

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO**

**SISTEMAS DE CULTIVOS DE MILHO
CONSORCIADOS OU NÃO COM PLANTAS DE
COBERTURA DE SOLO DE VERÃO: ASPECTOS
PRODUTIVOS, SOCIOECONOMICOS E DE
QUALIDADE DO SOLO**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Emerson Dalla Chieza

**Santa Maria, RS, Brasil,
2010**

**SISTEMAS DE CULTIVOS DE MILHO CONSORCIADOS OU
NÃO COM PLANTAS DE COBERTURA DE SOLO DE
VERÃO: ASPECTOS PRODUTIVOS, SOCIOECONOMICOS E
DE QUALIDADE DO SOLO**

por

Emerson Dalla Chieza

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Área de Concentração em Biodinâmica e Manejo do Solo, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciência do Solo.**

Orientador: Prof. Dr. Thomé Lovato

Santa Maria, RS, Brasil

2010

C533s

Chieza, Emerson Dalla, 1982-

Sistemas de cultivos de milho consorciados ou não com plantas de cobertura de solo de verão: aspectos produtivos, socioeconomicos e de qualidade do solo / Emerson Dalla Chieza. - 2010.

120 f. ; il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, 2010.

“Orientador: Prof. Dr. Thomé Lovato”

1. Ciência do solo 2. Atributos do solo 3. Consórcios com milho 4. Adubação verde de verão 5. Demanda de mão de obra 6. Pequena propriedade familiar 7. Transição agroecologica I. Lovato, Thomé II. Título III. Título: Aspectos produtivos, socioeconomicos e de qualidade do solo

CDU: 633.15

Ficha catalográfica elaborada por
Patrícia da Rosa Corrêa – CRB 10/1652
Biblioteca Setorial do Centro de Ciências Rurais/UFSM

© 2010

Todos os direitos autorais reservados a Emerson Dalla Chieza. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita com autorização por escrito do autor.

Endereço: Linha Cassiano Fontes, Ametista do Sul, RS, 98465-000

Fone (0xx) 55 84020398; End. Eletr: echieza@gmail.com

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a
Dissertação de Mestrado

**SISTEMAS DE CULTIVOS DE MILHO CONSORCIADO OU NÃO
COM PLANTAS DE COBERTURA DE SOLO DE VERÃO: ASPECTOS
PRODUTIVOS, SOCIOECONOMICOS E DE QUALIDADE DO SOLO**

elaborada por
Emerson Dalla Chieza

como requisito parcial para obtenção do grau
Mestre em Ciência do Solo

COMISSÃO EXAMINADORA:

Thomé Lovato, Dr.
(Presidente/Orientador)

José Antônio Costabeber, Dr. (UFSM)

Evandro Spagnollo, Dr. (EPAGRI/CEPAF - SC)

Santa Maria, 10 de fevereiro de 2010.

Dedicatória

Dedico este trabalho principalmente a minha mãe, Narely. Uma amiga que sempre esteve do meu lado me dando apoio, carinho, conselhos, puxões de orelha. Exemplo de vida, que através de seu estilo de vida, ensinou-me valores humanos como honestidade, humildade, fraternidade, perseverança e superação. Que mais do que me dizer o que era certo ou errado, me deu subsídios para que eu pudesse fazer minhas próprias escolhas e assim trilhar meu caminho.

Ao meu irmão Everson, pelo carinho que emana de seu nobre coraçãozinho.

Ao restante dos meus familiares, entre eles, minhas avós Cecília e Geni (*In memória*), meus tios (as) Janete, Neri, Paulo, Pedro, Rosa. Por estarem presentes de forma efetiva na minha vida e, junto com minha mãe, terem contribuído para minha formação humana, e para que eu chegasse até aqui.

Aos todos os meus amigos, pelo apoio e parceria, em todos os momentos.

A minha namorada Gabriela, pelo amor, carinho e compreensão.

Agradecimentos

A Deus pela vida, força e conforto espiritual, fatores importante para transpor os momentos mais difíceis, e assim chegar até esta conquista.

A minha mãe, meu irmão e minha namorada pela compreensão sobre minha ausência, ajuda na execução dos trabalhos e por me aturar nos momentos de estresse.

A Universidade Federal de Santa Maria, por desde o ensino médio estar me oferecendo à oportunidade de ter uma educação formal de qualidade. Através do Colégio Agrícola de Frederico Westphalen, Curso de Agronomia e por último Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo.

Ao professor e amigo Thomé Lovato, que aceitou o desafio de me orientar, e sempre estar disposto a dedicar parte de seu escasso e precioso tempo para conversar comigo, independente de ser assunto acadêmico ou pessoal. Aos demais professores do PPGCS, pelos ensinamentos.

Ao Claudio e sua família, que além de ceder a área para o estudo foram amigos e companheiros, e sempre me deram apoio logístico na a execução do mesmo.

Aos amigos Rodrigo Pizzani, Angela Brancher, Elói Paulus e Paulo Schaefer pelo apoio na execução dos trabalhos de campo e laboratório. Em especial ao meu “Severino” Johnathan Rodrigues, por toda a ajuda acima comentada, bem como na análise dos dados.

Aos meus amigos do Bloco 12, integrantes da “OXUN”, pelo companheirismo e convívio, principalmente durante a graduação. Entre eles: Paulo Dullius, Marcos Diehl, Fábio Malmann, Élvio da Silva, Carla, Jorge, Ivan, Ricardo, Ana Paula, entre outros que não foram nomeados, por questão de espaço, mas que também foram importantes companheiros (as).

Ao professor, chefe e amigo Ivan Luiz Brondani, pelo apoio e compreensão, principalmente, durante o período que destinei ao curso de mestrado. Ao professor Dari Alves, que embora o pouco convívio, também foi condolente com minha situação.

Aos demais amigos e colegas da área nova, pelo companheirismo, pelos bons e “maus” momentos que passamos juntos. O convívio e as trocas de conhecimentos me proporcionaram crescimento pessoal e profissional. Bem como, por muitas vezes “seguraram as pontas” para que eu pudesse cursar o mestrado. Entre eles o Ivan, Raul, Patrícia, Leandro, Luciane, Magali, Maurício, Ian, Milene, Álisson, Luiz Angelo, Guilherme, Miguelangelo, Luiz Fernando, Matheus, Viviane, Flânia, Dhiego, Rangel, Robson, Perla. Aos demais não citados, minhas sinceras desculpas, isso não quer dizer que são menos importantes, ou que tenha esquecido, mas não tem como listar todos.

A todos o meu muito obrigado! Sem a colaboração de vocês este momento não seria possível!

“Não me envergonho de mudar de idéia porque não me envergonho de pensar e raciocinar”

Albert Einstein

“Eu prefiro ser esta metamorfose ambulante, (...), do que ter aquela velha opinião formada sobre tudo”

Letra de uma canção de Raul Seixas

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo
Universidade Federal de Santa Maria

SISTEMAS DE CULTIVOS DE MILHO CONSORCIADO OU NÃO COM PLANTAS DE COBERTURA DE SOLO: ASPECTOS PRODUTIVOS, SOCIOECONOMICOS E DE QUALIDADE DO SOLO

AUTOR: EMERSON DALLA CHIEZA
ORIENTADOR: THOMÉ LOVATO
Santa Maria, 10 de fevereiro de 2010.

A disponibilidade de pequenas áreas para cultivo aliada as deficiências técnicas e econômicas, agravadas muitas vezes por aspectos sócio-culturais, cria nas pequenas propriedades, um cenário propenso a práticas agropecuárias com elevado grau de insustentabilidade. A partir deste contexto, foi realizado este estudo de campo, no período de setembro de 2008 e outubro de 2009, num assentamento de reforma agrária objetivando investigar diferentes formas de manejo de solo, seu potencial de melhoria na qualidade do solo e suas implicações sócio-econômicas em pequenas propriedades rurais. O delineamento experimental utilizado foi blocos ao acaso com parcelas subdivididas, com quatro repetições. Os tratamentos foram compostos nas parcelas pelos sistemas de cultivo: Milho + Feijão caupi (M + FC); Milho + Guandu anão (M + GA); Milho + Mucuna preta (M + MP) e Milho em cultivo solteiro (MS). Nas sub-parcelas pelas formas de adubação: Fonte orgânica – cama de peru (AO); Sem adição de nutrientes (SA) e Fonte mineral – NPK (AM). Foram avaliados aspectos relacionados ao rendimento de grãos da cultura do milho, atributos físicos e químicos do solo, em duas camadas (0-5 e 5-10 cm de profundidade) e aspectos socioeconômicos dos manejos. O estresse hídrico conduziu a um efeito negativo do M+ FC no rendimento de grãos de milho, que por sua vez não foi afetado por M + MP, e foram superiores nos tratamentos com AM ($P < 0,05$). As culturas GA e MP apresentaram os maiores aportes de nitrogênio (N) via fitomassa aérea. Os sistemas de cultivos apresentaram resultados positivos em relação à densidade volumétrica do solo e porosidade. Observou-se a tendência a diminuição da estabilidade dos agregados para todos os sistemas estudados, inclusive no tratamento em pousio. Não houve incremento ($P < 0,05$) de Carbono orgânico no solo (COT) dos sistemas estudados, apenas atenuaram a diminuição natural deste elemento. Observou-se incremento ($P > 0,05$) em relação aos teores iniciais de N no solo, sendo o consórcio M + MP o que apresentou os maiores teores em ambas camadas estudadas. Também foi constatado diminuição ($P < 0,05$) nos atributos pH SMP, saturação por bases, teor de potássio trocável, com reflexos no acréscimo ($P < 0,05$) da saturação por alumínio. Outro aspecto observado foi o aumento ($P < 0,05$) da CTC_{pH7} em ambas camadas. Os sistemas estudados apresentaram receita líquida negativa, reflexos do alto custo de alguns insumos e baixas produtividades obtidas. A demanda de mão de obra por parte dos manejos dos sistemas foi impactada pela semeadura das plantas de cobertura de solo, e pelo manejo dessas, seja pela contenção do crescimento vegetativo ou pela colheita das sementes. Embora tenha sido curto espaço de tempo para avaliações consistentes, os resultados obtidos pelos sistemas de cultivo indicam haver ganhos, em aspectos produtivos, aporte de COT e N, sobretudo, em atributos físicos do solo. Esta condição reflete na possibilidade de substituir o sistema “convencional” de cultivo do milho pelos sistemas estudados, com ganhos em sustentabilidade, sob vários aspectos.

Palavras-chave: Atributos do solo, Consórcios com milho, Adubação verde de verão, Demanda de mão de obra, Pequena propriedade familiar, Transição agroecológica.

ABSTRACT

Master of Science Dissertation
Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo
Universidade Federal de Santa Maria

FARMING SYSTEMS OF CORN ASSOCIATED OR NOT WITH COVER CROPS:
PRODUCTIVE ASPECTS, ECONOMIC AND SOIL QUALITY

AUTHOR: EMERSON DALLA CHIEZA
ADVISER: PROF. DR. THOMÉ LOVATO
Santa Maria, February 10, 2010.

