

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

EDIVAN JOSÉ POSSAMAI

**MANEJO DO SOLO EM ESTABELECIMENTOS REFERÊNCIA DA
AGRICULTURA FAMILIAR**

DISSERTAÇÃO

PATO BRANCO

2012

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

EDIVAN JOSÉ POSSAMAI

**MANEJO DO SOLO EM ESTABELECIMENTOS REFERÊNCIA DA
AGRICULTURA FAMILIAR**

DISSERTAÇÃO

PATO BRANCO

2012

EDIVAN JOSÉ POSSAMAI

**MANEJO DO SOLO EM ESTABELECIMENTOS REFERÊNCIA DA
AGRICULTURA FAMILIAR**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Campus* Pato Branco, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agronomia - Área de Concentração: Produção Vegetal.

Orientador: Dr. Paulo Cesar Conceição

PATO BRANCO

2012

P856m Possamai, Edivan José.
Manejo do solo em estabelecimentos referência da agricultura familiar /
Edivan José Possamai. -- Pato Branco. UTFPR, 2012.
95 f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Cesar Conceição
Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Pato Branco, PR, 2012.
Bibliografia: f. 85 – 90.

1. Manejo de Solo. 2. Integração Lavoura-Pecuária. 3. Qualidade de Solo. I. Conceição, Paulo Cesar, orient. II. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. III. Título.

CDD 22. ed. 630



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Pato Branco
Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Programa de Pós-Graduação em Agronomia



TERMO DE APROVAÇÃO

Título da Dissertação n° 059

MANEJO DO SOLO EM ESTABELECIMENTOS REFERÊNCIA DA AGRICULTURA FAMILIAR

por

EDIVAN JOSÉ POSSAMAI

Dissertação apresentada às 14 horas do dia 27 de fevereiro de 2012, como requisito parcial para obtenção do título de MESTRE EM AGRONOMIA, Linha de Pesquisa – Integração Lavoura-Pecuária, Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Área de Concentração: Produção Vegetal) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Campus Pato Branco*. O candidato foi argüido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho APROVADO.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Luis César Cassol
UTFPR

Dr. Augusto Vaghetti Luchese
UTFPR

Dr. Renato Yagi
IAPAR

Prof. Dr. Paulo Cesar Conceição
UTFPR
Orientador

Visto da Coordenação:

Prof. Dr. André Brugnara Soares
Coordenador do PPGAG

“A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Programa”

Dedico à minha família.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Emater-PR, pela oportunidade concedida para a realização do mestrado. Em especial ao ex-Diretor Presidente Arnaldo Bandeira e ao ex-Gerente Estadual de Desenvolvimento de Pessoal Paulo Renato Taschetto pelo apoio na liberação para o mestrado, aos Gerentes Regionais Ilário João Caglioni e Luiz Francisco Lovato pela compreensão e apoio quando necessário em vários momentos, ao José Antônio Nunes Vieira pelas contribuições com as informações e experiências do Projeto Redes de Referências para a Agricultura Familiar e pelo conhecimento das famílias estudadas, aos colegas Roque Kirchner e Rosane Dalpiva Bragato pela troca de informações e conhecimentos em vários momentos, e à Márcia de Andrade pela ajuda quando da inscrição no processo de seleção.

À UTFPR, Câmpus Pato Branco, ao Curso de Agronomia e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia (PPGAG), pela oportunidade em realizar o mestrado.

Ao professor Dr. Paulo Cesar Conceição, pela amizade, disposição e paciência na orientação dos trabalhos, e principalmente pelo apoio na realização desta proposta de trabalho que partiu de uma realidade vivida enquanto extensionista rural. Agradeço-o imensamente por ter apoiado esta idéia, mesmo sabendo das dificuldades e das dúvidas sobre onde chegaríamos com tal propósito.

Aos professores do PPGAG e do Curso de Agronomia da UTFPR, Câmpus Pato Branco, Profa. Dra. Tangriani Simioni Assmann, Prof. Dr. Luís César Cassol, Profa. Dra. Nilvânia Aparecida de Mello e Prof. Dr. João Alfredo Braidá, que contribuíram para a construção e os resultados desta proposta de trabalho e conhecimento.

À equipe do Laboratório de Solos da UTFPR, Câmpus Pato Branco e aos seus estagiários: Minato, Tabolka, Adauto e Luana, e estagiários do Câmpus Dois Vizinhos: Jaqueline, Cristiane e Ana, pelo apoio na condução das atividades laboratoriais e de campo.

Aos colegas do mestrado, pela convivência e troca de informações em sala de aula, laboratórios e corredores.

Aos colegas do Iapar de Pato Branco, envolvidos no Projeto Redes de Referências para a Agricultura Familiar, pela troca de informações sobre as atividades do projeto.

Aos agricultores colaboradores do Projeto Redes de Referências para a Agricultura Familiar, que gentilmente se dispuseram em participar das pesquisas, abrindo suas unidades familiares. O convívio e a amizade proporcionada durante a realização deste trabalho com estas famílias são fatos preciosos e que merecem os mais profundos sentimentos de gratidão e apreço. Como não citar os exemplos da força de vontade, dedicação e união da família de Bortoli e do curioso e prestativo menino Eric que relutava em não ir às aulas para me acompanhar nas coletas das amostras de solo. A família Santin pelo exemplo de dedicação e trabalho na atividade leiteira. A família Luvison pela determinação, tradição e trabalho. A família Liprieiri pela simplicidade e carisma. E a grande família Pizolato pelo exemplo de união e força.

À minha família e aos amigos, pelo apoio e incentivo para a realização de mais esta etapa da vida.

Em especial, à minha amada Angela, pelo apoio, amizade, carinho e compreensão nos diferentes momentos deste período.

Muito obrigado a todos.

“A terra será o que são os seus homens.”

(Provérbio Asteca)

RESUMO

POSSAMAI, Edivan José. **Manejo do Solo em Estabelecimentos Referência da Agricultura Familiar**. 95 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Área de Concentração: Produção vegetal), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2012.

A região Sudoeste do Paraná é caracterizada pela presença de agricultores familiares, os quais desenvolvem sistemas diversificados, a exemplo do sistema “leite+grãos” em integração lavoura-pecuária (ILP), com o uso de uma mesma área para produção de lavouras anuais no verão e pastagens anuais no inverno. Porém, a introdução de animais em áreas de lavouras acaba por promover alterações nos atributos dos solos, especialmente sobre a densidade, porosidade, agregação, matéria orgânica do solo (MOS) e ciclagem de nutrientes. Vários estudos têm demonstrado que quando são adotadas práticas de manejo adequadas na ILP, não há perdas em relação à manutenção ou melhoria de atributos químicos, físicos e biológicos do solo. Este trabalho objetivou avaliar o comportamento de atributos químicos e físicos de solos manejados sob ILP por cinco agricultores, comparando-os com área de pastagem de verão (PV) e de vegetação nativa (MA), sob o ponto de vista da manutenção da qualidade do solo. As áreas manejadas em ILP ou PV apresentam bons índices de acidez e correlatos (pH, V%, Ca, Mg e m%) e potássio (K) com níveis médios e altos, sendo o fósforo (P) o nutriente que apresentou menores níveis, principalmente em subsuperfície do solo. Ocorreu uma possível transferência de nutrientes das áreas de ILP para as áreas de PV, em função de ser a PV o local de maior tempo de permanência dos animais em pastejo ou simples pousio durante todo o ano. Já os estoques de carbono orgânico total (COT) foram inferiores nas áreas manejadas em comparação à vegetação nativa. Para densidade e macroporosidade, as áreas manejadas apresentaram, respectivamente, maiores e menores valores em relação a MA, onde a densidade não apresentou níveis restritivos ao desenvolvimento das plantas, mas a macroporosidade apresentou valores em nível restritivo ou próximo deste. Para diâmetro médio ponderado (DMP) de agregados, observou-se efeito principalmente em superfície, com maior DMP para as áreas de PV.

Palavras-chave: Manejo de Solo. Integração Lavoura-Pecuária. Qualidade de Solo.

ABSTRACT

POSSAMAI, Edivan José. **Soil Management in Establishments References from Family Farming**. 95 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Área de Concentração: Produção vegetal), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2012.

The Southwest region of Paraná is characterized by the presence of family farmers who develop diverse systems, such as the system "milk + grain" in crop-livestock integration (ILP) with the use of the same area for crop production annual summer and winter annual pastures. However, the introduction of animals in the area of crop ends up promoting changes in the characteristics of the soils, especially on the density, porosity, aggregation, soil organic matter (MOS) and nutrient cycling. Several studies have shown that when management practices are adopted in the appropriate ILP, there is no loss in relation to the maintenance or improvement of the chemical properties, physical and biological soil. This study aimed to evaluate the behavior of chemical and physical attributes of soils managed under ILP by five farmers, comparing them to summer pasture area (PV) and native vegetation (MA) in order to identify potential problems in maintaining quality of soils. The areas managed in ILP or PV have good levels of acidity and related (pH, V%, Ca, Mg and m%) and potassium (K) with medium to high levels, and phosphorus (P) that had lower nutrient levels, especially in subsurface. There was a possible transfer of nutrients from areas of ILP to the areas of PV, in function of the PV to be the point of maximum residence time of grazing animals or simple fallow throughout the year. The stocks of total organic carbon (COT) were lower in managed areas compared to native vegetation. For density and macroporosity, had managed areas, respectively, higher and lower values compared to MA, where the density levels showed no restrictive development of plants, but macroporosity values were restrictive in or near this level. For mean weight diameter (DMP) of aggregates, observed an effect mainly on the surface, with higher DMP in the areas of PV.

Keywords: Soil Management. Crop-Livestock Integration. Soil Quality.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 - Correlação entre os teores de matéria orgânica do solo (MOS) e capacidade de troca de cátions (CTC), de solos de cinco estabelecimentos agropecuários, sob integração lavoura-pecuária (ILP), pastagem de verão (PV) e vegetação nativa (MA), nas camadas de 0-5 cm, 5-10 cm e 10-20 cm de profundidade. Sudoeste do PR. Ano de 2010.63
- Figura 2 - Correlação entre carga animal e variação nos estoques de carbono orgânico total (COT), de áreas de integração lavoura-pecuária (ILP) em comparação à vegetação nativa (MA), em cinco estabelecimentos agropecuários. Sudoeste do PR. Ano 2010.65
- Figura 3 - Variação da densidade de solos sob integração lavoura-pecuária - ILP (a) e pastagem de verão - PV (b) e, macroporosidade de solos sob ILP (c) e PV (d), em cinco estabelecimentos agropecuários. Sudoeste do PR. Ano 2010.72
- Figura 4 - Correlação entre carga animal e densidade do solo sob integração lavoura-pecuária (ILP), em três profundidades e em cinco estabelecimentos agropecuários. Sudoeste do PR. Ano 2010.....74
- Figura 5 - Correlação da densidade do solo com a porosidade total, microporosidade e macroporosidade de solos sob integração lavoura-pecuária (ILP), pastagem de verão (PV) e vegetação nativa (MA) em cinco estabelecimentos agropecuários para os dados obtidos nas profundidades de 0-5 cm, 5-10 cm e 10-20 cm. Sudoeste do PR. Ano 2010.76
- Figura 6 - Percentagem de agregados maiores que 2 mm (a,b,c) e diâmetro médio ponderado-DMP (d,e,f) de solos de cinco estabelecimentos agropecuários, em integração lavoura-pecuária (ILP), pastagem de verão (PV) e vegetação nativa (MA), e três profundidades. Sudoeste do PR. Ano 2010.78
- Figura 7 - Correlação entre diâmetro médio ponderado (DMP) e matéria orgânica do solo (MOS) de solos de cinco estabelecimentos agropecuários, sob integração lavoura-pecuária (ILP), pastagem de verão (PV) e vegetação nativa (MA). Sudoeste do PR. Ano 2010.....81

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resumo do manejo adotado nas áreas de integração lavoura-pecuária (ILP) e pastagem permanente de verão (PPV) em Honório Serpa - PR. .40	40
Tabela 2 - Resumo do manejo adotado em áreas de integração lavoura-pecuária (ILP) e pastagem permanente de verão (PPV) em Saudade do Iguazu - PR.44	44
Tabela 3 - Resumo do manejo adotado nas áreas de integração lavoura-pecuária (ILP) e pastagem permanente de verão (PPV) em Vitorino – PR.....47	47
Tabela 4 - Resumo do manejo adotado nas áreas de integração lavoura-pecuária (ILP) e pastagem anual de verão (PAV) em Pato Branco – PR.50	50
Tabela 5 - Resumo do manejo adotado nas áreas de integração lavoura-pecuária (ILP) e pastagem permanente de verão (PPV) em Ampére – PR.53	53
Tabela 6 - Atributos químicos de solos sob mata, em três profundidades, de cinco estabelecimentos agropecuários. Sudoeste do PR. Ano 2010.....55	55
Tabela 7 - Atributos químicos de solos sob integração lavoura-pecuária (ILP), em três profundidades, de cinco estabelecimentos agropecuários. Sudoeste do PR. Ano 2010.57	57
Tabela 8 - Atributos químicos de solos sob pastagem de verão (PV), em três profundidades, de cinco estabelecimentos agropecuários. Sudoeste do PR. Ano 2010.58	58
Tabela 9 - Somatório de NPK e calagem utilizada no triênio 2008/2009/2010.....59	59
Tabela 10 - Estoque de Carbono Orgânico Total (COT) em massa equivalente, de solos sob vegetação nativa (MA), integração lavoura-pecuária (ILP) e pastagem de verão (PV), em cinco estabelecimentos agropecuários, na camada de 0-20 cm. Sudoeste do PR. Ano 2010.64	64
Tabela 11 - Valores de densidade, porosidade total, macroporosidade e microporosidade do solo de cinco estabelecimentos agropecuários, sob integração lavoura-pecuária (ILP), pastagem de verão (PV) e vegetação nativa (MA), em três profundidades. Sudoeste do PR. Ano 2010.68	68

LISTA DE SIGLAS

DERAL/SEAB	Departamento de Economia Rural da Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do Paraná
Emater-PR	Instituto Paranaense de Assistência Técnica e Extensão Rural
Embrapa	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Iapar	Instituto Agronômico do Paraná
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
Ipardes	Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social
PR	Unidade da Federação – Paraná
RS	Unidade da Federação – Rio Grande do Sul
SC	Unidade da Federação – Santa Catarina
SEAB	Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do Paraná
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
USDA-NRCS	United States Department of Agriculture - National Resources Conservation Service

LISTA DE ABREVIATURAS

μm	Micrômetro
Al	Alumínio
C	Carbono
Ca	Cálcio
cm	Centímetro
cm^3	Centímetro cúbico
CO_2	Dióxido de carbono ou gás carbônico
COT	Carbono orgânico total
CTC	Capacidade de troca de cátions
DMP	Diâmetro médio ponderado
Fe	Ferro
g	Gramma
ha	Hectare
ILP	Integração lavoura-pecuária
K	Potássio
kg	Quilograma
km^2	Quilômetro quadrado
m%	Saturação por alumínio
MA	Vegetação nativa
mca	Metro de coluna de água
Mg	Magnésio
Mg ha^{-1}	Megagrama por hectare
ml	Mililitro
mm	Milímetro
MO	Matéria orgânica
MOS	Matéria orgânica do solo
N	Nitrogênio
NaOH	Hidróxido de sódio
NPK	Nitrogênio – Fósforo – Potássio
P	Fósforo
PAV	Pastagem anual de verão
pH	Potencial hidrogeniônico
PPV	Pastagem permanente de verão
PV	Pastagem de verão
Pv	Peso vivo animal
QS	Qualidade do Solo
SPD	Sistema de plantio direto
TFSE	Terra fina seca em estufa
V%	Índice de saturação por bases

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 REVISÃO DE LITERATURA	18
2.1 MANEJO E QUALIDADE DO SOLO	18
2.1.1 QUALIDADE DO SOLO, MATÉRIA ORGÂNICA E AGREGAÇÃO DO SOLO	20
2.2 INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA E MANEJO DOS SOLOS	22
2.2.1 ATRIBUTOS QUÍMICOS DE SOLOS SOB INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA	24
2.2.2 ATRIBUTOS FÍSICOS DE SOLOS SOB INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA	26
2.3 AGRICULTURA FAMILIAR E O SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA NA REGIÃO SUDOESTE DO PARANÁ	29
2.4 O PROJETO REDES DE REFERÊNCIAS PARA A AGRICULTURA FAMILIAR	31
3 MATERIAIS E MÉTODOS	33
3.1 CARACTERIZAÇÃO DOS ESTABELECIMENTOS AGROPECUÁRIOS EM ESTUDO	37
3.1.1 ÁREAS DE ESTUDO EM HONÓRIO SERPA-PR	37
3.1.2 ÁREAS DE ESTUDO EM SAUDADE DO IGUAÇU-PR	41
3.1.3 ÁREAS DE ESTUDO EM VITORINO-PR	45
3.1.4 ÁREAS DE ESTUDO EM PATO BRANCO-PR	48
3.1.5 ÁREAS DE ESTUDO EM AMPÉRE-PR	51
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	54
4.1 ATRIBUTOS QUÍMICOS	54
4.2 ATRIBUTOS FÍSICOS	66
4.2.1 DENSIDADE E POROSIDADE DOS SOLOS	66
4.2.2 AGREGAÇÃO DOS SOLOS	77
5 CONCLUSÕES	82
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	83
7 REFERÊNCIAS	85
APÊNDICES	92
ANEXOS	94

1 INTRODUÇÃO

A região Sudoeste do Paraná possui como uma de suas principais características a forte presença da agricultura familiar, desde o início do processo colonizador, nas décadas de 1950 a 1970, até os dias atuais, onde 87,6% dos estabelecimentos rurais da região são de agricultores familiares. Os sistemas produtivos praticados por esta categoria social, nesta região, basearam-se no arranjo de diversas produções agrícolas e pecuárias ao mesmo tempo, formando sistemas diversificados. Atualmente, esta diversificação está baseada principalmente na produção agrícola de grãos (soja, milho e feijão), na bovinocultura leiteira e na avicultura integrada, conferindo aos agricultores familiares melhor uso da estrutura produtiva, principalmente no uso da terra, bem como diluição dos riscos climáticos e de mercado, diversificação das fontes de rendas e melhor utilização do trabalho familiar.

O sistema de integração da lavoura-pecuária (ILP), entendido para esta região como o uso dos solos para produção de grãos no verão e pastagens no inverno para bovinos, em sistema de sucessão no mesmo ano agrícola, tem sido muito praticado pelos agricultores, onde se estima que entre 53,3% a 79,7% dos estabelecimentos desenvolvem sistemas de integração das lavouras com a bovinocultura, especialmente a bovinocultura leiteira na agricultura familiar. Ainda, destaca-se que a bovinocultura de leite está em expansão nesta região, a qual já aparece como a sétima principal região produtora de leite do Brasil.

Dada a importância do sistema ILP para os agricultores da região Sudoeste do Paraná, e do Sul do Brasil, na última década intensificaram-se as pesquisas sobre este sistema visando compreender a dinâmica da interação solo-planta-animal, sob o ponto de vista dos impactos no solo e nos desempenhos vegetal e animal, indicando práticas de manejo que garantam a viabilidade do sistema. Exemplo deste esforço da pesquisa foi a realização de três “Encontro de Integração Lavoura-Pecuária do Sul do Brasil”, realizados nos anos de 2002, 2007 e 2011, nos quais se buscou discutir os principais problemas e soluções para este sistema de produção, principalmente na relação com o manejo do solo.

Dentre os fatores produtivos solo-planta-animal, que interagem num sistema de ILP, o solo passa a ter destaque, em vista de que é a base dos sistemas produtivos, pois dele dependem as plantas para crescimento e produção, seja de

grãos ou de forragens, e conseqüentemente os animais que necessitam das plantas para se alimentarem. Empiricamente, tem-se a concepção de que a introdução de animais em uma área de lavoura trará conseqüências que levarão à perda da fertilidade dos solos, pois haverá a remoção de biomassa e de nutrientes da área pelo pastejo dos animais, reduzindo a palhada necessária para a realização do sistema plantio direto (SPD) e a ciclagem de nutrientes. Além disto, pressupõem-se alterações nas características físicas do solo em função do pisoteio animal, com o aumento da densidade do solo e formação de selamento superficial que acarretam na sua degradação. Porém estudos demonstram que quando há a adoção de práticas como adubação do sistema e não da cultura, ajuste da carga animal de pastejo de forma a evitar o superpastejo, diferimento das áreas ao final do ciclo das pastagens, entre outros manejos, não há perdas de produção e produtividade das lavouras e das pastagens. Pelo contrário, observa-se boa produtividade e produção vegetal e animal, não havendo problemas de solos, sejam eles químicos, físicos ou biológicos. Ou seja, o sistema de ILP, quando manejado adequadamente, proporciona ganhos em produtividade vegetal e animal, sem prejudicar a fertilidade dos solos e a viabilidade do sistema produtivo.

Dentre os trabalhos de extensão rural e assistência técnica para os agricultores familiares do Paraná, um dos principais é o “Projeto Redes de Referências para a Agricultura Familiar”, como uma política pública envolvendo Emater-PR, Iapar e outras instituições, iniciado em 1998. Este Projeto objetiva a intervenção planejada da extensão e da pesquisa com os agricultores familiares, visando implantar ações de melhoria dos sistemas produtivos, gerando referências que são difundidas para os demais agricultores de determinada região. Na região Sudoeste do Paraná, os trabalhos iniciados em 1998 apontaram o sistema ILP como predominante e com potencial de crescimento para os agricultores familiares.

Assim, regionalmente, os trabalhos do Projeto Redes de Referências para a Agricultura Familiar tiveram como foco sistemas produtivos que integram grãos e leite, nos quais foram desenvolvidas atividades visando ajustar as práticas de manejo do sistema ILP. Em 2010, o Projeto Redes de Referências para a Agricultura Familiar integrava 21 estabelecimentos agropecuários na região Sudoeste do Paraná, sendo que em apenas um não havia a presença do sistema ILP com “leite+grãos”.

Apesar dos processos de acompanhamento e assistência técnica praticados nestes estabelecimentos agropecuários com a indicação de práticas de manejo do sistema ILP, não se tem informações do comportamento dos atributos físicos e químicos dos solos, tendo em vista que há uma intensificação destes sistemas produtivos, principalmente com relação ao aumento dos rebanhos e da produção leiteira, e conseqüentemente aumento da demanda por produção de biomassa visando a alimentação animal. Ou seja, não há informações sobre o comportamento dos solos em nível de estabelecimentos agropecuários que permita caracterizá-los dentro de indicadores aceitáveis ou não para a produção agropecuária, e ainda se há a manutenção e melhoria da qualidade dos solos.

Assim, este estudo objetivou avaliar atributos químicos e físicos de solo de áreas de ILP de agricultores familiares do Sudoeste do Paraná, com vistas a mensurar os impactos do manejo sobre a qualidade do solo. Além disto, este trabalho teve como motivação pessoal a busca pela compreensão e qualificação das ações de atuação profissional desempenhada como extensionista rural na Emater-PR.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 MANEJO E QUALIDADE DO SOLO

O solo é tido como o recurso natural elementar e básico para os processos produtivos de alimentos, energia e fibras, sejam eles processos naturais ou antropizados, sendo que o seu manejo deve estar voltado para a garantia de qualidade ao longo do tempo.

O conceito de manejo de solo sob o foco da produção agropecuária, conforme Reichert, Reinert e Braida (2003), engloba todas as ações que são *no* e *sobre* o solo. Isto engloba desde o preparo do solo até a colheita da produção, o que inclui a semeadura ou plantio, as práticas culturais, as aplicações de calcário, fertilizantes e pesticidas, o uso da irrigação, entre outros tratamentos executados ou aplicados ao solo. As práticas de manejo de solos devem, neste sentido, manter ou melhorar a qualidade dos solos.

Segundo Vezzani e Mielniczuk (2009), foi a partir da década de 1990 que a comunidade científica começou a discutir o tema da “qualidade dos solos”, em função principalmente da importância dos solos dentro da problemática ambiental global discutida na época. Para USDA-NRCS (2011), a qualidade do solo (QS) pode ser compreendida como a sua capacidade de funcionar dentro de limites de um ecossistema natural ou manejado, de forma a sustentar a produtividade de plantas e animais, além de manter ou melhorar a qualidade do ar e da água. Vezzani e Mielniczuk (2009) ainda relatam que QS está relacionada à capacidade dos solos em aceitar, estocar e reciclar água, nutrientes e energia, sendo desta forma, a integração das propriedades biológicas, físicas e químicas do solo, mantendo estreita relação com sustentabilidade agrícola, pois a QS ao longo do tempo garantirá uma produção ambientalmente segura, economicamente viável e socialmente aceita.

A busca por identificar a QS, conforme Vezzani et al. (2008), ocorre pela necessidade de se ter uma ferramenta capaz de avaliar as práticas de manejo adotadas em sistemas agrícolas e sua relação com a sustentabilidade da agricultura e a preservação do meio ambiente, ao nível local dos agroecossistemas manejados, bem como na relação com questões que envolvem a hidrosfera, atmosfera e

biosfera. Neste mesmo contexto, USDA-NRCS (2011) cita que a visão da QS varia conforme as diferentes percepções que se tem. Por exemplo, para agricultores que trabalham na ótica produtivista, a QS é tida como a sua capacidade de manter altas produções e produtividades, lucros máximos e a sua perpetuação para futuras gerações. Já para ambientalistas, QS é tida como a capacidade de manter e aumentar a biodiversidade, a manutenção ou melhoria da qualidade da água, o constante processo de ciclagem de nutrientes e a produção de biomassa.

