dieckow, II^o. Examinador.



Sem eles eu não teria conseguido...
Aos meus pais Rui e Cléonice pelo apoio
e por acreditarem em mim...

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus que sempre se fez presente em minha vida nos momentos de dificuldade e alegria, por ter me dado forças para que eu vencesse todos os obstáculos surgidos durante a minha caminhada.

Aos meus pais, Rui Eliseu e Cléonice, que sempre apoiaram minhas escolhas.

Aos meus irmãos, André, Júnior, Micheanne e Maryana, meu especial agradecimento.

A Prof^a Dr^a Nerilde Favaretto, pela orientação, amizade, e principalmente por toda sua dedicação.

Aos meus Co-orientadores Prof. Dr. Jeferson Dieckow e ao Pesquisador Dr. Renato Antônio Dedecek da Embrapa Floresta, por todas as sugestões e ajuda dada durante a realização deste trabalho.

A todos os professores do curso de pós-graduação em Ciência do Solo pela acolhida, transmissão de conhecimentos e amizade, em especial para os professores Bruno Reissmann e Fabiane Vezzani.

Ao professor Valmiqui Costa Lima por fazer-me entender que não existe amadurecimento sem sofrimento.

Ao Pesquisador Osmir Lavoranti da Embrapa Floresta pela amizade e auxílio nas análises estatísticas.

Ao Professor Jean Paolo Gomes Minella da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, por todo apoio e sugestões na correção da dissertação.

A todos os funcionários do Setor pelo auxílio dado durante a realização desse trabalho, em especial a Elda, Maria, Cleusa, Gerson, Aldair, Roberto e José Roberto.

Aos agricultores das encostas da bacia hidrográfica do Rio Campestre, pela amizade e pela disponibilização das áreas para a realização deste estudo.

Ao Professor Luciano de Almeida que pelo contato prévio com os agricultores possibilitou o desenvolvimento deste estudo a campo e também disponibilizou vários dados da bacia hidrográfica.

À Universidade Federal do Paraná, por intermédio do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo.

A CAPES, pelo auxílio financeiro.

Ao Übersson Rossa por todo apoio e paciência.

A todos os amigos e colegas do mestrado.

A minha tia Cleide pelo carinho e por possibilitar minha vinda para Curitiba.

Aos meus padrinhos de batismo Nádia e Júnior pelo carinho dedicado a mim.

Ao Pastor Motta e a Pastora Astrogilda por todos os ensinamentos e orações.

Enfim a todas as pessoas que de algum modo colaboraram de forma direta e indireta para a realização deste trabalho.

A todos o meu muito obrigada!

“Não é o mais forte da espécie que sobrevive, nem o mais inteligente: É o que melhor se adapta as mudanças”.

Charles Darwin

RESUMO

O inadequado uso e manejo do solo têm comprometido a qualidade da água, em função do escoamento superficial e subsuperficial. O objetivo desse trabalho foi avaliar as perdas de solo, água e nutrientes em duas encostas sob cultivo de hortaliças nos sistemas convencional e orgânico, e uma encosta sob mata em estágio de sucessão secundária, na bacia hidrográfica do rio Campestre, Colombo – PR. Granulometria, densidade do solo, porosidade total, macroporosidade, microporosidade, estabilidade de agregados via úmido e condutividade hidráulica saturada foram determinadas em amostras de solo coletadas em diferentes profundidades. Além das análises físicas, as encostas foram caracterizadas quanto aos atributos químicos. Foram coletadas amostras do escoamento superficial através da roda de Coshocton, quinzenalmente durante um ano, onde determinou-se perda de água, perda de solo e concentração de fósforo solúvel, total, particulado, biodisponível e biodisponível particulado, nitrogênio total, amônio, nitrato e nitrogênio particulado. A camada mais afetada pelo uso e manejo do solo foi a de 0-5 cm sendo o sistema convencional o que apresentou a pior qualidade dos atributos físicos e maiores perdas de solo e água. As maiores concentrações e perdas de fósforo ocorreram no sistema convencional e as de nitrogênio no sistema orgânico.

Palavras-chave: qualidade de água, física do solo, escoamento superficial, bacia hidrográfica

ABSTRAT

The inadequate soil use and management has compromised the water quality by surface and subsurface drainage. The objective of this work was to evaluate the losses of soil, water and nutrients in two small catchments cultivated with vegetables in conventional and organic systems, and a small catchments with forest in a secondary succession stage, in the Campestre watershed, Colombo - PR. Particle size, bulk density, total porosity, macroporosity, microporosity, wet aggregate stability and saturated hydraulic conductivity were determined in soil sampled at different depths. Besides the physical analysis, the chemical attributes in the catchments were characterized. Runoff samples were collected with the Coshocton wheel twice a month during one year and water loss, soil loss, concentration of soluble, total, particulate, bioavailable and bioavailable particulate phosphorus and concentration of total nitrogen, ammonium, nitrate and particulate nitrogen were determined. The 0-5 cm soil layer was affected by the use and management and the conventional system had the lower physical quality as well as the higher soil and water losses. The higher phosphorus runoff concentrations and losses were observed in the conventional system and the nitrogen in the organic system.

Key words: water quality, soil physics, runoff, watershed

LISTAS DE FIGURAS

FIGURA 1.1 - ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO NA PROFUNDIDADE DE 0-20 cm DAS ENCOSTAS SOB DIFERENTES SISTEMAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAMPESTRE COLOMBO, PR	27
FIGURA 1.2 - ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS DOS ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO NOS DIFERENTES SISTEMAS DE CULTIVO E NAS TRÊS PROFUNDIDADES DE ACORDO COM A LEGENDA APRESENTADA ACIMA, NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAMPESTRE, COLOMBO, PR	32
FIGURA 2.1 – PERCENTUAL DE PERDA ANUAL DE FÓSFORO EM SUAS DIFERENTES FORMAS NA ÁGUA DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL NOS DIFERENTES SISTEMAS	54
FIGURA 2.2 – PERCENTUAL DE PERDA ANUAL DE NITROGÊNIO POR ENCOSTA, NAS SUAS DIFERENTES FORMAS NA ÁGUA DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL NOS DIFERENTES SISTEMAS	62
FIGURA 2.3 – GRÁFICO GERADO APARTIR DO PROGRAMA ESTATÍSTICO: SAS VERSÃO 8.2. ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS DAS CONCENTRAÇÕES DE NUTRIENTES NOS DIFERENTES SISTEMAS ESTUDADOS	64
FIGURA 2.4 – GRÁFICO GERADO APARTIR DO PROGRAMA ESTATÍSTICO: SAS VERSÃO 8.2. ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS DAS PERDAS DE NUTRIENTES NOS DIFERENTES SISTEMAS ESTUDADOS	65

LISTA DE TABELAS

TABELA 1.1 – USO E COBERTURA DAS ENCOSTAS SOB SISTEMAS PRODUTIVOS NAS DATAS DE COLETA DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL	20
TABELA 1.2 - ANÁLISE QUÍMICA E GRANULOMÉTRICA DO SOLO DAS ENCOSTAS, NA PROFUNDIDADE DE 0-20 cm, NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAMPESTRE, COLOMBO, PR	21
TABELA 1.3 – VOLUME DE CHUVA DIÁRIA (mm) E DATAS DE COLETA DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL NAS ENCOSTAS	22
TABELA 1.4 – PERDA DE SOLO E ÁGUA EM ENCOSTAS SUBMETIDAS A DIFERENTES SISTEMAS DE PRODUÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAMPESTRE, COLOMBO, PR NO PERÍODO DE SETEMBRO DE 2007 A SETEMBRO DE 2008	32
TABELA 1.5 – PERDAS DE SOLO E ÁGUA DA ENCOSTA SUBMETIDA AO SISTEMA CONVENCIONAL DE CULTIVO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAMPESTRE COLOMBO PR	34
TABELA 1.6 - PERDAS DE SOLO E ÁGUA DA ENCOSTA SUBMETIDA AO SISTEMA ORGÂNICO DE CULTIVO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAMPESTRE COLOMBO PR.....	35
TABELA 1.7 - PERDAS DE SOLO E ÁGUA DA ENCOSTA SOB MATA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAMPESTRE COLOMBO PR	35
TABELA 2.1 CONCENTRAÇÃO MÉDIA PONDERADA DOS NUTRIENTES NO ESCOAMENTO SUPERFICIAL NOS DIFERENTES SISTEMAS DE PRODUÇÃO NA BACIA HIDROGRAFICA DO RIO CAMPESTRE, COLOMBO, PR	49
TABELA 2.2 - CONCENTRAÇÕES DE FÓSFORO E NITROGÊNIO POR DATA DE COLETA NA ENCOSTA SOB CULTIVO CONVENCIONAL	57
TABELA 2.3 –CONCENTRAÇÕES DE FÓSFORO E NITROGÊNIO POR DATA DE COLETA NA ENCOSTA SOB CULTIVO ORGÂNICO	58
TABELA 2.4 VARIABILIDADE TEMPORAL DAS CONCENTRAÇÕES DE FÓSFORO E NITROGÊNIO POR DATA DE COLETA NA ENCOSTA SOB MATA	59
TABELA 2.5 – PERDAS DE NUTRIENTES VIA ESCOAMENTO SUPERFICIAL NOS DIFERENTES SISTEMAS DE PRODUÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAMPESTRE, COLOMBO PR	60

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	11
CAPITULO 1 – Atributos físicos e perda de solo e água em sistemas de produção orgânico e convencional de hortaliças	14
Introdução.....	14
Material e Métodos.....	16
Resultados e Discussões.....	23
Conclusão.....	38
Referencias Bibliográficas.....	39
CAPITULO 2 – Perdas e concentração de fósforo e nitrogênio no escoamento superficial em sistema de produção convencional e orgânico de hortaliças	45
Introdução.....	45
Material e Métodos.....	47
Resultados e Discussões.....	49
Conclusão.....	65
Referências Bibliográficas.....	67
CONCLUSÃO GERAL	69
CONSIDERAÇÕES FINAIS	70
APÊNDICE	72

INTRODUÇÃO GERAL

A água é fundamental para existência de vida na Terra, e por ser um recurso natural limitado deve ser cuidadosamente preservada. O Brasil concentra 12% da reserva mundial de água doce potável (CARLOS & KLIGERMAN, 2005), porém sua distribuição no território se dá de forma desigual. Além disso, a qualidade da água dos rios e lagos vem sendo comprometida inviabilizando sua utilização para captação.

Dentre as atividades degradantes dos recursos hídricos destaca-se a agricultura. O manejo inadequado dos solos gerando erosão tem sido a principal fonte difusa de poluição das águas superficiais. A utilização de maneira indiscriminada de fertilizantes e agrotóxicos, aliado a não utilização de práticas conservacionistas, tem comprometido seriamente a qualidade da água dos rios e aquíferos confinados.

Medidas que minimizam os impactos negativos da agricultura no ambiente têm sido incentivadas, neste sentido tem se buscado tecnologias de produção agrícola que buscam utilizar adubos orgânicos e eliminar o uso de agrotóxicos, bem como práticas de uso e manejo do solo que vise reduzir o volume do escoamento superficial e conseqüentemente a erosão.

No mundo a agricultura orgânica cresce na ordem de 5 a 30%, no Brasil cerca de 2.989 hectares da área agrícola estão sob manejo orgânico (ORMOND et al., 2002). Essa atividade vem se destacando no estado do Paraná com cerca de cerca de 2.417 produtores. Dentre as principais culturas as hortaliças estão em segundo lugar, perdendo apenas para a soja (POPIA et al., 2000).

As principais regiões produtoras são: Curitiba (região metropolitana), União da Vitória, Ponta Grossa, Lapa, Londrina, Francisco Beltrão e Guarapuava. No estado a área certificada é de cerca de 8.000 hectares o que corresponde a 26% da área certificado no Brasil (HAMERSCHIMIDT et al., 2000).

Na agricultura orgânica, o cultivo de hortaliças se destaca especialmente em pequenas propriedades com gestão familiar, tanto pela maior utilização de mão de obra, como pela menor necessidade de capital.

No Estado do Paraná, a agricultura orgânica de hortaliças ocupa uma área de 1.231 hectares, com 1.208 produtores envolvidos nessa atividade, cuja área média de exploração é de 3 hectares por família HAMERSCHMIDT (2000). A região metropolitana de Curitiba responde por 70% da produção de hortaliças do Paraná, sendo o município de Colombo o principal produtor, com 36% da produção de hortaliças da região metropolitana de Curitiba (ALMEIDA, 2003).

A busca de tecnologias que alie a sustentabilidade econômica e ambiental é um desafio dos tempos atuais, e a agricultura orgânica pode ser uma alternativa para produção de alimento limpo tanto para os consumidores quanto para o planeta terra. No entanto, pesquisas que enfoquem a qualidade do solo e a qualidade da água são necessárias, a fim de identificar se existe qualidade ambiental nesses sistemas de produção alternativos.

Neste sentido, o objetivo geral deste trabalho foi avaliar a influência do uso e manejo do solo sobre as perdas de solo, água e nutrientes em encostas sob cultivo de hortaliças nos sistemas convencional e orgânico, na bacia hidrográfica de campestre, localizada no município de Colombo, PR.

A estrutura dessa dissertação será composta por dois capítulos cada qual seguindo a formatação de um artigo científico com introdução, material e métodos, resultados e discussão, conclusão e referências citadas. O primeiro capítulo será sobre a perda de solo e água e qualidade física do solo sob esses sistemas produtivos e o segundo sobre perda e concentração de nutrientes. Além dos dois capítulos, a dissertação será constituída por uma introdução e conclusão geral.

LITERATURA CITADA

ALMEIDA, L. **Mudanças técnicas na agricultura: perspectivas da transição agroambiental em Colombo – PR.** Tese de doutorado. Universidade Federal do Paraná. 2003.

CARLOS, A. A. C.; KLIGERMAN, D. A percepção das condições de saúde pública e ambiente de moradores de comunidades rurais e as questões do acesso à água potável – Um estudo de caso. **Anais** In: 23º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, Campo Grande – MS, 2005.

HAMERSCHMIDT, I.; SILVA, J.C.B.; LIZARELLI, P.H. **Agricultura orgânica.** Boletim EMATER-PR Série Produtor, 65, 68p. Curitiba PR, 2000.

ORMOND, J.G.P.; DE PAULO, S.R.C.; FAVARET FILHO, P.; DA ROCHA, L.T.M. **Agricultura orgânica: Quando o passado é futuro.** BNDES SETORIAL. Rio de Janeiro, 2002.

POPIA, A.F.; CIDADE JÚNIOR, H.A.; ALMEIDA, R. **Olericultura orgânica.** Boletim EMATER – PR Série Produtor, 43, 72p. Curitiba PR, 2000.

CAPÍTULO 1 - ATRIBUTOS FÍSICOS E PERDA DE SOLO E ÁGUA EM ENCOSTAS SOB SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE HORTALIÇAS ORGÂNICO E CONVENCIONAL

INTRODUÇÃO

O uso sustentável dos recursos naturais tem se tornado um tema de grande relevância em razão do aumento das atividades agrícolas. O grande desafio da agricultura está na busca de sustentabilidade, o que necessariamente envolve o manejo adequado do solo, a qual afeta diretamente a qualidade da água.

Práticas de manejo do solo alteram seus atributos físicos (ANDREOLA et al., 2000; ALBUQUERQUE et al., 2001; LIMA, 2004), e essas alterações podem ser permanentes ou temporárias. Áreas agrícolas sob preparo convencional são grandes contribuintes da degradação do solo, pois neste sistema, com intenso revolvimento do solo, ocorre a desestabilização dos agregados provocando o selamento superficial e conseqüentemente o aumento do escoamento superficial e a perda de solo (REICHERT et al., 2000).

Os indicadores da qualidade física do solo mais utilizados são porosidade total, macroporosidade, microporosidade, densidade do solo, resistência a penetração, permeabilidade do solo, profundidade efetiva e estabilidade de agregados (SINGER & EWING, 2000; SILVA et al., 2005). O impacto do uso e manejo do solo tem sido avaliado por diversos pesquisadores, através da quantificação de vários atributos físicos, dentre eles, estrutura (RIBEIRO, 1999); compactação do solo (HORN & LEBERT, 1994); densidade (SILVEIRA, 2003); porosidade total, tamanho e continuidade dos poros (BEUTLER et al., 2001); condutividade hidráulica (INGARAMO, 2003); estabilidade de agregados (REICHERT et al., 1992). A textura do solo, apesar de não ser um atributo dinâmico de qualidade do solo, tem um grande efeito no processo erosivo, pois influencia a desagregação pelo impacto das gotas da chuva bem como pelo escoamento superficial (REICHERT et al., 1992).

Modificações nestes e em outros atributos pelo uso e manejo inadequado do solo, resultam no aumento da suscetibilidade do solo a erosão (CANILLAS & SALOKHE, 2002). Além dos fatores cobertura vegetal e práticas conservacionistas, relacionados com o uso e manejo do solo, a topografia, erosividade e erodibilidade também influenciam a suscetibilidade do solo à erosão (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1985).

Áreas agrícolas submetidas a diferentes sistemas de manejo terão condições de equilíbrio físico distintos. Isso ocorre porque os efeitos que os sistemas de manejo exercem sobre a formação e estabilização dos atributos físicos é responsável pela dinâmica do sistema solo, podendo ser desfavoráveis ou não a conservação do solo.

Os atributos físicos sofrem uma forte influência da matéria orgânica, a qual afeta diretamente a agregação do solo, e a partir daí indiretamente influencia as demais características físicas do solo, como densidade, porosidade, aeração, capacidade de retenção e infiltração. Apesar da matéria orgânica ser considerada a maior responsável pela estabilidade física dos solos, muitos trabalhos têm mostrado que a vegetação e os minerais de argila também têm desempenhado um papel fundamental na qualidade do solo (PALADINI & MIELNICZUK, 1991; GOLDBERG, 1989).

Além da matéria orgânica do solo, deve-se destacar o efeito da rizosfera, sendo um importante sítio de produção de mucilagens, substâncias estabilizadoras de agregados, e ainda fonte de energia para os microorganismos que através da decomposição liberam polissacarídeos estabilizadores (OADES, 1978 citado por BAYER et al., 2008).

A importância dos fungos e hifas também deve ser evidenciada. Estes permanecem no solo por vários meses e são considerados agentes cimentantes temporários, estando associados à formação de macroagregados jovens (EASH et al., 1994 citado por CANELLAS et al., 2008). Todavia a quantidade de macroagregados estáveis em água depende diretamente do conteúdo de matéria orgânica e diminui com o cultivo intenso do solo.

A avaliação dos atributos físicos do solo tem se tornado um componente importante na procura de sustentabilidade nos sistemas de produção agrícola. Uma das formas de melhorar a qualidade do solo sugerido por ALTIERI (2002) é a adoção de práticas de cultivo orgânico, que se caracteriza por não utilizar

fertilizantes minerais e agrotóxicos, com aquisição de insumos orgânicos, bem como a redução do revolvimento do solo.

O objetivo desse trabalho foi avaliar a influência do manejo do solo nos atributos físicos e na perda de solo e água, em encostas submetidas a produção de hortaliças nos sistemas de produção orgânico e convencional na bacia hidrográfica do rio Campestre, Colombo, PR.

MATERIAL E MÉTODOS

Localização e caracterização das áreas de estudo

O estudo foi realizado em três encostas situadas na bacia hidrográfica do rio Campestre, município de Colombo, PR, localizado a 25°17' de latitude sul e 49°13' de longitude oeste, a uma altitude de 1.027 metros.