The availability of small areas for cultivation together with the technical and economic deficiencies often aggravated by socio-cultural aspects, creating the small farms, a scenario likely to farming practices with a high degree of unsustainability. From this contest was held this field study, between September 2008 and October 2009 an agrarian reform settlement aimed at examining different forms of soil management, its potential for improving soil quality and its implications for socioeconomic in small farms. The experimental design was randomized blocks with split plots with four replications. The treatments consisted of plots of crop systems: maize + cowpea (M + FC), maize + Pigeon pea dwarf (M + GA); corn + velvet bean (M + MP) and maize monocrop (MS). The sub-plots by the forms of fertilizer: organic source - turkey litter (AO); Without the addition of nutrients (SA) and mineral source - NPK (AM). We assessed aspects related to grain yield of corn, physical and chemical properties of soil in two layers (0-5 and 5-10 cm depth) and socioeconomic aspects of managements. Water stress led to a negative effect of M + FC on grain yield of maize, which in turn was not affected by M + MP, and were higher in treatments with AM ($P < 0.05$). Cultures GA and MP had the highest intakes of nitrogen (N) via aboveground. The cropping systems showed positive results for bulk density and soil porosity. There was a tendency to decrease in aggregate stability for all systems studied, including the fallow treatment. There was no increase ($P < 0.05$) of soil organic carbon (COT) of the systems studied, only attenuated the decrease of this natural element. Showed an increase ($P > 0.05$) compared to the initial content of N in the soil, and the consortium M + MP which showed the highest levels in both studied layers. The study also found decreased ($P < 0.05$) in the attributes SMP pH, base saturation, exchangeable potassium content, reflecting the increase ($P < 0.05$) in aluminum saturation. Another aspect observed was the increase ($P < 0.05$) CTC_{pH7}.em both layers. The systems studied showed net negative reflections of the high cost of some inputs and low yields obtained. The demand for labor by the managements of the systems has been affected by sowing cover crops for soil, and the management of these, either by restricting the growth of vegetation or the harvest of the seeds. Although it was short time for consistent evaluations, the results obtained by cropping systems indicate that there are gains in productive aspects, contribution of COT and N, especially in soil physical properties. This condition reflects the possibility of replacing the "conventional" system of cultivation of maize by the systems studied, with gains in sustainability, in many ways.

Keywords: Attributes of soil, Consortia with corn, Green manure summer, Demand for labor, Small family owned, Transition to agroecology.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Precipitações (coleta “ <i>In loco</i> ”) e temperaturas médias (INMET) observadas e normais para o período de outubro de 2008 a setembro de 2009. Santa Maria, RS. 2009.....	36
FIGURA 2 – Esquema representativo de um bloco (parcelas e sub-parcelas) do experimento de sistemas de cultivos de milho consorciados ou não com plantas de cobertura de solo de verão, e adubados com diferentes formas de adubação. Santa Maria - RS. 2009.....	40
FIGURA 3 – Material vegetal remanescente sobre o solo, de três plantas de cobertura de solo com crescimento estival. Santa Maria – RS, 2009.....	53
FIGURA 4 – Distribuição em classes de tamanho e estabilidade em água (DMG), de agregados da camada 0-5 cm de profundidade do solo, submetidos ao efeito do pousio e sistemas de cultivo milho consorciado ou não com plantas de cobertura de solo com crescimento estival. Santa Maria – RS, 2009.....	60
FIGURA 5 – Distribuição em classes de tamanho e estabilidade em água (DMG), de agregados da camada 5-10 cm de profundidade do solo, submetidos ao efeito do pousio e sistemas de cultivo milho consorciado ou não com plantas de cobertura de solo com crescimento estival. Santa Maria – RS, 2009.....	64
FIGURA 6 – Fluxo de mão de obra mensal de um lote do assentamento Carlos Marighela. Referência da capacidade mensal de trabalho de uma pessoa trabalhando 48 horas semanais. Santa Maria - RS. 2009.....	81
FIGURA 7 – Demanda de mão de obra para manejos em sistemas de cultivo de milho consorciados ou não com plantas de cobertura de solo de verão. Santa Maria – RS, 2009.	84

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Atributos químicos e físicos de um Argissolo Vermelho Distrófico arênico nas diferentes camadas de implantação do experimento. Santa Maria - RS, 2008.....	37
TABELA 2 - Rendimento de grãos de milho (em kg.ha ⁻¹) consorciado ou não, com três espécies de leguminosas de verão e sob três formas de adubação. Santa Maria - RS, 2009.	50
TABELA 3 – Aporte de nitrogênio (kg.ha ⁻¹) da parte aérea de plantas de cobertura de solo com crescimento estival consorciadas com milho. Santa Maria – RS, 2009.....	52
TABELA 4 - Produção de matéria seca (Mg.ha ⁻¹) das culturas de milho, plantas de cobertura (PC) em sistemas de consórcio, sob três diferentes formas de adubação. Santa Maria – RS, 2009.....	52
TABELA 5 – Efeito dos sistemas de cultivos de milho consorciados ou não com plantas de cobertura de solo com crescimento estival na densidade volumétrica e porosidade do solo, em duas profundidades de amostragem. Santa Maria – RS, 2009.	56
TABELA 6 – Análises químicas do solo na profundidade de 0–5 cm, para os quatro consórcios com suas respectivas formas de adubação, bem como dados de referência que correspondem ao início do experimento e a área em pousio. Santa Maria - RS, 2009.	68
TABELA 7 – Análises químicas do solo na profundidade de 5–10 cm, para os quatro consórcios com suas respectivas formas de adubação, bem como dados de referência que correspondem ao início do experimento e a área em pousio. Santa Maria - RS, 2009	69
TABELA 8 – Níveis críticos da disponibilidade de macronutrientes, a partir da interpretação das análise do solo de um Argissolo Vermelho Distrófico arênico. Valores extraídos de Anghinoni;Meurer (2004).....	71

TABELA 9 – Componentes do custo direto (R\$.ha⁻¹) para implantação dos sistemas de produção de milho consorciados ou não com plantas de cobertura de solo com crescimento estival. Santa Maria – RS, setembro de 2008 a março de 2009..... 79

TABELA 10 – Desempenho econômico (R\$.ha⁻¹) de sistemas de milho consorciados ou não com plantas de cobertura de solo com crescimento estival. Santa Maria - RS, 2009. 79

SUMÁRIO

RESUMO	8
ABSTRACT.....	9
LISTA DE FIGURAS	10
LISTA DE TABELAS.....	11
SUMÁRIO	13
1 INTRODUÇÃO	15
1.1 Objetivos	19
1.1.1 Objetivo Geral	19
1.1.2 Objetivos específicos	19
1.2 Hipóteses	20
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	21
2.1 Aspectos históricos, políticos, sócio-econômicos e ambientais.....	21
2.1.1 Desenvolvimento sustentável e agricultura	21
2.1.2 Transição agroecológica	24
2.1.3 Territórios, reforma agrária e agricultura familiar	25
2.1.4 Pesquisa e agricultura familiar	26
2.2 Adubação Verde.....	28
2.3 Aspectos da qualidade do solo	29
2.3.1 Propriedades químicas do solo	29
2.3.1.1 Carbono e nitrogênio no solo	29
2.3.1.2 Disponibilidade de nutrientes	31
2.3.2 Propriedades físicas do solo	32
2.3.2.1 Densidade e compactação do solo.....	32
2.3.2.2 Porosidade do solo.....	33
2.3.2.3 Estrutura e agregação do solo	33
2.4 Justificativas contextuais da pesquisa	35
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	36
3.1 Data e localização	36
3.2 Clima e solo, caracterizações iniciais	36
3.3 Histórico da área	38

3.4	Manejo da área e implantação do experimento	38
3.5	Tratamentos e delineamento experimental	39
3.6	Condução do experimento.....	40
3.7	Colheita das sementes	41
3.8	Colheita do material vegetativo e manejo das plantas de cobertura	42
3.9	Colheita do milho.....	43
3.10	Decomposição das plantas de cobertura	44
3.11	Coletas do solo.....	45
3.12	Análises físicas.....	45
3.13	Análises químicas.....	47
3.14	Impactos socioeconômicos.....	48
3.15	Análises estatísticas	48
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	49
4.1	Produtividade do milho, produção de fitomassa e proteção do solo em cultivo solteiro ou consorciado com leguminosas sob diferentes formas de adubação	49
4.2	Atributos físicos do solo.....	55
4.2.1	Densidade volumétrica e porosidade	55
4.2.2	Agregação.....	58
4.3	Atributos químicos.....	66
4.3.1	Acidez do solo.....	66
4.3.2	Capacidade de troca de Cátions	70
4.3.3	Disponibilidade de nutrientes	71
4.3.3.1	Fósforo.....	71
4.3.3.2	Potássio	72
4.3.3.3	Cálcio	73
4.3.3.4	Magnésio	74
4.3.4	Carbono orgânico total	74
4.3.5	Nitrogênio total do solo.....	75
5	Resultados socioeconômicos	78
5.1	Aspectos econômicos.....	78
5.2	Aspectos relacionados a demanda de mão de obra	80
6	CONCLUSÕES	85
	SUGESTÕES PARA ESTUDOS FUTUROS.....	87
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	88
	ANEXOS.....	98
	APÊNDICES.....	118

1 INTRODUÇÃO

A formação da estrutura agrária no Brasil sofreu, ao longo de sua história, um processo de concentração fundiária, no qual os detentores desta condição privilegiada voltaram, em grande parte, seus interesses para o capital estrangeiro.

Com a explosão demográfica mundial, a partir da metade do último século e a adoção de uma matriz tecnológica agrícola, balizada por preceitos tecnocratas e produtivistas regidos pelas racionalidades econômicas, juntamente com fatores de ordem técnica, científica, política, entre outros, tornaram as atividades agro-silvi-pastoris predadoras dos recursos naturais, provocando um patamar de insustentabilidade socioeconômica e ambiental, e gerando uma grande exclusão social, principalmente de pequenos agricultores familiares¹. Neste contexto, surgiram ao longo da história, inúmeros movimentos e/ou manifestações sociais² reivindicando uma mudança paradigmática deste modelo agrícola/fundiário brasileiro, bem como políticas públicas que atendam esta parcela da população brasileira.

A Lei 4.504 (BRASIL, 1964), que dispõe sobre o Estatuto da Terra, regula os direitos e obrigações dos bens imóveis rurais, e estabelece os critérios para avaliação da produtividade das propriedades rurais, enquadrando-os, ou não, como passíveis de reforma agrária. Em geral, as áreas desapropriadas, a partir dos critérios da referida lei, coincidem com propriedades que possuem solos com avançados níveis de degradação química, física e biológica. Não distante desta realidade das famílias assentadas, estão grande parcela dos pequenos agricultores familiares, que por disponibilidade de pequenas áreas para o cultivo, aliada as deficiências técnicas e econômicas juntamente com questões culturais, fatores que também são comuns aos assentados, estão propensos a práticas (manejos) agropecuárias com elevado grau de insustentabilidade ambiental e socioeconômica.

Nesta perspectiva, é necessário repensar os processos e modelos produtivos vigentes. Costabeber; Caporal (2003) expressam a necessidade imediata de novas descobertas científicas e produção tecnológica compatíveis com o imperativo ambiental e expectativas socioeconômicas e culturais daqueles segmentos da população que ainda continuam à margem das políticas públicas. Os mesmos autores descrevem a importância de repensar a concepção sobre desenvolvimento rural, numa perspectiva sustentável,

¹ Neste trabalho, entenda-se por Agricultura Familiar aquela em que a família, ao mesmo tempo em que é dona dos meios de produção, assume o trabalho no estabelecimento produtivo, admitindo-se contratação de mão de obra temporária, desde que essa não supere 25% da força de trabalho do estabelecimento. Adaptado de Blum (2001).