Vezzani e Mielniczuk (2009) revisando literatura sobre a temática apontam que há três linhas de estudo que buscam identificar a QS no âmbito dos sistemas manejados: uma que avalia qual o melhor conjunto de indicadores, observando atributos físicos, químicos e biológicos; outra que busca identificar em um único atributo a QS, tendo em vista que este atributo correlaciona-se com os demais, e neste caso o atributo mais usado é a matéria orgânica do solo (MOS) por sua capacidade de armazenar energia e matéria e condicionar demais propriedades de solo, como agregação, porosidade, densidade, capacidade de troca de cátions, ciclagem de nutrientes, entre outras; e uma terceira linha de trabalho que busca identificar QS através das relações e processos solo-planta, no qual o solo é tido como um sistema termodinâmico aberto que busca o estado de menor entropia, e a sua qualidade é obtida quando há um fluxo positivo de energia e matéria, os quais são regidos pelo fluxo de compostos orgânicos. Como resultado, a QS é expressa pelo bom desenvolvimento das plantas (VEZZANI et al., 2008; VEZZANI e MIELNICZUK, 2009).

Nesta linha de discussão, de acordo com os autores anteriormente citados e com USDA-NRCS (2011), a necessidade maior está em saber como obter e manter a QS do que simplesmente conhecer os atributos que caracterizam QS. Assim, o conhecimento das práticas de manejo de solo que contribuam para a melhoria da QS passa a ser mais importante do que simplesmente conhecer os atributos e para isto há a necessidade de uma visão sistêmica do solo e sua relação com as plantas e com o meio, onde os autores citam que os solos cultivados intensamente com plantas, preferencialmente de diferentes espécies, e sem a sua perturbação (revolvimento) são os que apresentam melhor QS, pois proporcionam uma melhor ciclagem de nutrientes, energia e água.

2.1.1 QUALIDADE DO SOLO, MATÉRIA ORGÂNICA E AGREGAÇÃO DO SOLO

A MOS é um componente fundamental para a manutenção e aumento da capacidade produtiva dos solos, sendo a principal promotora da QS. Esta concepção se dá devido a MOS afetar o sistema solo como um todo e promover a emergência de propriedades físicas, químicas e biológicas. Em relação aos atributos químicos do solo, destaca-se a relação da MOS com o aumento da ciclagem de nutrientes para as plantas (especialmente nitrogênio, fósforo, enxofre e micronutrientes), aumento da capacidade de troca de cátions (CTC) e complexação de elementos tóxicos, principalmente o alumínio. Já em relação aos atributos físicos, destaca-se o aumento da agregação do solo e estabilidade dos agregados, e por consequência as alterações na densidade e porosidade do solo, nas trocas gasosas, e na infiltração e retenção de água no solo. Por fim, referente aos atributos biológicos, a MOS promove aumento da diversidade e da atividade biológica, principalmente dos microrganismos, os quais têm papel fundamental nos processos de ciclagem dos elementos e na estruturação dos solos (ROSCOE, BODDEY e SALTON, 2006; BAYER e MIELNICZUK, 2008; VEZZANI et al., 2008).

Conforme relatam Vezzani e Mielniczuk (2009), a dinâmica dos diversos fluxos que passam pelo sistema solo, sejam eles de elementos ou de energia, é dirigido pelo fluxo de compostos orgânicos, cuja origem é o material vegetal adicionado pelas culturas e transformado pela biota edáfica na MOS. Quando há aumento do fluxo de energia e de matéria nos solos, representado pela adição de material orgânico, ocorre o processo de agregação do solo, das estruturas menores para as estruturas maiores, levando-os a altos níveis de complexidade, desejados quando se quer QS. Os autores comentam, ainda, que dentro de uma hierarquização dos níveis de organização da qualidade do solo, os níveis mais altos desta hierarquização são obtidos com a presença de macroagregados de tamanho maior e também pelo aumento dos teores de carbono (C) no solo, os quais estão diretamente ligados ao aumento da MOS. Salton et al. (2005) citam que a quantidade de macroagregados presentes em determinado solo, formados principalmente pela adição de MO, expressa a auto-organização do sistema em níveis maiores de ordem, desejáveis para produtividade do sistema e para a QS. Desta forma, o estado de agregação do solo pode ser tomado como um indicador de sua qualidade, pois há uma relação entre o aumento da agregação e o aumento dos

teores de MOS (CASTRO FILHO, MUZILLI e PODANOSCHI, 1998; SALTON et al., 2008).

Vezzani et al. (2008), citando Tisdall e Oades (1982)¹, relatam que há um processo de hierarquização da agregação do solo em função da presença da MOS. Nos agregados de pequenos tamanhos, menores que 2 μm , a MO atua no processo de interações organominerais, onde há interação entre os grupos carboxílicos e hidroxílicos da fração húmica com os minerais, especialmente a argila. Já para os microagregados, de tamanho variando entre 2 e 250 μm , os principais agregantes são as mucilagens e exsudatos dos microorganismos e das plantas que se somam ao efeito dos agrupamentos dos organominerais. Por fim, para os macroagregados com tamanho superior a 250 μm , a fração particulada da matéria orgânica passa a ser um dos principais agentes agregantes, ao redor do qual ficam retidos os organominerais simples e/ou os microagregados. Além da matéria orgânica particulada (MOP), o efeito das raízes, das hifas dos fungos e a movimentação da água e de alguns solutos do interior para a superfície dos agregados auxiliam no processo de estabilização dos agregados, além da mineralogia dos solos. Tendo em vista que as mucilagens, exsudatos e mesmo a MOP são materiais de menor recalcitrância quando comparados ao húmus, o constante aporte de material vegetal sobre o solo passa a ser de fundamental importância para a manutenção dos agregados de maiores tamanhos.

Partindo da ideia de que o solo é um sistema aberto e há um constante fluxo de matéria e energia, a manutenção dos teores de MOS em sistemas cultivados depende de que as entradas de C sejam iguais ou superiores as perdas, a fim de manter ou elevar os seus estoques. Desta maneira, a forma de cultivo do solo interfere na manutenção da MOS (ROSCOE, BODDEY e SALTON, 2006; BAYER e MIELNICZUK, 2008). Por exemplo, Lovato et al. (2004), estudando diferentes manejos do solo em região de clima subtropical, concluíram que para haver a manutenção dos estoques de MOS seria necessária uma adição anual de C pelas culturas de 4,20 $\text{Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ no sistema plantio direto, 7,30 $\text{Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ no cultivo reduzido e 8,90 $\text{Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ no plantio convencional. Sá et al. (2008), em estudos de longa duração em sistema plantio direto nos Campos Gerais do Estado do PR, encontraram que há uma necessidade de aporte de matéria seca de 13,84

¹ TISDAL, J. M.; OADES, J. M. Organic-Matter and Water-Stable Aggregates in Soils. **Journal of Soil Science**. Oxford, v.33. p. 141-163, 1982.

Mg ha⁻¹ ano⁻¹, 10,00 Mg ha⁻¹ ano⁻¹, 9,00 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ e 8,04 Mg ha⁻¹ ano⁻¹, respectivamente para o plantio convencional, preparo mínimo, sistema plantio direto com escarificação e sistema plantio direto permanente, sendo que somente no plantio convencional o aporte de MO obtido foi abaixo da necessidade estimada e no sistema plantio direto permanente houve o maior aumento dos estoques de MOS. Em ambos os estudos, atribui-se esta dinâmica de maior conservação da MOS em sistema com menor revolvimento do solo ao fato de que quando há revolvimento do solo há uma maior degradação da MOS devido à quebra dos agregados do solo que protegem a MOS, expondo-a aos microorganismos.

Cabe destacar que ao contrário dos atributos físicos e químicos de solos, em que se conhecem valores referenciais adequados ao desenvolvimento das plantas, para a MOS e agregação não há este limite definido. Neste sentido, Mielniczuk (2008) cita que a referência dos teores de MOS que lhe conferem qualidade variam de solo para solo, mas uma boa referência sobre seu estado é a sua comparação com os teores de MOS de áreas em estado natural.

2.2 INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA E MANEJO DOS SOLOS

A ILP pode ser definida como um sistema de produção onde há a utilização de uma mesma área com rotação de pastagens para uso animal e culturas agrícolas num mesmo ano agrícola (OLIVEIRA, 2002), que para a situação da região Sudoeste do Paraná se traduz principalmente pela prática da rotação de lavouras de milho e soja no verão – em SPD – com pastagens de inverno como a aveia e azevém voltadas a produção bovina.

Conforme Moraes et al. (2002), a ILP possui algumas vantagens enquanto sistema de produção, como a diversificação das atividades, que diminui os riscos do sistema se comparado a um sistema somente com cultivos agrícolas, melhoria no fluxo de caixa com mais entradas beneficiando principalmente pequenos produtores, melhoria na utilização da infraestrutura das propriedades de forma a otimizá-la, intensificação do uso do solo durante o ano, ciclagem de nutrientes e utilização de coberturas de solo no período de inverno com pastagens hibernais. Como ainda citam os autores, as atividades de lavouras e as atividades pecuárias não podem ser vistas como antagônicas e disputando o mesmo espaço dentro de

um sistema de produção, mas sim como atividades complementares que se somam e que quando integradas funcionam em sinergismo, proporcionando ganhos para a lavoura e para a pecuária. Entre os benefícios da ILP, Monteiro et al. (2008) citam que nas áreas de lavouras tem-se observado aumento de produtividade ou mesmo a estabilidade da produção ao longo dos anos, com redução na incidência de pragas e doenças.

A presença de animais em áreas de pastejo, conforme Assmann, Cassol e Assmann (2002), acabam por alterar as propriedades físicas e químicas do solo, com destaque para a compactação do solo e a alteração na ciclagem de nutrientes, devido o animal ser uma carga e estar constantemente em movimento sobre o solo, e consumir a produção vegetal uniformemente distribuída e retorná-la desuniformemente. Além disto, o processo de pastejo excessivo pode acarretar numa retirada excessiva de biomassa do solo, levando o mesmo a perdas dos níveis de MOS, o que pode comprometer a manutenção do SPD.

Porém, de acordo com Moraes et al. (2002) e Assmann e Assmann (2002), algumas práticas de manejo são orientadas visando corrigir problemas na qualidade física, química e biológica dos solos em sistema ILP, as quais sendo bem manejadas não interferem na dinâmica do SPD. São elas: 1) ações visando o incremento da produção primária dos vegetais, com destaque para a calagem e adubação das pastagens e das culturas produtoras de grãos e ajuste na lotação de pastagens visando equilíbrio entre produção vegetal e animal; 2) períodos de descanso das pastagens visando o desenvolvimento da parte aérea e o desenvolvimento do sistema radicular, este último auxiliando na descompactação do solo pela sua ação biológica, onde se recomenda a retirada dos animais com antecedência de 25 a 40 dias antes do manejo das áreas; 3) manutenção de no mínimo 2 Mg ha^{-1} de matéria seca após o período de pastejo para efetivar a semeadura direta sobre a palhada; 4) rotação com cultivos anuais de grãos, os quais auxiliam na descompactação do solo; 5) uso de suplementação com forragens conservadas visando ajustes da carga animal no primeiro pastejo, nos dias em que o solo tiver excesso de umidade e nos períodos de estiagem; 6) uso de máquinas de semeadura direta com disco de corte e sulcador, permitindo o rompimento da camada superficial compactada.

Em um sistema de ILP o que deve ser almejado é um correto manejo da oferta de forragem e pressão de pastejo, que aliado a uma constante cobertura

do solo, adubação das pastagens e rotação com as lavouras em SPD, ajudem e/ou revertam possíveis danos da entrada dos animais nas áreas (MORAES, RIOS E MEDRADO, 2008).

Para Moraes et al. (2002), em ILP há a necessidade de se obter altas produtividades primárias das pastagens anuais de inverno, que combinada ao ajuste da pressão de pastejo, condicionam um equilíbrio entre a produção animal – que demanda por volume de forragem – e a produção agrícola em SPD – que demanda efetiva cobertura dos solos. Desta forma, nos sistemas de ILP, há a necessidade de elevada produção de biomassa e acúmulo de MOS, a qual eleva a CTC dos solos, melhorando a ciclagem de nutrientes e a eficiência no uso de fertilizantes, os quais permaneceram nas áreas. Assim, o ideal é que o solo apresente atributos químicos favoráveis ao desenvolvimento vegetal, tanto das pastagens como dos cultivos de grãos.

2.2.1 ATRIBUTOS QUÍMICOS DE SOLOS SOB INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA

Em relação aos atributos químicos de solos, os sistemas em ILP apresentam uma dinâmica diferenciada em relação aos sistemas só com cultivos de grãos em SPD, pois há a remoção da biomassa pastejada pelos animais em determinados períodos do ano, e sua deposição de forma heterogênea na área ou a sua exportação, podendo acarretar em diminuição nos níveis dos nutrientes e demais atributos. Por outro lado, o processo de pastejo pode contribuir para a maior ciclagem dos nutrientes no sistema devido às pastagens prolongarem seu período vegetativo e de crescimento devido ao pastejo, possibilitando maior produção de biomassa e assim utilizando o mesmo nutriente várias vezes no mesmo ciclo, evitando a sua perda do sistema.

Sistematizando informações disponíveis sobre SPD, Anghinoni (2007) relata que esse sistema de manejo do solo sem revolvimento tem proporcionado ganhos na construção da fertilidade química, mostrando-se um sistema de maior qualidade do que sistemas de preparo de solo com revolvimento. Mesmo havendo a formação de gradientes de concentração diferenciados dos nutrientes no perfil do solo, com a camada superficial com acúmulo de nutrientes, no SPD ocorre uma

maior disponibilidade e ciclagem dos nutrientes, influenciado principalmente pelo acúmulo e dinâmica da MOS, dado o aumento da CTC, ciclagem de nutrientes, retenção de água, estruturação do solo e maior atividade biológica. Os ganhos do SPD em termos de qualidade do solo colocam-no como sistema conservacionista de suma importância para “seqüestro” do CO₂ atmosférico e mitigação do efeito de aquecimento global. Porém, apesar de bem conhecidos os efeitos do SPD sobre a fertilidade dos solos, o estudo da influência da ILP sob o SPD são recentes.

Para a situação de clima subtropical do Sul brasileiro, destaca-se a pesquisa conduzida pela UFRGS desde 2000, avaliando intensidades diferenciadas de pastejo de bovinos de corte (superpastejo com pastagem mantida a 10 cm de altura, pastejo moderado com pastagem mantida a 20 e 30 cm de altura, subpastejo com pastagem mantida a 40 cm e área sem pastejo) e sua influencia sobre atributos químicos de solo, entre outros. A maior parte das informações apresentadas a seguir são baseadas nesses estudos, desenvolvidos por vários autores.

Para a MOS, em ILP com sistemas de pastejo moderados, foram observados aumentos ao longo do tempo, comparáveis ao do SPD sem pastejo, enquanto que nos sistemas com super pastejo houve redução nos estoques de MOS ao longo do tempo. O N apresentou a mesma dinâmica da MOS frente as intensidades de pastejo. O constante processo de pastejo dos animais e conseqüentemente a remoção da biomassa é fator importante visando a manutenção ou aumento dos estoques de MOS, pois a retirada excessiva da palhada pode reduzir as adições de C, resultando em perda da qualidade do solo. A intensidade do pastejo passa então a determinar o acúmulo ou não de MOS na ILP (SOUZA et al., 2009).

Já em relação aos atributos relacionados à acidez do solo, Flores et al. (2008) citam que na ILP, da mesma forma que em SPD, a calagem mesmo quando aplicada em superfície, promove efeitos em subsuperfície, com melhoria nos níveis de pH, V%, m%, Ca e Mg. Porém, observou-se que com a presença de pastejo ocorreu o incremento dos efeitos da calagem em profundidade, levantando-se a hipótese de isto estar ocorrendo devido ao efeito de ácidos orgânicos de baixo peso molecular oriundos dos dejetos animais ou da exsudação do azevém e aveia, os quais se ligam ao Ca e Mg e favorecem a sua descida no perfil do solo.

Analisando a dinâmica do K em ILP, Ferreira et al. (2009) observaram que em sistema com alta intensidade de pastejo houve redução ao longo do tempo

dos teores deste nutriente na camada de 0-20 cm em comparação aos sistemas de menor intensidade e mesmo sem pastejo, apesar de não haver diferença estatística, devendo-se isto ao fato do K ser excretado principalmente via urina e sua deposição dar-se em aleatoriamente em pontos da áreas, o que favorece as perdas por lixiviação ou escoamento superficial. Ainda, houve aumento dos teores de K ao final do ciclo do pastejo em comparação ao ciclo de cultivo de grãos, o que foi caracterizado como derivado do aumento da ciclagem do K pelos animais e mesmo pela capacidade de ciclagem dos nutrientes das pastagens.

Para o P, Souza (2008) determinou poucas alterações da concentração deste nutriente frente a diferentes intensidades de pastejo, com aumentos nos teores totais de P nos solos ao longo do tempo de adoção do ILP devido ao acúmulo frente às adubações realizadas. Porém, nas áreas de maior intensidade de pastejo foi observada uma diminuição nos teores de P na forma lábil.

Yagi et al. (2011) estudando solos de 15 estabelecimentos agropecuários de agricultores familiares na região Sudoeste do Paraná, sob SPD em condições de cultivo de grãos e/ou milho silagem, observaram que para MOS os maiores teores foram observados na camada de 0-5 cm, onde 58% das amostras apresentaram valores maiores que 40 g dm^{-3} . Para a acidez, 80% dos estabelecimentos demonstraram valores adequados de acidez, inclusive em profundidade. Já o K apresentou índices variáveis em profundidade, com predominância de índice médio e alto, porém o P apresentou-se em maior concentração na camada de 0-5 cm e índice baixo na camada de 10-20 cm para todas as amostras, o que indica que este nutriente pode apresentar restrição a produção vegetal.

A sustentação do ILP em SPD, para Anghinoni et al. (2011), está na necessidade de manejar as plantas forrageiras e comerciais, bem como os animais, de modo a evitar a compactação dos solos e conseqüentemente a restrição ao ambiente radicular, e ainda produzir quantidades de palhada de modo a tornar o balanço de C positivo.

2.2.2 ATRIBUTOS FÍSICOS DE SOLOS SOB INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA

Uma das principais preocupações no sistema de ILP é o efeito da compactação do solo causado pelo pisoteio dos animais na área, podendo levar à degradação dos solos e perdas na produtividade das culturas agrícolas e das forrageiras, e desta forma comprometendo a viabilidade do sistema ILP. A compactação é um dos principais entraves para adoção do ILP pelos agricultores, tendo em vista que afeta as relações entre ar, água e temperatura no solo, comprometendo o ambiente das raízes, o crescimento das plantas e a produção das espécies sob esta área (FLORES et al., 2007; MORAES, RIOS e MEDRADO, 2008; ANGHINONI et al., 2011).

Conforme Mello (2002), não havendo um bom manejo no sistema ILP, tem início um ciclo de degradação do solo, comprometendo o sistema do ponto de vista econômico e ambiental. Esta degradação ocorre devido ao pisoteio dos animais, que leva a um adensamento e selamento superficial do solo e conseqüentemente à redução da produção de biomassa. Havendo menos biomassa na superfície do solo e maior selamento superficial, o solo torna-se mais suscetível ao impacto das gotas da chuva e ao escoamento superficial, tornando-se menos fértil pela perda de nutrientes dissolvidos na água e reduzindo ainda mais a sua capacidade de produção de biomassa. Isto é corroborado por Albuquerque, Sangoi e Ender (2001), que demonstraram que em sistema de ILP há uma redução da macroporosidade do solo, e conseqüentemente redução da condutividade hidráulica saturada e aumento da resistência à penetração dos solos, quando não há um manejo adequado da área.

Vários estudos demonstram os efeitos do pastejo sobre a densidade dos solos e sobre a macroporosidade em áreas sob ILP e SPD. Albuquerque, Sangoi e Ender (2001), em experimento em Santa Catarina, observaram que as áreas de SPD quando eram submetidas ao pastejo, apresentaram uma redução da macroporosidade e aumento da densidade, acarretando numa menor condutividade hidráulica. Cassol (2003) e Flores (2008), em experimento no Rio Grande do Sul, analisando os efeitos de diferentes intensidades de pastejo sobre características físicas do solo, observaram que com o aumento da intensidade de pastejo houve um aumento da densidade do solo, principalmente nos cinco centímetros superficiais do solo, com a manutenção da porosidade total do solo, porém com aumento da microporosidade e diminuição da macroporosidade. Lanzasova (2005), avaliando o efeito do pastejo rotativo em áreas de ILP implantada sob campo nativo no RS,

observou que com menores intervalos entre os pastejos, houve um adensamento do solo na camada de 0-5 cm, comparativamente a sistemas de pastejo com maiores intervalos ou mesmo sem pastejo. Este adensamento foi acompanhado por uma diminuição na macroporosidade do solo, inclusive com efeito para este atributo até a camada de 5-10 cm. Ainda, em estudo com vacas leiteiras em sistema contínuo de pastejo em Castro-PR, Siqueira Junior (2005) observou aumentos de densidade nas áreas sob ILP em comparação a áreas sem ILP em SPD. Desta forma, percebe-se que o processo de introdução de animais para pastejo em áreas de produção de grãos acaba por modificar a densidade e macroporosidade dos solos, principalmente nos primeiros 10 cm do solo.

Porém, os trabalhos de Cassol (2003), Lanzasova (2005) e Flores (2008) demonstraram que os aumentos da densidade do solo observados nas áreas sob ILP foram revertidos no período compreendido entre o final do pastejo e o final do cultivo da lavoura de verão subsequente. Ou seja, com o cultivo de grãos na sequência, houve um retorno da densidade do solo à valores próximos aos das áreas não pastejadas, demonstrando ser possível reverter os efeitos da ILP sobre os atributos físicos. Além disto, não se observou efeitos do aumento da densidade sobre o rendimento de grãos, a não ser nas áreas com maiores intensidades de pastejo em que houve uma diminuição no rendimento de grãos da soja quando houve restrições hídricas ocorridas no período de desenvolvimento da cultura (CASSOL, 2003).

Analisando estudos sobre a compactação dos solos sobre ILP, Moraes et al. (2002) e Moraes, Rios e Medrado (2008) citam que o processo de descompactação do solo neste sistema é originado pela ação do sistema radicular das pastagens e da atividade da mesofauna, quando há períodos de diferimento da pastagem ao final do seu ciclo para que haja acúmulo de fitomassa da parte aérea e também da fitomassa de raízes, mantendo a densidade em níveis aceitáveis para a produção. Além disto, os cultivos de verão também têm efeito regenerador nas características físicas pela ação da cultura implantada, pois não há aplicação de forças compactantes do solo e também pelo efeito descompactante das suas raízes, efeito este observado em estudos de Siqueira Junior (2005). Neste sentido, o ajuste na pressão de pastejo passa a ser determinante, pois determinará, além da intensidade do tráfego dos animais na área, a palhada residual da pastagem que servirá para a implantação da semeadura direta.

Sistematizando trabalhos de vários autores, Lanzasova (2005) relata que os principais fatores que influenciam na compactação do solo em sistemas de ILP são a textura do solo, o sistema de pastoreio, o tempo de permanência dos animais na área, a taxa de oferta ou altura de manejo da forragem, a categoria e a carga animal por área, a quantidade de resíduo sobre o solo e a umidade do solo. Porém Anghinoni et al. (2011) relatam que o principal fator determinante do ILP na alterações dos atributos físicos é a taxa de lotação das áreas durante o pastejo.

2.3 AGRICULTURA FAMILIAR E O SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA NA REGIÃO SUDOESTE DO PARANÁ

A região Sudoeste do Paraná, composta atualmente por 42 municípios e com uma área de 16.975,5 km², teve a sua colonização efetivada entre as décadas de 1950 a 1970, com a entrada de colonos gaúchos e catarinenses descendentes de imigrantes europeus, principalmente italianos e alemães (PERIN et al., 2001). Isto configurou a ocupação dos solos da região com base em pequenas propriedades rurais familiares, as quais desenvolviam sistemas de produção diversificados com várias espécies vegetais e animais de forma integrada.

Segundo informações do IBGE (2011a) a região Sudoeste do Paraná, possui uma população total de 565.392 habitantes, dos quais 193.064 residem no meio rural, o que corresponde a 34,1% da população total. Conforme o Censo Agropecuário 2006 (IBGE, 2011b) esta região possui 49.934 estabelecimentos rurais, dos quais 43.777 são estabelecimentos de agricultores familiares², o que corresponde a 87,6% do total, ocupando estes uma área de 643.099 ha (46% do total da área agrícola da região), e com uma média de 14,7 ha por estabelecimento rural familiar.