O clima da região é caracterizado como subtropical úmido mesotérmico (Cfb) pela classificação de Köppen, com temperaturas médias anuais inferiores a 22°C, invernos com ocorrência de geadas severas e freqüentes, com mínimas inferiores a 8°C.

A unidade fitogeográfica onde as encostas se inserem é denominada de Floresta Ombrófila Mista. Nesta unidade fitogeográfica, a vegetação é diferente conforme a altitude, nas partes mais altas, ocorrem os bosques de araucárias e nas planícies há predominância de campos, com vegetação rasteira de gramíneas (RODERJAN & STRUMINSKI, 1992).

Na área de estudo, o embasamento geológico apresenta uma ampla diversidade, sendo constituído por filitos, diques de diabásio e quartzitos (MINEROPAR, 1997).

A microbacia hidrográfica do rio Campestre é contribuinte do rio Capivari, que por sua vez se insere na bacia do rio Ribeira. Além da drenagem superficial, Colombo abriga parte do aquífero subterrâneo karst, considerada uma região de fragilidade em função das características do solo, declividade e

farta disponibilidade de água (ALMEIDA, 2003). Desta forma é uma região com alto potencial de contaminação.

A horticultura no modelo de agricultura familiar é marcante na bacia, variando os sistemas de cultivo, onde temos horticultura orgânica e horticultura convencional. Desta forma, foram selecionadas três encostas, uma com produção de hortaliças no sistema convencional, uma com produção de hortaliças no sistema orgânico e uma sob mata secundária. Na escolha das encostas, buscou-se a maior semelhança possível com relação a proximidade, tamanho da área, tipo de solo, declividade, textura e forma de rampa, no entanto, diferenças, inerente ao tipo de trabalho considerando a escala de encosta, foram inevitáveis. A seguir serão caracterizadas as encostas selecionadas.

A área de horticultura orgânica, com 0,32 ha, apresenta declividade média de 18% e textura argilosa (500, 440, 60 g kg⁻¹ de argila, silte e areia, respectivamente, na camada de 0-20 cm). Nesta área a adubação orgânica vinha sendo usada há mais de 10 anos com aplicação de cama de aves, no entanto somente foi certificada há cinco anos pelo Instituto Biodinâmico. Esta área se caracteriza pelo preparo do solo predominantemente com tração animal.

Durante o experimento o plantio das hortaliças foi feito em faixas que variaram de 6 a 10 m de largura em sentido transversal ao declive, e em intervalos de aproximadamente 15 dias entre o plantio de uma faixa e outra (FOTO 1B - APÊNDICE). As culturas existentes nos primeiros cinco meses da pesquisa, setembro de 2007 a janeiro de 2008, foram alface (*Lactuca sativa*), acelga (*Beta vulgaris* L.) e couve (*Brassica oleracea* L.). Em fevereiro de 2008 a encosta permaneceu sobre pousio e no mês seguinte teve a área totalmente revolvida com tração animal para o início de um novo ciclo de cultivos, exclusivamente com a cultura de brócolis (*Brassica oleracea* var. *Italica Plenck*) igualmente plantado em faixas até o final do estudo (setembro de 2008). O plantio das mudas foi feito manualmente em linhas no sentido transversal a declividade, preparadas com tração animal, porém sem a formação de canteiros, apenas pequenos camalhões eram formados no preparo das linhas de plantio. Esta área caracteriza-se pelo cultivo constante durante todo o período do experimento.

A área de horticultura convencional, com 0,30 ha, apresenta declividade média de 12%, textura média (280, 370, 350 g kg⁻¹ de argila, silte e areia, respectivamente, na camada de 0-20 cm). Esta área vinha sendo utilizada na produção de hortaliças a mais de 10 anos, com sistema de preparo do solo convencional (aração e gradagem motomecanizadas), adubação com fertilizantes minerais, além de receber também adubação com cama de aves.

No início da pesquisa, em setembro de 2007, a área estava no final do ciclo da cultura da alface (*Lactuca sativa*). A partir de outubro a área ficou em pousio com a presença de plantas espontâneas e somente em janeiro de 2008, o solo foi arado e gradeado com implementos acoplados ao trator, para posterior plantio da couve-flor (*Brassica oleracea var. botrytis*), que só foi realizado em fevereiro de 2008.

Esta cultura permaneceu na encosta até abril de 2008, e os três meses seguintes permaneceram sob pousio, com a presença de restos culturais e plantas espontâneas. Em agosto de 2008 a área foi novamente arada e gradeada para o próximo plantio, e em setembro de 2008 foram finalizadas as coletas.

Detalhes da variabilidade do uso e da cobertura das encostas sob horticultura orgânica e convencional encontra-se na TABELA 1.1.

Como testemunho foi estudada uma área de mata secundária com 0,16 ha, declividade média de 21%, e textura média (250, 340, 410 g kg⁻¹ de argila, silte e areia, respectivamente, na camada de 0-20 cm). Esta área é constituída por bracatinga (*Mimosa scabrella*), eucalipto (*Eucalyptus spp*) e algumas essências nativas como manduirana (*Senna macranthera*) e guavirova (*Campomanesia xanthocarpa*).

O solo das encostas foi classificado como Cambissolo Háplico Ta Distrófico Típico de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, EMBRAPA (2006).

Coleta de amostras e análises dos atributos de solo

Em agosto de 2007, foram feitas as coletas das amostras indeformadas de solo em anéis volumétricos, para as análises físicas do solo. Por ocasião da amostragem, a cultura implantada na encosta convencional era alface

enquanto que na orgânica existia uma variedade de culturas (alface, acelga e couve). As amostras indeformadas de solo foram coletadas em anéis de 4 cm de diâmetro e 3,5 cm de altura, nas camadas de 0-5, 5-10, 10-20 cm, no terço superior, médio e inferior de cada encosta, sendo uma repetição por terço da encosta para determinação da densidade do solo, porosidade total, macroporosidade, microporosidade e condutividade hidráulica. As amostras foram coletadas entre as linhas de plantios nos solos agrícolas e aleatoriamente na encosta sob mata.

A condutividade hidráulica foi determinada após saturação prévia dos anéis por 24 horas e, posteriormente, colocados em permeâmetro de carga constante por 8 horas (EMBRAPA, 1997).

A microporosidade foi determinada pelo método da mesa de tensão (6 kPa), onde os anéis saturados foram colocados na mesa de tensão por 24 horas e depois pesados, e a macroporosidade pela diferença entre porosidade total e microporosidade. A porosidade total foi calculada com base na densidade do solo e densidade de partículas (EMBRAPA, 1997). A densidade de partículas foi determinada pelo método do álcool etílico com as amostras dos anéis, após ter feito todas as análises. A densidade do solo foi determinada através da massa da amostra seca a 105°C e o volume total do anel (EMBRAPA, 1997).

A estabilidade de agregados via úmida (EMBRAPA, 1997) foi feita em amostras coletadas no mesmo perfil de solo aberto para coleta dos anéis volumétricos, também em agosto de 2007. Após a secagem das amostras de solo, estas passaram pela peneira de malha de 8 mm, posteriormente pré umedecidas antes de ir para o jogo de peneiras (4 mm; 2 mm; 1 mm; 0,5 mm; 0,25 mm) adaptadas a um agitador que promovia oscilação vertical dentro de um recipiente com água, durante 15 minutos. O diâmetro médio ponderado foi calculado a partir do somatório dos produtos entre o diâmetro médio de cada fração de agregado e a proporção da massa de solo, que é obtida através da divisão da massa de agregados retidos em cada peneira pela massa de amostra corrigida em termos de umidade (SILVA & MIELNICZUK, 1998).

A caracterização química das encostas foi realizada nas amostras compostas por 15 sub amostras, coletadas na profundidade de 0-20 cm também no mês de agosto de 2007. As amostras foram secas ao ar,

homogeneizadas e passadas em malha de 2 mm analisando pH CaCl₂, pH SMP, carbono orgânico (método colorimétrico), Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺ (extraído com KCl), K⁺, e P (extraído com Mehlich I), H⁺ Al³⁺ (obtido pelo pH SMP) (PAVAN et al., 1992). O resultado das análises químicas encontra-se na TABELA 1.2.

A análise granulométrica foi feita na profundidade de 0-20 cm, e determinada pelo método do densímetro de acordo com EMBRAPA (1997). (TABELA 1.2).

TABELA 1.1 – USO E COBERTURA DAS ENCOSTAS SOB SISTEMAS PRODUTIVOS NAS DATAS DE COLETA DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL

Data	Uso e Cobertura	
	Sistema convencional	Sistema orgânico
30-set-07	Vegetação espontânea	Faixas cultivadas e em pousio
7-dez-07	Vegetação espontânea	Faixas cultivadas e em pousio
20-dez-07	Vegetação espontânea	Faixas cultivadas e maior parte em pousio
7-jan-08	Solo revolvido para plantio	Faixas cultivadas em diferentes estágios de desenvolvimento e faixas em pousio
24-jan-08	Desenvolvimento de gramíneas pós revolvido	Faixas cultivadas em diferentes estágios de desenvolvimento e pousio
7-fev-08	Área recém plantada mudas - couve-flor	Todas as faixas com cultivo em estágio final de desenvolvimento pós colheita e uma faixa de 8m de solo descoberto
22-fev-08	Cultura em estágio inicial de desenvolvimento solo sem proteção	Plantas invasoras e solo descoberto
6-mar-08	Cultura em estágio médio de desenvolvimento antes do florescimento	Solo com pouca vegetação muito solo exposto
20-mar-08	Cultura em estágio avançado de desenvolvimento	Maior parte da área com solo revolvido
17-abr-08	Cultura em estágio máximo de desenvolvimento - maior parte já colhido	Presença de mudas - recém plantio
30-abr-08	Presença de vegetação espontânea e restos culturais	Cultura em estágio de desenvolvimento
29-mai-08	restos culturais (terço inferior) e solo revolvido (terço superior)	Cultura em pleno desenvolvimento próximo da colheita
12-jun-08	Desenvolvimento de vegetação espontânea	Pós colheita do brócolis 2 faixas mudas de brócolis
26-jun-08	Vegetação espontânea	Restos culturais - brócolis se desenvolvimento em 2 faixas
10-jul-08	Pousio - desenvolvimento de vegetação espontânea	Restos culturais - cobertura morta cultura do brócolis se desenvolvendo
24-jul-08	solo protegido - cobertura morta	Terço superior - brócolis em estágio avançado de desenvolvimento, terço médio restos culturais (cobertura viva) e terço inferior restos culturais (cobertura morta)
7-ago-08	Cobertura morta e viva e se desenvolvendo	Faixas recém plantadas, outras com vegetação espontânea, outras cultura em desenvolvimento e solo exposto.
21-ago-08	Solo recém preparado	Cultivo de brócolis em faixas em diversos estágios de desenvolvimento.

*As datas de coleta: 18-out-08, 01-nov-08, 22-nov-08, 03-abr-08, 15-mai-08, 04-set-2008, as quais não estão nesta tabela apresentam o mesmo uso e ocupação da data anterior

TABELA 1.2 - ANÁLISE QUÍMICA E GRANULOMÉTRICA DO SOLO DAS ENCOSTAS, NA PROFUNDIDADE DE 0-20 cm, NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAMPESTRE, COLOMBO, PR

Encostas	pH SMP	Al	H + Al	Ca	Mg	K	P	C	CTC*	Granulometria (g kg ⁻¹)		
										argila	silte	areia
Convencional	5,4	1,1	7,8	4,2	1,2	0,8	136,5	30,5	14,0	280	370	350
Orgânico	6,1	0,0	4,6	7,7	2,2	1,4	36,2	31,7	15,9	500	440	60
Mata	4,9	3,8	11,3	2,5	1,4	0,2	3,5	26,9	15,4	250	240	410

*CTC=Ca+Mg+K+H+Al

Coleta e determinação da perda de solo e água nas encostas

Na porção inferior de cada encosta, delimitada naturalmente pelos divisores de água, foi instalado um coletor de escoamento superficial. Para melhorar a condução de água, em ambos os lados do coletor foi construído um canal de drenagem no sentido do declive. Esse canal foi aberto com tração animal e teve a base e a lateral compactada, evitando assim a erosão do próprio canal.

O coletor de escoamento superficial (FOTO 2B - APÊNDICE) foi conectado através de um cano de PVC a um balde plástico com tampa, com capacidade para 65 litros de água. O coletor conhecido como Roda de Coshocton (LAL, 1994) é constituído por uma roda com ranhuras na superfície e uma fenda de amostragem. Roda de Coshocton foi desenvolvida pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos e tem como objetivo quantificar a erosão em áreas experimentais fazendo amostragem de 1% do escoamento na área de cada tratamento, ou seja, 1% da água e material em suspensão perdidos ficam retidos no balde. As coletas do sedimento e da água retidos no balde em cada encosta, foram realizadas quinzenalmente nas áreas experimentais no período de setembro de 2007 a setembro de 2008.

O volume do escoamento superficial foi medido através de balde de 5 litros e proveta de 1 litro, ambos de plástico e graduados. Em cada coleta, após a homogeneização do material (água e sedimento) contido no balde de 65 L, foi separada uma amostra representativa em garrafas de 500 mL. Nessas amostras, foram determinadas as perdas de sedimentos em alíquotas de 50 mL após secagem em estufa a 105 °C em becker de 50 mL.

As concentrações de sedimento obtidas nessa pesagem foram multiplicadas pelo volume coletado nos baldes depois multiplicado por 100, para determinar a perda de solo para cada área estudada. A esse valor foi

somada a quantidade de sedimento que não entrou no balde e ficou retido na calha (material mais grosseiro – areia). O mesmo cálculo foi realizado para a quantidade de água coletada nos baldes que representam 1% do total que escoou na encosta, para determinação do volume de água perdido nas encostas.

Próximos às encostas (aproximadamente 1000 m) foram instalados dois pluviômetros para registrar a distribuição e a quantidade de chuva durante todo o experimento. O volume (mm) de chuva coletado diariamente está apresentado na TABELA 1.3.

TABELA 1.3 – VOLUME DE CHUVA DIÁRIA (mm) E DATAS DE COLETA DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL NAS ENCOSTAS¹

Data	set	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set
1	*	0	0	0	0	80	0	0	0	0	0	0	0
2	*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	*	0	36	0	16	0	0	0	0	40	0	0	0
4	*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	*	0	0	60	0	0	0	0	0	0	0	0	*
6	*	0	0	150	0	0	0	0	0	0	0	0	*
7	*	11	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	*
8	*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	*
9	*	0	0	0	44	0	0	0	0	0	0	0	*
10	*	0	61	0	0	93	0	0	0	0	0	0	*
11	*	0	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	*
12	*	0	0	0	0	55	0	0	0	0	0	0	*
13	0	0	0	80	0	0	0	0	0	0	0	0	*
14	0	19	0	0	0	0	0	10	0	50	0	0	*
15	0	0	0	0	0	0	0	25	0	65	0	0	*
16	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	*
17	0	4	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	*
18	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	*
19	0	0	36	0	0	0	8	0	0	0	0	0	*
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	*
21	42	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	*
22	11	8	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	*
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	*
24	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	*
25	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	*
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	*
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	*
28	0	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	*
29	0	0	0	0	0	0	0	30	0	0	0	0	*
30	0	5	0	0	0	*	0	0	10	0	0	0	*
31	*	4	*	0	0	*	0	*	0	*	0	0	*
Total	59	78	214	305	60	228	8	95	10	155	15	0	0

¹Dados em amarelo indicam as datas de coleta; *Datas que não fazem parte do período estudado.

Análise estatística

Os dados foram submetidos à multivariada com análises de componentes principais, e nelas utilizaram-se às interações entre os sistemas de cultivo nas diferentes profundidades, utilizando SAS versão 8.2.

A análise de componentes principais é uma técnica de análise multivariada que consiste em explicar uma estrutura de variâncias e covariâncias do conjunto de variáveis, através de poucas combinações lineares dessas próprias variáveis. Esta análise tem como objetivo reduzir a dimensionalidade do conjunto de variáveis e facilitar a interpretação das interdependências entre elas.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Densidade do solo

No sistema convencional na camada de 0-5 cm a densidade do solo (D_s) foi maior ($0,92 \text{ Mg m}^{-3}$), quando comparado ao sistema orgânico e ao sistema sob mata (FIGURA 1), cujas densidades foram iguais ($0,82 \text{ Mg m}^{-3}$). Estes resultados eram esperados em função do uso e manejo do solo e contrariam os obtidos por CRUZ et al. (2003), os quais não encontraram diferenças significativas na densidade entre solos sob mata nativa e cultivo convencional de milho no verão e de aveia preta consorciada com ervilhaca no inverno.

Mesmo sendo relativamente maior no sistema convencional esses valores de densidade (FIGURA 1.1) foram baixos não apresentando, impedimento ao desenvolvimento de raiz. Baixos valores de densidade de solo em ambientes com alto teor de matéria orgânica são esperados, pois a matéria orgânica favorece a menor densidade do solo. O teor de carbono orgânico do solo nas encostas é de aproximadamente 30 g kg^{-1} (TABELA 1.1). De acordo com USDA (2008) considera-se impeditivo ao desenvolvimento de raiz valores de densidade maiores de $1,47 \text{ Mg m}^{-3}$ para solos de textura argilosa.

QUEIROZ-VOLTAN et al. (1998) também observaram baixos valores de densidade do solo (0,94 a 1,02 g cm⁻³) em vegetação de mata nativa em solo de textura argilosa, atribuindo valores de densidade semelhantes a estes no mesmo ambiente, mas com outros usos como solos não compactados. Neste sentido, pode-se considerar que os sistemas de produção tanto orgânico como convencional não apresentam problema de compactação, pois estão muito próximos do valor de densidade do solo sob mata nativa.

No sistema convencional, a densidade aumenta na camada de 5-10, da mesma forma que no sistema sob mata e produção orgânica, no entanto, diferente dos demais, a densidade diminui na profundidade de 10-20 cm (FIGURA 1.1).

A grande variabilidade nesta variável está associada ao fato desse atributo ser bastante influenciado às variações de uso e manejo do solo, aliado ainda a grande interferência que a textura do solo exerce sobre esse atributo. Para BELTRAME & TAYLOR (1980), as causas naturais das alterações na Ds são difíceis de serem definidas e avaliadas, já que elas agem lentamente sobre o solo. Podendo ter diversas origens, desde a eluviação de argilas, como também atividades antrópicas provocadas por forças mecânicas originadas da pressão causada pelos rodados das máquinas agrícolas que sob diferentes condições de umidade do solo é o principal responsável pela compactação.

A densidade do solo tem um grande efeito no desenvolvimento radicular, no entanto este depende de outros fatores, como por exemplo o conteúdo de água no solo. Quanto mais seco for o solo maior é a restrição para o desenvolvimento radicular, e isso pode ser acentuado se considerarmos a textura, pois quanto maior o teor de argila menor será o tamanho de poros a uma dada densidade. Desta forma a uma mesma densidade, as raízes podem penetrar mais facilmente em solo de textura arenosa úmido, do que em solo argiloso úmido.

Porém, no caso destas encostas a textura não influenciou a densidade dos solos na camada de 0-5 cm, já que no solo mais argiloso a densidade foi a mesma do solo sob mata de textura média, conforme TABELA 1.2. Este resultado pode ser devido ao elevado teor de carbono orgânico do solo nas encostas sob mata e sistema convencional de textura média.