² Bogo (2003), em sua obra *Arquitetos de Sonhos*, traz uma síntese, entre as páginas 24 a 29, das principais lutas ligadas a temática da disputa de terras.

apresentando as multidimensões da sustentabilidade como balizadoras da construção de um novo paradigma. Para tanto, em suas considerações, conclamam algumas reflexões, dentre elas:

- Necessidade urgente de uma melhor compreensão sobre o conceito de Agroecologia (perspectiva analítica multidimensional), dado que a confusão conceitual acaba gerando repercussões práticas altamente nefastas. (...)
- Necessidade imediata de novas pesquisas científicas e produção tecnológica que atendam aos princípios do enfoque agroecológico. (...) (Ibid., p. 187)

Na mesma linha de raciocínio, Canuto (2003) trabalha com a idéia de que houve avanços no entendimento sobre o tema sustentabilidade, mas ressalta que ainda se faz necessário o melhor entendimento de algumas dimensões e suas inter-relações. O desencadeamento de um movimento favorável à expansão da agroecologia pede um roteiro concreto, possível a partir da melhor compreensão dessas. Dentro deste roteiro, a pesquisa tem um papel estratégico, pois existem muitas insuficiências como o pequeno número de pesquisadores, falta de comunicação entre eles, entre outras.

Além dessas, um vazio dos mais comprometedores é, sem dúvida, o que se percebe na distância entre as agendas de pesquisas das instituições oficiais e as necessidades reais dos agricultores. (...) Os enfoques predominantemente cientificistas dos pesquisadores produzem uma desconexão entre seus interesses e os dos agricultores. A aproximação negociada entre esses interesses é uma condição essencial, podemos proporcionar a construção de respostas úteis, sem comprometimento do rigor científico. (Ibid., p. 136)

Neste patamar de compreensão, este trabalho procurou inserir-se num movimento crescente no meio científico de abordagem sistêmica da pesquisa, para além da concepção fragmentária ainda hegemônica, especialmente nas ciências agrárias. Atualmente, a fonte principal de conhecimento resulta de experimentos em geral estanques, fragmentados, que desconsideram a interdisciplinaridade dos problemas, e não possibilitam a participação dos agricultores.

Nos estudos e pesquisas relativos à cultura do milho, talvez por essa também ser uma *commodity*, a maioria dos trabalhos de pesquisa se limitam a avaliar a eficácia técnica de fertilizantes, produtos fitossanitários ou ainda de novas cultivares, gerando um tipo de informação particularizada que pouco ou nada contribuem para diminuir ou reverter o intenso processo de exclusão dos pequenos agricultores familiares. O Rio Grande do Sul possui mais de 168 mil propriedades com área de até 10 ha sendo que 49,57 % destas áreas têm como principal atividade econômica lavouras temporárias³. A cultura do milho é uma das espécies de maior importância para as famílias dessas propriedades, dada sua ampla utilização, que vai desde a venda do produto, consumo *in natura* pelas famílias até a utilização em rações animais, ou seja, além de ser um fator direto na economia das

³ IBGE – Censo agropecuário 2006. Disponível de <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/Tabela/listabl.asp?c=837&z=p&o=2&i=P>>. Acesso em: 25 dezembro 2009.

unidades de produção agropecuária (UPAs), também tem a sua importância reconhecida nos fatores indiretos da produção, assim como na subsistência e segurança alimentar dessas propriedades.

Se conhece inúmeras formas de recuperação de áreas degradadas que possuem finalidade agrícola, essas de maneira geral baseiam-se na utilização de “plantas de cobertura de solo”, sobretudo com consórcios de gramíneas e leguminosas. Contudo, ainda são poucos os estudos que avaliam a recuperação das áreas degradadas concomitantemente com uma prática agrícola de importância socioeconômica para os agricultores, sobretudo em culturas que compõem as “safras de verão”. Existem pesquisas sobre plantas de cobertura de solo de crescimento estival, mas na grande maioria, utilizando-as em sucessão a cultura de milho, deixando uma lacuna em informações sobre os benefícios e/ou implicações técnicas e socioeconômicas da utilização dessas, ou de outras espécies, em consórcios com cultivos tradicionais como o milho. Isso torna difícil estabelecer um programa de manejo e/ou recuperação dos solos nas pequenas UPAs, pois há uma necessidade clara e objetiva de se produzir, e os manejos não podem competir com este imperativo. Ainda ocorre uma enorme insuficiência de dados e suporte técnico, entre outros aspectos, que condiciona os pequenos agricultores (assentados ou não) a não adotarem práticas “diferenciadas” de manejos em suas áreas. Esse contexto dificulta a construção de uma agricultura com premissas sustentáveis nestas comunidades.

Ao se pensar em consórcios das culturas principais com plantas de cobertura de solo, para pequenas UPAs, é importante levar em consideração outros aspectos que não somente seu potencial de recuperação do solo, mas em culturas que também possam ter uma “segunda finalidade”. Isso foi uma das prerrogativas que norteou a escolha das espécies que formaram os consórcios neste trabalho, as quais foram o feijão caupi (*Vigna unguiculata*), o guandu anão (*Cajanus cajan*) e a mucuna preta (*Stizolobium aterrimum*).

No Rio Grande do Sul (RS) há uma grande probabilidade de ocorrências de períodos de estiagem. A cultura do feijão preto (*Phaseolus vulgaris*), que é a principal fonte protéica de origem vegetal para os pequenos agricultores familiares e componente chave para segurança alimentar dessas famílias, é uma cultura muito sensível ao estresse hídrico. Neste sentido, a cultura do feijão caupi (FC) pode ser uma alternativa ao feijão preto, pois essa tem reconhecida capacidade de suportar estresses hídricos, inclusive é amplamente consumida pelos agricultores do semi-árido nordestino brasileiro, além de ter reconhecido potencial de planta apta ao consórcio com milho e recuperadora de solo.

É relativamente comum em pequenas propriedades ter atividades ligadas à pecuária leiteira. A cultura do feijão guandu anão (GA) apresenta-se como uma alternativa a ser utilizada como forrageira, com incrementos na quantidade e qualidade da forragem fornecida aos animais, além de ser uma cultura com reconhecida capacidade de fixação

biológica de nitrogênio atmosférico e produção de massa seca, tão importante na ativação/manutenção biológica do sistema.

A cultura da mucuna preta (MP) talvez seja a planta de cobertura de verão mais estudada e utilizada pelos agricultores até o momento e em função desta condição, servirá como parâmetro aos demais consórcios. Essa cultura pode ser uma alternativa de fonte de renda pela comercialização das sementes, já que é uma planta amplamente utilizada como cobertura de solo, e apresenta dificuldades na produção de sementes, em função de seu ciclo longo. Contudo é pertinente salientar que, se optar pela produção de sementes, o agricultor deve adequar-se a legislação brasileira sobre sementes.

Outro fator relevante na recuperação de áreas degradadas é o fornecimento de nutrientes, seja para as culturas de interesse comercial ou as plantas de interesse secundário. No entanto, essa prática em muitas ocasiões é minimizada, principalmente pelo ônus financeiro que a mesma agrega. Isto reafirma a importância de se estudar fontes alternativas de nutrientes, além do tradicional fertilizante químico “N-P-K”, para que o agricultor tenha subsídios para fazer a escolha mais conveniente ao seu modo produtivo. A fonte orgânica de nutrientes é uma alternativa, contudo suas composições variam em função da espécie de origem, e de difícil predição de dosagens a serem aplicadas, justamente pela variação em função da espécie, estágio de compostagem e teor de umidade. Os dejetos de frangos são reconhecidos por terem uma maior concentração de nitrogênio, elemento importante para cultivo de gramíneas, do que os provenientes de suínos e bovinos.

Faz-se necessário aportar nutrientes ao agro-sistema, principalmente quando em processo de recuperação e transição agroecológica, no entanto deve-se dar a devida importância a práticas com elevada capacidade de reciclar e aportar nutrientes ao sistema, como a rotação de culturas e a utilização de leguminosas, via fixação biológica do nitrogênio.

Neste patamar de compreensão, surge como um desafio para a pesquisa: avaliar manejos com plantas de cobertura de solo e formas de adubação que possuam potencial recuperador da qualidade do solo⁴ e concilie essas técnicas, a uma atividade agrícola que gere renda direta ou indiretamente num assentamento de reforma agrária.

⁴ Com base em Streck et al. (2008), o solo presente no assentamento Carlos Marighella, local da área experimental, é um Argissolo Vermelho Distrófico arênico, pertencente à Unidade de Mapeamento São Pedro.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Investigar diferentes formas de manejo de solo, seu potencial de melhoria na qualidade do solo e suas implicações sócio-econômicas em pequenas propriedades rurais.

1.1.2 Objetivos específicos

- Analisar a evolução de atributos químicos e físicos do solo.
- Estudar o efeito das plantas de cobertura, no incremento de fitomassa, sua velocidade de decomposição, bem como suas contribuições na recuperação da qualidade do solo.
- Avaliar os impactos e as respostas socioeconômicas dos manejos propostos.

1.2 Hipóteses

1. Em consórcios, com plantas de cobertura de solo, a cultura do milho apresenta incrementos de rendimento de grãos e aporte de fitomassa ao sistema.
2. Fornecer nutrientes ao solo, em processos de transição agroecológica, proporciona incrementos produtivos do milho e das plantas de cobertura, com reflexos em atributos do solo.
3. Os consórcios da cultura do milho com plantas de cobertura de solo promovem melhorias em atributos químicos, físicos e biológicos do solo.
4. Os incrementos da demanda de mão de obra, não são afetados significativamente pela inclusão das plantas de cobertura, exceto na fase de semeadura das mesmas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Aspectos históricos, políticos, sócio-econômicos e ambientais

2.1.1 Desenvolvimento sustentável e agricultura

Na segunda metade do século XX, com a intensificação do crescimento econômico mundial, os problemas ambientais se agravaram e começaram a aparecer com maior visibilidade. Das crises do modelo de desenvolvimento vigente nascem, como um movimento de revisão e contestação, conceitos como os de desenvolvimento sustentável e de agricultura sustentável (FIOREZE, 2005).

O “Relatório Brundtland” apresentado à Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, em 1987, traz consigo um clássico conceito de desenvolvimento sustentável, o qual diz que “o desenvolvimento sustentável é aquele que satisfaz as necessidades da geração presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras satisfazerem as suas próprias necessidades”⁵. Este conceito é considerado um pouco vago ou impreciso, mas ainda constitui a essência, o esqueleto, dos demais conceitos que foram surgindo ao longo destes anos, com diferentes enfoques, idealizados pelos mais diversos autores e cientistas. Embora haja pontos comuns, não há um consenso sobre o conceito de desenvolvimento sustentável, como ressaltado por autores como Canuto (2003), Schlindwein; Pinheiro; Martins (2007), Borba; Gomes; Trujillo (2009).

Estas diferenças derivam de uma ambigüidade do próprio conceito, como descrevem Costabeber; Caporal (2003), os quais dizem que há pelo menos duas grandes correntes disputando o conceito de desenvolvimento sustentável. A corrente ecotecnocrática, a qual sumariamente entende que o desenvolvimento sustentável se dá pela “simples” mudança de paradigma tecnológico, e que o crescimento econômico é suficiente para garantir o mesmo. A corrente ecossocial, por sua vez, defende a idéia de que para esse desenvolvimento seja efetivo, são necessárias mudanças mais amplas e profundas dentro da sociedade, as quais convirjam para um desenvolvimento socioeconômico, com distribuição de direitos e deveres de forma mais equitativa entre a população, respeito aos limites de suporte dos recursos naturais e que garantam as diversidades socioculturais.