Conforme dados do Censo Agropecuário 2006 e do DERAL/SEAB (2010), os três principais produtos agrícolas cultivados no verão, no Sudoeste do Paraná, são milho, soja e feijão, respectivamente, com 58,6%, 31,2% e 22,2% de presença nos estabelecimentos e, respectivamente, 18,6%, 34,2%, e 4,1% de uso

² A agricultura familiar é definida pela Lei Federal 11.326, de 24 de julho de 2006, que cita que para ser caracterizado como familiar, um empreendimento rural precisa acumular as seguintes características: não deter de área maior do que quatro módulos fiscais, utilizar predominantemente mão de obra familiar nas atividades econômicas de seu estabelecimento, obter renda familiar minimamente do estabelecimento e o processo de gestão deve ser realizado pela família.

das áreas dos estabelecimentos. Já no período de inverno, há destaque para o cultivo do trigo presente em 4,2% dos estabelecimentos, porém ocupando 8,5% da área dos estabelecimentos. Ainda conforme o Censo Agropecuário 2006, a bovinocultura está presente em 79,7% dos estabelecimentos rurais desta região, destacando-se a bovinocultura de leite presente em 59,9% dos estabelecimentos. As áreas das lavouras dos principais produtos agrícolas de verão somadas chegam a 791.570 ha e as dos produtos agrícolas de inverno somadas chegam a 153.915 ha, havendo uma diferença de 637.655 ha de áreas de lavouras temporárias não cultivadas no período de inverno. Esta área pode ter sido deixada em pousio, cultivada com adubações verdes ou ter sido utilizada para produção de forragem para os animais, dentro do sistema ILP.

Comparando o total de estabelecimentos com lavouras temporárias (83,8% dos estabelecimentos) com o total de estabelecimentos com bovinocultura (79,7% dos estabelecimentos), pode-se estimar que o sistema produtivo “lavoura + bovinos” pode estar presente num máximo de 79,7% dos estabelecimentos, para a situação em que todos os estabelecimentos com bovinos também praticassem produções de lavouras temporárias, ou num mínimo de 63,4%, para a situação em que todos os 16,29% dos estabelecimentos sem lavouras temporárias coincidissem com os estabelecimentos com bovinos.

Assim, o sistema produtivo “grãos + bovinos” é expressivo nos estabelecimentos do Sudoeste do Paraná, onde, apesar de não haver números precisos, a ILP desempenha um importante papel na dinâmica destes sistemas produtivos, principalmente para os sistemas “grãos + leite” praticado pela agricultura familiar.

Cabe ressaltar, ainda, que conforme estudo de Ipardes/Emater (2009), a produção leiteira está em franca expansão no Paraná, onde no decênio compreendido entre 1997 e 2007 houve um aumento de 71% na produção, colocando-o na posição de segundo maior Estado produtor de leite do Brasil. Ao nível estadual, três regiões destacam-se na produção leiteira, sendo, por ordem de volume de produção, as regiões Oeste, Sudoeste e Centro-Oriental, sendo que nas duas primeiras há uma tendência de aumento da produção leiteira, tendo em vista a presença da agricultura familiar, especialmente a região Sudoeste do Paraná, com maior número de produtores de leite que vem investindo em melhoria genética e no manejo dos animais e na adoção de tecnologias de produção. Ainda, a região

Sudoeste do Paraná ocupa atualmente a sétima posição em termos de volume de produção de leite no Brasil, porém com um crescimento de 18,9% entre os anos de 2009 e 2010, caracterizando o maior crescimento entre as maiores regiões produtoras brasileiras (EMBRAPA GADO DE LEITE, 2011).

2.4 O PROJETO REDES DE REFERÊNCIAS PARA A AGRICULTURA FAMILIAR

No ano de 1998, dentre as políticas públicas do Governo do Estado do Paraná voltadas ao meio rural, tem início o Projeto Paraná 12 Meses, com o objetivo, dentre vários outros, de contribuir na melhoria das condições sociais dos pequenos agricultores com investimento em habitação e saneamento, contribuir na recuperação e preservação do solo agrícola e do meio ambiente, e contribuir no aumento da renda familiar e regularidade de ganhos durante os 12 meses do ano (SEAB, 2010).

Ao analisar a proposta de contribuir com o aumento da renda familiar e sua regularidade, conforme Souza et al. (2000), um diagnóstico apontado a época pelo Projeto era a falta de adoção de tecnologias pelos pequenos produtores. Dois motivos eram apontados para esta falta de adoção das tecnologias pelos agricultores, sendo que “ou o processo de transferência de tecnologia é inadequado ou a tecnologia proposta não é adaptada as suas condições” (SOUZA et al., 2000, p. 06). Isto se devia, conforme salientam Passini, Miranda e Miranda (2004), ao fato de que para estes agricultores não há a necessidade somente de aumento de produção e produtividades das explorações, mas sim a busca por sistemas produtivos que melhor se adaptem as suas condições ecológicas, sociais e econômicas. Assim, uma das ações previstas pelo Projeto Paraná 12 Meses foi de desenvolver e difundir sistemas de produção adequados para a agricultura familiar paranaense, usando para tanto, uma rede de propriedades familiares com sistemas de produção que fossem referências para os demais agricultores da localidade, município ou região, inovando, inclusive, na forma de relação entre pesquisa, extensão e os agricultores na tentativa de superar a fragmentação existente entre ambos.

Assim, partindo das experiências da Emater-PR na extensão rural e implementação de políticas públicas e do lapar com os trabalhos de pesquisa na área de sistemas de produção, juntamente com a colaboração do *Institut de*

l'Elevage da França, teve início os trabalhos das Redes de Referências para a Agricultura Familiar em várias regiões do Paraná em 1998. Conforme Carvalho et al. (2000), para a pesquisa, colocou-se a necessidade de considerar as questões socioeconômicas dos sistemas de produção para os seus estudos e não somente variáveis técnicas. Já para a extensão rural colocou-se a necessidade de trabalhar o sistema produtivo e não somente produções e/ou criações isoladas, com planejamento de médio e longo prazo e auxiliando em processos gerenciais e de mercados. Por fim, considerou-se que quando uma nova tecnologia é selecionada desde o início com a participação dos agricultores, ela é mais facilmente aceita pelo mesmo e pelos demais agricultores.

Conforme Perin et al. (2001), na região Sudoeste do Paraná, os trabalhos das Redes de Referências para a Agricultura Familiar tiveram início com os sistemas “grãos + gado leiteiro” e “grãos + gado leiteiro + fruticultura”, com destaque para o sistema “grãos + gado leiteiro” presente em 48% dos sistemas produtivos identificados no início do projeto. Para este sistema produtivo, devido às condições climáticas e os processos históricos de organização das propriedades, identificou-se o processo de integração entre produções vegetais (grãos) e animais (gado leiteiro) como potencial e mesmo fundamental para a viabilidade destas propriedades.

No ano de 2010, o projeto Redes de Referências para a Agricultura Familiar possuía 21 sistemas produtivos acompanhados na região Sudoeste, sendo 20 com o sistema produtivo “grãos + gado leiteiro” e um sistema produtivo “grãos + fruticultura”. Estas propriedades estavam presentes nos municípios de Itapejara d'Oeste, São João, Verê, Mangueirinha, Coronel Vivida, Clevelândia, Honório Serpa, Vitorino, Mariópolis, Santo Antônio do Sudoeste, Realeza e Ampére.

Dos sistemas produtivos acompanhados pelo Projeto Redes de Referências para a Agricultura Familiar na região Sudoeste do Paraná desde 1998, havia um total de aproximadamente sete propriedades que foram acompanhados há pelo menos três anos ou mais, onde se trabalhou na adoção de práticas de manejo de solo e forrageiras nas áreas de ILP. Destes sistemas produtivos foram selecionados cinco que fizeram parte desse estudo.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado junto a cinco unidades produtivas de agricultores familiares do Sudoeste do Paraná, as quais fazem ou fizeram parte, como colaboradores, do projeto Redes de Referências para a Agricultura Familiar, trabalhados pela Emater-PR e pelo Iapar. Estas unidades produtivas foram acompanhadas por mais de três anos, e recomendou-se a adoção de práticas de manejo do sistema ILP. Elas estão distribuídas nos municípios de Honório Serpa, Saudade do Iguçu, Vitorino, Pato Branco e Ampére.

Em cada unidade produtiva, foram selecionadas as áreas utilizadas em ILP e área de pastagem de verão (PV) que podem tanto ser permanentes (PPV) ou anuais (PAV), a fim de estabelecer comparações entre si e com uma área adjacente de vegetação nativa não antropizada (MA). Estas áreas de MA foram definidas tomando como base a proximidade com as demais áreas de estudo, não terem recebido manejo e compunham áreas de reserva legal e preservação permanente dos estabelecimentos estudados. Em nenhum estabelecimento agropecuário em estudo houve área de SPD sem ILP, motivo pelo qual este sistema em isolado não foi estudado.

Inicialmente, foi realizado um resgate do histórico de manejo das áreas manejadas, buscando identificar as principais práticas adotadas para construir os cenários de uso e manejo de cada área em estudo, a qual foi chamada de caracterização dos estabelecimentos agropecuários, cujas informações estão descritas no item 3.1.

As coletas de amostras para as avaliações dos atributos selecionados, em cada localidade e manejo, foram feitas no período da primavera, pois este período coincidiu com o final do ciclo da cultura de inverno e antecedeu o plantio das espécies de verão, entre os meses de setembro e outubro de 2010. Tendo em vista serem estabelecimentos agropecuários localizados em cinco municípios do Sudoeste do Paraná e em condições edafoclimáticas distintas, foi realizada a caracterização mínima do perfil dos solos das diferentes localidades, a fim de obter a informação de quais classes de solos estavam sob estudo. Para tanto, foram abertas trincheiras no perfil do solo para a identificação e caracterização dos horizontes diagnósticos e posterior classificação até o segundo nível categórico, com base em Embrapa Solos (2006).

Além disto, foi determinada a textura do solo de cada localidade, através da coleta de 10 subamostras simples em cada área sob análise, as quais passaram a compor uma análise composta, representativa de cada área. As amostras foram coletadas com pá de corte, em três diferentes profundidades, sendo de 0-5 cm, 5-10 cm e 10-20 cm, e após a homogeneização das 10 subamostras de cada área analisada, foram recolhidas amostras simples representativas, acondicionadas em sacos plásticos e enviadas ao laboratório. Com base nos resultados obtidos para cada área (ILP, PV e MA), foi calculado o valor médio de cada fração granulométrica para cada localidade. Os procedimentos seguiram os descritos em Embrapa (1997).

Os atributos químicos analisados foram pH em CaCl_2 1:2,5, P e K extraídos por Mehlich-1, Ca, Mg e Al extraídos por KCl 1M, H+Al extraídos por $\text{Ca}(\text{OAc})$ 0,5 M pH 7,0, e teor de MOS por digestão úmida. Com base nestes dados foram calculados o V%, a CTC e m%. As metodologias utilizadas para a determinação destes atributos seguiram as descritas por Pavan et al. (1992), em análise de rotina laboratorial. Para caracterização dos atributos químicos em cada área de análise (ILP, PV e MA), das cinco unidades produtivas, foram coletadas 10 sub-amostras para compor uma amostra composta da área. Em cada ponto de amostragem, foram coletadas amostras com pá nas profundidades de 0-5 cm, 5-10 cm e de 10-20 cm.

Com os resultados obtidos, os atributos químicos foram interpretados em relação à valores de referências, atribuindo níveis de adequação para a produção vegetal. Para tanto, primeiramente foram usados dados recomendados para o PR, utilizando-se dos níveis referenciais constante em Oliveira (2003) e Embrapa Soja (2006). Cabe destacar que tais dados são orientadores para as culturas do milho e soja, respectivamente, e aqui foram extrapolados para análise geral em função da falta de valores referenciais para as culturas de modo geral. Para os atributos que não possuem dados recomendados para o PR, utilizou-se de dados da CQFS – RS/SC (2004), que são dos Estados do RS e SC, e dada à proximidade da região em estudo com SC, optou-se por utilizar esta referência. Desta forma, e mesmo pelo modo de coleta das amostras de solo sem repetições isoladas, os atributos químicos foram somente analisados em função de uma caracterização geral e não foram analisados estatisticamente.

Para a determinação da densidade global, porosidade total, macroporosidade e microporosidade das amostras, em cada área em análise (ILP, PV e MA) de cada estabelecimento agropecuário, foram definidos três pontos diferentes de amostragem com a coleta de uma amostra por ponto em três profundidades diferentes, ou seja, 0-5 cm, 5-10 cm e 10-20 cm, totalizando três amostras por profundidade em cada área sob análise. Para a coleta de amostras indeformadas de solo foi aberta uma trincheira no solo e usado anéis volumétricos de 85 cm³. No laboratório, as amostras foram saturadas em água por 24 horas e pesadas. Na sequência, as amostras foram dispostas em mesa de tensão a uma pressão de 0,6 mca, por aproximadamente 72 horas, para que ocorresse a perda da água retida nos macroporos (poros maiores que 50 µm), e pesadas na sequência. As amostras, então, foram conduzidas à estufa à 105°C por 24 horas para a retirada total da água. Os valores de densidade foram obtidos pela razão entre a massa de solo seco e o volume do cilindro de coleta da amostra, a porosidade total obtida pela diferença entre a massa de solo saturado e a massa de solo seco, a microporosidade pela diferença entre a massa do solo sob tensão de 0,6 mca e a massa de solo seco, e a macroporosidade pela diferença entre a porosidade total e a microporosidade. A determinação seguiu metodologia descrita em Embrapa (1997).

Para análise de agregados foram coletados blocos indeformados de 5 x 10 cm, com auxílio de espátula, acondicionados em papel alumínio e identificados. Os agregados de solo, no ponto de friabilidade, foram manualmente separados até toda a amostra passar em peneira de 9,5 mm, secos a sombra por 72 horas e armazenados para as análises de estabilidade em água.

Para avaliação da distribuição de agregados estáveis em água (CARPENEDO e MIELNICZUK, 1990) foram pesadas, em duplicatas, amostras com 50 gramas de solo e umedecidas por capilaridade, durante uma noite, em papel filtro. Posteriormente foram transferidas, com auxílio de jatos de água, para um conjunto de peneiras de 4,76, 2,00, 1,00, 0,50 e 0,25 mm e agitadas em água em um agitador de oscilação vertical, com 42 oscilações por minuto, durante 15 minutos. O conteúdo de cada peneira foi transferido para lata previamente pesadas e seco por 24 horas a 105°C sendo posteriormente quantificadas. Com base nos dados obtidos, foram determinados os valores de agregados maiores que 2 mm e o

diâmetro médio ponderado (DMP), utilizando-se destes dois atributos para apresentação dos dados.

Os dados dos atributos físicos foram tabulados e comparados os manejos, dentro de cada unidade produtiva e da mesma profundidade, utilizando teste de comparação de médias (Tukey a 5%) e como sendo um experimento com blocos aos acaso, usando para tanto o programa computacional ASSISTAT 7.6 beta. Para a análise estatística, optou-se pela comparação dentro de cada localidade devido à heterogeneidade das condições naturais e de manejo entre as localidades, e como sendo blocos ao acaso por considerar que dentro de cada localidade não havia homogeneidade dos manejos entre as áreas. Ainda, para a densidade e macroporosidade, os dados foram analisados frente a valores referenciais citados em literatura indicados para a produção agropecuária.

Para o cálculo de estoque de Carbono Orgânico Total (COT), utilizou-se de metodologia descrita por Fernandes e Fernandes (2009), usando a método de massa equivalente de solo e dos resultados obtidos para MOS quando da realização da análise química das áreas, mediante conversão utilizando a proporção de 58% de C na MOS. Os estoques são dados para a camada de 0-20 cm.

Por esta metodologia, objetiva-se comparar os estoques de COT com base em massas equivalentes, tomando como referência a massa de solo de uma área de referência, neste caso a MA, e desta forma corrigindo o efeito do adensamento do solo sobre o cálculo. A fórmula usada para o cálculo encontra-se descrita abaixo.

$$Cs = \sum_{i=1}^{n-1} Cti + [Mtn - (\sum_{i=1}^n Mti - \sum_{i=1}^n Msi)] * Ctn$$

Onde:

Cs = estoque de C total, corrigido em função da massa de solo de uma área de referência;

$\sum_{i=1}^{n-1} Cti$ = somatório dos estoques de C do solo da primeira à penúltima camada amostrada, no tratamento considerado ($Mg \cdot ha^{-1}$);

Mtn = massa do solo da última camada amostrada no tratamento ($Mg \cdot ha^{-1}$);

$\sum_{i=1}^N M_{ti}$ = somatório da massa total do solo amostrado sob o tratamento (Mg ha^{-1});

$\sum_{i=1}^N M_{si}$ = somatório da massa total do solo amostrado no solo referência (Mg ha^{-1});

C_{tn} = teor de C do solo na última camada amostrada (Mg C Mg^{-1} de solo).

Com base nos valores obtidos para estoque de COT, calculou-se a variação dos estoques de COT das áreas manejadas em relação à área de MA.

Ainda, com base nos dados obtidos para os atributos químicos e físicos, bem como com dados de manejo adotado à exemplo da carga animal aplicada nas áreas, foram realizadas análises de correlações entre alguns atributos entre si e mesmo com dados de manejo das áreas, apresentando o coeficiente de correlação de Pearson (R). Para tanto, foi utilizado planilhas eletrônicas do software Microsoft Excel®.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DOS ESTABELECIMENTOS AGROPECUÁRIOS EM ESTUDO

3.1.1 ÁREAS DE ESTUDO EM HONÓRIO SERPA-PR

No município de Honório Serpa-PR, o estabelecimento possuía atividades de acompanhamento técnico pelo projeto Redes de Referências para a Agricultura Familiar desde 1998, tendo a bovinocultura leiteira como principal atividade produtiva, complementada com a produção de grãos, especialmente soja.

Este estabelecimento está em área de transição climática entre os climas Cfa e Cfb, em altitude média de 770 metros em relação ao nível do mar, e próximo ao Rio Chopim. O solo foi classificado como NEOSSOLO REGOLÍTICO, com teores médios de $707,8 \text{ g kg}^{-1}$ de argila.

Com uma área total de 24,5 ha, o estabelecimento possuía uma área de 15,3 ha destinados a produção de lavouras temporárias de verão e de pastagens anuais de inverno, a qual constituiu a área de ILP. As lavouras de verão cultivadas foram milho ou soja, sendo que o milho destinou-se principalmente para silagem de planta inteira. Além desta, o estabelecimento possuía 1,5 ha de pastagem permanente de verão formada com *Coast-Cross*, destinado ao pastejo dos bovinos.

Ao todo, a propriedade possuía 20 animais no rebanho bovino, com a presença de 11 vacas leiteiras, todas da raça holandesa, com uma produção anual de aproximadamente 73.000 litros de leite. As vacas possuíam como base alimentar as pastagens de verão e inverno, sendo realizado o balanceamento alimentar dos animais mensalmente e a suplementação com silagem de planta inteira de milho, ração proteinada e sais minerais. Os animais eram estabulados somente para ordenha e para receber a suplementação alimentar no período da manhã e da tarde, logo após as ordenhas, e o restante do período permaneciam nas áreas de pastagens.

A área principal de pastagem permanente de verão, utilizada pelas vacas em lactação e definida como objeto de estudo deste trabalho, era constituída por *Coast Cross*, com área de 1,5 ha, formada no ano de 2007 em área que possuía anteriormente o cultivo de trevo. O manejo adotado na área era de pastejo rotativo na safra de verão, com permanência dos animais por um dia em cada piquete, com carga animal³ de 3.520 kg Pv ha⁻¹ e carga animal instantânea⁴ de 134.000 kg Pv ha⁻¹, sendo que os animais permaneciam nos piquetes no período noturno e diurno. Durante o ciclo produtivo da safra 2009/2010, foram realizados de sete a oito pastejo em cada piquete, com intervalos de 15 a 30 dias, tomando como critério de pastejo a altura da pastagem⁵. No período de inverno, a área de pastagem permanente de verão foi sobressemeada com aveia preta comum e azevém, visando o pastejo noturno pelos animais, os quais permanecem na área somente no período noturno nesta época. A sobressemeadura foi feita em superfície, sem a incorporação das sementes.

Toda a área de lavoura temporária do estabelecimento foi usada com ILP, ou seja, os 15,3 ha, sejam para as vacas em lactação, vacas secas, novilhas e bezerras, tomando como base para este estudo a área utilizada para as vacas em lactação. As lavouras de verão foram desenvolvidas em SPD, com sistema convencional de condução, ou seja, com uso de herbicidas, fungicidas e inseticidas,

³ A carga animal, para todas as localidades, foi obtida através da soma dos pesos dos animais em pastejo durante o período de utilização da pastagem, dividido pelo tamanho total da área.

⁴ A carga animal instantânea, para todas as localidades, foi obtida através da soma dos pesos dos animais em pastejo, dividido pelo tamanho médio dos piquetes.

⁵ De modo geral, em todos os estabelecimentos agropecuários estudados, o manejo adotado no pastejo rotativo foi com base na altura da pastagem na entrada e na saída dos animais, sendo que para a *Tifton 85* e *Coast-Cross* era de aproximadamente 25 a 30 cm na entrada e 10 cm na saída, na aveia+azevém de 30 cm na entrada e 10 cm na saída, e no milho+sorgo de 40 cm na entrada e 10 cm na saída.

bem como uso de mecanização tratorizada. Parte da área foi cultivada com milho e a outra parte com soja. A cultura do milho foi utilizada para a obtenção de silagem de planta inteira utilizada na alimentação dos animais. Já a cultura da soja foi destinada à comercialização.

Após o cultivo de verão, a área de ILP foi utilizada com o consórcio de aveia e azevém objetivando a produção de forragens para os animais. A semeadura da aveia ocorreu no mês de março, com uso de semeadora direta, e o azevém foi obtido a partir da ressemeadura natural. O sistema de pastejo adotado era o do pastejo rotativo, com a ocupação de um piquete por dois dias e com uma carga animal de 345 kg Pv ha⁻¹ e carga animal instantânea de aproximadamente 15.500,00 kg Pv ha⁻¹. Durante o ciclo produtivo 2009/2010, foram realizados aproximadamente três pastejos em cada piquete e ao final do ciclo da aveia os piquetes foram retirados e feito pastejo contínuo. Não foi realizado o diferimento das pastagens ao final do ciclo produtivo, antecedendo a dessecação da área devido à condição climática do período, onde ocorreu baixa precipitação nos meses de agosto e setembro de 2010, conforme dados do Anexo 01.

Tabela 1 - Resumo do manejo adotado nas áreas de integração lavoura-pecuária (ILP) e pastagem permanente de verão (PPV) em Honório Serpa - PR.

Áreas	Safrá 2007/2008		Safrá 2008/2009		Safrá 2009/2010		
	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	
ILP	Cultivo	Soja	Aveia+azevém	Milho silagem	Aveia+azevém	Soja	Aveia+azevém
	Manejo solo	Plantio direto	Cultivo mínimo	Plantio direto	Cultivo mínimo	Plantio direto	Plantio direto
	Adubação de base	250 kg ha ⁻¹ do adubo 00-20-20	Não houve	370 kg ha ⁻¹ do adubo 05-25-25	Não houve	250 kg ha ⁻¹ do adubo 00-20-20	205 kg ha ⁻¹ do adubo 06-16-16
	Adubação de cobertura	Não houve	Não houve	370 kg ha ⁻¹ do adubo 45-00-00	40 kg ha ⁻¹ do adubo 45-00-00	Não houve	80 kg ha ⁻¹ do adubo 45-00-00
	Correção	1650 kg ha ⁻¹ de calcário dolomítico em superfície	Não houve	Não houve	Não houve	Não houve	Não houve
PPV	Cultivo	<i>Coast-cross</i>	Não houve	<i>Coast-cross</i>	Sobressemeadura de aveia e azevém	<i>Coast-cross</i>	Sobressemeadura de aveia e azevém
	Manejo solo	Convencional	Não houve	Não houve	Não houve	Não houve	Não houve
	Adubação de base	170 kg ha ⁻¹ do adubo 00-18-00 e 100 kg ha ⁻¹ do adubo 00-00-60	Não houve	170 kg ha ⁻¹ do adubo 00-18-00 e 100 kg ha ⁻¹ do adubo 00-00-60	Não houve	Não houve	200 kg ha ⁻¹ do adubo 06-16-16
	Adubação de cobertura	Não houve	Não houve	170 kg ha ⁻¹ do adubo 45-00-00	Não houve	300 kg ha ⁻¹ do adubo 45-00-00	Não houve
	Correção	4100 kg ha ⁻¹ de calcário dolomítico incorporado	Não houve	Não houve	Não houve	Não houve	Não houve

3.1.2 ÁREAS DE ESTUDO EM SAUDADE DO IGUAÇU-PR

O estabelecimento agropecuário de Saudade do Iguaçu-PR pertence a quatro famílias que desenvolvem as atividades produtivas de forma associativa. O Projeto Redes de Referências para a Agricultura Familiar desenvolveu atividades desde 1998 neste estabelecimento.

O estabelecimento está localizado em área de clima Cfa, com altitude aproximada de 630 metros do nível do mar. O solo foi classificado como NEOSSOLO REGOLÍTICO, com teores médios de 657,7 g kg⁻¹ de argila.