Porosidade do solo

No sistema convencional, na camada de 0-5 cm, a porosidade total foi menor ($0,60 \text{ m}^{-3} \text{ m}^{-3}$) quando comparada ao sistema orgânico ($0,65 \text{ m}^{-3} \text{ m}^{-3}$) e ao sistema sob mata ($0,66 \text{ m}^{-3} \text{ m}^{-3}$) (FIGURA 1.1), o que está coerente com os resultados de densidade do solo. No entanto, mesmo com sistemas tão diferentes, os valores são muito próximos, e isso possivelmente se deve ao período de pousio que se estabelece na área sob sistema convencional todos os anos. Esta área é utilizada para o plantio apenas duas vezes ao ano, sendo que no restante do período há o desenvolvimento de plantas espontâneas. Pela diversificação de raízes dessa comunidade vegetativa houve a melhoria da porosidade do solo desta encosta.

Ao analisarmos a composição da porosidade total dentro de cada sistema, observamos que no sistema convencional, $0,43 \text{ m}^{-3} \text{ m}^{-3}$ está na forma de macroporos, enquanto que nos sistemas orgânico e sob mata apenas $0,24$ e $0,36 \text{ m}^{-3} \text{ m}^{-3}$ compõe a macroporosidade, respectivamente. Consequentemente os valores de microporosidade são maiores no sistema orgânico e sob mata e menores no sistema convencional (FIGURA 1.1). Essa diferença é devido ao sistema de preparo mecanizado no solo da encosta convencional, onde o revolvimento provoca o aumento do volume de macroporos.

Para TORMENA et al. (2002), é necessário manter o solo com macroporosidade acima de 10%, pois valores inferiores conferem inadequada difusão de oxigênio para atender a demanda respiratória das raízes e o adequado crescimento e atividade de microorganismos. Desta forma todos os sistemas apresentam macroporosidade acima da faixa mínima aceitável e recomendável para o bom desenvolvimento das plantas.

Contudo é difícil estabelecer limites mínimos para os atributos físicos do solo, como porosidade total e densidade, uma vez que esses atributos são dependentes das condições locais de cada área de estudo. Desta forma qualquer alteração seja ela de atributos intrínsecos ou extrínsecos ao solo acarretará em variações que muitas vezes não são atribuídas diretamente ao uso e manejo (MANTOVANI, 2002).

Comparando solos cultivados e sob mata, ARAÚJO et al. (2004) encontraram menores valores de macroporos no solo cultivado quando

comparados com solos sob mata, resultado que não corroboram com os encontrados neste trabalho. Essa característica deve-se ao manejo intenso nas áreas cultivadas, que tendem a aumentar o volume de macroporos. Para microporosidade os mesmos autores não encontraram diferenças entre os sistemas avaliados. Segundo SILVA & KAY (1997) a microporosidade é fortemente influenciada pelo teor de carbono do solo e pela textura, sendo pouco influenciada pelo aumento da densidade do solo. De acordo com os resultados da caracterização química do solo realizada (TABELA 1.2), a encosta sob cultivo orgânico foi a que obteve maior teor de carbono ($31,7 \text{ g kg}^{-3}$) e conseqüentemente, maior porcentagem de microporos ($0,41 \text{ m}^{-3} \text{ m}^{-3}$), a partir dos 5 cm, conforme FIGURA 1.1.

Em profundidade superior a 10 cm no sistema convencional houve aumento na porosidade total, e um acréscimo na macroporosidade e conseqüentemente um diminuição gradual na microporosidade. No sistema orgânico ocorreu redução para os valores de porosidade total, porém pouco significativa, enquanto que a macroporosidade aumentou para $0,37 \text{ m}^{-3} \text{ m}^{-3}$ na última camada (FIGURA 1.1). CRUZ et al. (2003) encontraram resultados semelhantes ao deste trabalho, observaram que em sistemas convencionais o valor da macroporosidade foi maior nos primeiros 10 cm, associando esse resultado ao preparo do solo (pé de arado). O arado pulveriza a camada superficial e compacta subsuperficial.

No sistema sob mata a porosidade total não sofreu muita variação em profundidade, porém foi possível observar um pequeno decréscimo na última profundidade. O valor de macroporosidade diminuiu em profundidade e a microporosidade acompanhou a mesma tendência, porém de forma inversa (FIGURA 1.1). Esses resultados podem ser explicados pela ação das raízes das árvores, que aumentam a quantidade de poros principalmente em profundidade. Em área com mata a estrutura do solo é favorecida pela quantidade de raízes e fauna do solo.

De uma forma geral os gráficos de porosidade mostram uma tendência do sistema de cultivo orgânico e solo sob mata apresentarem comportamento semelhante em todas as profundidades, e o sistema convencional se diferenciar dos demais.

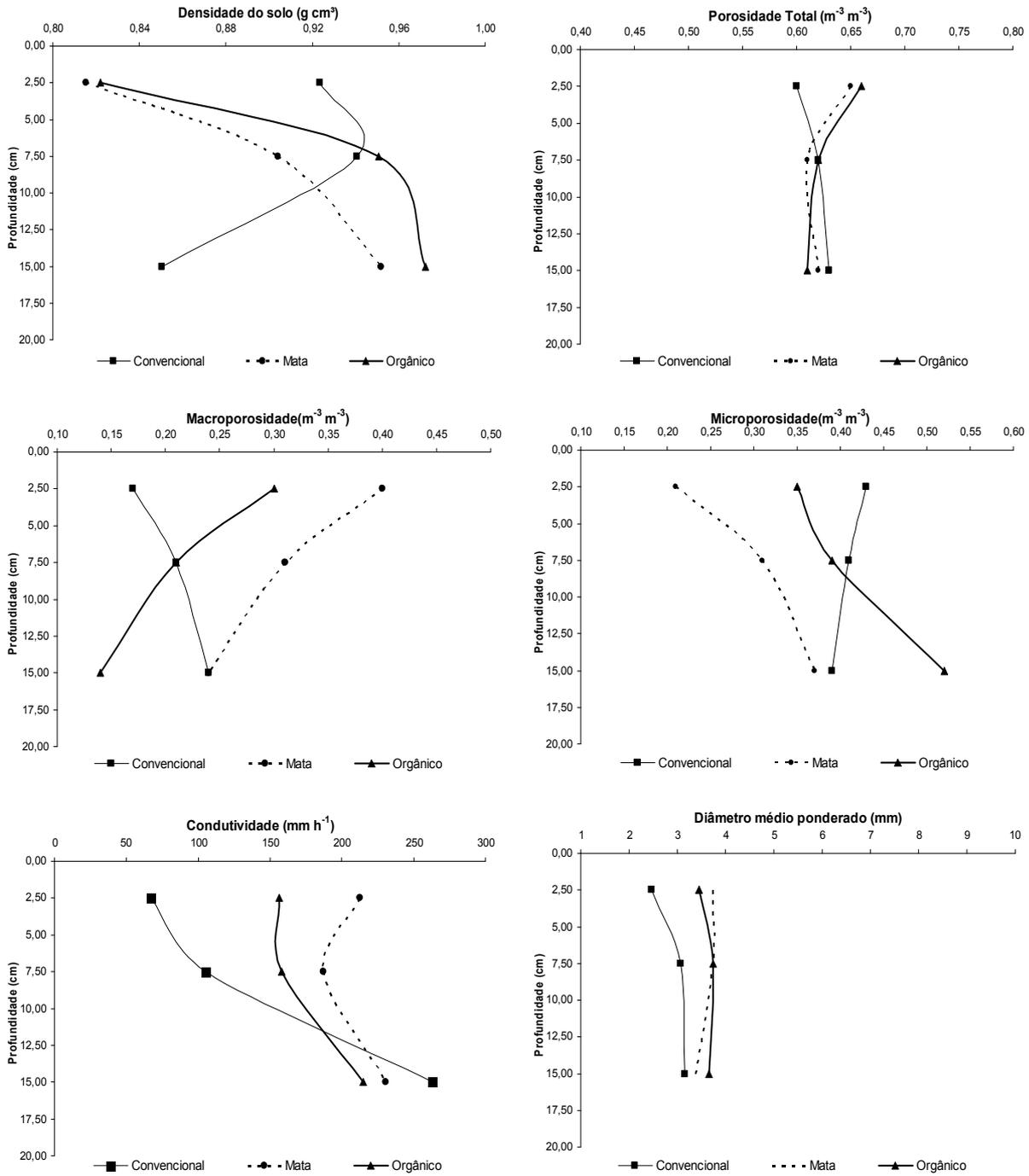


FIGURA 1.1 – ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO NA PROFUNDIDADE DE 0-20 cm DAS ENCOSTAS SOB DIFERENTES SISTEMAS, NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAMPESTRE, COLOMBO, PR

Estabilidade de agregados

O diâmetro médio ponderado úmido dos agregados (DMPu) no solo da encosta convencional na profundidade de 0-5 cm foi de 2,46 mm, e apesar de ser o menor valor encontrado dentre todos os sistemas e profundidades, tem indicativo de boa agregação, considerando que SOARES & ESPÍNDOLA (2005) identificaram DMP em solo sob vegetação nativa de 2,63 mm na camada sub superficial e 3,48 mm na camada superficial. Esse resultado pode ser explicado pela textura média do solo da encosta convencional aliado ao teor de carbono orgânico de 30 g kg^{-1} (TABELA 1.2). Outro fator observado foi que o DMPu nos sistemas estudados tende a diminuir na camada de 5-10 e aumentar na camada de 10-20 cm (FIGURA 1.1), onde o teor de carbono tende a ser menor que na camada superficial.

No solo da encosta orgânica, o DMP está em torno de 3 mm, porém o maior valor está na camada de 5-10 cm (3,74 mm). Apesar de ser a encosta com maior conteúdo de carbono (TABELA 1.2), não foi possível observar a influencia da matéria orgânica nas diferenças encontradas entre os sistemas, já que em todos os sistemas a estabilidade de agregados não variou muito.

Na encosta sob mata, apesar de apresentar o menor teor de carbono, possivelmente compõe uma fração mais estável, gerando dessa forma ainda que com pouca diferença, uma maior estabilidade de agregados. Os valores encontrados nesta encosta foram ainda maiores que os encontrados por SOARES & ESPINDOLA (2005).

A matéria orgânica é considerada por muitos pesquisadores como um dos principais agente de estabilização de agregados, apresentando forte correlação com a estabilidade de agregados (CASTRO FILHO et al., 1998). Outros autores, além da matéria orgânica, associam também a maior eficiência de agregação, com a densidade de raízes (SILVA & MIELNICUK, 1998). Justificativa perfeitamente aceitável nas condições desse trabalho, já que o solo sob sistema convencional não é intensamente explorado. O histórico de plantio desta encosta é caracterizado pela presença de vegetação espontânea por um período relativamente longo em todos os anos, essa característica teria

beneficiado esse sistema, que deveria pelo manejo empregado apresentar valores baixos de DMP.

Para GOLCHIN et al. (1998) ao invés de agregados menores se unirem para formar agregados maiores, o processo é inverso, onde a quebra de macroagregados é que gera microagregados, envolvendo processos que incluem tanto microorganismos de solo, resíduos de plantas e raízes quanto a mecanização. Isso justifica ter encontrado no sistema convencional grande volume de macroporos, evidenciando que a presença de plantas nesse sistema em pousio melhorou a qualidade física desse solo.

De uma forma geral os valores de DMPu não tiveram grandes oscilações nas camadas estudadas dos solos das três encostas, o que pode ser explicado pelos semelhantes teores de matéria orgânica. TISDALL & OADES (1980) encontraram correlações positivas entre essas duas variáveis. Este atributo também não foi afetado pela textura dos solos (textura média nas encostas convencional e mata e argilosa na orgânica), já que não houve diferenças entre os sistemas. Para DUFRANC et al. (2004) solos com altos teores de argila pode-se esperar alta estabilidade de agregados.

A pequena variação encontrada nos valores de DMPu entre os sistemas pode ser explicada também, pelo método empregado para a determinação da estabilidade de agregados, considerando que o mesmo não distingue os agregados recém formados daqueles que, além de formados já estão estabilizados (De SÁ et al., 2000). Os mesmos autores evidenciam que a estabilidade de agregados não depende apenas da característica do solo, mas também das forças disruptivas aplicadas a ele durante a metodologia empregada para sua determinação.

Condutividade hidráulica

A variável condutividade hidráulica saturada (K_s) nos primeiros 5 cm foi a menor no sistema convencional ($67,1 \text{ mm h}^{-1}$). Esse resultado pode ser explicado principalmente em decorrência da quantidade de macroporos, mas também devido ao efeito do impacto das gotas da chuva provocando um selamento superficial. Na ocasião da amostragem a encosta estava sob o

cultivo da alface, e a coleta foi feita entre as linhas de plantio onde o solo estava descoberto, sujeito ao selamento superficial.

O selamento superficial é a formação de uma camada delgada de aproximadamente 2 mm, na superfície do solo, e é caracterizada por uma elevada densidade, pequena porosidade e baixa condutividade hidráulica. Esse processo ocorre sob condições de chuva ou irrigação, causando a destruição dos macroagregados. Vários autores encontraram diminuição na capacidade de infiltração sob condição de selamento superficial (JENNINGS et al., 1988; CHU et al., 1986; REICHERT et al., 1988). SILVA & KATO (1997) também verificaram que o selamento superficial dificulta a infiltração da água, e que em áreas onde se adotam o sistema convencional esse processo é mais comum.

No momento da amostragem essa superfície de 2 mm foi descartada, porém no laboratório a camada superficial do anel apresentava solo revolvido (pulverizado), desta forma possivelmente houve a formação de um novo selo, mesmo após a saturação das amostras.

No sistema orgânico esse selamento não ocorreu da mesma forma que no convencional devida à quantidade de matéria orgânica no solo que favorece a infiltração. Nesta encosta a grande quantidade de cama de ave aplicada na superfície do solo, o qual tem na sua constituição maravalha grossa ainda não decomposta, que aumenta a proteção do solo bem como a rugosidade da superfície que conseqüentemente favorecem a infiltração. A condutividade hidráulica no sistema orgânico e sob mata tiveram a mesma tendência nas profundidades estudadas (FIGURA 1.1).

Em profundidade (5-20 cm) na encosta convencional a condutividade tende a aumentar, chegando até 263 mm h^{-1} , diferindo grandemente das demais encostas (FIGURA 1.1). Apesar da encosta sob sistema convencional ter apresentado valor de condutividade superior às demais, na última camada pode-se perceber que mesmo estando maior, os três sistemas tiveram comportamento semelhante (FIGURA 1.1). Essa característica pode ser atribuída a fatores intrínsecos do solo. As três encostas estão sobre Cambissolos, que por sua vez apresentam estrutura em blocos sub angulares o que confere a eles boa permeabilidade e em todas as encostas à profundidade do solo é de 100 cm variando apenas quando no terço superior onde à profundidade é menor.

Análise de componentes principais dos atributos físicos

Os agrupamentos formados indicam que os tratamentos são semelhantes entre si estatisticamente (FIGURA 1.2).

Os resultados mostram um comportamento no sistema convencional nas profundidades de 0-5 e 5-10 cm, onde é possível observar que eles se agrupam entre o primeiro e o quarto quadrante no eixo x, próximo de 1. Outro agrupamento é verificado nas profundidades de 10-20 cm nos sistemas orgânico e convencional, indicando que nessa camada o comportamento dos atributos físicos se assemelham. E ainda na profundidade de 0-5 cm o sistema orgânico é semelhante ao solo sob mata, concluindo que estatisticamente o solo sob agricultura orgânica apresenta qualidade física do solo idêntica ao da encosta sob mata (FIGURA 1.2).

A análise de componentes principais nos permite analisar também os sistemas como um todo, onde a figura do losângulo representa o sistema em todas as profundidades. Nessa observação é possível concluir que o sistema convencional se distanciou no gráfico de PCA (análise de componentes principais) dos outros dois sistemas, que por sua vez estão próximos entre si, formando outro agrupamento.

Apenas o solo sob mata na profundidade de 5-10 cm apresentou comportamento isolado no segundo quadrante indicando que nesta profundidade as características físicas de um modo geral são diferentes dos demais sistemas.

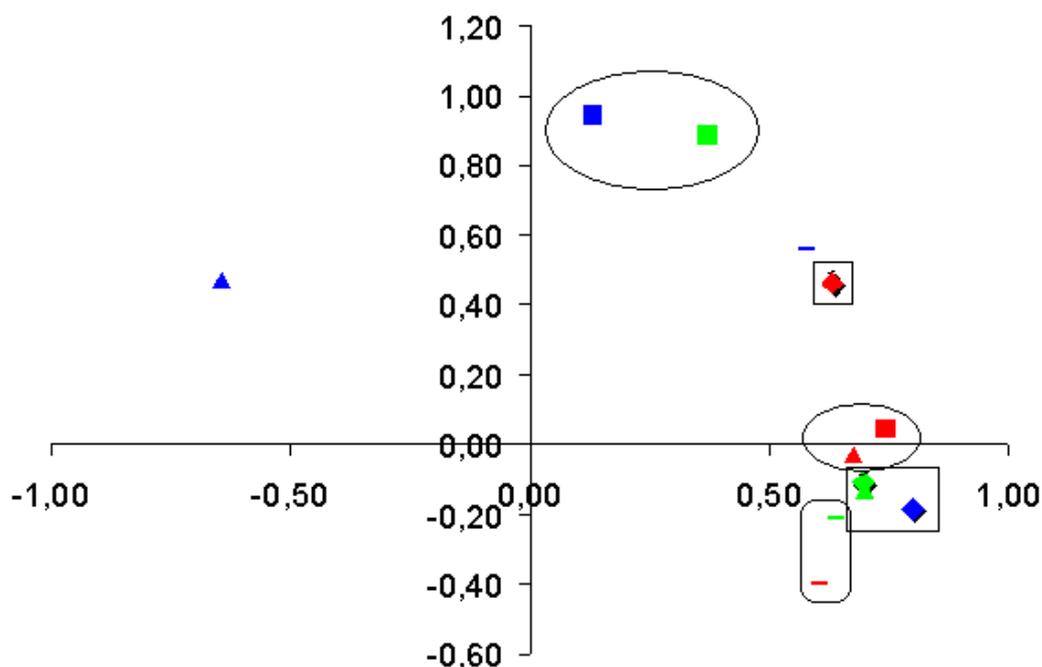


FIGURA 1.2 - ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS DOS ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO NOS DIFERENTES SISTEMAS DE CULTIVO E NAS TRÊS PROFUNDIDADES DE ACORDO COM A LEGENDA APRESENTADA ACIMA, NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAMPESTRE, COLOMBO, PR

◆ CONVENCIONAL EM TODAS AS PROFUNDIDADES; ◆ ORGÂNICO EM TODAS AS PROFUNDIDADES; ◆ MATA EM TODAS AS PROFUNDIDADES; ■ 0-5 cm NOS RESPECTIVOS SISTEMAS; ▲ 5-10 cm NOS RESPECTIVOS SISTEMAS; - 10-20 cm NOS RESPECTIVOS SISTEMAS

Perda de solo e água

A perda de solo nos sistemas de produção convencional e orgânico foram superiores ao da encosta sob mata. Sendo que o sistema orgânico perdeu 12 vezes mais e o convencional 200 vezes mais solo que a encosta sob mata (TABELA 1.4).