⁵ Disponível em <http://pt.wikipedia.org/wiki/Relat%C3%B3rio_Brundtland>. Acesso em: 30 novembro 2009.

Estes mesmos autores defendem que a corrente ecossocial, ao contrário da ecotecnocrática, propõe uma mudança no sistema dominante em favor de estratégias descentralizadas, compatíveis com as condições ecológicas e capazes de incorporar as identidades étnicas e valores culturais. Na verdade, o desenvolvimento econômico não sobreviverá sem os sistemas ecológicos e sociais que lhe dão sustentação. Há uma complementaridade indissociável entre esses.

Caporal; Costabeber (2007) afirmam que ao se estabelecer um planejamento de desenvolvimento rural num contexto de maior sustentabilidade, é necessário levar em conta seis dimensões relacionadas entre si. As quais são brevemente descritas a seguir:

Dimensão ecológica – ao explorar algum ecossistema, deve ser respeitada a capacidade suporte dos recursos naturais desses. É necessário ter uma visão holística e um enfoque sistêmico, dando um tratamento integral a todos os elementos do agroecossistema que venham a ser impactados pela ação antrópica. Pressupõe utilizar técnicas e tecnologias com melhor eficiência energética, que minimizem a entropia do sistema, e ao adotar novas tecnologias, estar sempre orientado pelo “princípio da precaução”.

Dimensão social - o crescimento deve acontecer com maior equidade na distribuição de renda e bens, de modo a reduzir as diferenças entre ricos e pobres. À luz da dimensão ecológica deve-se buscar sempre melhorias na qualidade de vida da população.

Dimensão econômica – os resultados econômicos obtidos pelos agricultores são elementos chaves para fortalecer estratégias de desenvolvimento sustentável. Contudo, rentabilidades exacerbadas podem estar relacionadas com a predação dos recursos naturais, bem como, as custas de algum grupo social. Isso coloca em risco a sustentabilidade econômica e/ou social a médio e longo prazo. Há de se considerar que não se pode medir somente por expressões monetárias diretas a sustentabilidade de uma comunidade, tem que ser consideradas as produções de subsistência, assim como a produção de bens de consumo em geral, que são importantes na segurança e soberania alimentar dos mesmos. E muitas vezes fatores determinantes na reprodução social de determinadas regiões.

Dimensão cultural – os processos de crescimento/desenvolvimento para uma determinada comunidade devem respeitar, manter ou recuperar as raízes socioculturais endógenas da mesma. Para tanto é indispensável se pensar em processos integrados, que busquem mudanças dentro da continuidade cultural e que traduzam um conjunto de soluções específicas para o local. Eventualmente relações homem-natureza, ditadas por características culturais podem gerar processos negativos nos agroecossistemas, bem como nas relações sociais. Estas práticas não devem ser estimuladas.

Dimensão política – devem-se considerar as concepções políticas e culturais próprias dos grupos sociais, bem como suas relações de diálogo e integração com a

sociedade maior, através de representações em espaços comunitários, de forma a garantir processos participativos e democráticos.

Dimensão ética – esta dimensão é a mais subjetiva de todas e é indissociável a qualquer uma das outras cinco dimensões, no sentido da construção da ética da solidariedade entre as gerações atuais e dessas para com as gerações futuras. Está relacionada aos valores de cada indivíduo e/ou grupo social. É a partir do comprometimento com esta dimensão, que se constrói um desenvolvimento efetivamente sustentável.

No caso específico da agricultura, são claros os sinais de degradação ambiental, impactos socioeconômicos e a ineficiência energética dos sistemas produtivos, hoje ainda hegemônicos. A busca por uma agricultura sustentável, atualmente está sendo o foco principal de muitos debates, bem como os meios para alcançá-la. Seja por uma questão de consciência ou por questões meramente econômicas.

Talvez um dos artigos mais citados pela ciência atual, ao trabalhar com a temática da sustentabilidade, seja o publicado por Addiscott (1995), nesse o autor lança uma proposição, na qual diz que “the Principle of Minimum Entropy Production provides a useful framework within which sustainability can be discussed”. Esta hipótese tem estreita relação com as proposições da dimensão ecológica, e é de extrema importância ao se estudar técnicas e tecnologias com premissas sustentáveis. Contudo, se trabalharmos somente a luz desta dimensão, estaremos sendo coniventes com a corrente ecotecnocrática, a qual possui limitações em contextos de maior sustentabilidade.

Ainda que não tenham havido avanços muito significativos em estilos de agricultura sustentável, destes embates ficou de positivo a noção de sustentabilidade, que cada vez mais passa a fazer parte dos meios agrônômicos e se tornou uma espécie de objetivo comum, principalmente na sociedade americana e européia, espalhando-se posteriormente pelo mundo (FIOREZE, 2005). Neste ambiente de busca e construção de novos conhecimentos, nasceu a Agroecologia, a qual muito mais do que um tipo de agricultura, como confundem ou idealizam alguns⁶, é na verdade um novo enfoque científico capaz de dar suporte à transição para estilos de agriculturas sustentáveis e para o estabelecimento de processos de desenvolvimento rural sustentável (ALTIERI, 2001, ALTIERI; NICHOLS, 2003, GLIESSMAN, 2005).

⁶ Caporal; Costabeber (2004) e EMBRAPA (2006), comentam destes confundimentos em relação ao conceito de Agroecologia e as limitações e conseqüências indesejáveis que isso traz aos avanços desta ciência.

2.1.2 Transição agroecológica

A sustentabilidade, no seu conceito mais amplo, é um desafio grandioso e inadiável para governos e para a sociedade em toda a Terra. O paradigma em que vivemos está, cada vez mais, demonstrando sinais de insustentabilidade. A construção do “paradigma ecológico”, ou agroecológico para o caso da agricultura, está em processo (transição), ou seja, o velho já não serve e o novo não está perfeitamente delineado. Uma coisa é certa: será impossível consolidar um novo paradigma partindo da mesma base teórica que fundou o atual (GOMES, 2003). Esta afirmação vai ao encontro da linha de pensamento de outros autores que manifestam não ser possível o estabelecimento de planos efetivamente sustentáveis, a partir do ponto de vista da corrente ecotecnocrática, que tem num de seus fundamentos a mudança (*Up grade*) do paradigma tecnológico, mas alicerçado numa mesma base teórica.

Neste processo de transição de paradigma é necessário o envolvimento e o comprometimento de todos os entes e entidades sociais, sejam públicas ou privadas. Embora seja sabido que isso levará algum tempo para conversão, é necessário porém que se traduzam no curto prazo em metas políticas e em pautas de cooperação do Estado com a sociedade civil, através do seu largo espectro de organizações. Para Costabeber; Claro (2004) a construção de uma agricultura de base ecológica, capaz de garantir a oferta de alimentos em quantidade para todos e a todo o momento, constitui um desafio que, para avançar, exige a presença do Estado através de políticas públicas animadoras do processo de transição agroecológica e, especificamente, promotoras de avanços tecnológicos para superar barreiras de escala em áreas de agricultura familiar.

As universidades e instituições de pesquisa têm papel fundamental na construção deste novo paradigma. Para tanto é fundamental conhecer o conceito de transição agroecológica, superando o sectarismo e o romantismo por vezes ainda presentes, não somente, no meio científico. Costabeber (2007) nos conduz ao entendimento de que a transição agroecológica é um processo gradual de mudança no manejo e gestão dos agroecossistemas, contínuo e crescente no tempo, que tem como meta a passagem de um sistema convencional de produção a outro que incorpore os princípios ecológicos de produção.

Autores como Canuto (2003), Gomes; Borba (2004) reconhecem que o modelo de pesquisa científica adotado até o momento teve, e tem, um papel importante na construção do conhecimento. Contudo este modelo baseado somente na parcela experimental, aplicação linear da estrutura metodológica das ciências naturais com a obsessão de se ter o controle sobre as variáveis de forma independente, acabou por distanciar os pesquisadores

e o meio real, culminando num descompasso entre produção e aplicação do conhecimento, bem como limitando a capacidade de leitura e compreensão dos agroecossistemas de forma holística e num enfoque sistêmico por parte dos cientistas. Estes autores consideram condição essencial para a transição agroecológica, uma aproximação entre cientistas e produtores rurais, bem como a incorporação de metodologias participativas e transdisciplinares na geração dos “novos” conhecimentos. Enfatizam, ainda, que é possível proporcionar a construção de respostas úteis sem o comprometimento do rigor científico.

2.1.3 Territórios, reforma agrária e agricultura familiar

Nossa conformação territorial tem estreita relação com nosso processo histórico de colonização. Desde a “descoberta” do Brasil adotou-se uma política de ocupação onde se usurpava espaços das populações autóctones e estimulava a concentração fundiária. Silva (2006) explica as relações que conduziram a expansão do latifúndio e a consolidação do poder das oligarquias, gerando sociedades altamente hierarquizadas, tanto no Brasil como na Argentina, destacando fatores como a herança do latifúndio colonial e a legislação agrária adotada no século XIX, como duas das causas com maior efeito sobre a nossa configuração territorial. Estas condições nortearam o deslocamento da fronteira agrícola nesses territórios, que à medida que foi se deslocando, o latifúndio foi reabsorvendo as formas mais antigas de colonização, compreendidos por povos indígenas e pequenos sítiantes vivendo da agricultura de subsistência. Este fenômeno, conhecido pela marcha da fronteira, beneficiou os grandes proprietários de terra, gerando um grande impacto socioeconômico em sua época, com efeitos até os dias de hoje. Wanderley (2001, p. 37), nesta mesma linha, complementa afirmando que do ponto de vista de políticas agrícola e agrária “é evidente que a agricultura familiar sempre ocupou um lugar secundário e subalterno na sociedade brasileira”.

A afirmação feita pela última autora é muito evidente em nosso processo histórico. Os fatores que condicionaram a concentração de terras, sejam pela expansão de fronteiras agrícolas, ou pela concentração fundiária “in loco”, e/ou o abandono “voluntário”⁷ de terras por pequenos agricultores, são conhecidos pelo fenômeno chamado por êxodo rural. Isso é reflexo da falta, histórica, de políticas adequadas direcionadas para a agricultura familiar, de

⁷ Usou-se este termo para caracterizar aqueles agricultores que não sofreram uma pressão, econômica ou coibitiva, para abandonar seus lares. E que normalmente assim o fizeram porque suas terras estavam em avançado processo de degradação dos recursos naturais, em especial o solo.

pesquisas condizentes e extensão rural, adequada e suficiente a realidade dessa parcela da população (SILVEIRA, 1997).

Teófilo; Mendonça (2001) comentam que uma das características mais importantes que diferenciam os países considerados desenvolvidos dos em desenvolvimento são os enfrentamentos das questões estruturais que inibiam o próprio crescimento, dentre essas destacam a questão agrária, no sentido de distribuir terras e fomentar políticas de apoio a formas de agricultura de base familiar. Estes autores atribuem, no caso do Brasil, ao sistema agrícola/agrário a fonte do agravamento das desigualdades sociais e da manutenção dos elevados níveis de pobreza rural e urbana.

O Brasil, por suas características naturais, é considerado um dos celeiros mundiais. Todavia, vivemos na incoerência de sermos um dos maiores produtores mundiais de alimento e termos milhares de habitantes passando fome. Isto decorre justamente porque a produção agropecuária brasileira, gerada nas grandes propriedades, tem como finalidade gerar divisas ao país, e não de dar soberania e segurança alimentar ao seu povo.