Ao todo, o estabelecimento possuía 153 ha, dos quais 36,18 ha foram destinados para as lavouras temporárias (soja e milho), 81,75 ha com pastagem permanente composta de capim elefante pioneiro, *Tifton 85*, *Coast Cross*, braquiária brizanta, hermatria e estrela africana. Todas as áreas de lavouras temporárias foram utilizadas com ILP, com cultivo de milho e soja no verão e aveia e azevém no inverno.

A bovinocultura de leite foi a única atividade econômica desenvolvida na última safra em análise, pois as lavouras temporárias estavam voltadas para atender as demandas alimentares dos bovinos, seja com as lavouras de milho que se destinam a produção de silagem de planta inteira e de grão úmido, e as lavouras de soja para grãos usados na formulação de rações para os animais em produção.

O rebanho de bovinos leiteiros do estabelecimento era composto de 224 animais ao todo, com 112 vacas leiteiras e 112 novilhas e bezerras, com predominância de animais de raça mestiça oriundos de cruzamento entre as raças jersey e holandesa e produção anual de aproximadamente 500.000 litros de leite. As vacas possuíam como base alimentar as pastagens de verão e inverno, sendo realizado o balanceamento alimentar dos animais mensalmente e suplementação com silagem de planta inteira de milho, silagem de grão úmido de milho, ração proteinada e sais minerais. Os animais eram estabulados somente para ordenha e para receber a suplementação alimentar no período da manhã e da tarde, logo após as ordenhas, e o restante do período permanecem nas áreas de pastagens.

A área principal de pastagem permanente de verão, utilizada pelas vacas em lactação e definida como objeto de estudo deste trabalho, era formada por *Tifton 85*, com área de 10,5 ha e possuía implantado sistema silvipastoril com

grevilha em espaçamento de 4 X 25 metros, cuja pastagem foi formada no ano de 2004. O manejo adotado na área foi de pastejo rotativo na safra de verão, com permanência dos animais por um dia em cada piquete, com uma carga animal de 4.053 kg Pv ha⁻¹ e com carga animal instantânea de 110.000 kg Pv ha⁻¹, sendo que os animais permaneciam nos piquetes no período noturno e diurno. Durante o ciclo produtivo da safra 2009/2010, foram realizados de sete a oito pastejo em cada piquete, com intervalos de 15 a 30 dias, tomando como critério de pastejo a altura da pastagem. Em período de elevada produção de pastagens, era feito feno do material excedente de alguns piquetes. No período de inverno, a área foi sobressemeada com aveia preta comum, visando o pastejo pelos animais, os quais permaneciam na área somente no período noturno, manejo este adotado visando reduzir problemas de compactação do solo na área de ILP. Há um destaque para o uso de cama de aviário como forma de fertilização da área, em grandes quantidades.

Toda a área de lavoura temporária do estabelecimento foi usada com ILP, sejam para as vacas em lactação, vacas secas, novilhas e bezerras, tomando como base para este estudo a área utilizada para as vacas em lactação. As lavouras de verão foram desenvolvidas em sistema de plantio direto, com sistema convencional de condução, ou seja, com uso de herbicidas, fungicidas e inseticidas, bem como uso de mecanização tratorizada. Parte da área foi cultivada com milho e a outra parte com soja. A cultura do milho foi utilizada para a obtenção de silagem de planta inteira e silagem de grão úmido, ambas utilizadas na alimentação dos animais. Da mesma forma, a cultura da soja foi armazenada na forma de grãos para utilização na dieta alimentar dos animais.

Após o cultivo de verão, a área de ILP foi utilizada com o consórcio de aveia e azevém objetivando a produção de forragens para os animais. O plantio da aveia ocorreu entre os meses de março e abril, com uso de semeadora direta, e o azevém foi obtido a partir da ressemeadura natural. O sistema de pastejo adotado foi o rotativo, com a ocupação de um piquete por dia, com uma carga animal de 1.176 kg Pv ha⁻¹ e com uma carga instantânea de aproximadamente 46.500,00 kg Pv ha⁻¹. Durante o ciclo produtivo, foram realizados aproximadamente quatro pastejos em cada piquete e ao final do ciclo da aveia as cercas foram retiradas e feito pastejo contínuo. O diferimento das áreas de pastagens visando o acúmulo de

matéria seca foi efetuado 15 dias antes da dessecação da área para o plantio de verão.

Tabela 2 - Resumo do manejo adotado em áreas de integração lavoura-pecuária (ILP) e pastagem permanente de verão (PPV) em Saudade do Iguaçú - PR.

Áreas	Safrá 2007/2008		Safrá 2008/2009		Safrá 2009/2010		
	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	
ILP	Cultivo	Milho silagem	Aveia+azevém	Milho silagem	Aveia+azevém	Soja	Aveia+azevém
	Manejo solo	Plantio direto	Cultivo mínimo	Plantio direto	Cultivo mínimo	Plantio direto	Cultivo mínimo
	Adubação de base	370 kg ha ⁻¹ do adubo 08-20-15. 4.000 kg ha ⁻¹ de cama de aviário.	12.500 kg ha ⁻¹ de cama de aviário.	370 kg ha ⁻¹ do adubo 08-20-15. 4.000 kg ha ⁻¹ de cama de aviário.	12.500 kg ha ⁻¹ de cama de aviário.	250 kg ha ⁻¹ do adubo 02-20-20.	8.600 kg ha ⁻¹ de cama de aviário.
	Adubação de cobertura	370 kg ha ⁻¹ do adubo 45-00-00.	Não houve	370 kg ha ⁻¹ do adubo 45-00-00.	Não houve	Não houve	Não houve
	Correção	Não houve	100 kg ha ⁻¹ de calcário calcítico	Não houve	Não houve	Não houve	Não houve
PPV	Cultivo	<i>Tifton 85</i>	Sobressemeadura aveia preta comum	<i>Tifton 85</i>	Sobressemeadura aveia preta comum	<i>Tifton 85</i>	Sobressemeadura aveia preta comum
	Manejo solo	Não houve	Não houve	Não houve	Não houve	Não houve	Não houve
	Adubação de base	Não houve	Não houve	Não houve	Não houve	Não houve	Não houve
	Adubação de cobertura	6 aplicações de 2.500 kg ha ⁻¹ de cama de aviário, totalizando 15.000 kg ha ⁻¹ de cama de aviário.	Não houve	6 aplicações de 2.500,00 kg ha ⁻¹ de cama de aviário, totalizando 15.000 kg ha ⁻¹ de cama de aviário.	Não houve	6 aplicações de 2.500 kg ha ⁻¹ de cama de aviário, totalizando 15.000 kg ha ⁻¹ de cama de aviário.	Não houve
	Correção	Não houve	100 kg ha ⁻¹ de calcário calcítico	Não houve	Não houve	Não houve	Não houve

3.1.3 ÁREAS DE ESTUDO EM VITORINO-PR

O estabelecimento em estudo no município de Vitorino-PR foi acompanhado pelo projeto Redes de Referências para a Agricultura Familiar desde 1998, com a presença do sistema “leite+grãos”, onde a bovinocultura leiteira era a principal atividade produtiva e a produção de grãos como atividade complementar.

O estabelecimento estava em área de transição climática entre os climas Cfa e Cfb, em altitude média de 760 metros em relação ao nível do mar. A área definida para estudo era formada por um CAMBISSOLO HÁPLICO, com teores médios de 624,8 g kg⁻¹ de argila.

Ao todo, o estabelecimento possuía área total de 29 ha, sendo que 15,0 ha eram utilizadas com ILP. As lavouras de verão eram milho, soja e feijão, sendo o cultivo do milho voltado para uso como silagem de planta inteira e parte para grãos. Nos cultivos de inverno, havia a presença do consórcio entre aveia preta e azevém, principalmente com este último obtido pela ressemeadura natural. O estabelecimento possuía, ainda, dois ha de pastagem permanente de verão, destinado ao pastejo dos bovinos.

O rebanho bovino era composto de 52 animais, sendo 20 vacas leiteiras, todas da raça holandesa, com uma produção anual de aproximadamente 88.500 litros de leite. As vacas possuíam como base alimentar as pastagens de verão e inverno, sendo realizado o balanceamento alimentar dos animais e realizado a suplementação com silagem de planta inteira de milho, ração proteinada e sais minerais. Os animais eram estabulados somente para ordenha e para receber a suplementação alimentar no período da manhã e da tarde, logo após as ordenhas, e o restante do período permanecem nas áreas de pastagens.

A área principal de pastagem permanente de verão, utilizada pelas vacas em lactação e definida como objeto de estudo deste trabalho, era formada por *Coast Cross*, com área de dois ha, formada no ano de 2009, tendo sido utilizada somente uma vez antes da análise por este trabalho. A área era utilizada anteriormente com lavouras. O manejo adotado na área foi pastejo rotativo na safra de verão, com permanência dos animais por um dia em cada piquete, com uma carga animal de 5.500 kg Pv ha⁻¹ e com carga animal instantânea de 84.800 kg Pv ha⁻¹, sendo que os animais permanecem nos piquetes no período noturno e diurno

no período de verão, e no inverno no período noturno. Durante o ciclo produtivo da safra 2009/2010, foram realizados em média cinco pastejos em cada piquete, com intervalos de 20 a 30 dias, tomando como critério de pastejo a altura da pastagem.

Toda a área de lavoura temporária do estabelecimento foi usada com ILP, ou seja, os 15 ha, utilizados por todas as categorias de animais. Para o presente estudo, tomou-se uma área de cinco ha, a qual foi utilizada pelas vacas em lactação. As lavouras de verão foram desenvolvidas em SPD, com sistema convencional de condução, ou seja, com uso de herbicidas, fungicidas e inseticidas, bem como uso de mecanização tratorizada. Parte da área era cultivada com milho e a outra parte com soja. A cultura do milho foi utilizada para a obtenção de silagem de planta inteira utilizada na alimentação dos animais e também para grãos e após o seu cultivo foi cultivado feijão safrinha. Já a cultura da soja foi destinada a comercialização.

Após o cultivo de verão, a área de ILP foi utilizada com o consórcio de aveia e azevém objetivando a produção de forragens para os animais. A semeadura da aveia ocorreu no mês de abril, com uso de gradagem leve, e o azevém foi obtido a partir da ressemeadura natural. O sistema de pastejo adotado foi o rotativo, com a ocupação de um piquete por dois dias, com uma carga animal de $733 \text{ kg Pv ha}^{-1}$ e com uma carga instantânea de aproximadamente $66.000 \text{ kg Pv ha}^{-1}$. Durante o ciclo produtivo, foram realizado aproximadamente três pastejos em cada piquete e ao final do ciclo da aveia os piquetes são retirados e feito pastejo contínuo. Não foi realizado o diferimento das pastagens ao final do ciclo produtivo, devido à estiagem ocorrida no período.

Tabela 3 - Resumo do manejo adotado nas áreas de integração lavoura-pecuária (ILP) e pastagem permanente de verão (PPV) em Vitorino – PR.

Áreas	Safrá 2007/2008		Safrá 2008/2009		Safrá 2009/2010		
	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	
ILP	Cultivo	Soja	Azevém	Soja	Azevém	Milho Silagem + feijão safrinha	Aveia + azevém
	Manejo solo	Plantio Direto	Ressemeadura natural	Plantio Direto	Ressemeadura natural	Plantio direto + Convencional	Cultivo mínimo
	Adubação de base	350 kg ha ⁻¹ do adubo 02-20-20	Não houve	350 kg ha ⁻¹ do adubo 02-20-20	Não houve	350 kg ha ⁻¹ do adubo 08-20-20 + 206 kg ha ⁻¹ do adubo 05-25-25	Não houve
	Adubação de cobertura	Não houve	Não houve	Não houve	Não houve	310 kg ha ⁻¹ do adubo 45-00-00	Não houve
	Correção	Não houve	Não houve	Não houve	Não houve	2.500 kg ha ⁻¹ de calcário dolomítico	Não houve
PPV	Cultivo	Soja	Azevém	Soja	Azevém	<i>Coast-Cross</i>	Não houve
	Manejo solo	Plantio Direto	Ressemeadura natural	Plantio Direto	Ressemeadura natural	Plantio Convencional	Não houve
	Adubação de base	350 kg ha ⁻¹ do adubo 02-20-20	Não houve	350 kg ha ⁻¹ do adubo 02-20-20	Não houve	250 kg ha ⁻¹ do adubo 08-20-20	Não houve
	Adubação de cobertura	Não houve	Não houve	Não houve	Não houve	270 kg ha ⁻¹ do adubo 45-00-00	Não houve
	Correção	Não houve	Não houve	Não houve	Não houve	2.500 kg ha ⁻¹ de calcário dolomítico	Não houve

3.1.4 ÁREAS DE ESTUDO EM PATO BRANCO-PR

No município de Pato Branco-PR, o estabelecimento agropecuário foi acompanhado pelo Projeto Redes de Referências para a Agricultura Familiar desde 1998 até o ano de 2009. A bovinocultura de leite foi a principal atividade econômica, contando ainda com a produção de soja e feijão como alternativas econômicas. O cultivo de milho estava voltado para a obtenção de silagem de planta inteira e o cultivo de soja e feijão para a comercialização de grãos.

O estabelecimento está localizado em área de clima Cfa, com altitude aproximada de 700 metros do nível do mar. A área definida para estudo era um LATOSSOLO VERMELHO, com teores médios de $784,3 \text{ g kg}^{-1}$ de argila.

Ao todo, o estabelecimento possuía 35,1 ha, dos quais 20 ha eram destinados para as lavouras temporárias em ILP (soja, feijão e milho), 7,3 ha com pastagem anuais de verão (milheto e sorgo). Todas as áreas de lavouras temporárias e de pastagens anuais de verão eram utilizadas com ILP, com cultivo de milho, soja, milheto e sorgo no verão e aveia e azevém no inverno, ou seja, eram 27,3 ha com ILP.

O rebanho de bovinos leiteiros do estabelecimento era composto de 71 animais ao todo, com 40 vacas leiteiras, um touro e 30 novilhas e bezerras, com predominância de animais de raça holandesa e produção anual de aproximadamente 175.000 litros de leite. As vacas possuíam como base alimentar as pastagens de verão e inverno, sendo realizada a suplementação com silagem de planta inteira de milho, ração proteinada e sais minerais. Os animais eram estabulados somente para ordenha e para receber a suplementação alimentar no período da manhã e da tarde, logo após as ordenhas, e o restante do período permaneciam nas áreas de pastagens ou em local próximo as instalações.

A área principal de pastagem anual de verão, utilizada pelas vacas em lactação e definida como objeto de estudo deste trabalho, era formada pelo consórcio de milheto e sorgo forrageiro, com área de 7,3 ha, com plantio em SPD e/ou convencional. O manejo adotado na área foi de pastejo rotativo na safra de verão, com permanência dos animais por um dia em cada piquete, com uma carga animal de $2739 \text{ kg Pv ha}^{-1}$ e com carga animal instantânea de $150.000 \text{ kg Pv ha}^{-1}$, sendo que os animais permaneciam nos piquetes no período noturno e diurno.

Durante o ciclo produtivo da safra 2009/2010, foram realizados, em média, sete pastejos em cada piquete, com intervalos de 15 a 30 dias, tomando como critério de pastejo a altura da pastagem. No período de inverno, a área de pastagem anual de verão foi cultivada com aveia preta comum e azevém, como nas demais áreas de lavouras.

Toda a área de lavoura temporária do estabelecimento foi usada com ILP, para as vacas em lactação, vacas secas, novilhas e bezerras, tomando como base para este estudo a área utilizada para as vacas em lactação. As lavouras de verão foram desenvolvidas em SPD, com sistema convencional de condução, ou seja, com uso de herbicidas, fungicidas e inseticidas, bem como uso de mecanização tratorizada. Parte da área foi cultivada com milho, outra parte com soja e ainda feijão. A cultura do milho foi utilizada para a obtenção de silagem de planta inteira e grãos. As culturas da soja e de feijão estavam voltadas para a produção de grãos para comercialização.

Após o cultivo de verão, a área de ILP foi utilizada com o consórcio de aveia e azevém objetivando a produção de forragens para os animais. A semeadura da aveia ocorreu entre os meses de março e abril, com uso de semeadora. O sistema de pastejo adotado foi o do pastejo rotativo, com a ocupação de um piquete por dia, com uma carga animal de $1.000 \text{ kg Pv ha}^{-1}$ e com uma carga instantânea de aproximadamente $150.000 \text{ kg Pv ha}^{-1}$. Durante o ciclo produtivo, foram realizado aproximadamente quatro pastejos em cada piquete e ao final do ciclo da aveia os piquetes são retirados e feito pastejo contínuo. Não foi feito diferimento das áreas de aveia e azevém antes do manejo visando à implantação da cultura de verão.

Tabela 4 - Resumo do manejo adotado nas áreas de integração lavoura-pecuária (ILP) e pastagem anual de verão (PAV) em Pato Branco – PR.

Áreas	Safrá 2007/2008		Safrá 2008/2009		Safrá 2009/2010		
	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	
ILP	Cultivo	Milho silagem	Aveia+azevém	Feijão Feijão safrinha	Aveia+azevém	Soja	Aveia+azevém
	Manejo solo	Plantio direto	Plantio direto	Plantio convencional	Plantio direto	Plantio direto	Plantio direto
	Adubação de base	415 kg ha ⁻¹ do adubo 08-20-20	205 kg ha ⁻¹ do adubo 08-20-20	415 kg ha ⁻¹ do adubo 12-15-15 415 kg ha ⁻¹ do adubo 12-15-15	205 kg ha ⁻¹ do adubo 12-15-15	415 kg ha ⁻¹ do adubo 02-18-18	205 kg ha ⁻¹ do adubo 12-15-15
	Adubação de cobertura	205 kg ha ⁻¹ do adubo 45-00-00	Não houve	150 kg ha ⁻¹ do adubo 45-00-00	Não houve	Não houve	Não houve
	Correção*	Não houve	Não houve	Não houve	Não houve	Não houve	Não houve
PAV	Cultivo	Milheto +sorgo	Aveia+azevém	Milheto +sorgo	Aveia+azevém	Milheto +sorgo	Aveia+azevém
	Manejo solo	Plantio convencional	Plantio direto	Plantio direto	Plantio convencional	Plantio direto	Plantio direto
	Adubação de base	415 kg ha ⁻¹ do adubo 12-30-12	205 kg ha ⁻¹ do adubo 08-20-20	415 kg ha ⁻¹ do adubo 12-30-12	205 kg ha ⁻¹ do adubo 12-15-15	415 kg ha ⁻¹ do adubo 12-30-12	205 kg ha ⁻¹ do adubo 12-15-15
	Adubação de cobertura	165 kg ha ⁻¹ do adubo 45-00-00	Não houve	165 kg ha ⁻¹ do adubo 45-00-00	Não houve	165 kg ha ⁻¹ do adubo 45-00-00	Não houve
	Correção	Não houve	Não houve	Não houve	Não houve	Não houve	Não houve

* uso de 4.100 kg ha⁻¹ de calcário dolomítico no ano de 2000.

3.1.5 ÁREAS DE ESTUDO EM AMPÉRE-PR

Em Ampére, o estabelecimento agropecuário em estudo foi acompanhado pelo Projeto Redes de Referências para a Agricultura Familiar desde 1998. A bovinocultura de leite era a principal atividade econômica, e a produção de soja era a segunda atividade desenvolvida. Ainda, havia o cultivo de milho, porém voltado para a produção de milho silagem de planta inteira para alimentação do rebanho leiteiro.

O estabelecimento está localizado em área de clima Cfa, com altitude aproximada de 720 metros do nível do mar. O solo foi classificado como NITOSSOLO VERMELHO, apresentando teores médios de $706,5 \text{ g kg}^{-1}$ de argila.

Ao todo, o estabelecimento possuía 19,3 ha, dos quais oito ha eram destinados para as lavouras temporárias (soja e milho silagem) e cinco ha com pastagem permanente de verão com *Tifton 85*. Toda a área de lavouras temporárias era utilizada com ILP, com cultivo de milho silagem e soja no verão e aveia e azevém para pastejo no inverno.

O rebanho de bovinos leiteiros do estabelecimento era composto de 43 animais ao todo, com 27 vacas leiteiras da raça holandesa e produção anual de aproximadamente 147.000 litros de leite. As vacas possuíam como base alimentar as pastagens de verão e inverno, sendo realizada a suplementação com silagem de planta inteira de milho, ração proteinada e sais minerais. Os animais eram estabulados somente para ordenha e para receber a suplementação alimentar no período da manhã e da tarde, logo após as ordenhas, e o restante do período permanecem ou nas áreas de pastagens ou em áreas de refúgios com árvores.

A área principal de pastagem permanente de verão, utilizada pelas vacas em lactação e definida como objeto de estudo deste trabalho era formada por *Tifton 85*, formada no ano de 1999, com área de cinco ha em sistema silvipastoril, o qual utilizava eucaliptos como espécie arbórea, em espaçamento de 4 X 25 m. O manejo adotado na área foi de pastejo rotativo na safra de verão, com permanência dos animais por um dia em cada piquete, com uma carga animal de $2.970 \text{ kg Pv ha}^{-1}$ e com carga animal instantânea de aproximadamente $99.000 \text{ kg Pv ha}^{-1}$, sendo que os animais permaneciam nos piquetes no período noturno e diurno. Durante o ciclo produtivo da safra 2009/2010, foram realizados em média sete pastejos em cada

piquete, com intervalos de 15 a 30 dias, tomando como critério de pastejo a altura da pastagem. No período de inverno, a área de pastagem anual de verão não foi cultivada, permanecendo em pousio.

Toda a área de lavoura temporária do estabelecimento era usada com ILP, sejam para as vacas em lactação, vacas secas, novilhas e bezerras, tomando como base para este estudo a área utilizada para as vacas em lactação. As lavouras de verão foram desenvolvidas em SPD, com sistema convencional de condução, ou seja, com uso de herbicidas, fungicidas e inseticidas, bem como uso de mecanização tratorizada. Parte da área foi cultivada com milho silagem e outra parte com soja. A cultura do milho foi utilizada para a obtenção de silagem de planta inteira. A cultura da soja estava voltada para a produção de grãos para comercialização. A última calagem realizada na área foi no ano 2000.

Após o cultivo de verão, a área de ILP foi utilizada com o consórcio de aveia e azevém objetivando a produção de forragens para os animais. A semeadura da aveia ocorreu entre os meses de março e abril, com uso de cultivo mínimo. O sistema de pastejo adotado foi pastejo rotativo, com a ocupação de um piquete a cada cinco dias, com uma carga animal de $1.856 \text{ kg Pv ha}^{-1}$ e com uma carga instantânea de aproximadamente $11.400 \text{ Kg Pv ha}^{-1}$. Durante o ciclo produtivo, foram realizado aproximadamente cinco pastejos em cada piquete. Ocorreu o diferimento das áreas de aveia e azevém antes do manejo visando a implantação da cultura de verão, com antecedência de 15 dias.

Tabela 5 - Resumo do manejo adotado nas áreas de integração lavoura-pecuária (ILP) e pastagem permanente de verão (PPV) em Ampére – PR.

Áreas	Safrá 2007/2008		Safrá 2008/2009		Safrá 2009/2010		
	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	
	Cultivo	Milho silagem	Aveia	Milho Silagem + milho silagem	Aveia	Milho silagem + soja	Aveia
	Manejo solo	Plantio direto	Cultivo mínimo	Plantio direto	Cultivo mínimo	Plantio direto	Cultivo mínimo
ILP	Adubação de base	250 kg ha ⁻¹ do adubo 08-28-16	5.500 kg ha ⁻¹ de cama de aviário	310 kg ha ⁻¹ do adubo 08-28-16 + 310 kg ha ⁻¹ do adubo 08-28-16	5.500 kg ha ⁻¹ de cama de aviário	310 kg ha ⁻¹ do adubo 08-28-16 + 250 kg ha ⁻¹ do adubo 00-20-20	5.500 kg ha ⁻¹ de cama de aviário
	Adubação de cobertura	300 kg ha ⁻¹ do adubo 45-00-00	150 kg ha ⁻¹ do adubo 45-00-00	300 kg ha ⁻¹ do adubo 45-00-00 + 280 kg ha ⁻¹ do adubo 45-00-00	150 kg ha ⁻¹ do adubo 45-00-00	300 kg ha ⁻¹ do adubo 45-00-00	180 kg ha ⁻¹ do adubo 45-00-00
	Correção*	Não houve	Não houve	Não houve	Não houve	Não houve	Não houve
	Cultivo	Tifton 85	Não houve	Tifton 85	Não houve	Tifton 85	Não houve
	Manejo solo	Não houve	Não houve	Não houve	Não houve	Não houve	Não houve
PPV	Adubação de base	300 kg ha ⁻¹ do adubo 02-25-25	Não houve	300 kg ha ⁻¹ do adubo 00-16-00	Não houve	Não houve	Não houve
	Adubação de cobertura	550 kg ha ⁻¹ do adubo 45-00-00	Não houve	550 kg ha ⁻¹ do adubo 45-00-00	Não houve	550 kg ha ⁻¹ do adubo 45-00-00	Não houve
	Correção	Não houve	Não houve	Não houve	Não houve	Não houve	Não houve

*Última calagem realizada na área foi no ano 2000.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ATRIBUTOS QUÍMICOS

Ao analisar os atributos químicos dos solos das áreas sob vegetação nativa (Tabela 6) das cinco localidades, nota-se que houve uma diferenciação entre as localidades, com distintas situações, aqui chamada de fertilidade química natural. Esta distinção entre as áreas não seguiu uma orientação tomando como base as diferentes classes de solos existentes, como exemplo uma aproximação dos níveis dos atributos entre os menos intemperizados (NEOSSOLOS e CAMBISSOLO) e os mais intemperizados (LATOSSOLO e NITOSSOLO).