TABELA 1.4 – PERDA DE SOLO E ÁGUA EM ENCOSTAS SUBMETIDAS A DIFERENTES SISTEMAS DE PRODUÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAMPESTRE, COLOMBO, PR NO PERÍODO DE SETEMBRO DE 2007 A SETEMBRO DE 2008

Sistemas	Perda de solo		Perda de água	
	kg encosta ⁻¹	kg ha ⁻¹	litros encosta ⁻¹	mm
orgânico	1,93	6,03	3884,250	1,210
convencional	34,08	113,58	5952,600	1,980
mata	0,08	0,52	505,500	0,320

Apesar das avaliações terem sido feitas durante um ano foram as chuvas de fevereiro as responsáveis pelas perdas de 111 kg ha^{-1} no sistema convencional (TABELA 1.5), ou seja, mais de 98% do total de sedimento perdido durante o ano (TABELA 1.4). Para o sistema orgânico a chuva do mês de dezembro foi a responsável pelo arraste de 5 kg ha^{-1} (TABELA 1.6), 83% do total perdido durante todo o período avaliado (TABELA 1.4). Apesar de terem sido em meses diferentes, ambos ocorreram na estação do verão, resultado que concorda com os encontrados por BEUTLER et al. (2003), onde os autores observaram duas vezes mais perda de solo no verão do que no inverno.

O volume de chuva que ocorreu no mês de fevereiro na encosta sob sistema convencional que coincidiu com a época de preparo do solo e transplantes de mudas, agravou as perdas de sedimento e água (TABELA 1.7). Naquele mês o acumulado foi de 228 mm divididos em três eventos de chuva, até o dia 22/02 quando foi realizada a coleta.

No mês de dezembro a encosta sob cultivo orgânico apresentava-se com algumas faixas plantadas, outras com restos culturais e ainda outras em pousio com vegetação espontânea se desenvolvendo. Porém mesmo assim não evitou que 5 kg ha^{-1} de sedimento fosse perdido. Um dia antes da coleta, ocorreu volume de chuva de 150 mm (TABELA 1.3), muito provavelmente foi responsável pelo arraste de sedimentos até a calha, considerando que a mesma foi a de maior volume durante todo o ano.

Um fator importante a se destacar é que o maior volume de chuva ocorreu em dezembro, porém na encosta sob cultivo convencional não foi o mês que registrou as maiores perdas de solo e de água. Isso só foi possível porque a área estava sob pousio e com vegetação espontânea que protegia o solo do impacto das gotas de chuva e conseqüentemente não ocorreu desagregação. Mais uma evidencia de que quando a área está com cobertura vegetal o solo fica protegido do impacto da gota de chuva e conseqüentemente da erosão, mesmo sendo um grande volume de chuva (305 mm) quando comparado com a chuva de fevereiro (228 mm), onde ocorreu a maior perda de solo (TABELA 1.3).

Desta forma a encosta sob cultivo convencional só perdeu mais sedimento que as demais por que coincidiu a ocorrência de chuva com o preparo e transplante de mudas na área. Nem precisou ser a chuva de maior volume para a perda de sedimento ser a mais elevada naquela encosta durante todo o período estudado. Porém se compararmos com os valores encontrados por MARTINS et al. (2003) onde as perdas em área de mata nativa variaram de 0,03 a 0,11 Mg ha⁻¹ ano, pode-se considerar que as perdas de solo nos sistemas de produção foram baixas. Neste trabalho a encosta sob mata a perda de solo não ultrapassou 0,5 kg (TABELA 1.7).

TABELA 1.5 – PERDAS DE SOLO E ÁGUA DA ENCOSTA SUBMETIDA AO SISTEMA CONVENCIONAL DE CULTIVO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAMPESTRE COLOMBO PR

Data da coleta	nº de dias	PPT	Perda de água		Perda de solo	
		mm	litros encosta ⁻¹	mm	kg encosta ⁻¹	kg ha ⁻¹
30-set-07	18	59	490	0,163	0,11	0,36
18-out-07	18	43	0	0,000	0,00	0,00
1-nov-07	14	36	9,2	0,003	0,01	0,02
22-nov-07	21	213	2,6	0,001	0,00	0,00
7-dez-07	15	225	2,9	0,001	0,00	0,01
20-dez-07	13	80	78	0,026	0,02	0,08
7-jan-08	18	16	6,9	0,002	0,00	0,01
24-jan-08	17	44	17,9	0,006	0,27	0,90
7-fev-08	14	80	16,9	0,006	0,00	0,00
22-fev-08	15	148	4435	1,478	33,53	111,76
6-mar-08	13	0*	210	0,070	0,08	0,25
20-mar-08	14	8	33	0,011	0,00	0,00
3-abr-08	14	0*	210	0,070	0,00	0,00
17-abr-08	14	55	0	0,000	0,00	0,00
30-abr-08	13	40	0	0,000	0,00	0,00
15-mai-08	15	0*	215,2	0,072	0,02	0,06
29-mai-08	14	0*	5	0,002	0,00	0,02
12-jun-08	14	50	65	0,022	0,01	0,04
26-jun-08	14	115	55	0,018	0,01	0,04
10-jul-08	14	0*	0	0,000	0,00	0,00
24-jul-08	14	15	0	0,000	0,00	0,00
7-ago-08	14	0*	65	0,022	0,01	0,03
21-ago-08	14	0*	35	0,012	0,01	0,02
4-set-08	14	0*	0	0,000	0,00	0,00

*A precipitação ocorreu neste período, no entanto não foram coletados no pluviômetro, possivelmente por erros de anotações ou pela não ocorrência de chuva no local distantes aproximadamente 1000 m das encostas; PPT – precipitação pluviométrica total

TABELA 1.6 - PERDAS DE SOLO E ÁGUA DA ENCOSTA SUBMETIDA AO SISTEMA ORGÂNICO DE CULTIVO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAMPESTRE COLOMBO PR

Data da coleta	nº de dias	PPT	Perda de água		Perda de solo	
		mm	litros encosta ⁻¹	mm	kg encosta ⁻¹	kg ha ⁻¹
30-set-07	18	59	244	0,076	0,05	0,17
18-out-07	18	43	29,8	0,009	0,02	0,07
1-nov-07	14	36	18	0,006	0,02	0,05
22-nov-07	21	213	190,1	0,059	0,05	0,16
7-dez-07	15	225	2900	0,906	1,74	5,44
20-dez-07	13	80	12	0,004	0,01	0,02
7-jan-08	18	16	0	0,000	0,00	0,00
24-jan-08	17	44	158	0,049	0,00	0,00
7-fev-08	14	80	35,5	0,011	0,00	0,00
22-fev-08	15	148	99	0,031	0,00	0,00
6-mar-08	13	0*	0	0,000	0,00	0,00
20-mar-08	14	8	50	0,016	0,00	0,00
3-abr-08	14	0*	9	0,003	0,00	0,00
17-abr-08	14	55	0	0,000	0,00	0,00
30-abr-08	13	40	0	0,000	0,00	0,00
15-mai-08	15	0*	0	0,000	0,00	0,00
29-mai-08	14	0*	0	0,000	0,00	0,00
12-jun-08	14	50	18	0,006	0,00	0,01
26-jun-08	14	115	4,85	0,002	0,01	0,04
10-jul-08	14	0*	0	0,000	0,00	0,00
24-jul-08	14	15	16	0,005	0,01	0,03
7-ago-08	14	0*	0	0,000	0,00	0,00
21-ago-08	14	0*	100	0,031	0,02	0,05
4-set-08	14	0*	0	0,000	0,00	0,00

*A precipitação ocorreu neste período, no entanto não foram coletados no pluviômetro, possivelmente por erros de anotações ou pela não ocorrência de chuva no local distantes aproximadamente 1000 m das encostas; PPT – precipitação pluviométrica total

TABELA 1.7 - PERDAS DE SOLO E ÁGUA DA ENCOSTA SOB MATA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAMPESTRE COLOMBO PR

Data da coleta	nº de dias	PPT	Perda de água		Perda de solo	
		mm	litros encosta ⁻¹	mm	kg encosta ⁻¹	kg ha ⁻¹
30-set-07	18	59	0,00	0,000	0,00	0,00
18-out-07	18	43	0,00	0,000	0,00	0,00
1-nov-07	14	36	0,00	0,000	0,00	0,00
22-nov-07	21	213	1,50	0,001	0,00	0,00
7-dez-07	15	225	465,00	0,291	0,03	0,19
20-dez-07	13	80	29,80	0,019	0,00	0,01
7-jan-08	18	16	0,00	0,000	0,00	0,00
24-jan-08	17	44	0,00	0,000	0,00	0,00
7-fev-08	14	80	9,20	0,006	0,00	0,00
22-fev-08	15	148	0,00	0,000	0,00	0,00
6-mar-08	13	0*	0,00	0,000	0,00	0,00
20-mar-08	14	8	0,00	0,000	0,00	0,00
3-abr-08	14	0*	0,00	0,000	0,05	0,31
17-abr-08	14	55	0,00	0,000	0,00	0,00
30-abr-08	13	40	0,00	0,000	0,00	0,00
15-mai-08	15	0*	0,00	0,000	0,00	0,00
29-mai-08	14	0*	0,00	0,000	0,00	0,00
12-jun-08	14	50	0,00	0,000	0,00	0,00
26-jun-08	14	115	0,00	0,000	0,00	0,00
10-jul-08	14	0*	0,00	0,000	0,00	0,00
24-jul-08	14	15	0,00	0,000	0,00	0,00
7-ago-08	14	0*	0,00	0,000	0,00	0,00
21-ago-08	14	0*	0,00	0,000	0,00	0,00
4-set-08	14	0*	0,00	0,000	0,00	0,00

*A precipitação ocorreu neste período, no entanto não foram coletados no pluviômetro, possivelmente por erros de anotações ou pela não ocorrência de chuva no local distantes aproximadamente 1000 m das encostas; PPT – precipitação pluviométrica total

A característica de uso intenso do solo é inerente aos modelos de cultivo da agricultura familiar, seja no sistema de produção orgânico ou convencional, onde uma pequena área é intensamente explorada. De acordo com

ABRAMOVAY et al. (1996), as lavouras de uma forma geral são três vezes mais importantes no segmento familiar quando comparado com o sistema patronal de cultivo, ou seja, a maior parte senão toda a renda dessas famílias depende da agricultura, e isso justifica o intenso uso dos solos nessas áreas.

O limite de tolerância para perda de solo, ou valor T, seria o valor máximo de perda de solo que não afetaria a produtividade dos sistemas de cultivo, estando relacionado com o fator de formação do solo, porém este limite é muito difícil de estimar. KIERKBY (1980) sugere taxas de formação de solo de $0,1 \text{ mm ano}^{-1}$ para o nordeste dos Estados Unidos, e $0,02 \text{ mm ano}^{-1}$ para o sudoeste árido americano, isso representa $1 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ e $0,2 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, respectivamente. HUDSON (1981) considera valores médios toleráveis de perda de solo em torno de $2 \text{ a } 5 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ e são mais recomendáveis para solos pouco espessos e/ou suscetível à erosão.

De acordo com DERPSCH et al. (1991) as perdas de solo no preparo convencional são em média $68 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, e no sistema de plantio direto de $6,9 \text{ toneladas Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (média de várias condições experimentais). Considerando esses valores às perdas de solo tanto no sistema orgânico como convencional foram baixos. Porém mesmo estando baixos, esses valores são significativos quando se trata de manejo de solo visando a conservação do solo e da água. Desta forma o valor T só pode ser considerado se estivermos tratando de processos erosivos visando a produtividade desses solos, pois ambientalmente essas perdas são significativas no processo de degradação dos recursos hídricos.

As menores perdas de solo podem ser explicadas pela grande quantidade de material orgânico adicionado, tanto no sistema orgânico como no convencional aumentando a fertilidade do solo e favorecendo o desenvolvimento das plantas, conseqüentemente reduzindo os riscos de erosão. Plantas bem nutridas contribuem para a formação e estabilização dos agregados, fornecendo energia e carbono para a atividade dos microorganismos, que excretam compostos orgânicos que atuam como agentes ligantes dos agregados, desta forma os subsistemas planta e microorganismos favorecem o sistema solo (VEZZANI, 2001), evitando processos erosivos. Além do sistema radicular, a cobertura vegetal, viva ou

morta, reduz o impacto da gota da chuva, e conseqüentemente evita a desagregação do solo.

As perdas de água seguiram a mesma tendência das perdas de solo, no entanto com diferenças menores entre o sistema convencional e orgânico (TABELA 1.4). Em todas as encostas, o escoamento superficial foi muito baixo. Do volume total precipitado no período de um ano (1227 mm) menos de 1% foi perdido via escoamento superficial. COGO et al. (2003) encontraram perdas de água em cultivos agrícolas menores que 4%, e ainda consideraram esse valor baixo.

A perda de água em solo sob mata secundária foi inferior a 1 mm ano^{-1} (TABELA 1.4). MARTINS et al. (2003) encontraram perdas de água em área de mata nativa de aproximadamente 5 mm ano^{-1} .

No sistema orgânico, o que favoreceu a redução na perda de água foi o manejo empregado na área. Esta área foi cultivada em faixas, e no preparo para o plantio são formados pequenos sulcos, funcionando como mini terraços diminuindo assim a velocidade do escoamento e favorecendo a infiltração. No sistema convencional, o que favoreceu a redução da perda de água foi o grande período de pousio com a cobertura do solo pelas plantas espontâneas.

Isto caracteriza a importância de práticas conservacionistas em áreas agrícolas para reter o escoamento dentro do sistema solo planta. No caso da região de Colombo, deve-se evitar o solo descoberto nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro, período em que ocorrem as maiores precipitações no município.

Os dados de perda de solo e água estão coerentes com a qualidade física do solo das encostas estudadas. No sistema convencional na profundidade de 0-5 cm, os atributos físicos foram os mais influenciados negativamente pelo manejo, apresentando maior densidade e menor diâmetro médio ponderado e condutividade hidráulica. Apesar da área sob sistema convencional ter ficado sob pousio por um longo período e esse ter coincido com a maior precipitação, este sistema foi responsável pelas maiores perdas de solo e água.

A comparação dos dados de perdas de solo e água deve levar em consideração a escala de trabalho. Neste estudo, foi utilizada a escala de encosta, com área variando de 0,16 a 0,35 ha, e, portanto diferente de uma

escala de parcela experimental (escala menor) bem como diferente de um escala de micobracia (escala maior). É sabido que as perdas de solo e água de uma bacia por exemplo de 10 hectares não são iguais às perdas de outra bacia de 50 hectares, mesmo que ambas estejam inseridas na mesma unidade fitogeográfica, isso porque os mecanismos de perdas de solo e água dependem de fatores de geração do escoamento e da ligação entre encosta e rede de drenagem. Outra questão que deve ser considerada é a diferença nas declividades e as formas das rampas, pois estes irão afetar a velocidade do escoamento superficial e ainda a concentração de sedimentos.

CONCLUSÕES

1. Os atributos físicos do solo foram afetados pelo manejo principalmente na camada de 0-5 cm.
2. O sistema de produção de hortaliças convencional apresentou menor qualidade dos atributos físicos na camada de 0-5 cm do solo e por conseqüência maior perda de solo e água.
3. As perdas de solo e água nos sistemas de produção de hortaliças convencional e orgânica foram superiores as da mata, porém muito abaixo do valor agronomicamente tolerável.
4. Apesar das perdas terem sido baixas, os valores encontrados indicam problemas de contaminação dos recursos hídricos, considerando os eventos de elevada precipitação e solo descoberto.

LITERATURA CITADA

ABRAMOVAY, R. **De volta para o futuro: mudanças recentes na agricultura familiar** – In: Seminário Nacional do Programa de Pesquisa em Agricultura Familiar da EMBRAPA – Anais, Petrolina – Programa sistemas de produção na agricultura. 1996.

ALBUQUERQUE, J.A.; SANGOI, L.; ENDER, M. Efeitos da integração lavoura e pecuária nas propriedades físicas do solo e características da cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, p.717-723, 2001.

ALMEIDA, L. Mudanças técnicas na agricultura: perspectivas da transição agroambiental em Colombo – PR. **Tese de doutorado**. Universidade Federal do Paraná. 2003.

ALTIERI, M. Agroecologia: Bases científicas para a agricultura sustentável. Guaíba, **Agropecuária**, 2002. 592p.

ANDREOLA, F.; COSTA, L.M.; OLSZEWSKI, N. Influência da cobertura vegetal de inverno e da adubação orgânica e, ou, mineral sobre as propriedades físicas de uma Terra Roxa Estruturada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, p.857-865, 2000.

ARAÚJO, M.A.; TORMENA, C.A.; SILVA, A.P. Propriedades físicas de um Latossolo Vermelho distrófico cultivado e sob mata. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.337-345, 2004.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. cap 5, 45-63p. In: SANTOS, G.A.; SILVA, L.S.; CANELLAS, L.P.; CAMARGO, F.A.O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo**. 2ª ed. Revisada. Porto Alegre, 2008.

BELTRAME, L.F.S.; TAYLOR, J.C. Causas e efeitos da compactação do solo. **Lavoura Arrozeira**, v.33; p.59-62, 1980.

BERTONI, J. e LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. Piracicaba: Editora Livrocetes, 1985, 392p.

BEULTER, A.N.; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; FERREIRA, M.M.; CRUZ, J.C.; PEREIRA FILHO, I.A. Resistência à penetração e permeabilidade de Latossolo

Vermelho distrófico típico sob sistemas de manejo na região dos cerrados. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, p.167-177, 2001.

BEUTLER, J.F.; BERTOL, I.; VEIGA, M.; WILDNER, L.P. Perdas de solo e água num Latossolo Vermelho aluminoférrico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo sob chuva natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.509-517, 2003.

CANELLAS, L.P.; MENDONÇA, E.S.; DOBBSS, B.L.; BADOTTO, A.; VELLOSO, A.C.X.; SANTOS, G.A.; AMARAL SOBRINHO, N.M.B. Reações da matéria orgânica. cap 5, 45-63p. In: SANTOS, G.A.; SILVA, L.S.; CANELLAS, L.P.; CAMARGO, F.A.O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo**. 2ª ed. Revisada. Porto Alegre, 2008

CANILLAS, E. C.; SALOKHE, V. M. A decision support system for compaction assessment in agricultural soils. **Soil Tillage Research**, Amsterdam, v.65, n.2, p.221-230, 2002.

CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O.; PODANOSCHI, A.L. Estabilidade de agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num Latossolo Roxo distrófico, em função de sistemas de plantio, rotações de culturas e métodos de preparo das amostras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, p.527-538, 1998.

CHU, S.T.; ONSTAD, C.A.; RAWLS, W.J. Fiel evaluation of layered Green Ampt model for transient crust conditions. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.29, n.5, p.1268-1272, 1986.

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

CRUZ, A.C.R.; PAULETTO, E.A.; FLORES, C.A.; SILVA, J.B. Atributos físicos e carbono orgânico de um argissolo vermelho sob sistema de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.1105-1112, 2003.

DE SÁ, M.A.C.; DE LIMA, J.M.; SILVA, M.L.N.; DIAS JÚNIOR, M.S. Comparação entre métodos para estudo da estabilidade de agregados em solos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.9, p.1825-1834, set, 2000.

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

DUFRANC, G.; DECHEN, S.C.F; FREITAS, S.S.; CAMARGO, O.A. Atributos físicos, químicos e biológicos relacionados com a estabilidade de agregados de dois Latossolos em plantio direto no estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.505-517, 2004.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solos**. 2 ed. Rio de Janeiro, 1997.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2ª ed. Rio de Janeiro, 2006.