A agricultura familiar é reconhecidamente a responsável por produzir a maior parte dos alimentos consumidos no Brasil, bem como a pequena propriedade é considerada mais eficiente na produção de alimentos e fibras do que grandes extensões de terras (BINSWANGER; DEININGER; FEDER, 2001). Portanto, é evidente a necessidade de uma reforma agrária, acompanhada de políticas públicas que garantam condições produtivas e de qualidade de vida para os pequenos agricultores ali assentados. Uma reforma agrária efetiva pode diminuir as desigualdades sociais, minimizar os cinturões de pobreza dos grandes centros urbanos e garantir a segurança e a soberania alimentar para o povo brasileiro.

2.1.4 Pesquisa e agricultura familiar

A agricultura familiar tem uma grande importância socioeconômica para o Brasil, no entanto não tem recebido a devida atenção, inclusive pelas instituições de pesquisa. Dados⁸ revelam que este segmento ocupa 84,4% dos estabelecimentos rurais, contudo dispõem de apenas 24,3% da área agrícola, e mesmo assim, com todas as dificuldades técnicas, econômicas e tecnológicas, é responsável por 40% do valor bruto da produção (VBP) gerada. Desta forma seu VBP.ha⁻¹ é 89% superior ao não familiar, demonstrando a sua

⁸ Disponível em <<https://www.planalto.gov.br/Consea/imagens/agriculturafamiliar.pdf>>., Acesso em: 18 janeiro 2010. Cabe salientar que estes dados englobam áreas com até quatro módulos fiscais, o que abrange uma parcela maior do que a referência deste trabalho, que é de até 10 ha.

superioridade em termos de eficiência produtiva. Mesmo com a tendência de redução de pessoas, esta parte da agropecuária brasileira ocupa 12,3 milhões, enquanto que a não familiar apenas 4,2 milhões de pessoas (74,4 e 25,6%, respectivamente), sendo superior em mais de nove vezes o número de pessoal ocupado por hectare.

O sistema produtivo baseado na agricultura familiar está cada vez mais ameaçado, é senso comum, e os dados do IBGE⁹ comprovam que o meio rural está envelhecendo e se masculinizando, juntamente com a diminuição do tamanho da família rural no Brasil, bem como no Rio Grande do Sul (SCHNEIDER, 1999). Estes fatos decorrem de fatores como diminuição do ritmo de crescimento da família urbana, manifestado pela redução no número de filhos e debilidade de políticas públicas para manter os jovens no campo, que de modo geral, por falta de estímulos e perspectivas abandonam as atividades agrícolas. Toledo (2008) comenta que na atualidade os jovens têm escolaridade mais elevada, e cresceram com uma cultura diferente da dos pais, incorporando parte da cultura e do modo de vida urbana, além de não terem sido preparados para a gestão dos desafios da produção, contam com poucos atrativos para continuar na profissão dos pais.

As pesquisas voltadas para a agricultura familiar, embora ainda insuficientes, vem num movimento crescente, principalmente, na última década. No entanto, é discrepante a distância entre o conhecimento gerado e o desenvolvimento deste segmento agropecuário. Estes descompasso são normalmente atribuídos a problemas de extensão rural, acesso destes agricultores a linhas de crédito, aspectos culturais, entre outros. Pouco se questiona a responsabilidade da pesquisa neste cenário.

Canuto (2003) expressa a distância das agências de pesquisa e a realidade dos pequenos agricultores. Gomes (2003) e Gomes; Borba (2004) versam sobre as crises paradigmáticas da ciência, bem como da sociedade, e discorrem sobre as limitações das pesquisas baseadas unicamente em parcelas e com métodos e metodologias com extremo controle de variáveis e rigor científico, importantes para análises estatísticas, mas que distanciam os pesquisadores e o meio real onde operam os agricultores e produtores reais. Esta condição provocou uma dissociação entre a produção e a aplicação do conhecimento.

Portanto, ao se pensar em pesquisas de cunho aplicado, no que tange a agricultura familiar, são necessárias metodologias de pesquisa e de extensão rural que consideram as distintas realidades biofísicas, assim como as circunstâncias socioeconômicas e culturais (COSTABEBER; CLARO, 2004). Neste contexto, é necessário incluir um outro fator ao se analisar os experimentos propostos, que diz respeito ao impacto na demanda de mão de obra da propriedade.

⁹Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/ibgeteen/pesquisas/demograficas.html>>. Acesso em: 09 janeiro 2010.

2.2 Adubação Verde

A adubação verde é utilizada pelos agricultores há mais de mil anos, em distintas regiões do mundo, para melhorar as propriedades físicas, químicas e biológicas dos solos agricultados, muito antes, pois, do advento da adubação química¹⁰. Os adubos verdes são um importante componente dos sistemas agrícolas, promovendo o aporte de C ao solo, a ciclagem de nutrientes e a proteção do solo da erosão, tanto pelo dossel dos adubos verdes durante o desenvolvimento vegetativo como pelos resíduos culturais, em sistema plantio direto. Além desses aspectos, quando leguminosas são utilizadas como adubos verdes, quantidades significativas de nitrogênio são adicionadas ao solo através do processo de fixação biológica de nitrogênio (ALCÂNTARA et al., 2000, FRANCO; CAMPELLO, 2005)

Além de atuarem na ciclagem de nutrientes os adubos verdes também contribuem ao aumento gradativo da matéria orgânica do solo e, quando empregados no sistema de plantio direto, à manutenção da umidade e da temperatura do solo em valores mais favoráveis ao desenvolvimento das culturas comerciais em sucessão. Estudos como os de Amado et al. (2001), Lovato et al. (2004), Conceição et al. (2005) resultados de pesquisa evidenciam a importância do uso de leguminosas como adubos verdes para o aumento no estoque de C no solo. Alguns estudos (ABREU; REICHERT; REINERT, 2004, REINERT et al, 2008) indicam que, algumas espécies por apresentarem sistema radicular profundo, podem promover o rompimento das camadas de compactação sub-superficiais do solo resultantes da mecanização (pé-de-grade), o que melhor explorado poderia se constituir em uma excelente alternativa aos atuais métodos mecânicos de subsolagem, de elevado custo e consumo energético.

No caso brasileiro, as pesquisas com adubação verde tiveram continuidade até meados dos anos 60, quando as preocupações passaram a se concentrar na viabilização do modelo industrial químico-mecânico, e as práticas biológico-vegetativas foram relegadas a um segundo plano, além do fato de ser vista com alguma reserva pelos agricultores, pois as tecnologias disponíveis exigiam que se perdesse uma safra agrícola (ano) para se proceder o seu cultivo¹⁰. No entanto, estudos recentes, como os de Mielniczuk (1988), Lovato et al. (2004), Heinrichs et al. (2005), demonstraram que é perfeitamente viável se proceder a adubação verde nos períodos de entressafra (fevereiro/março a julho/agosto) na região centro-sul, ou ainda como planta companheira (plantada nas entrelinhas da cultura), superando-se assim este inconveniente.

¹⁰ Disponível em <<http://www3.ufla.br/~wrmaluf/bth038/bth038.html>>. Acesso em: 10 janeiro 2010.

2.3 Aspectos da qualidade do solo

2.3.1 Propriedades químicas do solo

2.3.1.1 Carbono e nitrogênio no solo

Os solos do Rio Grande do Sul são, em sua maioria, mediana a altamente intemperizados (MIELNICZUK, 1988), o que os torna naturalmente ácidos, pobres, principalmente, em nutrientes catiônicos e com elevada saturação por elementos tóxicos, principalmente o alumínio tóxico (Al^{3+}). Nesses solos, a fração orgânica apresenta uma grande importância na capacidade de troca de cátions, complexação de Al^{3+} e micronutrientes, atividade microbiana e agregação, entre outras propriedades, direta ou indiretamente relacionadas.

Vários autores como Sá et al. (2001), Roscoe; Machado (2002), Reichert; Reinert; Braida (2003), Conceição et al. (2005), consideram a matéria orgânica um potencial atributo chave para indicador da qualidade do solo, pois se relaciona com inúmeras propriedades físicas, químicas e biológicas. Desta forma, a diminuição dos estoques de matéria orgânica em decorrência do manejo inadequado do solo resulta num processo acelerado de degradações dessas propriedades, com reflexos negativos na sua capacidade produtiva (MIELNICZUK, 1988, BURLE; MIELNICZUK; FOCCHI, 1997).

Amado; Eltz (2003) consideram o processo erosivo e o preparo intensivo do solo os principais causadores da diminuição dos estoques de carbono no solo. Ao interpretarem um modelo conceitual da dinâmica da matéria orgânica em sistemas de manejo, alertam que, ao chegar na etapa 3, “o solo tem sua qualidade alterada para um patamar inferior, comprometendo sua funcionalidade produtiva e ecológica”.

Sendo o nitrogênio também um componente, que está intimamente ligado a dinâmica do carbono, da matéria orgânica do solo, o manejo inadequado solo também afeta a capacidade desse em fornecer esse nutriente às plantas, elemento de elevada importância a produtividade dos cultivos. A maior parte do N se encontra em frações orgânicas (mais de 90%), sendo um grande reservatório de formas mais prontamente disponíveis, como a nítrica ($N-NO_3^-$) e a amoniacal ($N-NH_4^+$). Estas formas minerais, apesar de responderem por pequena parcela do N total, são de extrema importância nutricional, já que são elas as absorvidas pelos vegetais e microrganismos (STEVENSON, 1986).

Os estoques de C e N de um solo dependem da quantidade de resíduos aportados anualmente, da taxa de conversão destes resíduos em matéria orgânica humificada e da taxa de mineralização dessa, sendo influenciados pelos sistemas de manejo a este solo aplicado.

Bayer (1996) demonstrou que simplesmente eliminando o revolvimento do solo não é suficiente para eliminar as perdas de carbono no sistema, e que para manter ou elevar os teores de carbono é necessário a adoção de sistemas com satisfatória adição de resíduos. Além das perdas por erosão deve-se considerar a mineralização da matéria orgânica pela ação dos microrganismos.

Six; Elliott; Paustian (2000) sugerem que manejos conservacionistas podem acumular duas vezes mais carbono (intra-agregados) do que em sistemas convencionais de preparo do solo, em função da maior formação de micro agregados “dentro” de macro agregados, pois esses conferem uma maior proteção da matéria orgânica particulada em relação a ação dos microrganismos. Piccolo; Galantini; Rosell (2004) afirmam a importância de utilizar plantas com alta capacidade de produção de matéria seca para aportar carbono ao sistema. Ciente dessas premissas, Conceição et al. (2005) demonstram que diferentes sistemas de manejo, que minimizam o revolvimento do solo, que aportam grande quantidade de fitomassa ao sistema e que utilizam consórcios com gramíneas e leguminosas, ao invés de culturas solteiras para tal finalidade, afetam positivamente os estoques de carbono orgânico e nitrogênio total no solo.

Lovato et al. (2004), analisando as adições de carbono e nitrogênio e suas relações com estoques no solo e na produtividade de milho em sistemas de manejo, afirmaram que, em síntese, um sistema de manejo que objetiva recuperar estoques de Carbono Orgânico Total (COT) no solo deve maximizar as entradas, via fitomassa, e minimizar as perdas anuais de Carbono no solo, sejam por erosão e/ou oxidação da matéria orgânica.