Em Honório Serpa e em Pato Branco, respectivamente NEOSSOLO e LATOSSOLO, observou-se níveis muito baixo para pH, baixo para V%, alto para m%, baixo para Ca e níveis distintos para Mg em função das diferentes profundidades. Para o P, apesar de em Honório Serpa ser observado nível alto na camada superficial, os níveis foram médio para a camada de 5-20 cm. Em Pato Branco, os níveis de P foram considerados médios para todas as camadas. E para o K, foram observados valores com níveis alto e médio para as diferentes localidades, onde somente na camada 0-5 cm e 10-20 cm, respectivamente para Honório Serpa e Pato Branco, foram observados níveis altos. De modo geral, nestas duas localidades os solos apresentam alta acidez e conseqüentemente baixo V%, com valores médios de K e P, o que podem caracterizá-los como de baixa fertilidade química natural para uso agropecuário.

Tabela 6 - Atributos químicos de solos sob mata, em três profundidades, de cinco estabelecimentos agropecuários. Sudoeste do PR. Ano 2010.

Local	Prof. (cm)	MO		CTC		pH ²		V		m%		Ca		Mg		P		K	
		g dm ⁻³		cmol _c dm ⁻³		(em CaCl ₂)		(%)		(%)		cmol _c dm ⁻³		cmol _c dm ⁻³		mg dm ⁻³		cmol _c dm ⁻³	
		Valor	Nível ¹	Valor	Nível	Valor	Nível	Valor	Nível	Valor	Nível	Valor	Nível	Valor	Nível	Valor	Nível	Valor	Nível
Honório Serpa	0-5 cm	87,11	A	24,25	A	3,50	MB	7,42	B	72,18	A	0,46	B	0,89	A	6,54	A	0,45	A
	5-10 cm	60,31	A	18,00	A	3,50	MB	4,28	B	85,53	A	0,11	B	0,41	M	3,10	M	0,25	M
	10-20 cm	50,93	A	17,95	A	3,60	MB	4,01	B	84,62	A	0,16	B	0,31	B	2,38	M	0,25	M
Saude do Iguaçu	0-5 cm	83,09	A	22,04	A	6,00	A	85,39	A	0,00	MB	13,90	A	3,94	A	9,06	A	0,98	A
	5-10 cm	60,31	A	20,67	A	5,70	A	81,42	A	0,00	MB	12,47	A	3,78	A	2,73	M	0,58	A
	10-20 cm	53,61	A	20,46	A	5,70	A	81,23	A	0,00	MB	12,81	A	3,58	A	2,02	M	0,23	M
Vitorino	0-5 cm	67,01	A	19,13	A	5,00	M	76,01	A	0,00	MB	9,76	A	3,75	A	2,73	M	1,03	A
	5-10 cm	53,61	A	15,00	M	5,00	M	60,13	M	0,00	MB	5,31	A	2,73	A	1,33	B	0,98	A
	10-20 cm	40,21	A	12,17	M	4,40	MB	36,24	B	5,97	B	2,16	M	1,42	A	1,33	B	0,83	A
Pato Branco	0-5 cm	72,37	A	17,20	A	4,10	MB	16,05	B	40,39	A	1,56	B	0,97	A	3,10	M	0,23	M
	5-10 cm	56,29	A	15,80	A	4,10	MB	8,61	B	65,39	A	0,58	B	0,60	M	2,38	M	0,18	M
	10-20 cm	50,93	A	15,45	A	3,90	MB	6,54	B	73,70	A	0,33	B	0,33	B	3,83	M	0,35	A
Ampére	0-5 cm	67,01	A	21,32	A	5,80	A	84,90	A	0,00	MB	13,26	A	3,84	A	2,38	M	1,00	A
	5-10 cm	53,61	A	19,21	A	5,70	A	80,01	A	0,00	MB	10,90	A	3,54	A	1,33	B	0,93	A
	10-20 cm	48,25	A	17,44	A	5,50	A	77,24	A	0,00	MB	9,99	A	2,78	A	0,99	B	0,70	A

¹ Classe de interpretação, onde: MB=Muito Baixo, B=Baixo, M=Médio, A=Alto e MA=Muito Alto. Os níveis foram estabelecidos usando as seguintes referências: Oliveira (2003) para V%, P e K, Embrapa Soja (2006) para MO, Ca e Mg, e CQFS – RS/SC (2004) para CTC, pH e m%.

² Para pH, em função de que os níveis da CQFS – RS/SC (2004) são dados em pH em água e a metodologia utilizada neste trabalho é pH em CaCl₂, foram padronizados os níveis de interpretação para este trabalho com base numa diferença média de 0,6 unidade a menos para pH em CaCl₂ em relação ao pH em água, conforme citado por Raij (2010).

Por outro lado, nas áreas de vegetação nativa em Saudade do Iguaçu e em Ampére, respectivamente NEOSSOLO e NITOSSOLO, observou-se situação contrária ao observado em Honório Serpa e Pato Branco, e estes solos podem ser caracterizados de boa fertilidade química natural, com níveis altos de pH, alto para V%, sem m% e com níveis altos de Ca, Mg e K. Para o P é que não se observou níveis adequados, pois na camada de 0-5 cm em Saudade do Iguaçu foi observado nível alto e nas demais profundidades observaram-se níveis médios, e em Ampére o nível de P foi médio na camada de 0-5 cm e baixo para a camada de 5-20 cm.

Para a área de vegetação nativa em Vitorino, sob CAMBISSOLO, observou-se uma situação intermediária em relação às outras quatro localidades, com nível médio de pH para a camada de 0-10 cm e muito baixo para a camada de 10-20 cm, V% alto, médio e baixo respectivamente para as camadas de 0-5 cm, 5-10 cm e 10-20 cm, ausência de m% na camada de 0-10 cm e nível baixo na de 10-20 cm, predominância de nível alto para Ca, Mg e K e nível baixo para P.

Pode-se observar que para todas as amostras de solos sob vegetação nativa, nas diferentes localidades e profundidades, com exceção da camada de 0-5 cm em Honório Serpa e Saudade do Iguaçu, os níveis de P foram médios ou baixos e isto pode estar relacionado principalmente aos altos teores de argila dos solos, os quais retêm o P tornando baixas as concentrações na forma lábil. Nas duas localidades em que o NEOSSOLO está presente, devido ao seu menor grau de intemperismo, foi onde se observou os níveis altos de P na camada de 0-5 cm.

Para as áreas manejadas de ILP (Tabela 7) e PV (Tabela 8), em Honório Serpa, ambas apresentaram níveis adequados dos atributos relacionados à acidez, ou seja, pH, V%, m%, Ca e Mg, apesar da camada de 10-20 cm apresentar níveis médios de pH e V%, porém sem a presença de m%, e bons níveis de Ca e Mg para as duas áreas. A calagem em superfície na ILP e incorporada na PPV, apesar de diferentes doses, proporcionou resultados semelhantes nas duas áreas, apresentando efeito em subsuperfície.

Tabela 7 - Atributos químicos de solos sob integração lavoura-pecuária (ILP), em três profundidades, de cinco estabelecimentos agropecuários. Sudoeste do PR. Ano 2010.

Local	Prof. (cm)	MO		CTC		pH ²		V		m%		Ca		Mg		P		K	
		g dm ⁻³		cmol _c dm ⁻³		(em CaCl ₂)		(%)		(%)		cmol _c dm ⁻³		cmol _c dm ⁻³		mg dm ⁻³		cmol _c dm ⁻³	
		Valor	Nível ¹	Valor	Nível	Valor	Nível	Valor	Nível	Valor	Nível	Valor	Nível	Valor	Nível	Valor	Nível	Valor	Nível
Honório Serpa	0-5 cm	67,01	A	15,22	A	5,90	A	82,26	A	0,00	MB	8,09	A	3,78	A	3,83	M	0,65	A
	5-10 cm	57,63	A	14,69	M	5,60	A	76,04	A	0,00	MB	7,23	A	3,46	A	2,02	M	0,48	A
	10-20 cm	40,21	A	13,56	M	5,00	M	63,42	M	0,00	MB	5,23	A	2,97	A	1,33	B	0,40	A
Saúde do Iguaçu	0-5 cm	60,31	A	15,25	A	6,00	A	80,66	A	0,00	MB	8,12	A	3,73	A	56,57	MA	0,45	A
	5-10 cm	49,59	A	13,57	M	5,20	M	66,03	M	0,00	MB	5,36	A	3,27	A	6,54	A	0,33	A
	10-20 cm	33,51	A	10,61	M	4,60	B	53,25	B	2,59	B	3,30	M	2,15	A	2,38	M	0,20	M
Vitorino	0-5 cm	53,61	A	17,40	A	6,00	A	73,62	A	0,00	MB	7,89	A	4,67	A	13,25	MA	0,25	M
	5-10 cm	33,51	A	14,32	M	6,10	A	80,87	A	0,00	MB	7,09	A	4,34	A	7,36	A	0,15	M
	10-20 cm	26,80	A	13,12	M	5,50	A	69,74	M	0,00	MB	5,12	A	3,90	A	3,10	M	0,13	M
Pato Branco	0-5 cm	53,61	A	12,63	M	4,60	B	52,65	B	2,49	B	4,35	A	1,90	A	19,24	MA	0,40	A
	5-10 cm	46,91	A	12,27	M	4,60	B	45,48	B	5,58	B	3,91	M	1,42	A	10,85	A	0,25	M
	10-20 cm	46,91	A	12,05	M	4,50	B	40,25	B	10,68	M	3,32	M	1,30	A	7,36	A	0,23	M
Ampére	0-5 cm	40,21	A	15,30	A	4,90	M	65,03	M	0,90	MB	6,60	A	2,77	A	73,71	MA	0,58	A
	5-10 cm	40,21	A	14,09	M	4,70	B	59,12	B	2,23	B	5,35	A	2,45	A	31,45	MA	0,53	A
	10-20 cm	30,83	A	12,30	M	4,60	B	59,67	B	2,78	B	4,68	A	2,28	A	10,85	A	0,38	A

¹ Classe de interpretação, onde: MB=Muito Baixo, B=Baixo, M=Médio, A=Alto e MA=Muito Alto. Os níveis foram estabelecidos usando as seguintes referências: Oliveira (2003) para V%, P e K, Embrapa Soja (2006) para MO, Ca e Mg, e CQFS – RS/SC (2004) para CTC, pH e m%.

² Para pH, em função de que os níveis da CQFS – RS/SC (2004) são dados em pH em água e a metodologia utilizada neste trabalho é pH em CaCl₂, foram padronizados os níveis de interpretação para este trabalho com base numa diferença média de 0,6 unidade a menos para pH em CaCl₂ em relação ao pH em água, conforme citado por Raij (2010).

Tabela 8 - Atributos químicos de solos sob pastagem de verão (PV), em três profundidades, de cinco estabelecimentos agropecuários. Sudoeste do PR. Ano 2010.

Local	Prof. (cm)	MO		CTC		pH ²		V		m%		Ca		Mg		P		K	
		g dm ⁻³		cmol _c dm ⁻³		(em CaCl ₂)		(%)		(%)		cmol _c dm ⁻³		cmol _c dm ⁻³		mg dm ⁻³		cmol _c dm ⁻³	
		Valor	Nível ¹	Valor	Nível	Valor	Nível	Valor	Nível	Valor	Nível	Valor	Nível	Valor	Nível	Valor	Nível	Valor	Nível
Honório Serpa	0-5 cm	73,71	A	17,24	A	5,50	A	75,64	A	0,00	MB	7,70	A	4,34	A	14,77	MA	1,00	A
	5-10 cm	48,25	A	15,85	A	5,20	M	70,91	A	0,00	MB	6,33	A	4,13	A	7,36	A	0,78	A
	10-20 cm	48,25	A	15,70	A	5,10	M	65,92	M	0,00	MB	5,79	A	3,93	A	4,96	A	0,63	A
Saúde do Iguaçu	0-5 cm	50,93	A	15,55	A	5,50	A	75,31	A	0,00	MB	7,04	A	3,67	A	58,53	MA	1,00	A
	5-10 cm	37,53	A	12,52	M	4,60	B	53,99	B	1,74	B	3,75	M	2,18	A	5,74	A	0,83	A
	10-20 cm	26,80	A	12,34	M	4,30	MB	41,65	B	8,38	B	2,71	M	1,80	A	4,58	A	0,63	A
Vitorino	0-5 cm	40,21	A	16,27	A	5,50	A	73,69	A	0,00	MB	7,54	A	3,92	A	8,62	A	0,53	A
	5-10 cm	41,55	A	15,11	A	5,30	M	69,49	M	0,00	MB	6,73	A	3,52	A	3,83	M	0,25	M
	10-20 cm	36,19	A	13,49	M	5,10	M	63,23	M	0,00	MB	5,19	A	3,16	A	2,02	M	0,18	M
Pato Branco	0-5 cm	50,93	A	11,11	M	4,40	MB	41,22	B	17,03	M	2,92	M	1,31	A	9,50	A	0,35	A
	5-10 cm	26,80	A	11,36	M	4,30	MB	36,62	B	13,15	M	2,50	M	1,43	A	5,74	M	0,23	M
	10-20 cm	40,21	A	10,16	M	4,30	MB	34,15	B	25,38	A	2,09	M	1,15	A	2,38	M	0,23	M
Ampére	0-5 cm	56,29	A	14,45	M	5,00	M	65,33	M	0,00	MB	5,89	A	2,77	A	7,77	A	0,78	A
	5-10 cm	33,51	A	12,56	M	5,10	M	68,39	M	0,00	MB	5,34	A	2,55	A	2,73	M	0,70	A
	10-20 cm	30,83	A	12,02	M	5,20	M	71,55	A	0,00	MB	5,41	A	2,59	A	2,02	M	0,60	A

¹ Classe de interpretação, onde: MB=Muito Baixo, B=Baixo, M=Médio, A=Alto e MA=Muito Alto. Os níveis foram estabelecidos usando as seguintes referências: Oliveira (2003) para V%, P e K, Embrapa Soja (2006) para MO, Ca e Mg, e CQFS – RS/SC (2004) para CTC, pH e m%.

² Para pH, em função de que os níveis da CQFS – RS/SC (2004) são dados em pH em água e a metodologia utilizada neste trabalho é pH em CaCl₂, foram padronizados os níveis de interpretação para este trabalho com base numa diferença média de 0,6 unidade a menos para pH em CaCl₂ em relação ao pH em água, conforme citado por Raij (2010).

Já o K, apresentou níveis altos nas duas áreas de Honório Serpa e em todas as profundidades, porém na área de PPV os teores de K foram superiores ao da ILP, na ordem de $0,28 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ na camada de 0-20 cm. O P apresentou duas situações distintas, pois na PV apresentou nível alto em todas as camadas, e na ILP apresentou nível médio e baixo, respectivamente para as camadas de 0-10 cm e 10-20 cm. Ao observar a Tabela 9, referente aos dados acumulados de NPK aplicados nos últimos três anos, nota-se que a área de ILP recebeu mais que o dobro da quantidade de P que a PV (diferença de 132 kg ha^{-1} de P_2O_5), e também mais K (diferença de 73 kg ha^{-1} de K_2O), ou seja, pelas adubações efetuadas nas duas áreas, a área de ILP deveria apresentar maiores concentrações destes dois nutrientes, mas observou-se o contrário.

Tabela 9 - Somatório de NPK e calagem utilizada no triênio 2008/2009/2010.

Local	Área	kg ha ⁻¹				Observações
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Calagem	
Honório Serpa	ILP	232	225	225	1.650	Não há.
	PV	223	93	152	4.100	Pousio noturno animais ano todo
Saude do Iguazu	ILP	1.978	1.862	1.617	100	Uso de cama de aviário
	PV	1.710	1.800	1.575	100	Uso de cama de aviário e pousio noturno animais ano todo
Vitorino	ILP	191	261	261	2.500	Não há.
	PV	155	190	190	2.500	Pousio noturno animais ano todo
Pato Branco	ILP	416	384	384	-	Não há.
	PV	437	476	251	-	Não há
Ampépe	ILP	1.468	1.040	816	-	Uso de cama de aviário
	PV	748	123	75	-	Pousio noturno animais ano todo

OBS: os valores de N, P₂O₅ e K₂O da cama de aviário foram estabelecidos com base nos valores médios estabelecidos em CQFS – RS/SC (2004).

A explicação para este fato pode estar na transferência de nutrientes que ocorreu da área de ILP para PV. A área de PV foi o local de maior tempo de permanência dos animais, seja no período de verão onde eles ficam no período diurno e noturno, e no período de inverno onde ficam no período noturno. Este tempo longo de permanência na PV acarreta a constante deposição de dejetos e conseqüentemente a transferência dos nutrientes da área de ILP para PV. Esta transferência dos nutrientes pode ter sido magnificada devido a ILP ter sido pastejada no período de inverno durante os três anos analisados e ainda teve a retirada de milho silagem em um dos anos, o que promoveu grande exportação de nutrientes para a área de PV. Ainda, a exportação se dá de uma área de pastejo

maior que é a ILP com 15,3 ha, para uma menor que é a PPV com 1,5 ha, proporcionando uma maior concentração dos dejetos e dos nutrientes.

Em Saudade do Iguaçú, observou-se semelhança entre os atributos químicos analisados nas duas áreas manejadas, inclusive no gradiente formado em profundidade. Em relação à pH, V% e m%, os níveis encontrados mostraram-se adequados na camada superficial, porém a camada de 5-10 cm demonstrou níveis intermediários e na camada de 10-20 cm foi observado alta acidez e baixo V%, principalmente para a PV, porém com nível baixo para m%. O Ca seguiu a mesma tendência, porém o Mg mostrou-se em nível alto nas duas áreas manejadas e nas diferentes profundidades.

Para o K, observaram-se níveis altos para as duas áreas manejadas, com exceção da camada de 10-20 cm na ILP, com nível médio. Cabe destacar, porém, que as concentrações de K na PV foram mais que o dobro das encontradas na ILP, em todas as profundidades. Como as doses de K aplicada nas duas áreas foram praticamente iguais (Tabela 9), o fato de ter sido cultivado milho silagem de planta inteira por duas safras e ocorrer o pastejo na aveia+azevém nas três safras, com os animais permanecendo no período noturno na PV, pode ter promovido a transferência deste nutriente entre as áreas, a exemplo do observado em Honório Serpa.

Em relação ao P em Saudade do Iguaçú, observou-se grande variação nas duas áreas manejadas, com destaque para os valores na camada de 0-5 cm que foram superiores a 50 mg dm^{-3} nas duas áreas manejadas, sendo considerado um nível muito alto. Porém, níveis elevados de P não foram observados nas demais camadas. Por exemplo, na ILP, a camada de 5-10 cm apresentou nível alto e na camada de 10-20 cm observou-se um nível médio. Na PV, nas camadas de 5-10 cm e 10-20 cm, foram observados níveis altos. As altas concentrações de P observadas nas duas áreas devem-se, provavelmente, a aplicação de elevada quantidade de cama de aviário por vários anos, a qual foi utilizada objetivando o suprimento de N, porém acabou por elevar principalmente a concentração de P e ainda elevando os níveis de K. Ao mesmo tempo, esta concentração em camada superficial demonstra que o P não se movimentou no perfil do solo, concentrando na camada superficial, o que é indesejado sob o ponto de vista agrônomo, pois pode haver desenvolvimento radicular abundante somente nesta camada e em período de estiagens o nutriente pode não estar disponível nas camadas de subsuperfície. Já

sob o ponto de vista ambiental este acúmulo superficial de P também não é desejado, pois havendo processo de escoamento de águas de chuvas em superfície, remoção deste P e acúmulo em curso de água, pode ocasionar a eutrofização das águas.

Já em Vitorino, devido às duas áreas manejadas possuírem o mesmo manejo até safra 2008/2009, e terem recebido as mesmas quantidades de NPK e calcário, não foram observadas diferenças expressivas entre elas. Apesar da PV apresentar maior acidez e menor V% em subsuperfície do que a ILP, os níveis de m%, Ca e Mg foram os mesmos entre as duas áreas. Como a calagem foi feita em 2009 em sistema convencional, os efeitos foram percebidos em profundidade.

Já o P e K apresentaram variação em relação às áreas e profundidades, onde na ILP foi observado nível muito alto de P na camada de 0-5 cm, nível alto na camada de 5-10 cm e nível médio de 10-20 cm, e o K apresentou nível médio nas três camadas amostradas. Já na PPV, houve nível alto para P e K de 0-5 cm, nível médio de P e K de 5-20 cm. O uso de pastejo nas três safras analisadas e ainda uso de milho silagem de planta inteira na última, pode ter exportado mais K da ILP, motivo pelo qual esta área apresentou menores valores em relação à PPV, local onde os animais permanecem por maior tempo e possivelmente receberam nutrientes de outra área, demonstrando diferença mesmo com a mudança de manejo entre as áreas de ILP e PPV ter ocorrido apenas na última safra analisada. Isto corrobora com a hipótese da transferência de nutrientes observada em Honório Serpa e Saudade do Iguçu.

Dentre as localidades em estudo, em Vitorino e Honório Serpa, pelos dados da Tabela 9, foram os locais onde houve os menores usos de NPK de todas as localidades e em função destes usos, deve-se melhorar o manejo da adubação, pois em função de transferência de nutrientes entre áreas, a ILP poderá apresentar níveis deficientes dos nutrientes com o passar do tempo, principalmente de K.

Em Pato Branco, entre as cinco localidades em estudo, foi onde se observou os maiores valores de acidez nas duas áreas manejadas. Na área de ILP, o pH e o V% foram baixos para todas as profundidades, com valores de m% em todas as profundidades, com destaque para nível médio na camada de 10-20 cm. Na PV, o pH foi considerado em nível muito baixo em todas as profundidades, e o V% com nível baixo para as mesmas, chegando a valor menor que 40% a partir de 5 cm de profundidade, o que levou a presença de nível médio de m% na camada de 0-

10 cm e nível alto de 10-20 cm, podendo causar toxicidade para as plantas. Os níveis de Ca foram, de modo geral, médios para ambas as áreas, porém o Mg apresentou nível alto para as duas áreas e profundidades analisadas.

O P na área de ILP em Pato Branco, onde havia menor acidez, apresentou nível alto em todas as profundidades analisadas, inclusive com nível muito alto na camada de 0-5 cm. Porém na PV, onde houve maior acidez principalmente em subsuperfície, os níveis foram alto e médio, respectivamente para 0-5 cm e 5-20 cm, podendo ter ocorrido nestas camadas, em função do teor de m%, a adsorção do P pelo Al, bem como pelo Fe. O K apresentou o mesmo comportamento para as duas áreas, com níveis alto e médio, respectivamente para as camadas de 0-5 cm e 5-20 cm.

Em Pato Branco foi onde se observou o maior uso de adubação química, com grandes quantidades de P e K aplicados via fertilizantes. Porém, este uso de P e K não vem acompanhado da devida correção da acidez do solo, pois a última calagem foi realizada no ano 2000, fato que aliado à alta acidez natural deste solo, pode estar comprometendo a eficácia da adubação, especialmente do P.

Por fim, em Ampére, a área de ILP apesar de apresentar níveis médio e baixo de pH e V% para as camadas de 0-5 cm e 5-20 cm, respectivamente, os valores de m% foram baixos e de Ca e Mg altos, o que não apresenta restrições ao desenvolvimento das plantas. Já na PV, os valores de pH e V% foram médios, com exceção do nível alto observado para V% de 10-20 cm, e sem a presença de m%. Ainda na ILP, foram observados níveis altos de P e K em todas as profundidades, resultante das elevadas quantidades de fertilizantes aplicadas via cama de aviário (Tabela 9), mesmo com as extrações realizadas devido aos três anos consecutivos de cultivo de silagem de planta inteira de milho. Porém, apesar de ser observada grande concentração de P na camada 0-5 cm, da mesma forma que em Saudade do Iguaçú, em Ampére observou-se que o P distribuiu-se no perfil do solo, influenciando inclusive a camada de 10-20 cm. Já na PV, o P apresentou nível alto somente na camada de 0-5 cm e de 5-20 cm o nível foi médio. Já o K para esta área foi alto, apesar da pequena dose de K introduzida via fertilização química, cabendo a lógica da transferência do K da área de ILP para PV, que recebeu consecutivamente três anos de pastejo no inverno e silagem no verão. Ainda, nesta localidade nota-se uma diferenciação na estratégia de adubação das áreas, pois a ILP recebeu maior quantidade de NPK e a PV não recebeu os mesmos cuidados.

Com relação a MOS nas cinco localidades, três áreas em análises e em todas as profundidades, o nível encontrado foi alto para todas as situações. A MO nas áreas de vegetação nativa apresentou, para todas as localidades e profundidades, maiores valores do que as áreas de ILP e PV. Cabe destacar que se observou correlação positiva entre os teores de MO e CTC, conforme a Figura 1, onde que com o aumento do conteúdo de MO houve o aumento linear da CTC, ou seja, a MO contribuiu significativamente para o aumento da CTC e conseqüentemente para a retenção de cátions no solo, melhorando a utilização dos nutrientes via adubações e mesmo na ciclagem dentro do sistema. Isto comprova a importância de manejar o solo visando o incremento de MO.