GOLCHIN, A.; BALDOCK, J.A.; OADES, J.M. A model linking organic matter decomposition, chemistry and aggregate dynamics. In: LAL, R.; KIMBLE, J.; FOLLETT, R.F.; STEWART, B.A. (Eds.) **Soil Processes and the Carbon Cycle**. Boca Raton: CRC Press, 1998. p.245-266.

GOLDBERG, S. Interaction of aluminium and iron oxides and clay minerals and their effect on soil physical properties. **Commun. Soil Science Plant Anal**, v.20, p.1181-1207, 1989.

HORN, R.; LEBERT, M. Soil compactability and compressibility. In: SOANE, B. D.; OUWERKERT, C. van. (Eds) **Soil Compaction in Crop Production**. Amsterdam: Elsevier, 1994, p.45-69,

HUDSON, N.W. Raindrop size distribution in high intensity storms. **Rohod. Journal Agricultural Reserch**. v.1, p.5-16. 1963.

INGARRAMO, O. E. **Indicadores físicos de la degradación del suelo**. La Coruña, Universidade da Coruña, 2003. 298p. Tese de doutorado

JENNINGS, G.O.; JARRET, A.R.; HOOVER, J.R. Evaluatins the effect of puddling on infiltration using the Green and Ampt equation. **Transactions of the ASAE**, v.31,n.3,p.761-768,1988.

KIERKBY, M.J. Modelling water erosion processes, In: **Soil Erosion**. M.J. Kierkby e R.P. Morgan, 183-216. 1980.

LAL, R. Soil erosion research methods. In: **Water Conservation Society**. Second edition, 1994.

LIMA, C.L.R. **Compressibilidade de solos versus intensidade de tráfego em um pomar de laranja e pisoteio animal em pastagem irrigada**. 2004. 70p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Departamento de Solos e Nutrição de Plantas, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.

MANTOVANI, E. C. Técnicas de avaliação da compactação dos solos. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 14. 2002. Cuiabá. **Anais**. Cuiabá: Editora Universidade Federal de Mato Grosso. 2002. 4p. Palestra. CD-ROOM.

MARTINS, S.G.; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; FERREIRA, M.M.; FONSECA, S.; MARQUES, J.J.G.S. Perdas de solo e água por erosão hídrica em sistemas florestais na região de Aracruz (ES). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.395-403, 2003.

MINEROPAR. **Mapeamento Geológico** – Geotécnico nas folhas CONGE A 100, A 103, A 093. Projeto Geotécnica – Região metropolitana de Curitiba. Curitiba, 1997.

PALADINI, F.L.S.; MIELNICZUK, J. Distribuição de tamanhos de agregados de um solo Podzólico Vermelho-Escuro afetado por sistemas de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.15, p.135-140, 1991.

PAVAN, M. A.; BLOCH, M. de F.; ZEMPULSKI, H. da C.; MIYAZAWA, M.; ZOCOLER, D. C. **Manual de análise química de solo e controle de qualidade**. Londrina. IAPAR, circular n.76, p.38, 1992.

QUEIROZ-VOLTAN, R.B.; PRADO, H.; MORETTI, F.C.; Aspectos estruturais de raízes de cana-de-açúcar sob efeito da compactação do solo. **Bragantia** v. 57 n. 1 Campinas 1998.

REICHERT, J.M.; VEIGA, M.; CABEDA, M.S.V. Selamento superficial e infiltração de água em solo do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.16, p.289-298, 1992.

REICHERT, J. M.; SILVEIRA, M. J.; WOHLBERG, E. V.; PELEGRINI, A.; REINERT, D.J. Perdas de solo afetadas pela intensidade de chuva, horizonte do solo e declividade do solo. In: **Paiva & Paiva. (Org.). Caracterização qualitativa da produção de sedimentos**. Santa Maria: ABRH-UFSM, p. 81-97, 2000.

RIBEIRO, M.A. **Resposta da soja e do eucalipto a fósforo em solos de diferentes texturas, níveis de densidade e de umidade**. Tese de doutorado, 71p. Universidade Federal de Lavras, 1999.

RODERJAN, C.V. & STRUMINSKI, E. Caracterização e proposta de manejo da Serra da Baitaca - Quatro Barras - PR 102p. **Relatório técnico**, Curitiba: FUPEF/Fundação O Boticário de Proteção à Natureza, 1992.

SILVA, C.L.; KATO, E. Efeito do selamento superficial na condutividade hidráulica saturada da superfície de um solo sob cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.32, n.2, p.213-220,1997.

SILVA, A.P.; KAY, B.D. Estimating the least limiting water range of soils from properties and management. **Soil Science Society of America Journal**, 61:877-883, 1997.

SILVA, I.F.; MIELICZUK, J. Sistemas de cultivo e características do solo afetando a estabilidade de agregados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, p.311-317, 1998.

SILVA, R.R.; SILVA, M.L.N.; FERREIRA, M.M. Atributos físicos indicadores da qualidade do solo sob sistemas de manejo da bacia do alto do rio grande – MG. **Revista Ciência Agrotécnica**, Lavras, v.29, p.719-730, 2005.

SILVEIRA, P.M.; STONE, L.F. Sistemas de preparo do solo e rotação de culturas na produtividade de milho, soja e trigo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.7, n.2, p.240-244, 2003.

SINGER, M.; EWING, S. Soil quality. In: SUMNER, M.E. **Handbook of soil science**. Boca Raton: CRC Press, 2000. p. 271-298.

SOARES, J.L.N.; ESPÍNDOLA, C.R.; CASTRO, S.S. Alteração física e morfológica em solos cultivados sob sistema tradicional de manejo. **Revista Brasileira de Solo**, v.29, p.1005-1014, 2005.

TISDALL, J.M.; OADES, J.M. The management of ryegrass to stabilize aggregates of a red-brown earth. **Australian Journal Soil Research** v.18, p.415-422, 1980.

TORMENA, C.A.; BARBOSA, M.C.; COSTA, A.C.S.; GONÇALVES, A.C.A. Densidade, porosidade e resistência à penetração em Latossolo cultivado sob diferentes sistemas de preparo do solo. **Scientia Agrícola**, v.59, n.4, p.795-801, 2002.

VEZZANI, F. **Qualidade do sistema solo na produção agrícola**. Tese de doutorado, 184p. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001.

CAPÍTULO 2 - PERDA E CONCENTRAÇÃO DE FÓSFORO E NITROGÊNIO NO ESCOAMENTO SUPERFICIAL EM ENCOSTAS SOB SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE HORTALIÇAS CONVENCIONAL E ORGÂNICO.

INTRODUÇÃO

A substituição das florestas pelos sistemas de produção agrícola aliado ao uso inadequado de agrotóxicos e de fertilizantes minerais e orgânicos tem interferido negativamente no ambiente, agravando o processo de contaminação dos mananciais. O escoamento superficial em áreas agrícolas é o principal meio de poluição difusa, sendo os poluentes transportados para os cursos de água na forma solúvel ou adsorvidos nos sedimentos (GONÇALVES, 2003).

A erosão hídrica depende de muitos fatores, apresentando uma variabilidade temporal e espacial, justificada pela grande diversidade climática e de solos (BERTOL et al., 2002). Os principais fatores que influenciam as perdas de nutrientes por erosão hídrica incluem o volume do escoamento superficial, a fertilidade do solo, a topografia, a cobertura vegetal, o sistema de manejo e cultivo, a quantidade e método de aplicação de fertilizantes e ainda a umidade inicial do solo (MELLO, 2002; SCHICK et al., 2000; GUADAGNIN, 2003).

Um dos maiores problemas relacionados ao manejo inadequado dos solos é a erosão hídrica, a qual tem contribuído para o empobrecimento e redução da sustentabilidade dos agroecossistemas. A erosão hídrica nas áreas cultivadas é a principal responsável pela poluição das águas, contaminando-as principalmente com nitrogênio e fósforo. O N e P estão associados com eutrofização, no entanto, em águas doces, o fósforo é considerado o elemento limitante devido à capacidade de plantas aquáticas fixarem o nitrogênio atmosférico (SIMS et al., 1998). Além da eutrofização, o nitrogênio, especialmente o nitrato, está associado com problemas de saúde humana (SMITH et al., 1992).

As perdas de fósforo ocorrem principalmente via escoamento superficial sendo transportado na forma solúvel ou ligado ao sedimento. Já para o

nitrogênio, especialmente na forma de nitrato, as perdas ocorrem principalmente via lixiviação. A adoção de sistemas conservacionistas têm sido eficazes no controle da perda de solo, reduzindo as perdas de nutrientes na forma particulada, entretanto a perda pode estar ocorrendo na forma solúvel, considerando que estes sistemas nem sempre são eficientes na perda de água (SCHICK et al., 2000; GUADAGNIN, 2003; BERTOL et al., 2003).

A forma solúvel tanto do fósforo como do nitrogênio representa a fração prontamente disponível às plantas aquáticas, já a forma particulada representa uma fonte de longo prazo, no entanto para o fósforo uma fração da forma particulada também é disponível às plantas a curto prazo. Esta fração, somada ao solúvel, representa o biodisponível, e tem sido determinada em estudos de fracionamento de P na água.

As formas e as quantidades de fósforo no escoamento superficial dependem das fontes de poluição, mecanismos de transferência de sedimento e fósforo e, sobretudo das transformações que ocorrem durante o processo de erosão (SHARPLEY et al, 1992). REYNOLDS & DAVIES (2001) verificaram que as quantidades de fósforo total transferidas das florestas são inferiores quando comparados com áreas agricultáveis. Portanto, com a destruição das florestas pela expansão das atividades agrícolas e pastoris essas perdas podem aumentar significativamente trazendo problemas para a qualidade da água. Vale lembrar que a perda de fósforo pode não ser significativa agronomicamente, porém uma pequena quantidade é suficiente para causar eutrofização (HART et al., 2004).

A avaliação da qualidade da água em sistemas de agricultura convencional e orgânica é importante, pois permite determinar o potencial poluidor dessa atividade. Neste sentido, o objetivo desse trabalho foi avaliar a influência do manejo do solo na concentração e na perda de fósforo e nitrogênio na água do escoamento superficial, em encostas submetidas à produção de hortaliças no sistema orgânico e convencional, na bacia hidrográfica do rio Campestre, Colombo, PR.

MATERIAL E MÉTODOS

A localização e caracterização das áreas de estudo e a coleta de água das encostas já foram apresentados nos capítulo 1 desta dissertação.

Análises do escoamento superficial

Para cada amostra coletada do escoamento superficial nos baldes, um volume de 500 ml foi separado e congelado até a análise dos nutrientes. Esse procedimento foi realizado em todas as datas de coletas.

Com relação às formas solúveis, foram determinadas as concentrações de fósforo solúvel (P_{sol}), nitrato (NO₃⁻) e amônio (NH₄). Para cada amostra, alíquotas de 30 ml foram filtradas em membrana de éster de celulose (0,45 micrômetros) e posteriormente congeladas até a análise.

A metodologia utilizada para obtenção do fósforo solúvel, nitrato, e amônio foram a do ácido ascórbico, a do ácido clorídrico e a do fenato, respectivamente, de acordo com APHA (1995). Todas foram determinadas por colorimetria com espectrofotômetro em diferentes comprimentos de onda.

A metodologia do ácido ascórbico é baseada na redução do complexo fosfatomolibdico de amônio pelo próprio ácido ascórbico na presença do antimônio, que reage formando a cor azul de molibdato (APHA, 1995). As leituras são feitas no comprimento de onda de 880 nm. O nitrato foi determinado pelo método do ácido clorídrico (1N). As amostras são acidificadas para evitar possíveis interferências de altas concentrações de hidróxidos ou carbonatos. As leituras são feitas no comprimento de onda de 220 nm e posteriormente as mesmas amostras são lidas em comprimento de onda de 275 nm, esse procedimento é realizado a fim de eliminar interferências da matéria orgânica.

O método do fenato é baseado no princípio de que em meio alcalino e na presença do catalisador nitroprussiato, o amônio reage com o fenol e com o hipoclorito de sódio, formando o azul de indofenol. Desta forma é possível determinar por colorimetria as concentrações de amônio nas amostras. As leituras são feitas com espectrofotômetro no comprimento de onda de 640 nm.

As formas não solúveis de fósforo e nitrogênio foram determinadas a partir da digestão kjeldahl de acordo com APHA (1995). Para isso utilizaram-se amostras não filtradas e uma solução digestora a base de K_2SO_4 , $CuSO_4$ e H_2SO_4 . As mesmas foram submetidas ao digestor até temperatura de 380 °C e posteriormente foram determinadas as concentrações do fósforo total e nitrogênio kjeldahl com as mesmas metodologias utilizadas para a determinação das formas solúveis de fósforo e de amônio (APHA, 1995).

O método de digestão kjeldahl não inclui o nitrato, desta forma o nitrogênio total foi obtido pelo somatório do nitrogênio kjeldahl e nitrato (SHARPLEY et al., 1987).

A fração particulada de fósforo e nitrogênio foi obtida subtraindo o teor total pelo solúvel.

O fósforo biodisponível foi determinado pelo método da membrana de filtro impregnada por óxido do ferro, de acordo com MYERS & PIERZYNSKI (2000), com algumas adaptações de SHARPLEY (1993). Depois de preparar a membrana impregnada com soluções de $FeCl_3$ 0,65 M e NH_4OH 2,7 M, uma amostra não filtrada de 50 ml do escoamento superficial foi colocada para agitar em erlenmeyer de vidro por 16 horas em agitador constante (30 rpm) juntamente com uma membrana de filtro impregnada por óxido de ferro de área um pouco mais que 40 cm^2 . Posteriormente a membrana de filtro foi retirada e transferida para outro erlenmeyer contendo 50 ml de uma solução de H_2SO_4 0,2 M, agitando por 1 hora. Após a agitação, a membrana foi removida e na solução de H_2SO_4 0,2 M determinou-se a concentração de fósforo biodisponível pelo método do ácido ascórbico de acordo com APHA (1995).

O fósforo biodisponível particulado foi obtido pela diferença do fósforo biodisponível e o fósforo solúvel e a fração do fósforo particulado não biodisponível através da subtração entre o fósforo particulado e o fósforo particulado biodisponível.

As perdas de nutrientes foram obtidas através do produto das concentrações dos nutrientes pelo volume escoado na encosta. Enquanto que a concentração média ponderada foi calculada pelo somatório dos produtos da concentração do nutriente pelo volume do escoamento superficial em cada data, dividido pelo total escoado durante todo o período estudado.

Análise estatística

Os dados foram submetidos à multivariada com análises de componentes principais, e nelas utilizaram-se às interações entre os sistemas de cultivo nas diferentes profundidades, utilizando SAS versão 8.2. Para perda os resultados foram extrapolados para um hectare antes de submetê-los a análise estatística.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Concentrações e perda de fósforo e nitrogênio nas encostas

A concentração média ponderada anual de fósforo total na água do escoamento superficial foi superior no sistema convencional e depois no sistema orgânico e por último no solo sob mata (TABELA 2.1).

TABELA 2.1 CONCENTRAÇÃO MÉDIA PONDERADA DOS NUTRIENTES NO ESCOAMENTO SUPERFICIAL NOS DIFERENTES SISTEMAS DE PRODUÇÃO NA BACIA HIDROGRAFICA DO RIO CAMPESTRE, COLOMBO, PR

Sistemas	PPT	Perda de água		Concentração de nutrientes										
		mm	L encosta ⁻¹	mm	mg l ⁻¹									
					Pdp	Pbd P	Psol	Ppart	Ptot	Nkjel	Namon	Nnitrat	Npart	Ntot
convencional	1227	5952,6	1,98	4,63	0,45	4,18	5,30	9,48	29,73	6,01	4,66	24,66	34,37	
orgânico	1227	3875,25	1,21	0,82	0,45	0,37	0,54	0,92	27,52	10,25	38,62	25,57	66,06	
mata	1227	514,50	0,32	0,18	0,07	0,14	0,16	0,30	26,18	10,88	0,38	24,95	26,56	

Pdp: fósforo biodisponível; PbdP: fósforo biodisponível particulado; Psol: fósforo solúvel; Ppart: fósforo particulado; Ptot: fósforo total; Nkjel: nitrogênio kjeldhal; Namon: nitrogênio amoniacal; Nnitrat: nitrogênio nitrato; Npart: nitrogênio particulado; Ntot: nitrogênio total

As maiores concentração de fósforo total no sistema convencional foram 9,3 mg l⁻¹ e 12,1 mg l⁻¹ (TABELA 2.2), e estas se deram em fevereiro, mês com maiores perdas de solo e água (TABELA 1.6 – capítulo 1). Nos meses anteriores e posteriores a este, as concentrações foram de uma a duas vezes menores, e distribuídas durante todo o ano. As altas concentrações de fósforo total no sistema convencional podem ser explicadas pela maior perda de solo

aliado ao alto teor desse elemento na camada de 0-20 cm, chegando a ser 4 vezes superior ao o teor no solo da encosta sob cultivo orgânico e 136 vezes superior ao teor no solo sob mata (TABELA 1. 5 – Capítulo 1). A quantidade de fósforo no solo é consequência da adubação mineral e orgânica realizada na área. SHIGAKI et al. (2007) relatam que o arraste de fósforo por escoamento superficial pode ser intensificado com a constante aplicação de adubos fosfatados, seja mineral ou orgânico, o que está de acordo com POTE et al. (1998).

A correlação positiva entre teor no solo e concentração na água se deve a alta adsorção de P por minerais de argila o que o torna facilmente suscetível à perda por erosão, dependendo apenas do tipo de material transportado pelo escoamento (SHARPLEY & HALVORSN, 1994). Sedimentos finos como argila, óxidos e matéria orgânica, apresentam baixa densidade e conseguem alcançar longas distâncias e são enriquecidas por fósforo (SMITH et al., 1998). Desta forma se materiais grosseiros forem transportados certamente eles estarão menos enriquecidos por fósforo. Porém se o fósforo está ligado no sedimento menor que 0,2 μm , chuvas de baixas intensidades poderão estar carreando esse nutriente para outro local na encosta.

No sistema orgânico as maiores concentrações de fósforo total foram de 6,9 mg l^{-1} , 4,9 mg l^{-1} e 5,9 mg l^{-1} (TABELA 2.3) em fevereiro, março e abril respectivamente, porém a do mês de dezembro que ocorreu a maior chuva do ano, a concentração de fósforo total não foi significativa perto dos meses citados acima (TABELA 2.3). Percebe-se que existe semelhança entre o comportamento temporal do fósforo nesse sistema (TABELA 2.3) com o sistema convencional (TABELA 2.2), considerando que nos períodos de maiores chuvas não foram correspondentes as maiores concentrações de fósforo em ambos os sistemas. No convencional nem houve escoamento significativo (2,6 litros encosta⁻¹) enquanto que no sistema orgânico na ordem de 190 a 2900 litros encosta⁻¹, porém ainda sim a concentração nesse sistema foi baixo, comparados a outros períodos.

No sistema convencional esse resultado só foi possível devido a presença de vegetação na maior parte do tempo na encosta, o que diminuiu a taxa de aplicação de adubos químicos e orgânicos e consequentemente diminuiu a concentração do elemento na água do escoamento superficial.