Neste mesmo trabalho, os autores comentam a importância do milho (*Zea mayz*) estar incluído no sistema de cultivo, devido a sua adição de biomassa no sistema, bem como a importância da utilização de leguminosas¹¹ e/ou adubação nitrogenada no sistema. Todavia, citam os trabalho de Diekow et al.(2002) como parâmetro para alertar sobre a possível contaminação ambiental, se utilizadas altas taxas anuais de adição de N.

Na perspectiva de sistemas de manejos com alta capacidade de aporte de fitomassa e nitrogênio ao solo, Aita; Porto; Giacomini (2006) reforçam a importância da utilização de plantas de cobertura, sobretudo, com consórcio de gramíneas e leguminosas. Também sugerem a utilização de adubação orgânica no sistema, todavia, alertam para possíveis contaminações ambientais, se aplicada em época desfavorável e/ou em altas dosagens.

¹¹ Aita; Giacomini (2003) também salientam a importância de se ter leguminosas no sistema visando melhorias no balanço de N no sistema.

O solo é um reservatório com limites definidos e apresenta capacidade limitada em acumular carbono e nitrogênio na forma de matéria orgânica humificada, e esta capacidade está intimamente ligada a textura do mesmo. De maneira geral, observa-se que os maiores teores de matéria orgânica em solos estão associados a melhorias de suas condições físicas, químicas e biológicas, com reflexos na produção das culturas.

2.3.1.2 Disponibilidade de nutrientes

Segundo Santos et al. (2008) os teores de fósforo no solo (P) dependem em condição natural do material de origem, mas sua disponibilidade aos organismos vivos é controlada por processos biogeoquímicos. Portanto, a fração lábil (disponível) depende do grau de intemperização, das características químicas, físicas e da atividade biológica do solo, bem como da vegetação predominante que utiliza o ambiente. Este nutriente é muito reativo no solo, formando complexos principalmente com óxidos de ferro e de alumínio em pH baixo e, em pH mais elevado, com o cálcio, diminuindo desta forma sua disponibilidade as plantas (SILVA, SANTOS, 2006). Este elemento participa de inúmeros processos fisiológicos das plantas, bem como é parte constituinte dos tecidos (ANGHINONI; BISSANI, 2004), e sua função metabólica mais popularmente conhecida refere-se a processos de armazenamento de energia nas células vivas.

O potássio (K) no solo se encontra nas mais diferentes formas, das quais umas são disponíveis em curto prazo para as plantas e outras não (SILVA; SANTOS, 2006). Este nutriente é requerido em grandes quantidades, similares ao nitrogênio, pelas plantas, e está ligado principalmente a funções de ativações enzimáticas nas plantas (MEURER; INDA JR., 2004).

O cálcio (Ca), na planta, é responsável pela alongação celular e para absorção de outros nutrientes, entre outros processos (BISSANI; ANGHINONI, 2004). Estes mesmos autores comentam que no solo o Ca, depois do ferro (Fe), é o nutriente mineral encontrado em maior concentração na maioria dos solos. Entretanto, salientam que em solos arenosos e com baixa CTC, o teor de Ca é muito reduzido, devido às perdas por lixiviação.

O magnésio trocável (Mg) constitui o núcleo central da molécula de clorofila. Segundo Bissani; Anghinoni (2004), o Mg possui semelhanças com o Ca no solo, somente em menores teores. Também ressaltam que este íon é mais suscetível a perda do que o Ca, bem como manejos como a aplicação em excesso de K pode diminuir a absorção de Mg.

2.3.2 Propriedades físicas do solo

2.3.2.1 Densidade e compactação do solo

A erosão pode ser considerada o principal agente causador da degradação do solo, pois seus efeitos são praticamente irreversíveis, ou agregam um grande ônus financeiro e/ou energético para recuperá-las. Normalmente este processo decorre, como último estágio, do uso inadequado do solo e está diretamente relacionado com o aumento na densidade volumétrica e desestruturação do mesmo. Além dos aspectos relacionados com a erosão, existe também, uma estreita relação entre as condições físicas do solo e o desenvolvimento dos vegetais (FORSITHE, 1975, LETEY, 1982).

A compactação do solo é um processo antrópico da densificação desse para além da sua densidade volumétrica (relação massa/volume) em condições naturais, provocado pelo manejo inadequado das práticas agropecuárias. Esta situação atinge principalmente os macroporos, influenciando em propriedades físico-hídricas importantes como a porosidade de aeração, a retenção de água no solo, a disponibilidade de água às plantas e a resistência do solo à penetração (VIEIRA; KLEIN, 2007). Com o aumento da densidade do solo, agravam-se os processos erosivos, seja por dificultar o estabelecimento de uma cobertura vegetal adequada do solo, seja por reprimir as características naturais do solo de resistência aos fatores erosivos, como a agregação e capacidade de infiltração.

Na medida com que se eleva a densidade do solo, essa se torna cada vez mais crítica com a flutuação nos teores de umidade do solo, de forma que diminui o intervalo hídrico ótimo (IHO), que é o intervalo da relação densidade x teor de umidade no solo em que a planta não tem nenhum impedimento ao seu crescimento¹². A condição de adensamento eleva os teores de umidade no solo em que a resistência à penetração e a disponibilidade de água tornam-se limitantes e diminui os teores em que a aeração do solo passa a ser outro fator limitante ao crescimento das plantas, como relatados por Letey (1985) e Tormena; Silva; Libardi (1998).

Stone; Silveira (2001) observaram que a densidade do solo sob plantio direto pode diminuir com o passar dos anos, devido ao aumento da matéria orgânica na camada superficial, melhorando, inclusive, a estrutura do solo. Segundo estes autores, a rotação de culturas, pela inclusão de espécies com sistema radicular agressivo e o elevado aporte de matéria seca, também pode melhorar os atributos físicos do solo.

¹² Maiores informações sobre intervalo hídrico ótimo (IHO) em Klein; Camara (2007).

2.3.2.2 Porosidade do solo

A fração volumétrica do solo ocupada por ar e água é chamada de porosidade do solo, e segundo Hillel (1970) é o espaço em que ocorrem os processos dinâmicos do ar e da solução de solo. Estes espaços estão diretamente relacionados com densidade do solo, pois quanto maior o espaço ocupado pelas partículas desse, menor será o volume do espaço poroso.

Os macroporos estão relacionados com as trocas gasosas e aos processos de drenagem, sendo que as propriedades de transmissão de água no solo pelos macroporos podem exercer considerável influência na infiltração, drenagem e perdas de solo e de água por erosão, as quais afetam o desenvolvimento das culturas e a qualidade ambiental (ABREU; REICHERT; REINERT, 2004). Já os microporos estão relacionados com os processos de retenção de água no solo.

A porosidade total do solo, assim como outros atributos físicos, também dependem do manejo utilizado no solo, sendo os macroporos ($\varnothing > 50 \mu\text{m}$) os mais afetados pelas práticas de manejo. Através do revolvimento do solo se tem um ganho na percentagem de macroporos, contudo esses estão dispostos de forma isolada e são pouco funcionais, de modo que manejos conservacionistas embora com menores percentagens destes macroporos, promovem a continuidade de poros, por estimular a atividade biológica e a reestruturação do solo, assim se obtém poros mais efetivos na regulação dos processos acima descritos.

2.3.2.3 Estrutura e agregação do solo

A estrutura representa a distribuição ou arranjo dos espaços vazios e das partículas sólidas do solo. Para Letey (1985), a qualidade da estrutura do solo é um indicador de sustentabilidade de sistemas agrícolas. O mesmo autor comenta que, embora a estrutura do solo não seja considerada um fator de crescimento para as plantas, exerce influência direta sobre movimentação de água, transferência de calor, aeração, densidade do solo e porosidade, e desta forma se torna um fator indireto do crescimento das plantas.

A formação dos agregados, segundo o conceito hierárquico proposto por Tisdall; Oades (1982), parte da formação de microagregados ($< 250 \mu\text{m}$) a através da união de partículas primárias livres por agentes ligantes persistentes, como matéria orgânica humificada, cátions polivalentes, entre outros. A partir da união destes microagregados

estáveis, por agentes temporários (hifas de fundo e raízes) ou transientes (polissacarídeos provenientes de microrganismos ou plantas) formam-se os macroagregados. Isto demonstra a enorme importância que a matéria orgânica tem, dentre outras, na formação e na estabilidade dos agregados no solo, pois além de contribuir diretamente através de ação cimentante, participa indiretamente como fonte de alimento para os microrganismos. Para Campos et al. (1995), dentre as variáveis químicas, físicas e biológicas que afetam a estrutura do solo, a matéria orgânica do solo parece ser o fator mais importante. Trabalhos como os de Six; Elliott; Paustian (2000), Wohlenberg et al. (2004), Assis et al. (2006) e Salton et al. (2008), também consideram a matéria orgânica (carbono orgânico) um fator extremamente importante nos processos de agregação.

Silva et al. (2006) comentam a importância da formação e estabilidade dos agregados, fazendo uma ponderação entre a agregação do solo e produtividade dos sistemas de cultivo e nesta seqüência de raciocínio evidenciam a fragilidade dos solos arenosos, dizendo que “o equilíbrio entre os fatores relacionados com a agregação do solo, diminuída notadamente com o preparo do solo, ou estimulada pela atuação de processos biológicos, é particularmente importante em solos com baixos teores de matéria orgânica e argila”.

A degradação da estrutura causa ao solo perda das condições favoráveis ao desenvolvimento vegetal e o predispõe ao aumento de erosão hídrica. A rotação de culturas e o manejo do solo amenizam esses problemas e agem restaurando-lhe a estrutura.

Segundo autores como Wohlenberg et al. (2004), Bayer et al, (2004), solos fisicamente degradados podem ser recuperados com sistemas de manejo de solo e de cultura, adequadamente conduzidos, e através do cultivo de espécies de diferentes sistemas aéreos e radiculares que adicionam elevada quantidade de material orgânico de quantidade e composição variadas. Segundo Silva; Resolem (2001), plantas com raízes profundas, de crescimento inicial rápido podem recuperar solos fisicamente degradados, principalmente em associações de espécies, dentro de sistema de rotação de culturas. Isso porque, ao crescer as raízes exercem pressão contra as partículas do solo, afastando-as, para permitir seu alongamento. Estas premissas reforçam a idéia de se trabalhar com sistemas de consórcios na prerrogativa de sistemas de produção agropecuários mais sustentáveis, principalmente em solos frágeis como os de textura arenosa.

2.4 Justificativas contextuais da pesquisa

Neste contexto da revisão bibliográfica, enquadram-se muitas UPAs, que por falta de condições socioeconômicas, suporte e conhecimentos técnicos, além do fator cultural, acabam por executar manejos inadequados, onde o cultivo intenso de espécies anuais, a baixa adição de resíduos orgânicos, aliados à prática de preparo excessivo e superficial do solo, são fatores altamente propensos a erosão e degradação da estrutura do solo, por consequência aos processos erosivos. Portanto, é necessário realizar pesquisas que levem em consideração as condições socioeconômicas e ambientais destes pequenos agricultores para gerar conhecimentos e tecnologias apropriadas as condições dos mesmo, de modo que se possa estimular a prática de uma agricultura com premissas sustentáveis nestas comunidades.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Data e localização

O presente trabalho de campo, foi realizado entre setembro de 2008 e outubro de 2009, no Assentamento de Reforma Agrária Carlos Mariguella, no município de Santa Maria – RS. As coordenadas geográficas do local do experimento são: 29° 39' 25" latitude Sul, 53° 53' 11" longitude oeste, com 110 metros de altitude.