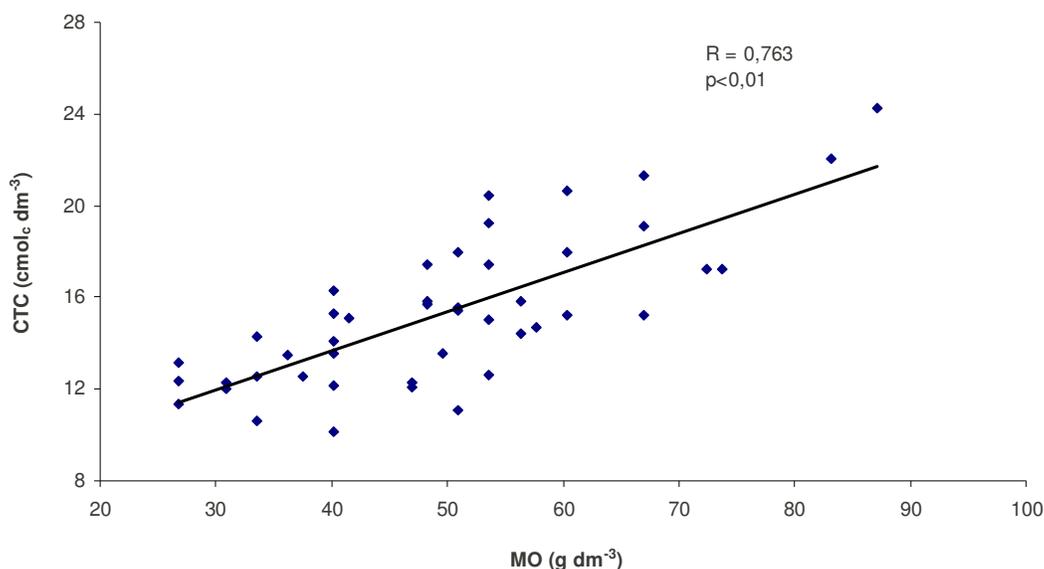


Figura 1 - Correlação entre os teores de matéria orgânica do solo (MOS) e capacidade de troca de cátions (CTC), de solos de cinco estabelecimentos agropecuários, sob integração lavoura-pecuária (ILP), pastagem de verão (PV) e vegetação nativa (MA), nas camadas de 0-5 cm, 5-10 cm e 10-20 cm de profundidade. Sudoeste do PR. Ano de 2010.

Conforme os dados da Tabela 10, em todas as áreas manejadas os estoques de COT foram inferiores ao da MA, demonstrando que estas áreas manejadas, seja em ILP ou PV e nas diferentes localidades, não aportaram MO em quantidades que possibilitem o aumento dos estoques de COT em concentrações comparáveis à área de referência. Assim, o uso dos solos para a produção de biomassa vegetal visando à alimentação dos animais, presente nos cinco estabelecimentos rurais, devido à intensificação da bovinocultura de leite, pode não

estar promovendo o aporte necessário de MO para manter os estoques iguais ou superiores ao da vegetação nativa, pois mesmo não se tendo dados históricos das áreas manejadas que permitam caracterizar o manejo ao longo do tempo, percebe-se que houve uma correlação entre o aumento da pressão de pastejo e a diminuição nos estoques de COT nas áreas de ILP nas diferentes localidades, conforme observado na Figura 2. Na PV, tal correlação não se mostrou presente.

Tabela 10 - Estoque de Carbono Orgânico Total (COT) em massa equivalente, de solos sob vegetação nativa (MA), integração lavoura-pecuária (ILP) e pastagem de verão (PV), em cinco estabelecimentos agropecuários, na camada de 0-20 cm. Sudoeste do PR. Ano 2010.

Localidade	MA	ILP		PV	
	COT	COT	Variação*	COT	Variação
	(Mg C ha ⁻¹)	(Mg C ha ⁻¹)	%	(Mg C ha ⁻¹)	%
Honório Serpa	57,58	52,64	- 8,58	55,16	- 4,20
Saudade do Iguaçu	55,36	45,11	-18,51	36,08	-34,81
Vitorino	41,42	33,20	-19,84	33,40	-19,35
Pato Branco	45,18	39,18	-13,29	30,80	-31,83
Ampére	53,14	37,17	-30,05	40,45	-23,88
Média	50,53	41,46	-17,96	39,18	-22,47

*Variação levando em consideração o estoque de COT da MA.

Desta forma, se tomar a MA como área de referência de conteúdo de MOS e estes valores representam um estado de qualidade do solo, nota-se que as áreas manejadas não oportunizaram a manutenção desta qualidade. Maiores estudos de médio e longo prazo sobre a dinâmica da MOS em sistemas intensivos de produção animal que possuem alta demanda por biomassa em pequenas propriedades passam a ser necessários para melhorar a compreensão do comportamento dos mesmos, a fim de propor práticas de manejo adequadas.

Em Saudade do Iguaçu e em Pato Branco, as áreas de ILP apresentaram maior acúmulo de COT em relação a PV, porém em Honório Serpa e Ampére a PV apresentou maior acúmulo de COT. Em Vitorino os valores foram praticamente iguais. Na média das cinco localidades, a PV apresentou menores valores de COT do que ILP. Estes dados de diferenciação entre ILP e PV não apresentaram relação com as adubações recebidas, com o processo de transferência de biomassa promovido pelo pastejo e silagem e mesmo com a forma de cultivo do solo.

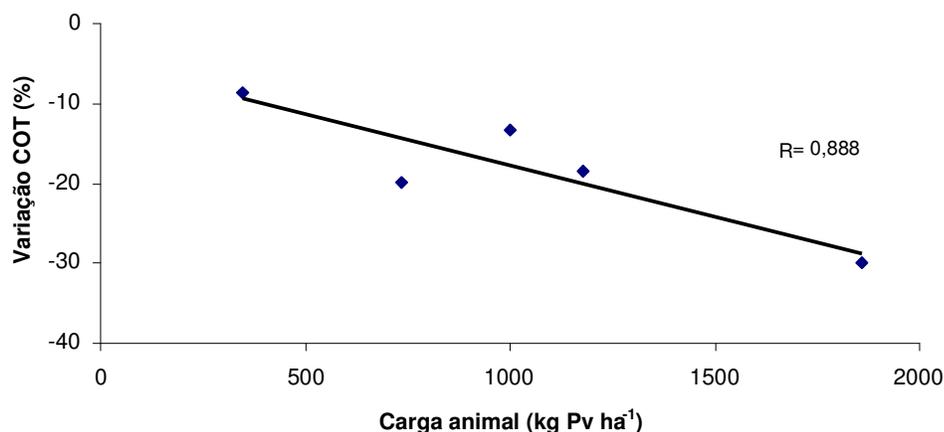


Figura 2 - Correlação entre carga animal e variação nos estoques de carbono orgânico total (COT), de áreas de integração lavoura-pecuária (ILP) em comparação à vegetação nativa (MA), em cinco estabelecimentos agropecuários. Sudoeste do PR. Ano 2010.

Dentre as áreas manejadas que apresentaram menores valores de COT em relação a MA, destaca-se a área de ILP de Ampére, onde apresentou valor aproximadamente 30% inferior. Cabe destacar que além do pastejo no período de inverno, a ILP de Ampére foi cultivada com milho silagem por três safras consecutivas, proporcionando grande exportação de biomassa da área, havendo conseqüentemente menor adição de C ao solo. Porém, deve-se ressaltar que esta variação de COT não se deve somente aos três anos analisados, mas ao manejo adotado ao longo dos anos.

De modo geral, as áreas estudadas apresentaram variação entre os valores dos atributos analisados, porém com algumas situações peculiares. Em relação à acidez e atributos relacionados (pH, V% e m%), observou-se, com exceção de Pato Branco, que as áreas apresentam bons níveis, sendo que em algumas áreas observa-se uma maior acidez na camada de 10-20 cm, porém sem problemas de m%. Os níveis de Ca foram variáveis, acompanhando a dinâmica da acidez, porém o Mg não apresentou a mesma dinâmica, pois em todas as localidades e profundidades ele apresentou nível alto, o que pode ser resultado do uso freqüente de calcário dolomítico nestas áreas.

Já o P e K apresentaram grandes diferenças entre as áreas e localidades analisadas, reflexo das diferentes formas de fertilização adotadas entre as localidades e entre as áreas manejadas dentro de cada localidade. Por exemplo,

nota-se a diferença entre as quantidades de NPK aplicadas nas localidades de Saudade do Iguaçu e Vitorino, a primeira com a maior e a segunda com a menor aplicação de NPK, ou mesmo se analisar as diferentes adubações entre as áreas manejadas em Ampére, onde a ILP recebeu maior volume de nutrientes do que a PV. Destacam-se neste sentido as áreas onde foi utilizada cama de aviário, com elevação das concentrações de P e K, e ainda destaca-se a transferência de K das áreas de ILP para as de PV, tendo em vista o maior tempo de permanência dos animais nas PV e a grande extração realizada na ILP através do pastejo e da silagem.

Por fim, a MOS pode ter sido influenciada negativamente em todas as áreas manejadas, onde se observou menores estoques de COT em relação à área de referência. Isto é reflexo da forma de uso das áreas, com sistemas intensivos de produção de leite que possuem como prioridade a produção de leite e conseqüentemente grande demanda por forragens, fazendo com que haja grande remoção da palhada, via pastejo ou silagem, não garantindo a manutenção dos níveis de MOS comparáveis ao da MA, mesmo nas áreas onde há uso intensivo de adubações, demonstrando que a prática da adubação, embora na maioria dos casos consiga elevar os níveis da maioria dos atributos químicos, não consegue o mesmo efeito com relação à reposição de MOS.

4.2 ATRIBUTOS FÍSICOS

4.2.1 DENSIDADE E POROSIDADE DOS SOLOS

Os dados referentes à densidade dos solos, porosidade total, macroporosidade e microporosidade das áreas analisadas nos cinco estabelecimentos estão dispostos na Tabela 11.

Em Honório Serpa, observou-se que a densidade do solo mostrou comportamentos diferentes nas diferentes camadas. Na camada de 0-5 cm, houve diferença estatística entre as três áreas, com maiores valores para PV, intermediários para ILP e menores para MA. Na camada de 5-10 cm, os dados das áreas de PV foram maiores que a MA e a área de ILP não diferiu com estas duas, com comportamento intermediário. Já na camada de 10-20 cm, as áreas não

apresentaram diferença entre si. Para a porosidade total, na camada de 0-5 cm não houve diferença entre as duas áreas manejadas, as quais foram inferiores à da MA. Já para as camadas de 5-10 cm e 10-20 cm, a área de PV foi menor que a MA, e a área de ILP com comportamento intermediário não diferindo destas. Para o atributo macroporosidade, observou-se que na camada de 0-5 cm e 5-10 cm, as áreas ILP e PV foram iguais entre si e estas inferiores ao valor obtido na MA, porém na camada de 10-20 cm todas as áreas foram iguais estatisticamente. Este mesmo comportamento foi observado para a microporosidade nas camadas de 0-5 cm e 10-20 cm, e na camada de 5-10 cm houve maior valor para ILP em relação a MA, e PV não diferiu com estas duas.

Em geral, para a localidade de Honório Serpa, observou-se efeito das áreas manejadas em comparação a MA, no entanto, entre as duas áreas manejadas, a PV apresentou maiores alterações, principalmente aumentando a densidade até 05 cm de profundidade, devido ao fato da área de PV ser utilizada constantemente durante todo o ano como local de permanência e pastejo dos animais, em tempo integral no verão e noturno no período de inverno devido à sobressemeadura de aveia e azevém, e no verão a ILP ter recebido dois cultivos de soja e apenas um de milho silagem nas últimas três safras. Ainda, a carga animal instantânea aplicada é maior na área de PV, com $134.000 \text{ kg Pv ha}^{-1}$, em comparação à $15.500 \text{ kg Pv ha}^{-1}$ observada na ILP. Porém, na camada de 10-20 cm, não foram observado efeitos pronunciados do manejo sobre os atributos em comparação à área de referência, sendo que para densidade, macroporosidade e microporosidade não houve diferença estatística entre as três áreas.

Tabela 11 - Valores de densidade, porosidade total, macroporosidade e microporosidade do solo de cinco estabelecimentos agropecuários, sob integração lavoura-pecuária (ILP), pastagem de verão (PV) e vegetação nativa (MA), em três profundidades. Sudoeste do PR. Ano 2010.

Localidades	0-5 cm				5-10 cm				10-20 cm			
	ILP	PV	MA	CV (%)	ILP	PV	MA	CV (%)	ILP	PV	MA	CV (%)
-----Densidade (g cm ⁻³)-----												
Honório Serpa	1,13 b	1,23 a	0,64 c	27,8	1,08 ab	1,16 a	0,82 b	16,7	1,02 a	1,11 a	0,92 a	10,7
Saudade do Iguaçú	1,21 a	1,20 a	0,66 b	28,6	1,18 a	1,15 a	0,74 b	21,7	1,14 a	1,07 a	0,85 b	13,5
Vitorino	1,11 a	1,22 a	0,64 b	27,1	1,15 a	1,17 a	0,75 b	20,5	1,10 a	1,07 a	0,74 b	18,5
Pato Branco	1,14 a	1,17 a	0,64 b	26,3	1,07 a	1,16 a	0,68 b	24,1	1,03 a	1,11 a	0,70 b	20,0
Ampére	1,25 a	1,23 a	0,78 b	21,8	1,24 a	1,21 a	0,85 b	18,2	1,23 a	1,22 a	0,89 b	15,5
-----Porosidade total (%)-----												
Honório Serpa	57,0 b	54,5 b	69,8 a	12,1	58,7 ab	55,6 b	66,3 a	9,1	60,6 ab	58,1 b	65,0 a	5,4
Saudade do Iguaçú	62,1 a	57,9 a	68,6 a	8,7	60,1 ab	59,6 b	72,0 a	11,0	60,6 b	60,1 b	69,1 a	7,2
Vitorino	61,3 b	56,1 b	72,4 a	11,7	60,6 b	57,7 c	66,0 a	6,0	58,7 a	60,1 a	65,2 a	6,0
Pato Branco	59,0 b	59,1 b	70,6 a	9,8	62,1 b	58,7 b	74,2 a	11,1	62,5 b	63,0 b	72,0 a	8,4
Ampére	56,1 b	58,2 b	74,8 a	14,3	56,8 b	57,9 ab	69,6 a	11,5	55,2 c	58,8 b	69,7 a	10,7
-----Macroporosidade (%)-----												
Honório Serpa	11,6 b	10,1 b	32,6 a	65,3	13,8 b	12,3 b	26,8 a	41,7	15,7 a	15,9 a	23,7 a	25,7
Saudade do Iguaçú	18,7 b	12,2 b	37,6 a	52,1	15,3 b	16,5 b	37,9 a	49,9	17,2 b	17,8 b	36,3 a	40,2
Vitorino	16,9 b	8,2 c	37,2 a	63,0	14,3 b	11,5 b	31,9 a	51,1	15,6 b	17,4 b	32,1 a	38,2
Pato Branco	12,9 b	12,7 b	35,0 a	55,3	17,9 b	15,2 b	37,8 a	47,3	20,2 b	19,6 b	35,6 a	34,0
Ampére	10,0 b	11,3 b	38,8 a	71,3	12,1 b	13,3 b	31,5 a	55,7	11,5 b	14,1 b	32,7 a	52,3
-----Microporosidade (%)-----												
Honório Serpa	45,4 a	44,4 a	37,2 a	12,7	44,8 a	43,3 ab	39,5 b	6,4	45,0 a	42,2 a	41,3 a	6,6
Saudade do Iguaçú	43,5 a	45,8 a	31,1 b	17,5	44,8 a	43,1 a	34,1 b	12,9	43,4 a	42,2 a	32,8 b	13,2
Vitorino	44,4 ab	48,0 a	35,2 b	14,7	46,3 a	46,2 a	34,1 b	15,4	43,1 a	42,7 a	33,1 b	13,0
Pato Branco	46,1 a	46,4 a	35,6 b	13,0	44,2 a	43,4 a	36,4 b	10,4	42,3 a	43,4 a	36,4 a	9,9
Ampére	46,1 a	46,9 a	36,1 b	12,9	44,7 a	44,5 a	38,1 a	10,6	43,7 a	44,7 a	36,9 b	9,7

Médias seguidas pela mesma letra na linha, dentro da mesma localidade e da mesma profundidade, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os atributos densidade do solo, macroporosidade e microporosidade no estabelecimento agropecuário de Saudade do Iguaçú, apresentaram o mesmo comportamento com as áreas manejadas não diferindo entre si, porém estas duas diferindo da área de vegetação nativa. Já a porosidade total apresentou comportamento distinto, pois na camada de 0-5 cm, os valores não diferiram estatisticamente entre as três áreas analisadas. Já na camada de 5-10 cm, a área de PV apresentou menor valor em relação à MA, e a ILP não diferiu entre estas duas. E na camada de 10-20 cm as áreas manejadas de ILP e PV foram iguais entre si, e foram inferiores a área de MA. De modo geral, os atributos analisados demonstraram que as áreas manejadas apresentaram comportamento semelhante entre si, porém com alterações que a diferiram da área sem manejo de MA. A semelhança entre os atributos das áreas de ILP e PV, atribui-se ao fato de que mesmo tendo a ILP recebido menor carga animal instantânea do que a PV (respectivamente 46.500 kg Pv ha⁻¹ e 110.000 kg Pv ha⁻¹) e a PV ter recebido pastejo noturno no inverno, a área de ILP teve dois cultivos de milho silagem nas três últimas safras com intenso tráfego de máquinas o que pode ter suprimido o efeito da descompactação promovido pelo cultivo de grãos, acarretando efeitos similares entre as áreas.

Já em Vitorino, a densidade do solo foi o único atributo que apresentou comportamento semelhante entre as áreas analisadas nas diferentes profundidades, pois as áreas manejadas de ILP e PV não diferiram estatisticamente entre si, porém estas duas foram maiores em relação a MA. No caso da porosidade total, na camada de 0-5 cm, as áreas manejadas não diferiram entre si, porém foram menores do que a área de MA. Na camada de 5-10 cm, as três áreas diferiram entre si, com o menor valor observado para PV, maior para MA e ILP com valor intermediário. Já na camada de 10-20 cm as três áreas não diferiram. Para o atributo macroporosidade, observou-se que na camada de 0-5 cm todas as áreas diferiram estatisticamente entre si, com o menor valor observado para PV, ILP com valor intermediário e PV com maiores valores. Nas camadas de 5-10 cm e 10-20 cm, observou-se que as áreas manejadas não diferiram entre si, porém estas duas diferiram da área de MA. Este mesmo comportamento foi observado para as mesmas profundidades para a microporosidade, porém no caso deste atributo, na camada de 0-5 cm, a área de PV diferiu da MA e a ILP não diferiu entre estas duas.

A tendência observada em Vitorino foi de similaridade entre os manejos PV e ILP. Isto se deve ao fato de que a área de PV foi instalada na última safra

analisada e anteriormente a área integrada à área de ILP. Ainda, em ambas as áreas ocorreram plantio convencional no último ano, bem como a carga animal instantânea era semelhante nos dois casos (66.000 kg Pv ha⁻¹ e 84.800 kg Pv ha⁻¹, respectivamente para ILP e PV), mas como a PV recebeu maior tempo de permanência dos animais, esta apresentou valores absolutos maiores para densidade e menores para macroporosidade em comparação à ILP.

Por sua vez, em Pato Branco, todos os atributos analisados apresentaram comportamento iguais na comparação entre as diferentes áreas dentro de cada profundidade, com as áreas manejadas não diferindo entre si, porém estas duas diferindo da MA, com exceção da microporosidade na camada de 10-20 cm, onde as três áreas não diferiram. Este comportamento observado é devido ao fato de que nesta localidade a pastagem de verão é anual, ou seja, plantada anualmente, o que acarreta em manejo do solo de forma semelhante a área de ILP, como por exemplo, com a adoção de plantio convencional no mesmo ano agrícola para as duas áreas. Ainda, a carga animal instantânea observada é a mesma nas duas áreas (150.000 kg Pv ha⁻¹), mesmo tempo de permanência nos piquetes (01 dia) e mesmas culturas de inverno, tornando os efeitos iguais entre as duas áreas manejadas, mas com a PV com valores absolutos maiores, devido ao maior número de pastejos ocorridos em comparação à ILP.

No município de Ampére, com base nos dados da Tabela 11, a densidade de solo apresentou-se maior nas duas áreas manejadas em relação à MA, porém as áreas de ILP e PV não diferiram entre si, em todas as profundidades. Da mesma forma, o atributo macroporosidade apresentou a mesma diferenciação entre as áreas apresentada pela densidade, em todas as profundidades, porém com os maiores valores na área de MA. Para a porosidade total, observou-se que na camada de 0-5 cm as duas áreas manejadas não diferiram entre si, mas foram inferiores à área de MA. Para a camada de 5-10 cm, a porosidade total apresentou menor valor para ILP em comparação à MA e a área de PV não diferiu com estas duas. Já na camada de 10-20 cm, todos os manejos diferiram entre si, com ILP apresentando menor valor, seguido pela PV e MA. Referente à microporosidade, esta apresentou para as camadas de 0-5 cm e 10-20 cm, as áreas manejadas com valores estatisticamente iguais, e estas duas com menores valores do que à área de MA. Porém na camada de 5-10 cm não houve diferença entre as três áreas analisadas.

De modo geral em Ampére, observou-se que o manejo do solo, seja ele em ILP ou PV, apresentou alterações nos atributos físicos analisados em comparação à área de referência em todas as profundidades, com aumento da densidade do solo e da microporosidade, e diminuição da porosidade total e macroporosidade. Ainda, as áreas de ILP e PV apresentaram comportamento semelhante frente aos diferentes atributos, principalmente em relação à densidade e macroporosidade, onde os mesmos não apresentaram diferença estatística. Desta forma, apesar da ILP ter recebido menor carga animal instantânea durante o período de pastejo de inverno em comparação à PV (respectivamente 11.400 kg Pv ha⁻¹ e 99.000 kg Pv ha⁻¹), por ter recebido maior tráfego de máquinas em função do milho silagem em três safras consecutivas e sem o efeito descompactante das lavouras, houve um efeito semelhante no adensamento do solo entre as duas áreas manejadas, inclusive em todas as profundidades.

Tendo em vista que dentre os atributos físicos avaliados neste trabalho, a densidade e macroporosidade possuem uma maior aplicabilidade em relação ao uso como indicadores da qualidade do solo, a seguir é feita uma análise mais detalhada dos mesmos de forma a comparar os diferentes locais.

Para os valores de densidade do solo, conforme a Tabela 11 observou-se que nos cinco diferentes locais as áreas de ILP e PV apresentaram densidades estatisticamente maiores que a área de referência (MA), independente da profundidade em análise, demonstrando que as áreas manejadas tiveram um adensamento do solo em comparação ao solo referência. Já os valores de densidade do solo para as áreas de ILP e PV, em todos os locais e profundidades avaliadas não diferiram entre si estatisticamente, com exceção da camada de 0-5 cm em Honório Serpa, demonstrando que o efeito do manejo se dá nas duas áreas manejadas, tendo um impacto semelhante sobre ambas, mesmo havendo variações de manejos.

Conforme as Figuras 3(a) 3(b) nota-se que houve a formação de gradientes de densidade no perfil dos solos para as áreas de PV e ILP, com maiores densidades nas camadas superficiais e menores nas camadas subsuperficiais, porém na área de ILP em Vitorino observou-se maior densidade na camada de 5-10 cm. Já nas áreas de referência de MA, conforme os dados da Tabela 11, observam-se um gradiente inverso da densidade às áreas manejadas, ou seja, há um aumento da densidade com o aumento da profundidade. Assim, as áreas manejadas acabam causando um efeito contrário ao observado nas áreas de vegetação nativa.