Outro fator foi que no mês de fevereiro caracterizado como período de maior revolvimento do solo e plantio de mudas, obteve-se as maiores concentrações de fósforo total no sistema convencional, o mesmo não aconteceu para os sistema o orgânico que teve suas maiores concentrações distribuídas em três meses. Porém vale ressaltar que apesar de maiores, as concentrações obtidas durante em todo o período estudado estavam acima do limite máximo permitido pela legislação número 357 do CONAMA 2005.

Analisando as TABELAS 2.2 e 2.3 observa-se que os meses de novembro e dezembro foram os de maior precipitação, com volumes superiores a 200 mm, no entanto o mês que houve a maior concentração de fósforo total no sistema convencional foi o mês de fevereiro com um volume de chuva de 140 mm. Indicando que muitas vezes não é o volume de chuva que vai determinar maiores concentrações de nutrientes na água do escoamento superficial, e sim outros fatores associados a esse, como intensidade da chuva, cobertura e revolvimento do solo por exemplo.

De um modo geral, as maiores concentrações foram observadas no verão, porém houve concentrações inferiores e significativas em outros meses do ano nos sistemas de produção.

Durante o período estudado, para todos os sistemas, inclusive solo sob mata as concentrações de fósforo total estiveram acima do limite máximo permitido pela legislação do CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005), que determina em águas de classe 1 como limite máximo de fósforo total $0,1 \text{ mg l}^{-1}$ para ambientes lóticos, $0,025 \text{ mg l}^{-1}$ para ambientes intermediários e $0,02 \text{ mg l}^{-1}$ para ambientes lênticos.

O fósforo biodisponível, que representa o fósforo solúvel e parte do fósforo particulado, é a fração prejudicial à qualidade da água a curto prazo. Desta forma, avaliar a taxa de fósforo biodisponível é essencial para estabelecer com maior acurácia os impactos que a agricultura vem causando na qualidade da água (SHARPLEY et al., 1995).

A média ponderada anual das concentrações de fósforo biodisponível (Pbd) apresentaram o mesmo comportamento do fósforo total, onde as maiores concentrações foram observadas no sistema convencional depois do sistema orgânico e por ultimo no solo sob mata (TABELA 2.1). Porém se observamos a proporção do fósforo total que está na forma biodisponível verificamos que o

sistema orgânico 90% do fósforo total está biodisponibilizado enquanto que no sistema convencional apenas 49%, ou seja, a curto prazo quem está contribuindo para maior contaminação dos recursos hídricos é o sistema orgânico. O que não o torna tão vilão assim é o fato dele perder pouca água via escoamento superficial. Desta forma se as perdas de água nos dois sistemas produtivos fossem semelhantes com certeza o sistema orgânico estaria com maior potencial poluidor que o sistema convencional.

Avaliando a sazonalidade do Pbd tem-se que as maiores concentrações ocorreram nos meses de fevereiro no sistema convencional e no sistema orgânico em fevereiro, março e abril (TABELA 2.1 e 2.2).

A média ponderada anual do fósforo solúvel também apresentou a mesma tendência que o fósforo total, sendo maior no sistema convencional, depois no sistema orgânico e por último no solo sob mata (TABELA 2.1).

Contudo, a média ponderada obtida durante o ano de desenvolvimento deste trabalho foi superior ao obtido por SHARPLEY et al. (1992). Estes autores encontraram média anual de $1,23 \text{ mg l}^{-1}$ de Pbd no sistema convencional (3 vezes maior – $4,1 \text{ mg l}^{-1}$).

Analisando a sazonalidade da concentração de fósforo solúvel (Psol) no sistema convencional, tem-se que a maior concentração $6,22 \text{ mg l}^{-1}$ se deu no mês de fevereiro (TABELA 2.2), valor menor que a do fósforo biodisponível ($8,9 \text{ mg l}^{-1}$). Desta forma podemos concluir que parte do fósforo particulado também está na forma biodisponível. No sistema orgânico (TABELA 2.3) as maiores concentrações também foram em fevereiro e ainda no mês de abril ($4,9$ e $4,6 \text{ mg l}^{-1}$) e na mata de $2,2 \text{ mg l}^{-1}$ também em fevereiro (TABELA 2.4). Esses resultados indicam possivelmente um potencial de eutrofização de rios e lagos próximos às encostas, dependendo apenas do volume de água e da vazão desses corpos hídricos.

Analisando a concentração média ponderada anual do fósforo particulado ($5,3 \text{ mg l}^{-1}$) e do fósforo biodisponível particulado ($0,45 \text{ mg l}^{-1}$) no sistema convencional tem-se que aproximadamente 8% do fósforo particulado total é biodisponível ou seja, prontamente disponível para vida plantas e microorganismos aquáticos. A quantidade de fósforo particulado não biodisponível é a fração potencialmente poluidora, pois, nos rios e lagos ocorre

o processo de transformação do fósforo particulado para solúvel e vice-versa, e, portanto é uma fonte de fósforo a ser disponibilizada a longo prazo.

Na encosta sob cultivo orgânico a concentração média ponderada de fósforo particulado e biodisponível particulado foram $0,54 \text{ mg l}^{-1}$ e $0,45 \text{ mg l}^{-1}$ respectivamente (TABELA 2.1), sendo que aproximadamente 80 % do fósforo particulado está biodisponível.

Para o fósforo particulado a maior concentração se deu predominantemente em fevereiro no sistema convencional ($6,8 \text{ mg l}^{-1}$) o que coincidiu novamente com as maiores perdas de solo e água nesse sistema, considerando que essa fração do fósforo é perdida somente ligado ao sedimento (TABELA 2.2). No sistema orgânico ocorreu no mês de junho ($2,9 \text{ mg l}^{-1}$) e fevereiro ($2,47 \text{ mg l}^{-1}$) ambos meses o volume de chuva foram semelhantes em torno de 100 mm, (TABELA 2.3) uso e cobertura também (TABELA 1.1 capítulo 1). Observa-se que muitos são os fatores relacionados as concentrações de fósforo, como precipitação coincidir com o preparo de solo e ou plantio de mudas, por exemplo.

Ao analisarmos as tabelas de concentração (TABELAS 2.2 e 2.3) nos dois sistemas, temos que no sistema orgânico as frações de fósforo biodisponível e biodisponível particulado apresentam uma leve distribuição das concentrações durante o período avaliado (treze eventos), e no convencional ocorre em onze eventos no ano. Este resultado indica que no sistema orgânico esse resultado pode ser consequência da maior exploração do solo, visto que nessa área o solo é intensamente utilizado durante todo o período do ano, e isso não ocorre no sistema convencional que é marcado por diversos períodos de pousios.

Na encosta sob mata, a maior concentração de fósforo solúvel (TABELA 2.4) foi $2,2 \text{ mg l}^{-1}$ e o do fósforo total $2,2 \text{ mg l}^{-1}$ no mês de fevereiro, e no mês que ocorreu a maior precipitação a concentração de fósforo foi de $0,98 \text{ mg l}^{-1}$. Enquanto que a média anual ponderada (TABELA 2.1) do fósforo total foi $0,3 \text{ mg l}^{-1}$.

Elevadas concentrações de P total em encostas sob mata são freqüentes em estudos de bacias hidrográficas quando ocorrem eventos precipitação intensa ocasionando a remoção de nutrientes do dossel das florestas. SHARPLEY et al. (1995) também associam esse tipo de resultado

com a fertilidade natural do solo sob mata e a quantidade de nutrientes retidos na serapilheira, os quais enriquecem a água do escoamento em sistemas naturais.

As concentrações de uma maneira geral foram maiores exclusivamente no mês de fevereiro para todos os sistemas de cultivo e solo sob mata, apesar do maior volume de chuva não ter ocorrido neste mês, e sim em novembro e dezembro. Deduz-se então que a intensidade de chuva foi diferente nesses meses, onde nos meses de novembro e dezembro possivelmente a intensidade foi menor do que no mês de fevereiro onde o volume de chuva foi menor, porém com maior concentração de nutrientes. Pois muitas vezes o maior volume de chuva não está associado diretamente a maior perda e concentração de nutrientes, pois esse volume pode ter sido distribuído pouco a pouco durante todo o mês, ou pode ter precipitado todo ele em um dia. Ou ainda o solo estava protegido por cobertura vegetal espontânea o que evitou grandes perdas de água.

As perdas de fósforo total (P_{tot}) na encosta sob cultivo convencional foram de 56,4 g por encosta ano (TABELA 2.5) sendo que aproximadamente 50% do total perdido na encosta estava na forma de fósforo biodisponível (P_{bd}) (FIGURA 2.1).

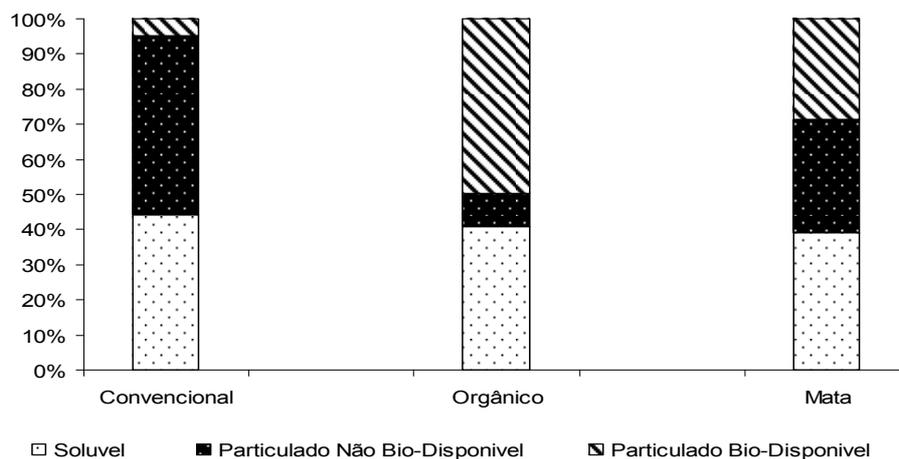


FIGURA 2.1 – PERCENTUAL DE PERDA ANUAL DE FÓSFORO EM SUAS DIFERENTES FORMAS NA ÁGUA DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL NOS DIFERENTES SISTEMAS

O fósforo particulado (P_{part}) obteve perda anual de 31 g por encosta, ou seja, de todo fósforo perdido via sedimento menos de 9% estava prontamente disponível para fixação pelas algas e organismos, se tratando do

sistema convencional este é um resultado favorável no ponto de vista de perda de fósforo ligado ao sedimento.

Contudo há uma relação inversa entre a biodisponibilidade de fósforo particulado e a concentração de sedimentos, ou seja, a quantidade de fósforo particulado biodisponível tende a diminuir com o aumento na concentração de sedimentos, devido o aumento do número de sítios de adsorção por fósforo ao sedimento (SHARPLEY et al., 1992). Na encosta convencional a perda de solo (TABELA 1.6 – capítulo 1) foi superior às demais, o que conseqüentemente causou maior perda de fósforo (TABELA 2.5), principalmente na forma particulada (55% do fósforo total foi perdido na forma particulada). As maiores perdas ocorreram no mês de fevereiro, coincidindo com a época de preparo do solo e plantio, conseqüentemente o solo descoberto. KLEINMAN et al. (2006) encontraram perdas de fósforo maior no mês de setembro, e associou esse resultado a maior perda de solo no mesmo período com os eventos de chuvas.

Já no sistema orgânico as perdas anuais de P_{tot} foram 18 vezes menores que as perdas no sistema convencional (TABELA 2.5), porém 90% do fósforo total foi perdido na forma biodisponível.

As perdas de P_{part} no sistema orgânico foram 15 vezes inferiores ao convencional, e cerca de 85% deste estava na forma biodisponível particulada. Então 85% do fósforo perdido via sedimento estaria disponível, porém vale ressaltar que a perda de sedimento foi muito inferior ao sistema convencional. Isto permite inferir que, se no sistema orgânico as perdas de solo fossem maiores, ou pelo menos semelhantes as perdas de solo do sistema convencional, o potencial de contaminação desse sistema seria maior do que no sistema convencional, nessa escala de avaliação. Porém não é o que ocorre, pois o sistema convencional perdeu muito mais água e sedimento que o sistema orgânico.

Apesar das perdas de P_{tot} terem sido maiores no sistema convencional, a porcentagem do fósforo total biodisponível foi a menor entre os sistemas de cultivo avaliados. SHARPLEY & HALVORSON (1994), encontraram resultados semelhantes onde as menores porcentagens de P_{bd} foram encontradas no sistema convencional.

As perdas de fósforo total no sistema convencional (56 g em 0,32 hectares, extrapolando para um hectare esse valor vai para $175 \text{ g ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$).

TABELA 2.5) foram maiores que os encontrados por BERTOL 2004 ($16 \text{ g ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$). O teor de fósforo encontrado pelo autor na camada superficial foi maior no sistema conservacionista, e no caso deste estudo o teor de fósforo no solo também foi superior na encosta convencional. Essa informação a cerca da quantidade de fósforo do solo explica as maiores perdas de fósforo na água, já que ambos estão fortemente correlacionados.

Para MACDOWELL et al. (2001) as perdas de fósforo por escoamento superficial ocorrem de forma contínua durante todo o ano, porém é durante os eventos pluviométricos de maior intensidade que essas se dão em maior quantidade. SHARPLEY et al. (1992) acrescentam que as perdas são devido também às variações sazonais das chuvas como intensidade e duração do intervalo entre um evento e outro e ainda a cobertura vegetal existente no momento da chuva.

Na encosta sob mata as perdas anuais de fósforo total (TABELA 2.5) foram extremamente baixas quando comparados com os sistemas produtivos, apesar da concentração de P total ter ficado acima de 2 mg l^{-1} . As pequenas perdas de fósforo mesmo com elevadas concentrações deve-se a baixa perda de água na mata.

Se considerarmos que a aplicação de adubação mineral fosfatada na produção de hortaliças é geralmente superior a $80 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, e a maior perda encontrada foi de 56 g no sistema convencional, isso equivale a $0,07 \%$ do total aplicado. Desta forma perdas insignificantes agronomicamente podem ser muito significantes ambientalmente. Portanto é preciso muita cautela na análise de perdas de nutrientes, pois uma pequena quantidade de nutriente que não afeta economicamente poderá contaminar rios e lençóis freáticos atingindo uma população inteira que habita a bacia hidrográfica.

TABELA 2.2 - CONCENTRAÇÕES DE FÓSFORO E NITROGÊNIO POR DATA DE COLETA NA ENCOSTA SOB CULTIVO CONVENCIONAL

Data da coleta	nº de dias	PPT mm	ES L encosta ⁻¹	ES mm	Concentração de nutrientes										
					mg l ⁻¹										
					Pdp	Pbd P	Psol	Ppart	Ptot	Nkjel	Namon	Nnitrat	Npart	Ntot	
30-set-07	18	59	490	0,16	0,65	0,50	0,16	0,53	0,69	30,06	11,81	0,70	26,75	30,76	
18-out-07	18	43	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
1-nov-07	14	36	9,2	0,00	ND	ND	ND	ND	ND	ND	27,19	12,76	0,00	0,00	
22-nov-07	21	213	2,6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
7-dez-07	15	225	2,9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
20-dez-07	13	80	78	0,03	0,48	0,20	0,28	0,28	0,56	27,15	16,30	0,35	23,37	27,47	
7-jan-08	18	16	6,9	0,00	ND	ND	ND	ND	ND	ND	37,91	0,00	0,00	0,00	
24-jan-08	17	44	17,9	0,01	ND	ND	1,54	0,30	1,84	26,23	12,04	16,84	10,60	43,07	
7-fev-08	14	80	16,9	0,01	8,94	2,72	6,22	3,10	9,32	38,96	3,52	54,88	35,44	93,84	
22-fev-08	15	148	4435	1,48	5,81	0,47	5,34	6,81	12,15	25,69	4,58	1,27	21,11	26,96	
6-mar-08	13	0*	210	0,07	1,42	0,39	1,03	1,54	2,57	28,56	2,95	10,83	25,61	39,39	
20-mar-08	14	8	33	0,01	0,76	0,09	0,67	1,66	2,33	2,83	5,45	14,75	4,70	17,58	
3-abr-08	14	0*	210	0,07	1,87	0,31	1,56	1,89	3,45	40,24	3,17	50,57	37,15	90,81	
17-abr-08	14	55	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
30-abr-08	13	40	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
15-mai-08	15	0*	215,2	0,07	1,65	0,52	1,14	0,53	1,66	89,30	16,98	5,70	72,32	95,00	
29-mai-08	14	0*	5	0,00	ND	ND	3,90	0,40	4,30	71,11	39,95	32,46	31,16	103,56	
12-jun-08	14	50	65	0,02	0,86	0,51	0,34	0,89	1,23	95,01	16,64	8,90	78,37	103,91	
26-jun-08	14	115	55	0,02	0,96	0,00	0,96	0,21	1,17	67,68	16,60	0,00	51,08	67,68	
10-jul-08	14	0*	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
24-jul-08	14	15	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
7-ago-08	14	0*	65	0,02	0,68	0,10	0,59	0,53	1,12	8,62	8,19	50,36	0,89	58,98	
21-ago-08	14	0*	35	0,01	1,25	0,25	1,00	0,47	1,47	13,49	0,94	50,32	12,56	63,81	
4-set-08	14	0*	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	

*Precipitações ocorreram neste período, no entanto não foram coletados no pluviômetro possivelmente por erros de anotações ou pela não ocorrência de chuva no local distantes aproximadamente 1000 m das encostas; ND – não determinado; PPT - precipitação pluviométrica total; Pdp: fósforo biodisponível; PbdP: fósforo biodisponível particulado; Psol: fósforo solúvel; Ppart: fósforo particulado; Ptot:fósforo total; Nkjel:nitrogênio kjeldhal; Namon:nitrogênio amoniacal; Nnitrat: nitrogênio nitrato; Npart: nitrogênio particulado; Ntot:nitrogênio

TABELA 2.3 – CONCENTRAÇÕES DE FÓSFORO E NITROGÊNIO POR DATA DE COLETA NA ENCOSTA SOB CULTIVO ORGÂNICO

Data da coleta	nº de dias	PPT mm	ES L encosta ⁻¹	ES mm	Concentração de nutrientes mg l ⁻¹									
					Pdp	Pbd P	Psol	Ppart	Ptot	Nkjel	Namon	Nnitrat	Npart	Ntot
					30-set-07	18	59	244,0	0,08	0,43	0,21	0,22	0,23	0,45
18-out-07	18	43	29,8	0,01	0,74	0,49	0,25	0,57	0,81	26,42	10,41	0,35	25,32	26,77
1-nov-07	14	36	18,0	0,01	1,10	0,61	0,49	1,26	1,75	29,63	11,10	0,35	26,38	29,98
22-nov-07	21	213	190,1	0,06	0,76	0,53	0,23	0,65	0,88	26,93	10,58	0,35	24,97	27,28
7-dez-07	15	225	2900,0	0,91	0,58	0,42	0,16	0,46	0,62	28,08	10,39	50,21	27,23	78,29
20-dez-07	13	80	12,0	0,00	ND	ND	ND	ND	ND	36,28	11,50	0,42	20,54	36,71
7-jan-08	18	16	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
24-jan-08	17	44	158,0	0,05	0,65	0,37	0,28	0,47	0,75	26,03	12,57	0,35	24,98	26,38
7-fev-08	14	80	35,5	0,01	0,74	0,59	0,16	2,47	3,63	10,64	3,14	1,45	7,50	5,76
22-fev-08	15	148	99,0	0,03	6,61	1,64	4,97	1,97	6,93	17,54	4,86	0,30	12,68	17,84
6-mar-08	13	0*	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20-mar-08	14	8	50,0	0,02	4,59	1,41	3,18	1,81	4,98	27,39	3,11	0,99	24,28	28,38
3-abr-08	14	0*	9,0	0,00	5,39	0,72	4,67	1,31	5,98	8,24	2,94	7,66	5,30	15,90
17-abr-08	14	55	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
30-abr-08	13	40	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
15-mai-08	15	0*	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
29-mai-08	14	0*	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12-jun-08	14	50	18,0	0,01	ND	ND	ND	ND	ND	92,58	19,29	9,80	73,29	102,38
26-jun-08	14	115	4,9	0,00	3,30	2,81	0,49	2,92	3,41	79,56	17,90	12,97	61,66	92,53
10-jul-08	14	0*	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
24-jul-08	14	15	16,0	0,01	0,96	0,31	0,66	0,81	1,47	18,54	1,62	46,93	9,42	58,09
7-ago-08	14	0*	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
21-ago-08	14	0*	100,0	0,03	1,25	0,25	1,00	0,47	1,47	12,02	9,59	26,37	10,40	38,39
4-set-08	14	0*	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