3.2 Clima e solo, caracterizações iniciais

O clima da região é classificado como Cfa2 (subtropical úmido), conforme classificação de Köppen, com precipitação pluviométrica média anual de 1.769 mm, temperatura média anual de 19,2°C, com média mínima de 9,3°C e média máxima de 24,7°C. A insolação é de 2.212 horas anuais e umidade relativa do ar de 82% (MORENO, 1961). O comportamento das precipitações e temperaturas médias durante o período do experimento podem ser observados na figura abaixo.

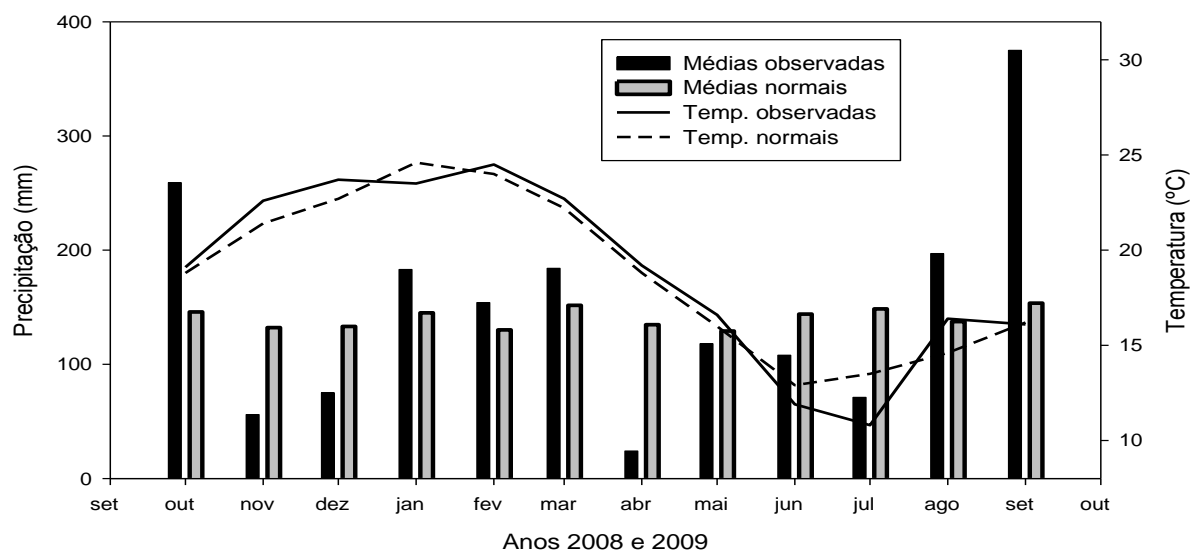


FIGURA 1 – Precipitações (coleta “*In loco*”) e temperaturas médias (INMET) observadas e normais para o período de outubro de 2008 a setembro de 2009. Santa Maria, RS. 2009.

O solo é classificado como Argissolo Vermelho Distrófico arênico, pertencente a Unidade de Mapeamento São Pedro (STRECK et al., 2008). O relevo da área é suavemente ondulado com declives entre 6 - 8%. No início do experimento foram coletadas amostras de solo nas camadas de 0 – 5 e 5 – 10 cm de profundidade, afim de caracterizá-lo quimicamente, seguindo os métodos descritos por Tedesco et al. (1995), e fisicamente (análises granulométricas) utilizando o método da Pipeta (EMBRAPA, 1979). Para determinação da densidade e porosidades foram coletadas amostras indeformadas em anéis metálicos, posteriormente levados a mesa de tensão¹³ até 60 cm de coluna de água. Os dados químicos e físicos estão apresentados na tabela 1.

TABELA 1 – Atributos químicos e físicos de um Argissolo Vermelho Distrófico arênico nas diferentes camadas de implantação do experimento. Santa Maria - RS, 2008.

Atributos	Camadas (cm)	
	0 - 5	5 - 10
Matéria orgânica, % ¹⁴	1,3	1,2
pH em água (1:1) ¹⁴	5,3	5,2
Índice SMP ¹⁴	6,6	6,6
Cálcio trocável, Cmol _c .dm ⁻³ (14)	2,5	2,5
Magnésio trocável, Cmol _c .dm ⁻³ (14)	1,2	1,0
Fósforo disponível, mg.dm ⁻³ (15)	12,1	8,6
Potássio trocável, mg.dm ⁻³ (15)	47,7	22,7
Saturação por alumínio, %	5	12
Saturação por bases, %	64	63
CTC _{efetiva} , Cmol _c .dm ⁻³	4,0	3,9
CTC _{pH 7,0} , Cmol _c .dm ⁻³	5,9	5,7
Carbono orgânico total, Mg.ha ⁻¹ (16)	9,24	8,44
Nitrogênio total, Kg.ha ⁻¹	554	410
Areia, g.Kg ⁻¹	590	620
Silte, g.Kg ⁻¹	250	210
Argila, g.Kg ⁻¹	160	170
Densidade volumétrica, g.cm ⁻³	1,59	1,63
Porosidade total, %	35,7	32,9
Macroporos, %	11,8	10,5
Microporos, %	23,9	22,4

¹³ Baseado na metodologia descrita por Pizzani (2008).

¹⁴ Determinados segundo Tedesco et al. (1995).

¹⁵ Extraídos por Mehlich 1, segundo Tedesco et al. (1995).

¹⁶ Obtido por oxidação do carbono por dicromato de potássio e titulação com sulfato ferroso amoniacal. Digestão feita em bloco de digestão, modificado de Tedesco et al. (1995).

3.3 Histórico da área

Dos antecedentes da área, o que apenas se conhece é que foi uma lavoura anual de soja com sistema de preparo convencional do solo, a qual recebeu doses desconhecidas de calcário dolomítico e adubações há aproximadamente seis anos atrás. E que parte está sob efeito de pousio desde o abandono da lavoura, e a outra está sendo utilizado como piquete para o gado leiteiro há um ano. Na área estabeleceram vegetações prostradas, cespitosas e arbustivas principalmente, onde prevalecem espécies grosseiras de gramíneas, sobretudo as do gênero *Andropogon*. No mês de maio de 2008, na tentativa de implantar uma fase do experimento, fez-se uma roçada na área com posterior semeadura de culturas de cobertura do solo com crescimento hibernal (nabo, aveia e ervilhaca). Contudo, esta fase foi descartada devido ao ataque de roedores e perdizes, que consumiram as plantas de cobertura.

3.4 Manejo da área e implantação do experimento

No início de setembro a área foi dessecada utilizando-se $3,5 \text{ L.ha}^{-1} + 3 \text{ L.ha}^{-1}$, de glifosato ($1736 \text{ g I.A.ha}^{-1}$) e 2,4 D amina ($1440 \text{ g I.A.ha}^{-1}$), respectivamente. Para que em outubro recebesse a semeadura do milho (*Zea mayz*) (05/10/2008) e das plantas de cobertura de solo (11/10/2008) com crescimento estival, bem como nesta última data foi efetuada a aplicação em superfície, a lanço, do calcário e das adubações, tanto da fonte mineral (N-P-K) como da fonte orgânica (cama de peru compostada e estabilizada). Todos os manejos desenvolvidos durante o experimento não tiveram revolvimento significativo do solo.

A semente de milho utilizada foi a F_1 (obtida pelo próprio agricultor) da cultivar varietal Pixurum 06, milho Variedade de Polinização Aberta (VPA) desenvolvido pela EMBRAPA. A semeadura foi efetuada com auxílio de uma máquina de plantio direto tração animal, regulada para uma densidade de 4,5 – 5 sementes por metro linear, com distância média de 0,8 m entre as linhas, almejando uma população próxima a $45.000 \text{ plantas.ha}^{-1}$. As plantas de cobertura, entretanto, foram semeadas nas entre linhas da cultura do milho com auxílio de um “saraquá”¹⁷, e constaram das seguintes espécies com respectivas quantidades de sementes utilizadas: feijão caupi (*Vigna unguiculata*) - 35 Kg.ha^{-1} , guandu anão (*Cajanus*

¹⁷ Estrutura metálica pontiaguda com um cabo, que utilizou-se para abrir as covas para semeadura.

cajan) – 25 Kg.ha⁻¹ e mucuna preta (*Stizolobium aterrinus*) – 50 Kg.ha⁻¹. Estas plantas de cobertura de solo não receberam inoculação.

As correções químicas foram efetuadas com base em análises químicas do solo, feitas pelo laboratório de rotina de análises dos solos da UFSM, almejando-se elevar o pH para 5,5 e adição de nutrientes para patamares de 4 Mg.ha⁻¹ de produção de grãos de milho, conforme as recomendações da CQFS/RS-SC (2004). As dosagens das fontes de nutrientes foram ajustadas para o fornecimento de uma mesma quantidade de fósforo disponível, com base nas garantias mínimas do produto comercial (Ferticel[®] - fornecedora da adubação orgânica) e através de uma planilha de conversão fornecida pelo distribuidor desse. Com base nesta mesma planilha foram ajustadas as dosagens de Nitrogênio, utilizando-se da fonte uréia. As aplicações foram ajustadas para cada bloco.

Um erro analítico conduziu a uma sub-dosagem de calcário, e a área recebeu apenas uma média 165 Kg.ha⁻¹ de calcário dolomítico PRNT 76%. Devido a dificuldade da aplicação da adubação de fonte orgânica no sulco de plantio, optou-se por fazer as aplicações das duas fontes de nutrientes à lanço, distribuindo-as uniformemente em superfície. Para a fonte mineral utilizou-se uma média 360 Kg.ha⁻¹ da formulação comercial 5 - 20 - 20 (N-P-K) na base, mais 140 Kg.ha⁻¹ de uréia em cobertura. Já para a fonte orgânica, utilizou-se uma média 780 Kg.ha⁻¹ de cama de peru compostada/estabilizada/peneirada e peletizada, produto comercializado pela empresa Ferticel[®], a qual garante os respectivos níveis mínimos de 3 – 4 – 3 (N-P-K, respectivamente), também aplicados na base, e mais 90 Kg.ha⁻¹ de uréia em cobertura.

Por ser um solo arenoso, com ocorrências de erosão na área ao lado do experimento, optou-se por não fazer nenhuma intervenção física no solo da área, embora a mesma apresentasse densidade volumétrica elevada (próximas a 1,6 g.cm⁻³).

3.5 Tratamentos e delineamento experimental

O experimento seguiu um delineamento experimental de blocos inteiramente casualizados, com parcelas sub divididas, com quatro repetições. As parcelas principais (4 x 15 m) consistiram de três consórcios das plantas de cobertura com milho: Milho + feijão caupi (M+FC); milho + guandu anão (M+GA) e milho + mucuna preta (M+MP) e um quarto tratamento representado por milho solteiro (MS). Já as sub parcelas (4 x 5 m) foram representadas pelas formas de adubação: Fonte mineral (AM); sem fornecimento de nutrientes (SA) e fonte orgânica (AO). Importante salientar que as sub parcelas referentes ao tratamento SA também não receberam uréia.

Também acompanhou-se uma área que foi apenas roçada, mesmo tratamento que as outras áreas receberam em maio, depois deixou-se novamente em pousio. Esta área nas análises químicas e físicas do solo entrou como um tratamento testemunha (PO). Estas particularidades serão melhor abordadas nas discussões dos resultados. Os tratamentos estão representados de forma esquemática na figura 2.

M + MP			MS			M + GA			M + FC			P O
AM	SA	AO	SA	AM	AO	AM	AO	SA	SA	AO	AM	

FIGURA 2 – Esquema representativo de um bloco (parcelas e sub-parcelas) do experimento de sistemas de cultivos de milho consorciados ou não com plantas de cobertura de solo de verão, e adubados com diferentes formas de adubação. Santa Maria - RS. 2009.