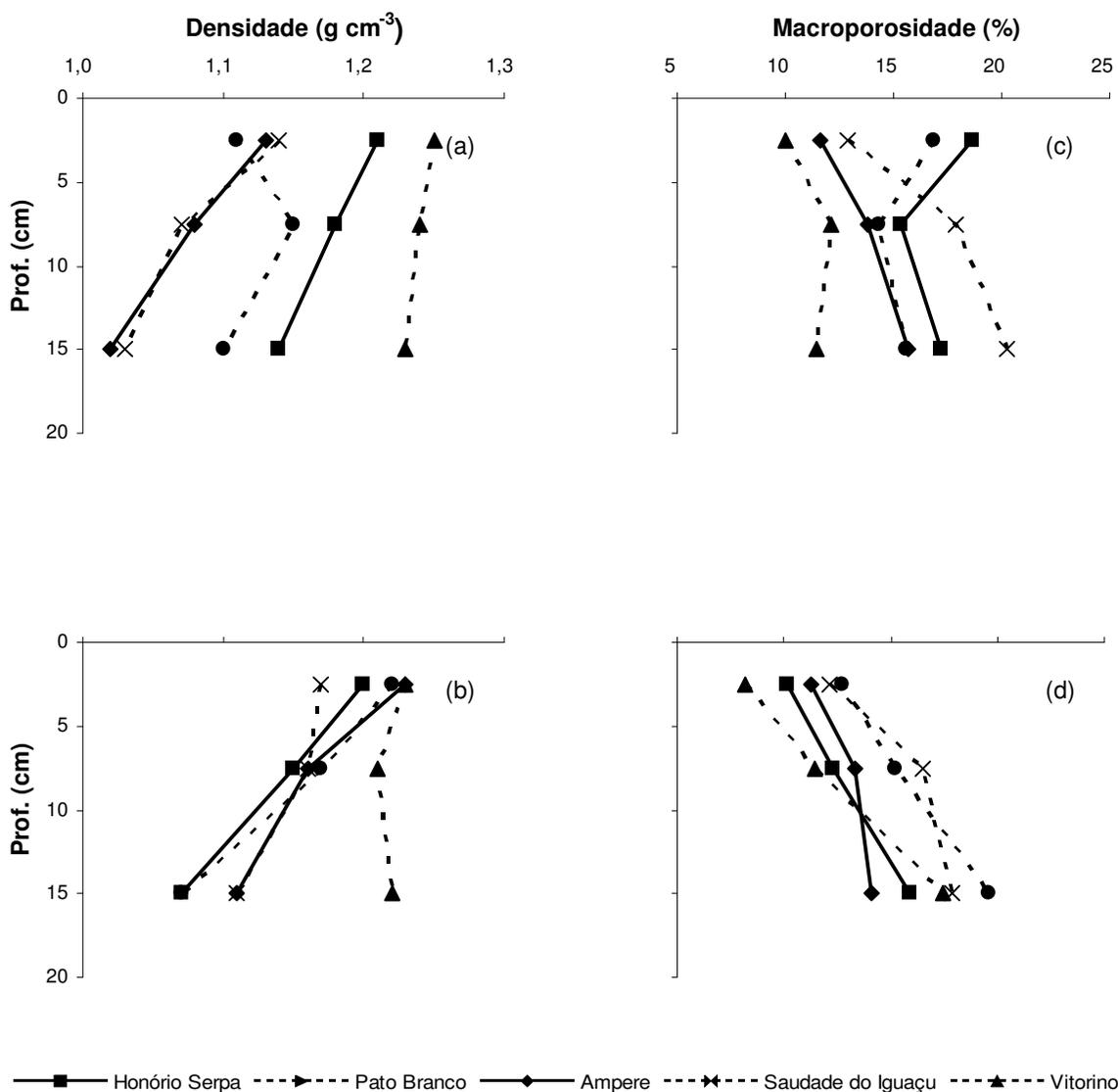


Figura 3 - Variação da densidade de solos sob integração lavoura-pecuária - ILP (a) e pastagem de verão - PV (b) e, macroporosidade de solos sob ILP (c) e PV (d), em cinco estabelecimentos agropecuários. Sudoeste do PR. Ano 2010.

Os dados referentes à densidade nas áreas de PV nas diferentes localidades apresentaram valores próximos, apresentando-se agrupados (Figura 3b), o que pode caracterizar que nas diferentes localidades foram observados efeitos semelhantes, tendo em vista que nestas áreas ocorreu permanência dos animais por maior tempo, com exceção de Ampere na camada de 5-20 cm. Já a densidade nas áreas de ILP (Figura 3a) não apresentou efeito semelhante entre as localidades, o

que pode demonstrar que as áreas de ILP possuem valores variados em função do manejo de cada localidade, com Ampére e Saudade do Iguaçu com os maiores valores de densidade na ILP, cujas localidades tiveram maior tempo de permanência dos animais no inverno e mesmo por terem sido utilizadas com maior frequência na produção de silagem, e com isto tendo maior tráfego de máquinas e também sem o efeito da descompactação da cultura de verão.

Ao analisar os valores absolutos da densidade da PV e ILP em cada localidade, observa-se que a PV apresentou valores superiores à densidade da ILP em Honório Serpa, Vitorino e Pato Branco, e em Saudade do Iguaçu e Ampére os maiores valores foram observados na ILP. Esta diferenciação no comportamento da densidade da ILP e PV entre as cinco localidades pode estar relacionada à carga animal aplicada sobre a área e à sequência de cultivos realizados nas áreas de ILP. Conforme os dados das Tabelas 1 a 5, as áreas de PV receberam maiores cargas animais em comparação à ILP em todas as localidades e apresentaram os maiores valores de densidade no geral e com valores próximos entre as localidades (Tabela 11). No caso dos locais onde a ILP apresentou densidade elevada (Saudade do Iguaçu e Ampére), foi onde houve maior carga animal na ILP entre as diferentes localidades e também foi onde houve o uso freqüente da área de ILP para produção de milho silagem (Tabelas 1 a 5), acarretando em adensamento do solo pelo maior tráfego de animais e máquinas. Ainda, o cultivo freqüente de milho silagem nestas áreas não promoveu o efeito restaurador da densidade causado pelo intervalo com os cultivos agrícolas, como observado por Cassol (2003), Lanzasova (2005) e Flores (2008).

Este efeito do aumento da carga animal sobre a densidade do solo mostrou-se correlacionável nas áreas de ILP (Figura 4), sendo que com o aumento da carga animal sobre as áreas houve aumento da densidade. Ressalta-se que a correlação foi alta, inclusive, para camada de 10-20 cm, porém esta correlação não foi observada na PV.

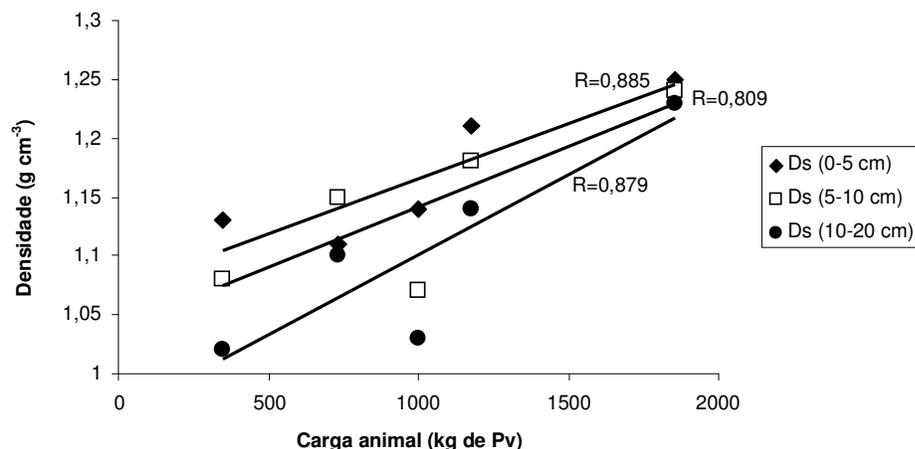


Figura 4 - Correlação entre carga animal e densidade do solo sob integração lavoura-pecuária (ILP), em três profundidades e em cinco estabelecimentos agropecuários. Sudoeste do PR. Ano 2010.

Tendo em vista que altas densidades do solo podem ser restritivas ao desenvolvimento radicular das plantas, pelo fato de tornarem-se barreiras mecânicas, e baseando-se em Reichert, Suzuki e Reinert (2007) que estabeleceram que estes valores de valores críticos de densidade são em função dos teores de argila no solo e dada pela fórmula $[DSc = 1,86045 - 0,0007 * Argila]$, onde DSc é a densidade máxima crítica ao desenvolvimento das plantas, temos que esta densidade crítica seria de $1,37 \text{ g cm}^{-3}$, $1,31 \text{ g cm}^{-3}$, $1,37 \text{ g cm}^{-3}$, $1,40 \text{ g cm}^{-3}$ e $1,42 \text{ g cm}^{-3}$, respectivamente para Ampére, Pato Branco, Honório Serpa, Saudade do Iguazu e Vitorino. Reichert, Reinert e Braida (2003) e Reinert et al. (2006) ainda citam que um valor referência a ser usado em relação à densidade crítica em solos argilosos é de $1,45 \text{ g cm}^{-3}$. Independente do valor de densidade crítica usado, percebe-se que as densidades encontradas nas diferentes localidades, manejos e profundidades encontram-se abaixo dos valores críticos, indicando não haver restrições ao desenvolvimento das plantas por parte deste indicador.

Para o atributo macroporosidade, conforme a Tabela 11 observou-se semelhança entre a análise estatística nos diferentes locais. Com exceção da camada de 0-5 cm em Vitorino e da camada de 10-20 cm em Honório Serpa, mas demais localidades e profundidades observaram-se que as áreas de ILP e PV não apresentaram diferenças estatísticas entre si, porém ambas apresentaram diferença estatística da área MA, sendo que a área de referência apresentou as maiores

macroporosidades nas três profundidades. Este análise possui mesmo comportamento observado com a densidade do solo.

Conforme a Figura 3c e a Figura 3d, pode-se observar que a exemplo da densidade, a macroporosidade formou gradientes no perfil do solo, porém com comportamentos variados entre a área de ILP e PV. Nas áreas de ILP, em duas localidades, (Saudade do Iguaçu e Vitorino), observou-se que dentro de cada localidade, as menores macroporosidades foram observadas na camada de 5-10 cm, ou seja, a camada superficial de 0-5 cm apresentou maiores valores em relação a esta. Já em Ampére, Honório Serpa e Pato Branco, pode-se observar a formação de um gradiente diferenciado, onde os menores valores foram encontrados na camada de 0-5 cm, seguido pela camada de 5-10 cm e 10-20 cm. Este padrão observado em Ampére, Honório Serpa e Pato Branco nas áreas de ILP, foi observado para todas as áreas de PV analisadas, conforme a Figura 3d, apresentando um gradiente com maiores macroporosidades quando do aumento da profundidade.

Conforme citam Reichert, Reinert e Braida (2003) e Reichert, Suzuki e Reinert (2007), tendo em vista que a macroporosidade é a estrutura do solo responsável pela drenagem gravitacional da água e principalmente por promover a aeração e trocas gasosas das raízes, um limite crítico em relação a este atributo é um valor igual ou inferior a 10% do volume do solo. Tomando como base este indicador, pode-se observar que das amostras realizadas neste estudo, somente na área de PV a 0-5 cm em Vitorino observou-se valor considerado crítico ao desenvolvimento das plantas. Porém, houve vários dados próximos a este valor considerado crítico, principalmente para os municípios de Ampére e Honório Serpa nas duas áreas manejadas e nas profundidades de 0-5 cm e 5-10 cm, e também nas áreas de PV de Pato Branco e Saudade do Iguaçu na camada de 0-5 cm e ILP em Pato Branco na camada de 0-5 cm, demonstrando que estas áreas estão próximas dos valores limites e necessitam de atenção quando do seu manejo, pois pode haver uma redução na taxa de infiltração de água e de difusão de ar.

Observa-se que houve uma correlação estreita entre a densidade do solo e os diferentes tipos de porosidades analisados nas diferentes localidades e profundidades, demonstrando haver comportamento semelhante entre atributos e localidades (Figura 5). Pode-se observar, ainda, que com o aumento da densidade do solo houve diminuição da macroporosidade e da porosidade total, e aumento da microporosidade. Este efeito era esperado tendo em vista que o aumento da

densidade possui um efeito principal sobre a diminuição da macroporosidade e da porosidade total, onde que parte dos macroporos passa a formar microporos, o que explica o fato de que com o aumento da densidade haver um aumento dos microporos.

Pode-se observar que ocorreram agrupamentos entre os dados obtidos (Figura 5). Primeiramente, as áreas de MA das cinco diferentes localidades apresentaram menores densidades em comparação as áreas de ILP e PV, com densidades menores que $1,0 \text{ g cm}^{-3}$ para MA e maiores que $1,0 \text{ g cm}^{-3}$ para ILP e PV. Para a porosidade total foram observados valores maiores que 65% para as áreas de MA e valores inferiores a 65% para ILP e PV. Já para a microporosidade, observou-se valores menores que 40% quando área de MA, e valores superiores a 40% quando eram as áreas manejadas de ILP e PV. Por fim, a macroporosidade apresentou maiores valores para a área de MA, com valores superiores a 20%, e as áreas de ILP e PV apresentaram os menores valores deste atributo, ficando abaixo de 20%. Este agrupamento dos dados observados indica que houve diferenciação entre a área de referência não manejada das áreas manejadas, porém sem diferenciação entre as duas áreas manejadas.

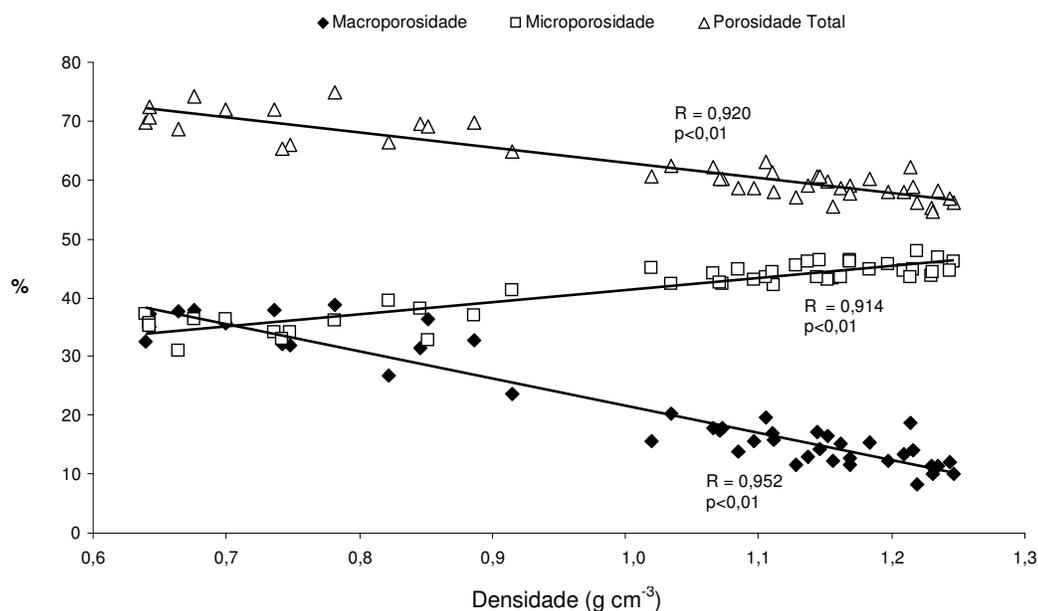


Figura 5 - Correlação da densidade do solo com a porosidade total, microporosidade e macroporosidade de solos sob integração lavoura-pecuária (ILP), pastagem de verão (PV) e vegetação nativa (MA) em cinco estabelecimentos agropecuários para os dados obtidos nas profundidades de 0-5 cm, 5-10 cm e 10-20 cm. Sudoeste do PR. Ano 2010.

4.2.2 AGREGAÇÃO DOS SOLOS

Em relação à agregação dos solos analisados, são apresentados os dados referentes aos agregados com tamanho maior que 2 mm (Figura 6a, 6b e 6c), também chamados de macroagregados grandes, e os dados de diâmetro médio ponderado (DMP) conforme Figura 6d, 6e e 6f.

Em Honório Serpa nota-se que para os agregados maiores que 2 mm e para DMP, houve o mesmo comportamento entre as áreas nas diferentes profundidades. Na camada de 0-5 cm, as áreas de ILP e PV não apresentaram diferença estatística entre si, porém a MA apresentou valores inferiores. Já na camada de 5-10 cm, a PV apresentou valor maior e diferente estatisticamente do que a MA, e a ILP apresentou valor intermediários, não diferindo da PV e MA. Na camada de 10-20 cm, a PV apresentou maiores valores de agregados maior que 2 mm e DMP do que a ILP e MA, e estas duas áreas não diferiram entre si.

Para todas as profundidades analisadas em Honório Serpa, percebe-se que a PV apresentou os maiores valores absolutos, seja de agregados maiores que 2 mm ou de DMP, e com pouca variação dos valores nas diferentes profundidades. Já a ILP apresentou uma diminuição da agregação em profundidade, ou seja, com o aumento da profundidade ocorreu uma diminuição da agregação.

Em Saudade do Iguaçu, observou-se que as áreas de ILP, PV e MA não apresentaram diferença estatística entre si, tanto para agregados maiores que 2 mm e DMP, nas três profundidades analisadas. Porém, em valores absolutos, observou-se que na camada de 0-5 cm houve maiores valores para a PV para os dois atributos analisados. Já nas demais camadas, não houve esta diferenciação de forma expressiva.

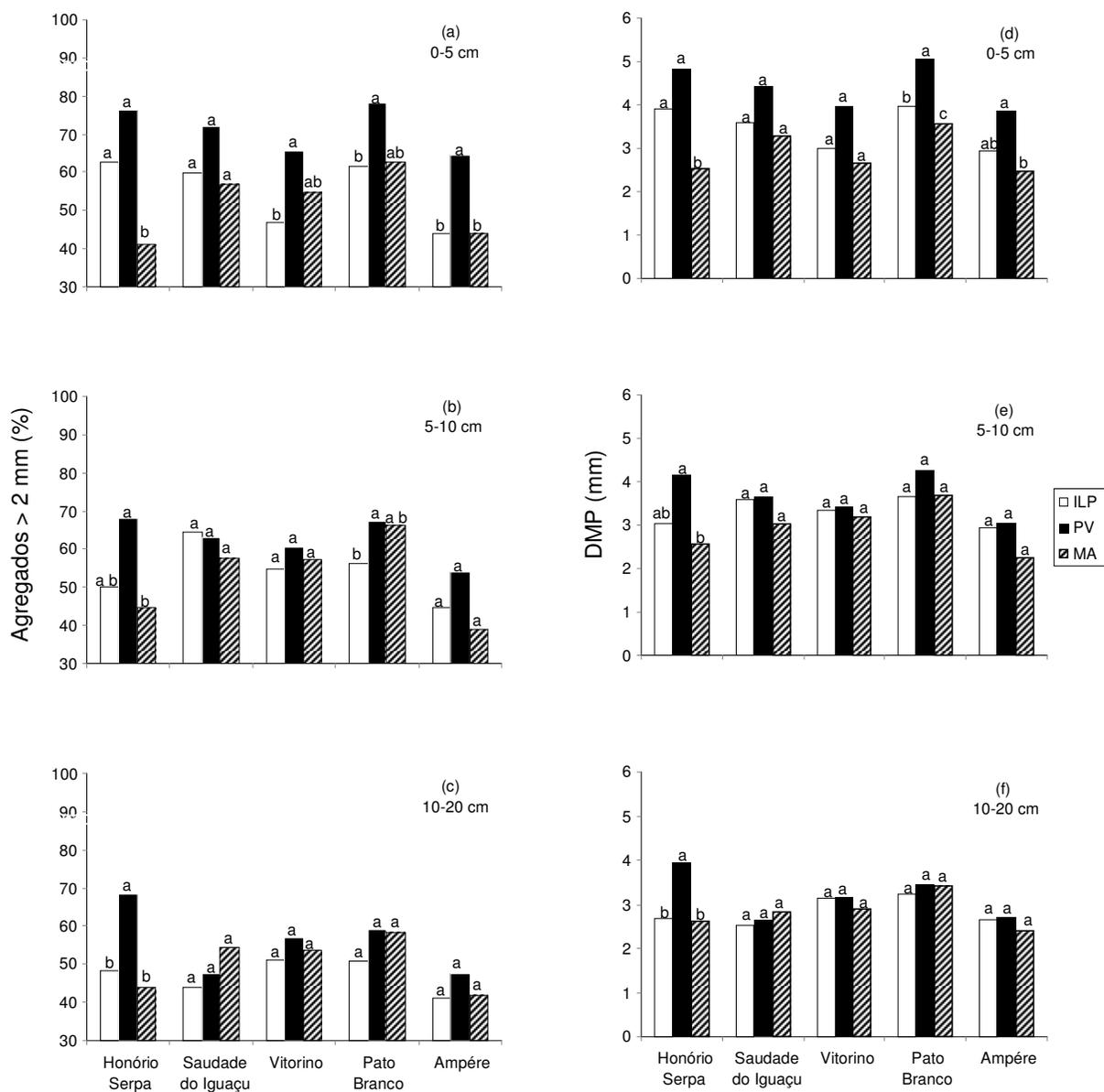


Figura 6 - Percentagem de agregados maiores que 2 mm (a,b,c) e diâmetro médio ponderado-DMP (d,e,f) de solos de cinco estabelecimentos agropecuários, em integração lavoura-pecuária (ILP), pastagem de verão (PV) e vegetação nativa (MA), e três profundidades. Sudoeste do PR. Ano 2010. Colunas na mesma localidade e profundidade seguidas pela mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5%.

Já em Vitorino, na camada de 0-5 cm houve diferenciação entre os atributos relativos à agregação analisados. Para agregados maiores que 2 mm, a área de PV apresentou maior percentual de agregados nesta classe do que a ILP e foram diferentes estatisticamente entre si, e a MA apresentou valores intermediários não diferindo estatisticamente de ambas. O DMP nesta camada não apresentou diferença estatística entre as três áreas analisadas. Já nas camadas de 5-10 cm e 10-20 cm, tanto para agregados maiores que 2 mm e DMP não houve diferença estatística entre os valores obtidos para as três áreas em análise. Nos dois atributos e em todas as profundidades, porém, observaram-se maiores valores absolutos para a área de PV, principalmente na camada de 0-5 cm.

Os valores de agregados maiores que 2 mm e DMP em Pato Branco, apresentaram comportamento semelhante somente na camada de 10-20 cm, onde para os dois atributos as áreas analisadas não apresentaram diferença estatística. Nas camadas de 0-5 cm e 5-10 cm, os agregados maiores que 2 mm apresentaram diferença entre as áreas de PV e ILP, com maiores valores para a PV, e MA com valor intermediário e não diferindo das duas. Já para DMP, de 0-5 cm as três áreas diferiram, com PV, ILP e MA respectivamente com maior, intermediário e menor valor para este atributo. E para a camada de 5-10 cm as áreas não apresentaram diferença estatística entre si. Nesta localidade, também se observou maiores valores absolutos dos atributos para PV, principalmente na camada de 0-5 cm.

Já em Ampére, na camada de 0-5 cm os agregados maiores que 2 mm demonstraram valores que não diferiram entre si nas áreas de ILP e MA, porém ambas com valores menores e diferentes estatisticamente da PV. Para o DMP, a ILP apresentou valor que não diferiu estatisticamente da PV e MA, e estas com diferenciação onde a PV apresentou maior valor de DMP. Já nas camadas de 5-10 cm e 10-20 cm, para os dois atributos, as amostras não apresentaram diferença estatística entre as três áreas analisadas. Da mesma forma que em Honório Serpa, ao analisar em valores absolutos de agregados maiores que 2 mm e DMP, a área de PV apresentou maiores valores, mesmo em profundidade.

Pela análise da Figura 7, percebe-se que a dinâmica da agregação dos solos analisados, neste caso avaliado pela DMP, mostrou uma correlação positiva, porém não estreita, com os teores de MOS analisados. Porém esta correlação

somente foi observada nas áreas de ILP e PV, pois na MA (Figura 5-c), não foi observado nenhuma correlação entre estes dois indicadores. Assim, na condição de área manejada, observou-se que a MOS desempenhou função de auxiliar no processo de agregação do solo, mas no caso da MA esta dinâmica não foi a preponderante. No caso da MA, cuja área é tomada como referência, observou-se que os solos arranjaram-se em estruturas menores de agregados, porém com menores densidades do solo e maior macroporosidade.

De modo geral, observou-se pela análise da Figura 6 que o processo de agregação mostrou maior diferenciação entre as áreas na camada de 0-5 cm, onde que para todas as localidades a PV demonstrou maiores valores absolutos, apesar de em algumas áreas não demonstrar diferença estatística das demais áreas. Esta dinâmica superficial diferenciada de agregação pode estar atrelada a maior deposição de dejetos animais nestas áreas e a maior densidade de raízes das pastagens, as quais promovem a agregação do solo.

Já nas demais profundidades amostradas não se observaram a mesma tendência da camada superficial e os valores foram próximos entre as três áreas, com exceção de Honório Serpa, onde houve destaque para a agregação na área de PV em relação à ILP e MA em todas as camadas analisadas. Cabe destacar que nesta localidade foi onde pode ter ocorrido uma grande transferência de nutrientes da área de ILP para PV, como discutido anteriormente, com constante deposição de dejetos dos bovinos (fezes e urina) e com isto estimulando a mesofauna no local, os quais podem ter determinado esta diferenciação.

A agregação não apresentou correlação com os outros indicadores, como densidade, porosidade e demais atributos químicos.