*Precipitações ocorreram neste período, no entanto não foram coletados no pluviômetro possivelmente por erros de anotações ou pela não ocorrência de chuva no local distantes aproximadamente 1000 m das encostas; ND – não determinado; PPT - precipitação pluviométrica total; Pdp: fósforo biodisponível; PbdP: fósforo biodisponível particulado; Psol: fósforo solúvel; Ppart: fósforo particulado; Ptot:fósforo total; Nkjel:nitrogênio kjeldhal; Namon:nitrogênio amoniacal; Nnitrat: nitrogênio nitrato; Npart: nitrogênio particulado; Ntot:nitrogênio

TABELA 2.4 VARIABILIDADE TEMPORAL DAS CONCENTRAÇÕES DE FÓSFORO E NITROGÊNIO POR DATA DE COLETA NA ENCOSTA SOB MATA

Data da coleta	nº de dias	PPT	ES	ES	Concentração de nutrientes										
					mg l ⁻¹										
					mm	L encosta ⁻¹	mm	Pdp	Pbd P	Psol	Ppart	Ptot	Nkjel	Namon	Nnitrat
30-set-07	18	59	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18-out-07	18	43	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1-nov-07	14	36	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22-nov-07	21	213	1,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7-dez-07	15	225	465,0	0,29	0,14	0,05	0,09	0,14	0,23	27,23	10,35	0,35	26,22	27,58	
20-dez-07	13	80	29,8	0,02	0,89	0,51	0,38	0,60	0,98	26,35	25,37	0,35	20,43	26,71	
7-jan-08	18	16	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
24-jan-08	17	44	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7-fev-08	14	80	9,2	0,01	ND	ND	2,26	0,01	2,26	2,45	2,98	2,23	4,01	4,68	
22-fev-08	15	148	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6-mar-08	13	0*	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20-mar-08	14	8	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3-abr-08	14	0*	0,0	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
17-abr-08	14	55	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
30-abr-08	13	40	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
15-mai-08	15	0*	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
29-mai-08	14	0*	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12-jun-08	14	50	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
26-jun-08	14	115	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10-jul-08	14	0*	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
24-jul-08	14	15	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7-ago-08	14	0*	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
21-ago-08	14	0*	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4-set-08	14	0*	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

*Precipitações ocorreram neste período, no entanto não foram coletados no pluviômetro possivelmente por erros de anotações ou pela não ocorrência de chuva no local distantes aproximadamente 1000 m das encostas; ND – não determinado; PPT - precipitação pluviométrica total; Pdp: fósforo biodisponível; PbdP: fósforo biodisponível particulado; Psol: fósforo solúvel; Ppart: fósforo particulado; Ptot:fósforo total; Nkjel:nitrogênio kjeldhal; Namon:nitrogênio amoniacal; Nnitrat: nitrogênio nitrato; Npart: nitrogênio particulado; Ntot:nitrogênio

TABELA 2.5 – PERDAS DE NUTRIENTES VIA ESCOAMENTO SUPERFICIAL NOS DIFERENTES SISTEMAS DE PRODUÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAMPESTRE, COLOMBO, PR

Sistemas	PPT	Perda de água		Perda de nutrientes									
		mm	L encosta ⁻¹	mm	g encosta ⁻¹								
				Pdp	Pbd P	Psol	Ppart	Ptot	Nkjel	Namon	Nnitrat	Npart	Ntot
convencional	1227	5952,6	1,98	27,54	2,70	24,89	31,55	56,45	176,96	36,03	27,74	146,81	204,58
orgânico	1227	3875,25	1,21	3,19	1,76	1,43	2,09	3,55	106,66	39,72	149,66	99,10	255,99
mata	1227	514,50	0,32	0,09	0,04	0,07	0,08	0,16	13,47	5,60	0,19	12,84	13,66
Sistemas	mm	L encosta ⁻¹	mm	g hectare ⁻¹									
convencional	1227	5952,6	1,98	91,81	9,00	82,98	105,18	188,15	589,87	120,11	92,48	489,36	681,94
orgânico	1227	3875,25	1,21	9,97	5,49	4,48	6,52	11,11	333,32	124,13	467,68	309,68	799,98
mata	1227	514,50	0,32	0,51	0,21	0,41	0,46	0,87	74,83	31,09	1,08	71,31	75,91

Pdp: fósforo biodisponível; PbdP: fósforo biodisponível particulado; Psol: fósforo solúvel; Ppart: fósforo particulado; Ptot: fósforo total; Nkjel: nitrogênio kjeldhal; Namon: nitrogênio amoniacal; Nnitrat: nitrogênio nitrato; Npart: nitrogênio particulado; Ntot: nitrogênio total

Concentrações e perda de nitrogênio nas encostas

O nitrogênio apesar de não ser o elemento limitante (existem algas capazes de fazer a fixação do mesmo pela atmosfera) é também responsável pela eutrofização. Além de estar associado a eutrofização, o nitrogênio causa danos à fauna aquática e à saúde humana, nas suas diferentes formas (SIMS et al., 1997).

A concentração média ponderada anual de nitrogênio total - Ntot que incluem N orgânico, amônio solúvel, particulado e nitrato, no sistema convencional foi de 34,3 mg l⁻¹ (TABELA 2.1) sendo que 72% do nitrogênio total estava na forma particulada ou ligada ao sedimento. Ainda no sistema convencional as concentrações médias ponderadas de nitrato e amônio foram 4,6 e 6,0 mg l⁻¹, respectivamente (TABELA 2.1). No sistema orgânico 38,7 e 10,6 mg l⁻¹ (TABELA 2.1) e ainda no solo sob mata 0,3 mg l⁻¹ e 10,6 mg l⁻¹ (TABELA 2.1). No caso do nitrato, de maneira geral obtiveram-se valores baixos. No entanto, apenas no cultivo orgânico a concentração média ponderada ultrapassou 3,8 vezes o limite máximo permitido pela legislação do CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005) que é de 10 mg l⁻¹ de N-NO₃. Porém, para o amônio todas as concentrações estão acima dos limites máximos permitidos para a saúde humana que é 0,5 mg l⁻¹ e para vida aquática que é 2,5 mg l⁻¹ de acordo com USEPA (1973) citado por SHARPLEY et al. (1987).

No sistema orgânico a concentração média anual de Ntot ficou em 66,0 mg l⁻¹ (TABELA 2.1), quase duas vezes maior que a encontrada no sistema

convencional, sendo que aproximadamente 38% deste estavam na forma particulada. No solo sob mata a concentração média anual de N_{tot} foi 26,5 mg l^{-1} (TABELA 2.1), porém 93% deste estava na forma particulada, quase 3 vezes maior que a fração de N_{part} no sistema orgânico. A porcentagem da concentração de N_{tot} na forma de N_{part} no solo sob vegetação natural foi maior que nos dois sistemas de produção estudados, sendo no sistema orgânico a menor porcentagem (apenas 37%), resultado diferente ao encontrado por BERTOL et al. (2005). Apesar de serem altas as concentrações, quando comparamos os sistemas produtivos com a mata observa-se que o N_{tot} foi maior no orgânico, depois no convencional e por último na mata.

Este resultado seria preocupante se a concentração de nitrogênio total no solo sob mata fosse maior, já que a maior parte dele está na forma particulada, porém a concentração de nitrogênio total na encosta sob cultivo orgânico é 2,3 vezes maior que a concentração do mesmo elemento no solo sob mata. Para REYNOLDS & DAVIES (2001) áreas florestadas tendem a apresentar menores concentrações de nutrientes, e ainda contribuem para a diluição das concentrações de nutrientes na água do escoamento superficial.

Desta forma o sistema orgânico pode está perdendo muito nitrogênio na forma solúvel e pouco na forma particulada. Neste ponto chegamos a duas interpretações, se o sistema orgânico está menos concentrado na forma particulada, ele poderá está perdendo menos sedimento (TABELA 1.4 - Capítulo 1), porém a forma solúvel que é ligeiramente disponível aos organismos, foi a maior. Só na forma de nitrato ele é 8,4 vezes maior que o sistema convencional.

Pode-se observar que a participação do nitrato no N_{tot} é de aproximadamente 58%, no cultivo orgânico enquanto que no sistema convencional está em torno de 13%. Maior que a participação do N_{part} no N_{tot} para esse sistema, porém pode-se associar esse resultado pelas altas taxas de nitrificação do nitrogênio orgânico na encosta sob cultivo orgânico, o que não deve ter ocorrido tão intensamente no sistema convencional. Esse resultado está coerente com a perda de solo (TABELA 1.4 - Capítulo 1), já que na encosta convencional obteve-se maior perda de solo e conseqüentemente maior perda de nitrogênio particulado.

SMITH et al. (1992) relata que para o nitrogênio observam-se menores concentrações na forma solúvel no escoamento superficial, sendo o nitrogênio particulado a principal forma encontrada na água do escoamento superficial.

Apesar do nitrato ser perdido preferencialmente por lixiviação, devido a carga deste elemento o solo exerce repulsão sobre ele. Como no sistema orgânico a concentração deste elemento no escoamento superficial foi muito alta há indícios que ele também esteja sendo lixiviado mais intensamente e contaminando água subsuperficial.

As perdas de nitrogênio no sistema orgânico foram altas, principalmente o nitrogênio total ($255 \text{ g encosta}^{-1} \text{ ano}^{-1}$), enquanto que no sistema convencional foi de $204,6 \text{ g encosta}^{-1}$. Porém 38% do nitrogênio perdido no sistema orgânico estava na forma particulada enquanto que no sistema convencional 71% é nitrogênio particulado, resultado que confere com as perdas de solo nesses sistemas (TABELA 1.6 – Capítulo 1).

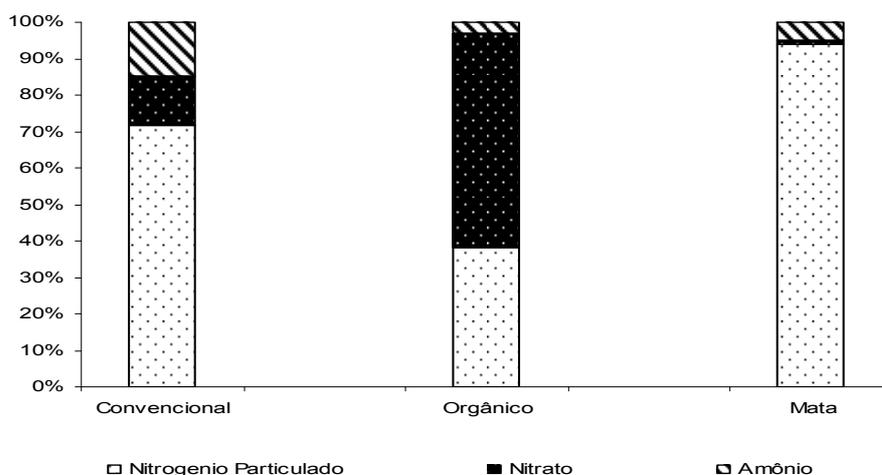


FIGURA 2.2 – PERCENTUAL DE PERDA ANUAL DE NITROGÊNIO POR ENCOSTA, NAS SUAS DIFERENTES FORMAS NA ÁGUA DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL NOS DIFERENTES SISTEMAS

As perdas de nitrato e amônio foram $27,7$ e $36,0 \text{ g encosta}^{-1}$ para o sistema convencional e no sistema orgânico $149,6$ e $39,7 \text{ g encosta}^{-1}$ respectivamente (TABELA 2.5). A contribuição do nitrato nas perdas de Ntot no sistema orgânico foi de 59%, muito superior ao encontrado no sistema convencional (30%), conforme FIGURA 2.2. Nota-se que houve uma relação

positiva entre as concentrações dos nutrientes e as perdas. As maiores concentrações resultaram nas maiores perdas.

De uma forma geral 64% do nitrogênio total perdido em uma bacia hidrográfica está na forma de nitrogênio particulado (SHARPLEY et al., 1987), e este apresenta relação com a perda de sedimento. Na encosta que perdeu mais solo foi a que obteve maior perda desse nutriente na forma particulada (sistema convencional).

Na encosta sob mata as perdas de nitrogênio total ficaram próximas a $13,6 \text{ g encosta}^{-1}$. De uma maneira geral as perdas assim como as concentrações de nitrogênio foram maiores na encosta sob cultivo orgânico. Apenas para o nitrogênio particulado que a encosta sob cultivo convencional obteve valores superiores as demais, mas esse resultado confere com a perda de solo, com atenção especial para o nitrato já que o mesmo apresentou valor cinco vezes maior que o encontrado no sistema convencional (TABELA 2.5).

Considerando que a região de Colombo abriga parte do aquífero karst, isso representa um possível potencial de contaminação de lençóis freáticos superficiais e confinados, dependendo apenas da capacidade do solo de realizar sua função de filtro, retendo o ânion NO_3^- nas cargas positivas presentes nos componentes do solo. Porém se tratando de Cambissolo Ta (alta atividade de argila) a retenção de ânions (comum em solos oxídicos) é quase inexistente, pois se trata de solos jovens com grande quantidade de carga negativa geradas pela matéria orgânica e minerais de argila do tipo 2:1, que apresentam capacidade de troca de cátions e não de ânions. Desta forma é preciso monitorar a qualidade da água de lixiviação dos solos presentes nestas encostas, a fim de detectar possíveis pontos de contaminação.

Análise de componentes principais das perdas e concentrações de nutrientes

A análise de componentes principais foi realizada com o intuito de verificar diferenças entre os sistemas de produção e solo sob mata. A análise foi elaborada considerando as perdas e as concentrações por hectare, pois se utilizarmos as escalas reais em que foram estudadas não foi possível verificar

diferenças significativas. Desta forma quando agrupamos todas as concentrações de nutrientes em três componentes também não é possível identificar diferenças estatísticas significativas. A seguir será apresentado um gráfico de PCA com três componentes principais (FIGURA 2.3).

Porém na análise de perda de nutrientes com três componentes já foi possível verificar diferenças, pois há a formação de agrupamentos distintos, que quando identificados distingue-se nos sistemas estudados, indicando que existem diferenças significativas entre eles (FIGURA 2.4). O resultado das perdas é explicado com 94% da variância total acumulada nos sistemas, enquanto que para as concentrações apenas 88,5%. Além disso, as concentrações e perdas tenderam a ser maior no sistema convencional, havendo uma tendência das maiores concentrações gerarem maiores perdas totais.

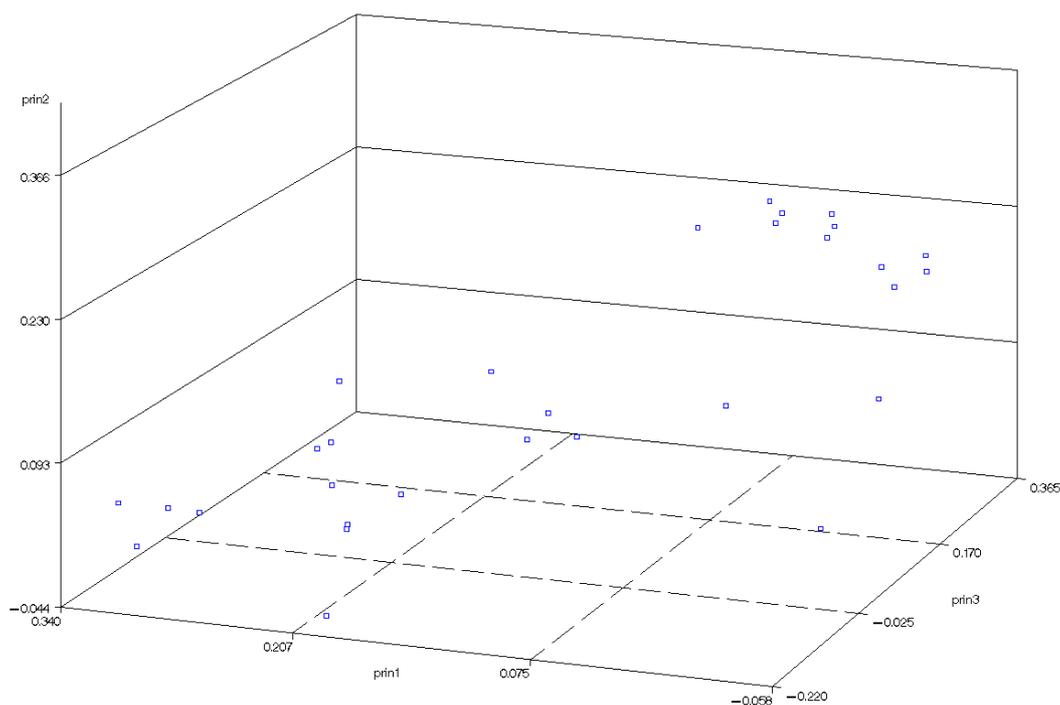


FIGURA 2.3 – GRÁFICO GERADO APARTIR DO PROGRAMA ESTATÍSTICO: SAS VERSÃO 8.2. ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS DAS CONCENTRAÇÕES DE NUTRIENTES NOS DIFERENTES SISTEMAS ESTUDADOS

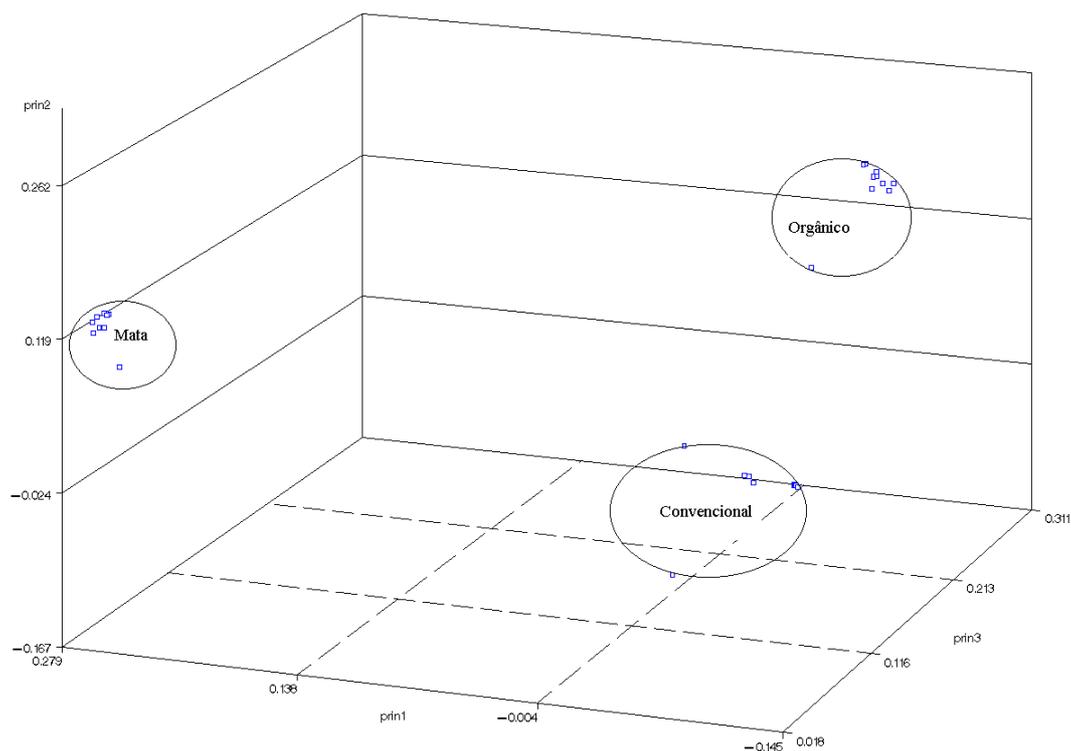


FIGURA 2.4 – GRÁFICO GERADO APARTIR DO PROGRAMA ESTATÍSTICO: SAS VERSÃO 8.2. ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS DAS PERDAS DE NUTRIENTES NOS DIFERENTES SISTEMAS ESTUDADOS

CONCLUSÃO

1. As concentrações e perdas de todas as formas de fósforo foram maiores no sistema convencional enquanto que no sistema orgânico observaram-se as maiores concentrações e perdas de nitrogênio total e nitrato
2. As menores concentrações e perdas de N e P ocorreram no solo sob mata
3. A porcentagem biodisponível de fósforo foi maior proporcionalmente no sistema orgânico, apesar deste ter apresentado menores concentrações e perdas, indicando o maior potencial poluidor a curto prazo.

4. De uma maneira geral, as perdas de fósforo e nitrogênio foram concentradas nos períodos em que coincidiria precipitação com o preparo do solo para plantio.

5. A presença de vegetação espontânea é fundamental para diminuir o escoamento superficial e conseqüentemente diminuir o potencial de contaminação por nutrientes. Dessa forma os horticultores deveriam adotar práticas conservacionistas sejam elas mecânicas ou culturais pelo menos nos períodos de maior ocorrência de chuva.

6. As elevadas concentrações e perdas de nitrato na água do escoamento superficial no sistema orgânico é preocupante, considerando tanto a qualidade de água superficial como subsuperficial. O nitrato é preferencialmente perdido por lixiviação, portanto altas concentrações na água do escoamento superficial indica um grande potencial de contaminação da água subsuperficial. O problema se torna maior considerando que o município de Colombo abriga parte do aquífero Karst.

LITERATURA CITADA

APHA, A.E.G.; AWWA, A.D.E.; WEF, L.S.C. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 19 ed. Washington D.C.: American Public Health Association, 1995.

BERTOL, I.; SCHICK, J.; BATISTELA, O.; LEITE, D.; AMARAL, A.J. Erodibilidade de um Cambissolo húmico alumínico léptico determinada sob chuva natural entre 1989e 1998 em Lages (SC). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, p.465-471, 2002.

BERTOL, I.; MELLO, E.L.; GUADAGNIN, J.C.; ZAPAROLLI, A.L.; CARRAFA, M. R. Nutrients losses by water erosion. **Sciencia Agrícola**, v.3, p.581-586, 2003.

BERTOL, I.; LEITE, D.; GUADAGNIN, J.C.; RITTER, S.R. Erosão hídrica em um Nitossolo Háplico submetido a diferentes sistemas de manejo sob chuva simulada. II perdas de nutrientes e carbono e orgânico. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.28, p. 1045-1054, 2004.

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

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Humano e Meio Ambiente. **Resolução CONOMA nº. 357** de 17 de março de 2005. Brasília 23p.

GONÇALVES, C.S. **Qualidade de águas superficiais na microbacia hidrográfica do Arroio lino Nova Boêmia – Agudo – RS**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Santa Maria, 89p. 2003.

GUADAGNIN, J.C. **Perdas de nutrientes e carbono orgânico pela erosão hídrica, em um Cambissolo Húmico Alumínico léptico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo**. Lages, Dissertação de mestrado Universidade do Estado de Santa Catarina, 2003, 150p.

HART, M.R.; QUIN, B.F.; LONG NGUYEN, M. Phosphorus runoff from agricultural land and direct fertilizer effects: A review. **Journal of Environmental Quality**, v.33, p.1954-1972, 2004.

KLEINMAN, P.J.A.; SRINIVASAN, M.S.; DELL, C.J.; SCHIMIDT, J.P.; SHARPLEY, A.N.; BRYANT, R.B. Role of rainfall intensity and hydrology in nutrient transport via surface runoff. **Journal Environment Quality**, v.35, p.1248-1259, 2006.

MCDOWELL, R. W.; SHARPLEY, A. N.; CONDRN, L.M. Processes controlling soil phosphorus release to runoff and implications for agricultural management. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.59, p.269-284, 2001.

MELLO, E.L. **Erosão hídrica em diferentes sistemas de manejo do solo sobre chuva simulada**. Universidade estadual de Santa Catarina, Lages, Dissertação de mestrado. 88p. 2002.

MYERS, R.G.; PIERZYNSKI G. M. **Using the iron method to estimate bioavailable phosphorus in runoff** In: PIERZYNSKI G. M. Methods of Phosphorus Analysis for Soils, Sediments, Residuals, and Waters. Southern Cooperative Series Bulletin No. 396 June, 2000. http://www.soil.ncsu.edu/sera17/publications/sera17-2/pm_cover.htm

POTE, D.H.; DANIEL, T.C.; NICHOLS, D.J.; SHARPLEY, A.N.; MOORE, P.A.; MILLER, D.M.; EDWARDS, D.R. Relationship between phosphorus levels in three ultisol and phosphorus concentrations in runoff. **Journal Environmental Quality**, Vol 28, p170-175,1998.

REYNOLDS, C. S.; DAVIES, P. S. Sources and bioavailability of phosphorus fractions in freshwaters: a British perspective. **Biology Review**, v.76, p.27-64, 2001.

SCHICK, J.; BERTOL, I.; ALINOT JÚNIOR, A.A.; BATISTELA, O. Erosão hídrica em Cambissolo húmico alumínico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v.24, p.437-447, 2000.

SHARPLEY, A.N; ROBINSON, S.J.; SMITH, S.J. Bioavailable phosphorus dynamics in agricultural soils and effects on water quality. **Science of the Total Environmental**. Geoderma v.67, p.1-15, 1995.

SHARPLEY, A. N. & HALVORSON, A. D. The management of soil phosphorus availability and its impact on surface water quality. In: LAL, R.; STEWART, B.A. **Soil Process and Water quality**, Boca Raton: Lewis publishes, 1994.

SHARPLEY, N.A. An innovative approach to estimate bioavailable phosphorus in agricultural runoff using iron oxide-impregnated paper. **Journal of Environmental Quality**, v.22, p.597-601, 1993.

SHARPLEY, A. N.; SMITH, S. J.; JONES, O. R.; JONES, O.R.; BERG, W.A; COLEMAN, G.A. The transport of bioavailable phosphorus in agricultural runoff. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v.21, p.30-35, 1992.

SHARPLEY, A. N. & MENZEL, R. G. The impact of soil and fertilizer phosphorus on the environment. **Advances in Agronomy**, v.41, p.297-324, 1987.

SHIGAKI, F.; SHARPLEY, A.; PROCHONW, L.I. Rainfall intensity and phosphorus source effects on phosphorus transport in surface from soil trays. **Science of the Total Environmental**, v.373, p.334-343, 2007.

SIMS, J.T.; SIMARD, R.R.; JOERN, B.C.; Phosphorus loss in agricultural drainage: historical and current research. **Journal Environmental Quality**, v.27, p. 277-293, 1997.

SMITH, S. J.; SHARPLEY, A. N.; BERG, W. A. et al. Water quality characteristics associated with southern plains grasslands. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v.21, p.595-601, 1992.

CONCLUSÃO GERAL

O sistema de produção de hortaliças convencional apresentou menor qualidade dos atributos físicos na camada de 0-5 cm do solo e por consequência maior perda de solo e água, porém muito abaixo do valor agronomicamente tolerável.

O escoamento superficial provindo dos sistemas de produção é potencialmente poluidor dos cursos d'água, pois tanto para o nitrogênio como para o fósforo as concentrações estão acima dos limites máximos permitidos pela legislação.

As maiores concentrações e perdas de fósforo se deram no sistema convencional, no entanto, a porcentagem biodisponível de fósforo foi maior

proporcionalmente no sistema orgânico, apesar deste ter apresentado menores concentrações e perdas, indicando o maior potencial poluidor a curto prazo. Com relação ao nitrogênio, as maiores concentrações e perdas ocorreram no sistema orgânico, o que é extremamente preocupante, especialmente para o nitrogênio na forma de nitrato. Esse nutriente é preferencialmente perdido por lixiviação, portanto altas concentrações na água do escoamento superficial indica um grande potencial de contaminação da água subsuperficial. O problema se torna maior considerando que o município de Colombo abriga parte do aquífero Karst.

De uma maneira geral as perdas de fósforo e nitrogênio foram concentradas no verão, período de maior ocorrência de chuvas e preparo do solo para plantio, demonstrando que a presença de vegetação sobre o solo é fundamental para diminuir o escoamento superficial e conseqüentemente diminuir o potencial de contaminação por nutrientes.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As amostras de solo para avaliação dos atributos físicos foram coletadas em três posições na paisagem (terço superior, médio e inferior), no entanto foram analisadas como repetições em cada encosta. Para um maior detalhamento seria interessante também analisar a influência da posição na paisagem coletando no mínimo três amostras de solo em cada terço da encosta. Outro aspecto a ser considerado é a profundidade do solo. Neste trabalho se avaliou somente os primeiros 20 cm, no entanto recomenda-se amostrar também as camadas inferiores, na qual espera-se um menor efeito do preparo do solo.

Neste trabalho foi possível medir somente o volume de chuva diário através de um pluviômetro, no entanto recomenda-se avaliar também a intensidade e a duração dos eventos de chuva, pois ambos são determinantes em estudos de pequena escala.

A determinação da concentração e perda de sedimentos foi através da coleta de uma subamostra nos baldes coletores do escoamento superficial,

devido ao grande volume escoado das encostas bem como da necessidade de usar parte do escoamento na determinação de outros parâmetros de qualidade de água. No entanto, para maior precisão, sempre que possível recomenda-se processar toda a amostra por evaporação ou decantação, a fim de eliminar possíveis depósitos de sedimento no fundo do balde.

Uma das desvantagens de se trabalhar em escala de encosta ou pequenas bacias hidrográficas é a dificuldade de se aplicar métodos estatísticos convencionais considerando a impossibilidade de repetir a unidade de estudo. Outro aspecto que deve ser considerado é a impossibilidade de controlar a variabilidade espacial de solo e relevo entre outros e ainda a variabilidade temporal no que se refere à chuva precipitação e manejo do solo, o que dificulta a comparação entre unidades bem como a extrapolação dos resultados para bacias maiores.

APÊNDICE

TABELA 1 - AUTOVALORES (λ) DAS COMPONENTES PRINCIPAIS EXTRAÍDAS DA MATRIZ DE CORRELAÇÃO DAS VARIÁVEIS DOS ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO, PERCENTUAIS DAS VARIÂNCIAS ASSOCIADAS DO PRIMEIRO AO TERCEIRO FATOR, E PERCENTUAIS DAS VARIÂNCIAS ACUMULADAS.

Fatores	Autovalores	% Variância do Fator	% Var. Acumulada
1	289.305.961	0.4133	0.4133
2	158.736.702	0.2268	0.6401
3	119.660.962	0.1709	0.8110

TABELA 2 - AUTOVALORES (λ) DAS COMPONENTES PRINCIPAIS EXTRAÍDAS DA MATRIZ DE CORRELAÇÃO DAS VARIÁVEIS DAS PERDAS DE NUTRIENTES, PERCENTUAIS DAS VARIÂNCIAS ASSOCIADAS DO PRIMEIRO AO TERCEIRO FATOR, E PERCENTUAIS DAS VARIÂNCIAS ACUMULADAS.

Fatores	Autovalores	% Variância do Fator	% Var. Acumulada
1	5,80848615	0,3872	0,3872
2	4,74700827	0,3165	0,7037
3	3,64841269	0,2432	0,9469

TABELA 3 - AUTOVALORES (λ) DAS COMPONENTES PRINCIPAIS EXTRAÍDAS DA MATRIZ DE CORRELAÇÃO DAS VARIÁVEIS DAS CONCENTRAÇÕES DE NUTRIENTES, PERCENTUAIS DAS VARIÂNCIAS ASSOCIADAS DO PRIMEIRO AO TERCEIRO FATOR, E PERCENTUAIS DAS VARIÂNCIAS ACUMULADAS.

Fatores	Autovalores	% Variância do Fator	% Var. Acumulada
1	7,31075295	0,2437	0,2437
2	6,67227639	0,2224	0,4661
3	5,14713679	0,1716	0,6377
4	3,36660135	0,1122	0,7499
5	2,38603615	0,0795	0,8294
6	1,53221896	0,0511	0,8805

TABELA 4 - ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO EM TRÊS PROFUNDIDADES ESTUDADAS

Sistemas	Profundidade	Repetição*	Condutiv	Densolo	Denspart	Porotot	Micro	Macro	DMPu
Convencional	0-5	1	58,7	1,0	2,3	54,6	46,5	8,0	2,4
Convencional	0-5	2	93,7	0,9	2,3	59,2	37,8	21,4	2,6
Convencional	0-5	3	48,8	0,8	2,3	64,2	43,2	21,0	2,3
Convencional	5-10	1	50,4	1,1	2,5	56,0	43,1	12,8	2,8
Convencional	5-10	2	207,2	0,9	2,5	62,8	35,4	27,4	3,3
Convencional	5-10	3	58,6	0,8	2,5	66,5	43,7	22,8	3,2
Convencional	10-20	1	131,0	0,9	2,3	62,5	36,5	26,0	2,7
Convencional	10-20	2	277,3	1,0	2,3	57,7	38,5	19,1	3,3
Convencional	10-20	3	380,6	0,7	2,3	68,4	41,2	27,2	3,4
Mata	0-5	1	137,3	0,8	2,3	67,1	14,5	52,6	3,6
Mata	0-5	2	ND	0,9	2,3	61,2	25,0	36,2	3,6
Mata	0-5	3	287,9	0,8	2,3	66,8	33,6	33,1	4,1
Mata	5-10	1	138,6	0,8	2,4	64,8	18,8	45,9	3,7
Mata	5-10	2	76,7	0,9	2,4	60,7	32,7	28,0	3,4
Mata	5-10	3	345,2	0,9	2,4	61,9	41,9	20,0	4,2
Mata	10-20	1	ND	1,0	2,5	61,0	31,4	29,6	3,6
Mata	10-20	2	237,0	1,0	2,5	61,6	34,3	27,3	3,1
Mata	10-20	3	224,3	0,9	2,5	62,7	46,1	16,5	3,4
Orgânico	0-5	1	156,5	0,8	2,4	65,2	39,2	26,0	3,0
Orgânico	0-5	2	ND	0,8	2,4	67,9	31,5	36,4	3,5
Orgânico	0-5	3	ND	0,9	2,4	64,6	35,8	28,8	3,9
Orgânico	5-10	1	ND	0,8	2,4	66,1	36,3	29,8	3,3
Orgânico	5-10	2	299,8	1,0	2,4	57,2	41,4	15,8	4,2
Orgânico	5-10	3	16,8	1,0	2,4	58,3	40,9	17,5	3,7
Orgânico	10-20	1	ND	0,8	2,5	66,8	66,8	ND	3,8
Orgânico	10-20	2	34,2	1,1	2,5	57,9	44,6	13,2	3,7
Orgânico	10-20	3	395,1	1,0	2,5	59,6	44,5	15,1	3,5

*1 terço superior; ² terço médio; ³ terço inferior; ND- não determinado; Condutiv:condutividade hidráulica, Densolo:densidade do solo, Denspart: densidade de particulado, Porotot: porosidade total, Micro:microporosidade, Macro: macroporosidade, DMPu: diâmetro médio ponderado úmido

APÊNDICE



FOTO 1: A – VOLUME DE ESCOAMENTO NO BALDE DA ENCOSTA SOB CULTIVO ORGANICO, B - USO E COBERTURA DO SOLO SOB CULTIVO ORGÂNICO, C - ASPECTO DA RODA DE COSCHOCTON NA DATA DE COLETA DE 07 DE DEZ DE 07.

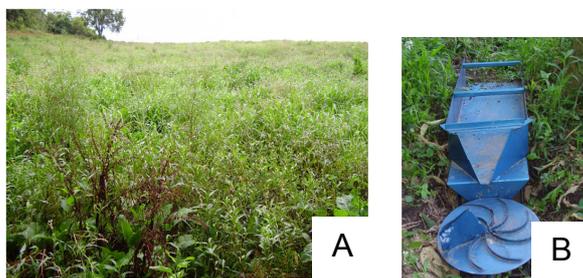


FOTO 2: A - USO E COBERTURA DO SOLO NA ENCOSTA SOB SISTEMA CONVENCIONAL, B - ASPECTO DA RODA DE COSCHOCTON EM 07 DE DEZ DE 2007.



FOTO 3: A - USO E COBERTURA DO SOLO NA ENCOSTA SOB CULTIVO CONVENCIONAL, B - VOLUME DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL NA ENCOSTA SOB CULTIVO CONVENCIONAL C - ASPECTOS DA RODA DE COSCHOCTON EM 22 FEV DE 2007.

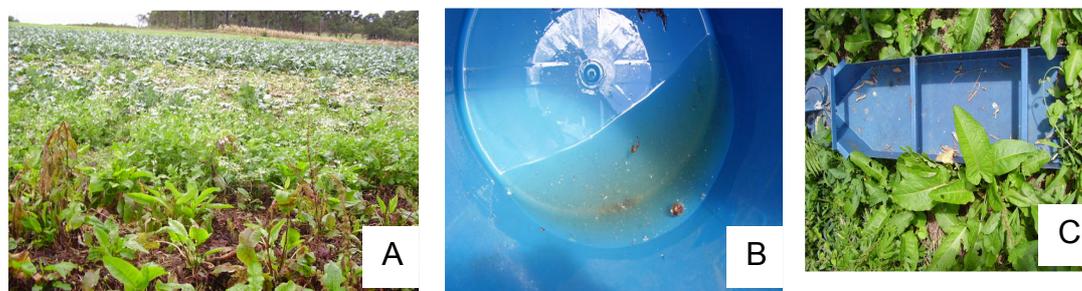


FOTO 4: A - USO E COBERTURA NA ENCOSTA SOB CULTIVO ORGÂNICO, B – BALDE DE COLETA DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL NA ENCOSTA SOB CULTIVO ORGÂNICO. C – ASPECTOS DA RODA DE COSCHOCTON NA DATA DE 22 DE FEV DE 2007.