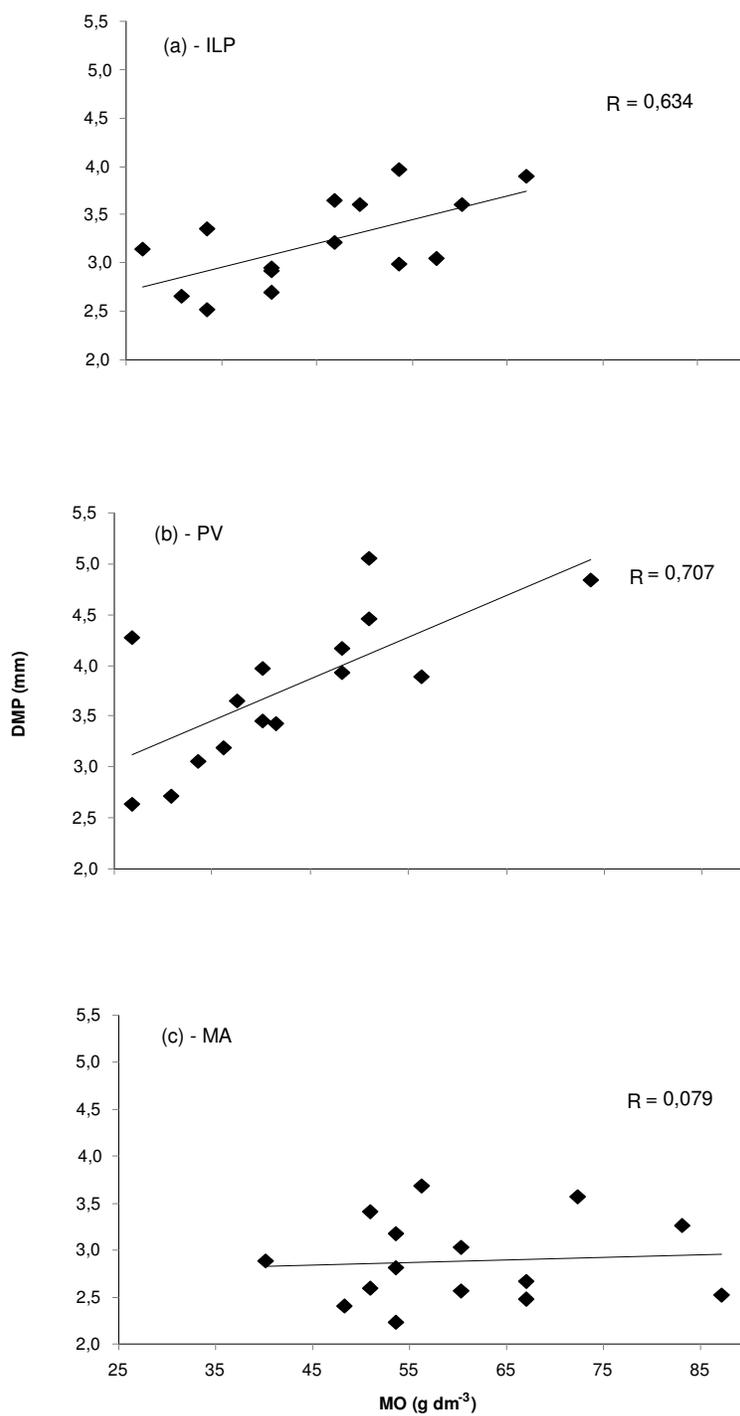


Figura 7 - Correlação entre diâmetro médio ponderado (DMP) e matéria orgânica do solo (MOS) de solos de cinco estabelecimentos agropecuários, sob integração lavoura-pecuária (ILP), pastagem de verão (PV) e vegetação nativa (MA). Sudoeste do PR. Ano 2010.

5 CONCLUSÕES

As áreas manejadas em ILP ou PV apresentam baixa acidez, baixa m%, altos teores de Ca e Mg, e K com níveis médios e altos.

O P foi o nutriente que apresentou menores níveis, principalmente em subsuperfície, em função dos altos teores de argila dos solos e de sua baixa mobilidade no perfil do solo, mas demonstrando altas concentrações em superfície nos locais onde foi usada cama de aviário.

Ocorreu uma possível transferência de nutrientes das áreas de ILP para as áreas de PV, em função de ser a PV o local de maior tempo de permanência dos animais em pastejo ou simples pousio durante todo o ano, e a ILP ter a função de fornecer forragem para os animais, seja através do pastejo no inverno ou do milho silagem no verão. Este fato exige mudança na forma de manejo das adubações, buscando não comprometer a viabilidade das áreas, em especial a ILP.

Os estoques de COT das áreas manejadas, em todas as localidades, foram menores que os estoques de COT da MA na camada de 0-20 cm.

Nas áreas de ILP e PV, houve comportamento semelhante entre os atributos densidade e macroporosidade, principalmente quando as áreas de ILP envolviam cultivo de milho para silagem.

Não foram detectados níveis de densidade do solo que apresentassem restrição ao desenvolvimento das plantas, em nenhuma dos casos estudados. A macroporosidade com nível restritivo ao desenvolvimento das plantas ocorreu somente em uma localidade e em uma profundidade, mas observou-se uma aproximação dos valores de macroporosidade ao nível crítico, principalmente na camada de 0-5 cm, o que demanda atenção no manejo das áreas com relação a presença dos animais e ao uso de máquinas.

Houve maior influência sobre o processo de agregação nas áreas manejadas com destaque para as áreas de PV, principalmente na camada de 0-5 cm, com maiores valores de DMP e agregados maiores que 2 mm.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O processo de intensificação da bovinocultura leiteira na região Sudoeste do Paraná, a qual tem colocado a atividade leiteira como uma das principais estratégias econômicas dos estabelecimentos agropecuários, tem influenciado e determinado a forma de manejo dos solos em áreas de ILP e PV, onde se observa o aumento pela demanda de forragens para alimentação dos animais e conseqüentemente uma maior remoção de biomassa vegetal. Isto se evidencia principalmente nas pequenas propriedades familiares, onde o aumento dos rebanhos bovinos se dá em extensões limitadas de terras, acarretando em intensificação do uso do solo na produção de biomassa para alimentação animal, sem os devidos cuidados com a qualidade do solo na escala temporal. Isto tem influenciado negativamente a ciclagem de nutrientes, a densidade e macroporosidade, e principalmente a dinâmica da MOS, o que levanta a necessidade de maiores estudos e melhor compreensão deste processo de intensificação, a fim de propor melhorias nestes sistemas de produção.

Com relação aos atributos químicos, destacam-se os processos de transferência de nutrientes entre áreas de ILP e PV, dada a constante remoção de biomassa das áreas de ILP e deposição dos dejetos animais nas áreas de PV. Deve-se neste caso, observar que há a necessidade de melhorar o manejo dos atributos químicos na área de ILP, em função de sua exportação e transferência entre as áreas, e ao mesmo tempo rever as adubações realizadas na PV, em função dos níveis dos nutrientes já presentes nesta área para algumas situações.

Já para os atributos físicos, nota-se que as áreas manejadas têm influenciado negativamente, levando os indicadores à limites próximos da restrição ao desenvolvimento das plantas em muitas situações o que tem levado os agricultores a recorrerem ao manejo convencional do solo com revolvimento do solo, visando sanar este problema. Isto decorre, da mesma forma, do processo de intensificação da presença de animais ou máquinas nas áreas, na constante remoção da biomassa, aumentando o processo de compactação e ao mesmo tempo retirando o efeito regenerador das plantas sobre estes atributos em determinados intervalos de tempo.

Neste sentido, percebe-se que quanto maior a intensificação, maior os impactos sobre os atributos físicos, o que tem impedido a adoção do SPD de forma plena, com revolvimento mínimo do solo, uma efetiva rotação de culturas e semeadura sobre palhada abundante. A adoção das boas práticas de condução de um sistema em ILP, neste sentido, fica comprometida e mesmo relevada a segundo plano pelos agricultores.

A MOS tem contribuído positivamente nos solos manejados, seja pela elevação da CTC e ciclagem de nutrientes, ou pelo processo de agregação dos solos. Porém, nas áreas manejadas estudadas, os estoques observados são inferiores as áreas de vegetação nativa, não havendo acúmulo de MOS mesmo nos casos de ILP e PV instalados há maior tempo. Esta redução nos estoques de MOS nas áreas manejadas é decorrente do constante processo de remoção de biomassa vegetal das áreas, seja devido ao pastejo pelos animais ou pela remoção via silagem. Neste sentido, o processo de intensificação da produção leiteira, almejado no sentido de prover melhores condições econômicas às famílias, pode estar comprometendo os estoques da MOS e conseqüentemente a qualidade do solo, pois não está contribuindo para um saldo positivo na adição de C ao solo.

Assim, há a necessidade de melhorar o manejo das áreas visando incrementos de biomassa vegetal e conseqüentemente de MOS, tendo em vista a relação existente entre a MOS e atributos químicos e físicos, a exemplo da contribuição da MOS na elevação da CTC do solo, na ciclagem de nutrientes e no processo de formação de macroagregados do solo.

Os dados contrastantes obtidos, sejam para a vegetação nativa ou sejam para as áreas cultivadas de cada localidade, demonstram a necessidade de acompanhamento individualizado para cada propriedade rural, não sendo possível a adoção de um pacote tecnológico similar entre propriedades/regiões mesmo que a atividade produtiva em questão seja a mesma, face às peculiaridades locais.

Caberá a pesquisa e a extensão buscarem alternativas para esta situação de manejo de solos frente ao processo de intensificação dos sistemas de produção leiteiros, caso contrário poderá haver perdas significativas na qualidade dos solos e futuramente na produtividade dos mesmos.

7 REFERÊNCIAS

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

ANGHINONI, Ibanor et al. **BENEFÍCIOS DA INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA SOBRE A FERTILIDADE DO SOLO EM SISTEMA PLANTIO DIRETO**. Disponível em: <<http://top-phos-expedition.timacagro.com.br/admin/fotos/artigo/20.pdf>>. Acesso em: 23 nov. 2011.

ANGHINONI, Ibanor. Fertilidade do solo e seu manejo em sistema plantio direto. In: NOVAIS, Roberto F.; et al. (Eds.). **Fertilidade do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 873-928.

ASSMANN, Alceu L.; ASSMANN, Tangriani S. Manejo da biomassa e rotação de culturas no sistema de integração lavoura-pecuária. In: MELLO, Nilvânia A.; ASSMANN, Tangriani S. (Eds.). **Anais do I Encontro de Integração Lavoura-Pecuária do Sul do Brasil**. Pato Branco: CEFET-PR, 2002. p. 85-102.

ASSMANN, Tangriani S.; CASSOL, Luis C.; ASSMANN, Alceu L. Manejo da fertilidade do solo (ciclagem de nutrientes) em sistemas de integração lavoura-pecuária. In: MELLO, Nilvânia A.; ASSMANN, Tangriani S. (Eds.). **Anais do I Encontro de Integração Lavoura-Pecuária do Sul do Brasil**. Pato Branco: CEFET-PR, 2002. p. 61-84.

BAYER, Cimélio; MIELNICZUK, João. Dinâmica e Função da Matéria Orgânica. In: SANTOS, Gabriel de A. et al. (Org.) **Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2.ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p. 1-6

BRASIL. **Lei Federal N 11.326, de 24 de julho de 2006**. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2006/Lei/L11326.htm>. Acesso em: 06 abr. 2010.

CARPENEDO, Valcir; MIELNICZUK, João. Estado de agregação e qualidade de agregados de Latossolos Roxos, submetidos a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.14, p. 99-105, 1990.

CARVALHO, A.; et al. **Redes de referências para a agricultura familiar. Apresentação do enfoque de trabalho através de descrições de propriedades acompanhadas**. Londrina: EMATER-PR/IAPAR, 2000.

CASSOL, Luis César. **Relações solo-planta-animal num sistema de integração lavoura-pecuária em semeadura direta com calcário na superfície**. 2003. 143 f.

Tese (Doutorado em Agronomia - Ciência do solo) - Departamento de Solos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

CASTRO FILHO, Celso de; MUZILLI, Osmar; PODANOSCHI, A. L. Estabilidade dos 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**, Viçosa, v. 22, p. 527-538, 1998.

CQFS - RS/SC. Sociedade Brasileira de Ciência do solo. Núcleo Regional Sul. **Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10^a ed. Porto Alegre, 2004. 400 p.

DERAL/SEAB. **Produção agropecuária do Paraná safra 2006/2007**. Disponível em: <<http://www.seab.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=137>>. Acesso em: 06 abr. 2010.

EMBRAPA GADO DE LEITE. **Produção de leite nas principais mesorregião, 2009/2010**. Disponível em: <<http://www.cnppl.embrapa.br/nova/informacoes/estatisticas/producao/tabela0242.php>>. Acesso em: 02 nov. 2011.

EMBRAPA SOJA. **Tecnologias de Produção de Soja – Paraná – 2007**. Londrina: Embrapa Soja, 2006. 217 p.

EMBRAPA SOLOS. **Manual de Métodos de análise de solo**. 2^a ed. ver. atual. Rio de Janeiro, 1997, 212p.

EMBRAPA SOLOS. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa Produção da Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 412p.

FERNANDES, Fernando A.; FERNANDES, Ana H. B. M. **Cálculo dos estoques de carbono do solo sob diferentes condições de manejo**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2009. 4 p. (Embrapa Pantanal. Comunicado Técnico, 69). Disponível em: <http://www.cpap.embrapa.br/publicacoes/download.php?arq_pdf=COT69.pdf>. Acesso em: 11 nov. 2011.

FERREIRA, Eric V. O et al. Concentração do potássio do solo em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto submetido a intensidades de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.33, n.6, p.1675-1684, Dez. 2009.

FLORES, João P. C et al. Atributos químicos do solo em função da aplicação superficial de calcário em sistema de integração lavoura-pecuária submetido a pressões de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 2385-2396, 2008.

FLORES, João P. C et al. I. Atributos físicos do solo e rendimentos de soja em sistema plantio direto em integração lavoura-pecuária com diferentes pressões de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, p. 771-780, 2007.

FLORES, João P. C. **Atributos físicos e químicos do solo e rendimento de soja sob integração lavoura-pecuária em sistemas de manejo**. 2008. 102 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Departamento de Solos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

IBGE. **Contagem da População 2007**. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/servidor_arquivos_est/>. Acesso em: 01 nov. 2011 (2011a).

IBGE. **CENSO AGROPECUÁRIO 2006**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/servidor_arquivos_est/>. Acesso em: 01 nov. 2011 (2011b).

IPARDES/EMATER. **Caracterização socioeconômica da atividade leiteira no Paraná. Sumário Executivo**. Curitiba: IparDES, 2009. 29 p.

LANZANOVA, Mastrângelo E. **Atributos físicos do solo em sistemas de culturas sob plantio direto na integração lavoura-pecuária**. 2005. 132 f. Dissertação (Mestrado) - Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 2005.

LOVATO, Thomé et al. Adição de carbono e nitrogênio e sua relação com os estoques no solo e o rendimento do milho em sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p. 175-187, 2004.

MELLO, Nilvânia A. Degradação física dos solos sob integração lavoura-pecuária. In: MELLO, Nilvânia A.; ASSMANN, Tangriani S. (Eds.). **Anais do I Encontro de Integração Lavoura-Pecuária do Sul do Brasil**. Pato Branco: CEFET-PR, 2002. p. 43-60.

MIELNICZUK, João. Matéria Orgânica e a Sustentabilidade de Sistemas Agrícolas. In: SANTOS, Gabriel de A.; SILVA, Leandro S.; CANELLAS, Luciano P.; CAMARGO, Flávio A. O. (Org.) **Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2.ed. Porto Alegre, Metrópole, 2008. p. 1-6

MONTEIRO, Alda L. G et al. Caracterização dos sistemas integrados de agricultura-pecuária. In: MORAES, Anibal; et al. (Eds) **Produção de leite em sistemas integrados de agricultura-pecuária**. Curitiba: Emater-PR, 2008. p. 13-15.

MORAES, Anibal et al. Integração lavoura-pecuária no Sul do Brasil. In: MELLO, Nilvânia A.; ASSMANN, Tangriani S. (Eds.). **Anais do I Encontro de Integração Lavoura-Pecuária do Sul do Brasil**. Pato Branco: CEFET-PR, 2002. p. 3-42.

MORAES, Anibal; RIOS, Ester; MEDRADO, Renata D. Impacto animal em áreas agrícolas In: MORAES, A et al. **Produção de leite em sistemas integrados de agricultura-pecuária**. Curitiba: Emater, 2008. p. 44-55.

OLIVEIRA, Elir de. Opções de forrageiras de entressafra e inverno em sistema de integração lavoura e pecuária. In: MELLO, Nilvânia A.; ASSMANN, Tangriani S. (Eds.). **Anais do I Encontro de Integração Lavoura-Pecuária do Sul do Brasil**. Pato Branco: CEFET-PR, 2002. p 327-346.

OLIVEIRA, Edson Lima de. Milho. In: OLIVEIRA, Edson Lima de (Coord.) **Sugestão de adubação e calagem para culturas de interesse econômico no Estado do Paraná**. Londrina: Iapar, 2003. p. 22-23.

PASSINI, João J.; MIRANDA, Gil M.; MIRANDA, Márcio. Redes de referência como instrumento para o desenvolvimento rural. In: CALVAZARA, Oswaldo; LIMA, Rodne O. (Orgs). **Brasil rural contemporâneo: estratégias para um Brasil rural de inclusão**. Londrina: Eduel, 2004.

PAVAN, Marcos A. et al. **Manual de análise química do solo e controle de qualidade**. Londrina, IAPAR, 1992. 40p. (Circular Técnica, 76).

PERIN, Edevar et al. **Agricultura familiar na região Sudoeste do Paraná: passado, presente e futuro**. Londrina: IAPAR/EMATER, 2001. 42 p.

RAIJ, Bernardo V. FERTILIDADE DO SOLO NO BRASIL – Contribuições do Instituto Agrônomo de Campinas. In: International Plant Nutrition Institute – Brasil. **INFORMAÇÕES AGRONÔMICAS**. Nº 132. IPNI: Piracicaba, Dez. 2010. p. 1-13.

REICHERT, José M.; REINERT, Dalvan J.; BRAIDA, João A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Ciência & Ambiente**, Santa Maria, v. 27, 2003. p. 29-48.

REICHERT, José M.; SUZUKI, Luis. E. A. S.; REINERT, Dalvan J. Compactação do solo em sistemas agropecuários e florestais: Identificação, efeitos, limites críticos e mitigação In: CERETA, Carlos A.; SILVA, Leandro S.; REICHERT, José M. **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007.v.5. p.49-134.

REINERT, Dalvan J. et al. **Qualidade Física do Solo**. Santa Maria: UFSM, 2006. 23 p.

ROSCOE, Renato; BODDEY, Robert M.; SALTON, Júlio C. Sistema de manejo e matéria orgânica do solo. In: ROSCOE, Renato; MERCANTE, Fábio M.; SALTON Júlio C. (Eds.). **Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas**

conservacionistas: modelagem matemática e métodos auxiliares. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2006. p. 17-42.

SÁ, João C. M. et al. Dinâmica da Matéria Orgânica nos Campos Gerais. In: SANTOS, Gabriel de A et al. (Orgs.) **Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais.** 2.ed. Porto Alegre, Metrópole, 2008. p. 443-461

SALTON, Júlio C. et al. Agregação e estabilidade de agregados do solo em sistemas agropecuários em Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 11-21, 2008.

SALTON, Júlio C. et al. **Matéria orgânica do solo na integração lavoura-pecuária em Mato Grosso do Sul.** Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2005, 58 p.

SEAB. **Projeto Paraná 12 Meses.** Disponível em <<http://www.simep.seab.pr.gov.br/pr12meses/index.html>>. Acesso em: 11 abr. 2010.

SIQUEIRA JUNIOR, Luis A. **Alterações de características do solo na implantação de um sistema de integração lavoura-pecuária leiteira.** 2005. 94 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Produção Vegetal). Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

SOUZA, Antonio C. C. et al. (Eds). **Redes de referências para a agricultura familiar. Apresentação do enfoque de trabalho através de descrições de propriedades acompanhadas.** Londrina: EMATER-PR/IAPAR, 2000. 78 p.

SOUZA, Edicarlos Damascena et al. Estoques de carbono orgânico e de nitrogênio no solo em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto, submetido a intensidades de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.33, n.6, p.1829-1836, Dez. 2009.

SOUZA, Edicarlos Damascena. **Evolução da matéria orgânica, do fósforo e da agregação em sistema de integração agricultura-pecuária em plantio direto, submetido a intensidades de pastejo.** 2008. 162 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

USDA-NRCS - United States Department of Agriculture-National Resources Conservation Service. **Soil Quality Concepts.** Disponível em: <<http://soils.usda.gov/sqi/>>. Acesso em: 15 ag. 2011.

VEZZANI, Fabiane M. et al. Matéria orgânica e qualidade do solo. In: SANTOS, Gabriel de A. et al. (Orgs.) **Fundamentos da matéria orgânica do solo:**

Ecosistemas tropicais e subtropicais. 2.ed. Porto Alegre, Metrópole, 2008. p.483-493.

VEZZANI, Fabiane M.; MIELNICZUK, João. Uma visão sobre qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.33, n.4, Jul/Ag. 2009.

YAGI, Renato. et al. Diagnóstico de atributos químicos e físicos de solos sob plantio direto em propriedades agrícolas familiares do Sudoeste do Paraná. **Revista Synergismus Scyentifica**. UTFPR, Pato Branco, v.6, n.1, Jun. 2011

ÍNDICE DE APÊNDICES E ANEXOS

APÊNDICE 01 - Distribuição dos agregados de solos (%) em seis classes de tamanho, sob integração lavoura-pecuária (ILP), pastagem de verão (PV) e vegetação nativa (MA), em cinco estabelecimentos agropecuários. Sudoeste do PR. Ano 2010.	93
ANEXO 01 - Precipitação mensal acumulada para o ano de 2010. Estação Meteorológica do Iapar - Pato Branco.	95

APÊNDICES

APÊNDICE 01 - Distribuição dos agregados de solos (%) em seis classes de tamanho, sob integração lavoura-pecuária (ILP), pastagem de verão (PV) e vegetação nativa (MA), em cinco estabelecimentos agropecuários. Sudoeste do PR. Ano 2010.

Localidades	Manejos	Classes de tamanhos (mm)					
		< 0,25	0,25-0,50	0,50-1,00	1,00-2,00	2,00-4,76	>que4,76
Camada 0-5 cm							
Ampére	ILP	19,07	11,51	12,07	13,45	14,62	29,29
	PV	17,24	7,72	11,03	14,50	22,38	27,22
	MA	26,49	6,76	9,53	13,19	26,49	17,51
Honório Serpa	ILP	11,95	4,51	6,82	14,22	22,96	39,65
	PV	13,57	1,41	2,60	6,05	19,91	56,47
	MA	19,61	11,15	14,67	13,31	21,13	20,13
Pato Branco	ILP	14,46	5,36	7,75	10,80	18,22	43,41
	PV	10,37	1,84	3,20	6,34	17,71	60,55
	MA	15,50	4,41	6,91	10,47	30,54	32,13
Saudade do Iguaçu	ILP	10,95	9,66	7,39	12,22	25,17	34,57
	PV	10,89	3,16	4,90	9,00	23,63	48,43
	MA	16,85	5,13	8,62	12,65	28,65	28,13
Vitorino	ILP	17,55	10,15	11,98	13,41	18,73	28,09
	PV	13,72	4,82	5,48	10,37	25,07	40,56
	MA	12,23	5,93	11,49	18,83	37,55	13,93
Camada 5-10 cm							
Ampére	ILP	12,87	11,70	15,34	17,83	19,02	26,47
	PV	11,70	6,18	10,18	17,75	31,65	22,63
	MA	29,37	8,10	10,53	12,95	23,66	15,34
Honório Serpa	ILP	12,71	5,15	9,67	22,30	26,04	24,17
	PV	14,93	2,39	4,80	9,90	23,78	44,22
	MA	15,89	9,25	14,24	15,98	27,23	17,37
Pato Branco	ILP	15,94	6,71	8,51	12,63	17,73	38,48
	PV	10,99	4,01	6,39	11,24	20,93	46,45
	MA	12,17	4,35	6,60	10,70	34,00	32,13
Saudade do Iguaçu	ILP	9,88	3,70	6,71	14,44	33,84	29,46
	PV	11,83	4,33	7,24	13,54	30,40	32,67
	MA	12,51	6,09	10,04	16,13	33,82	21,44
Vitorino	ILP	11,22	8,75	11,11	14,96	24,53	31,45
	PV	9,95	6,64	8,18	14,87	32,08	28,31
	MA	12,77	7,27	9,94	13,91	30,66	25,42
Camada 10-20 cm							
Ampére	ILP	12,30	11,35	15,40	19,71	20,21	21,02
	PV	14,39	8,61	11,67	17,65	29,11	18,66
	MA	24,44	9,69	11,44	12,72	24,42	17,26
Honório Serpa	ILP	15,81	5,06	9,91	20,97	31,48	16,84
	PV	16,88	1,85	3,67	9,22	30,46	37,94
	MA	16,18	9,56	13,98	16,20	25,19	18,85
Pato Branco	ILP	12,80	9,57	11,48	15,32	20,73	30,10
	PV	12,21	4,20	8,14	16,35	29,25	29,85
	MA	15,74	7,18	7,83	10,77	27,27	31,17
Saudade do Iguaçu	ILP	15,08	7,69	13,36	24,61	27,72	11,54
	PV	14,29	6,58	11,29	20,42	31,48	15,95
	MA	14,23	7,52	10,84	15,75	32,87	18,81
Vitorino	ILP	12,69	8,13	10,71	17,24	23,91	27,24
	PV	11,88	6,81	8,91	15,45	32,49	24,47
	MA	14,90	8,08	12,14	14,38	28,66	21,79

ANEXOS

ANEXO 01 - Precipitação mensal acumulada para o ano de 2010. Estação Meteorológica do Iapar - Pato Branco.