3.6 Condução do experimento

Por ser um solo arenoso optou-se por parcelar a dosagem de uréia em três fornecimentos para ambas as fontes de nutrientes, ficando assim distribuídas: 20% da dose na primeira aplicação quando as plantas de milho estivessem com duas folhas completamente expandidas, 30% da dose entre 3 e 4 folhas totalmente expandidas, e por fim, 50% da dose quando as plantas de milho já estivessem com minimamente 5 folhas expandidas. O que coincidiu com 15, 26 e 34 dias após a emergência do milho, respectivamente.

Houve o ataque de formigas cortadeira numa pequena área 26 dias após a emergência do milho. Para controle dessas foram utilizadas cascas de frutas cítricas fracionadas (pedaços menores que 2 cm²), adicionando a essas esporos do fungo *Saccharomyces cerevisiae* (fermento de pão, de cerveja, etc), obtendo-se um controle satisfatório, acima das expectativas. Também ocorreu o ataque de lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*), a qual foi controlada com intervenções fazendo-se o uso da associação de duas técnicas de controle biológico. Iniciou-se (21/11/2008) com a aplicação do inseticida biológico (Dipel[®]), utilizando uma dosagem de 600 g.ha⁻¹ em 400 L de calda.ha⁻¹, para um controle momentâneo. Posteriormente (29/11/2008), foram distribuídas cartelas contendo ovos de *Trichogramma sp.* O uso destas técnicas também resultou num controle satisfatório.

No dia 29 de novembro de 2008, por ocasião de uma alta população de plantas espontâneas, foi realizada uma capina química, utilizando-se somente glifosato na mesma dosagem que foi utilizada na implantação do experimento. Para proteger as plantas de milho e as plantas de cobertura de solo, fez-se uma adaptação com embalagem pet acoplada na ponta de pulverização, lembrando o “chapéu de Napoleão”.

Por ocorrência do período de estiagem enfrentado durante o experimento, que compreendeu mais de 45 dias (06/11– 24/12/2008), no dia 17/12/2008 aplicou-se o equivalente a uma lâmina de 20 mm de água através de um distribuidor de adubo orgânico líquido.

Devido ao hábito de crescimento trepador, que tanto a MP como o FC possuem, foi necessário manter um controle vegetativo semanal dessas espécies, que consistiu na poda dos ramos que tentavam subir na cultura do milho com o auxílio de uma lâmina de estilete presa numa haste de madeira. Para a MP o controle iniciou-se no dia 11/01/2009 e o FC dia 24/01/2009. Estes controles foram efetuados até três semanas antes da colheita do milho (04/03/2009), assim foram efetuadas 07 intervenções para a MP e 04 para o FC.

3.7 Colheita das sementes

Uma das pressuposições ao pensar em segurança alimentar é que o próprio agricultor produza, desde que com qualidade, a sua própria semente. Baseado nesta perspectiva conduziu-se as plantas de cobertura até que as mesmas suprissem o objetivo de colher sementes, mesmo que seja praticamente senso comum que o melhor momento de efetuar o manejo das plantas de cobertura é em pleno estágio de florescimento, que coincide com o pico de acúmulo de matéria seca e nutrientes pelas mesmas. Além das sementes para cultivos posteriores, no caso do feijão caupi, os grãos podem também ser uma fonte de alimentação para as famílias.

Na colheita das sementes optou-se pelo seguinte critério: coletar uma quantidade que fosse minimamente três vezes superior a quantidade necessária para semear uma mesma área, no caso, para efeito de cálculos foi considerado um hectare. Somente para o FC foi necessário mais de uma colheita, por ser uma cultura com hábito de crescimento indeterminado, sendo que para tal foram efetuadas colheitas semanais. Além disso, como seu ciclo é relativamente mais curto que a cultura do milho, sua colheita se iniciou no dia 17/01/2009, optando-se por colher até o recolhimento das amostras vegetativas, o qual ocorreu 10 dias antes da colheita do milho. Assim realizaram-se seis colheitas para o FC, e

obtendo-se desta forma uma quantia superior a mínima estabelecida. Contudo, não foi coletada a produção total.

Já para o GA foi efetuada apenas uma colheita (03/05/2009), a qual foi suficiente para atingir o critério pré-estabelecido. A MP também sofreu uma única colheita. Como o fator indicativo determinante para a colheita da MP foi a ocorrência da primeira geada capaz de danificar a cultura, então, logo após essa, procedeu-se a colheita da produção total desta planta de cobertura (13-15/06/2009).

Todas as vagens foram debulhadas, e as massas das sementes ajustadas para 13% de umidade. No entanto, a MP não estava com suas vagens secas, sendo então acondicionadas em ambiente ventilado. Contudo, em virtude da umidade proveniente do inverno começou um processo de apodrecimento de algumas vagens. Então, para poder computar essas vagens, mais as que haviam sido colhidas junto com as coletas das amostras vegetativas, obteve-se uma amostra de 1000 vagens que já estavam devidamente secas, e a partir da relação entre o peso das sementes e o número de vagens, foi extrapolada a produção para cada tratamento.

3.8 Colheita do material vegetativo e manejo das plantas de cobertura

A partir da pré-definição da data de colheita do milho (04/03/2009), foi estipulada a data de amostragem da parte vegetativa do feijão caupi (22/02/2009), de modo que fosse possível manejar essa cultura o mais próximo possível da colheita do milho. Pois como critério para manejo das plantas de cobertura de solo, foi estipulado que as mesmas fossem manejadas com antecedência de quatro dias da colocação dos “*mesh bags*”¹⁸, de modo que este material vegetal pudesse ter uma melhor acomodação e contato como o solo. Para confecção dos *mesh bags* é necessário que estas plantas passem por um processo de secagem a sobra até peso constante. Assim, o FC foi manejado dia 02/03/2009, através da dessecação com glifosato na mesma dosagem aplicada no início do experimento.

A amostragem vegetal do GA (09/05/2009) foi logo após a colheita de suas sementes, pois já estava ocorrendo o excesso de senescência das folhas, que devido a estrutura de seus ramos demandou um tempo maior para secá-los. Depois de aferida a secagem do GA, manejou-se esta cultura (03/06/2009), para receber os *mesh bags*,

¹⁸ Os *mesh bags* são “sacolas” permeáveis, onde são acondicionadas amostras conhecidas, representativas da fitomassa que se quer analisar, e deixadas no campo para sofrer as ações químicas, físicas e biológicas de decomposição, por períodos previamente determinados pelo protocolo da pesquisa. Para este estudo foram utilizadas sacolas de 20 x 20 cm, feitas com tecido voal.

cortando as plantas com auxílio de um facão e acomodando-as no solo em um mesmo sentido.

A mucuna preta foi coletada (16/05/2009) depois dos primeiros dias sob temperaturas baixas, antes que ocorresse geadas que pudessem causar danos nos tecidos, prejudicando assim as amostras. E o manejo da MP foi justamente efetuado pela ocorrência de geadas (10 e 11/06/2009) que mataram a parte vegetativa da cultura.

A metodologia de amostragem foi a mesma para as três espécies. Consistiu na coleta de três sub-amostras de 0,25 m² por sub parcela, compondo assim uma amostra de 0,75 m² para cada forma de adubação dentro de cada planta de cobertura de solo. As amostras foram acondicionadas em local protegido e ventilado, até que atingissem peso constante. Após, amostras dessas foram levadas para estufa com circulação de ar, as quais ficaram sob uma temperatura de 55° até peso constante, para determinação da matéria seca.

Concomitante com o manejo das plantas de cobertura foram semeadas plantas de cobertura de inverno, com a finalidade de estudar a recuperação e aproveitamento do nitrogênio fixado pelas leguminosas. Contudo, devido novamente ao ataque de roedores e perdizes não foi possível o estabelecimento das culturas numa densidade populacional que conferisse confiabilidade aos dados gerados.

3.9 Colheita do milho

Para a determinação da produtividade do milho utilizou-se duas linhas centrais da parcela, nas quais foram medidos três metros em cada, contado o número de plantas, efetuada a colheita de todas as espigas e de três plantas representativas em cada um desses intervalos, para posterior debulha e mensurações de rendimento de grãos (peso das sementes corrigido para 13% de umidade) e de produção de fitomassa da parte aérea, obtida pela pesagem das seis plantas colhidas e levadas para secar em estufa até peso constante. O rendimento de grãos foi ajustado para uma população de 50 mil plantas.ha⁻¹.

3.10 Decomposição das plantas de cobertura

Para estudo da decomposição das plantas de cobertura de solo, depois de pesadas para estimar a produção de matéria seca, as mesmas foram separadas em folhas e ramos, conforme quadro 1:

Plantas de cobertura de solo	Folhas	Ramos
Feijão caupi	Somente limbo foliar	Ramos + pecíolos
Guandu anão	Limbo foliar + pecíolo	Ramos divididos em três diâmetros: Finos < 2 mm Médios 2,1 – 5 mm Grossos > 5,1 mm
Mucuna preta	Limbo foliar + pecíolo	Ramos

QUADRO 1 – Distribuição de componentes em grupos com similaridade morfológica de três espécies de plantas de cobertura de solo com crescimento estival. Santa Maria – RS, 2009.

Esta separação serviu para computar a contribuição de cada grupo na produção de matéria seca total, e assim na constituição dos *mesh bags*, fosse possível acomodar quantidades proporcionais de cada grupo e/ou sub-grupo no caso do GA.

Foram confeccionados 28 *mesh bags* (7 coletas x 4 repetições) para cada espécie, utilizando material coletado ao acaso nas amostragens. Cada *mesh* recebeu 20 g de matéria vegetal, seco naturalmente ao ar, respeitando as devidas proporções de folha e ramo (grupo), as quais foram fracionadas somente o necessário para acomodá-las nos *mesh bags*. Esses foram acondicionados, quatro dias após o manejo das plantas de cobertura, de forma distribuída em suas respectivas parcelas (4 x 15 m), presos ao solo com auxílio de um gancho de 20 cm de arame galvanizado, numa disposição, e posterior coleta, igual para as três espécies. As coletas ocorreram nos seguintes intervalos: 6, 12, 24, 42, 66, 90 e 114 dias após a acomodação no campo¹⁹.

Após coletadas no campo, essas amostras foram levadas a estufa com circulação de ar, numa temperatura de 55° C até peso constante. Depois de secas, as amostras foram separadas novamente segundo o quadro 1, com exceção dos ramos de GA que não foram separados em diferentes diâmetros. A estas 28 amostras, de cada espécie, foram

¹⁹ A metodologia foi baseada nos trabalhos de Giacomini et al. (2003), Chagas et al. (2007) e Boer et al. (2007).

acrescentadas quatro amostras preservadas, as quais sofreram os mesmo processo de secagem, e serviram como um oitavo ponto (representando a data zero) para as análises.

3.11 Coletas do solo

A metodologia de amostragem de solo foi a mesma, tanto no início do experimento (06/10/2008), quanto as amostras realizadas no final do experimento (26/09/2009). Foram coletadas amostras de duas profundidades, 0-5 e 5-10 cm. Para tal procedimento, abriu-se uma trincheira de 25 X 25 cm de lado por 15-20 cm de profundidade. Nestas trincheiras foram mantidos dois lados (opostos) sem que recebessem compressão com a pá de corte, para que desta maneira fosse possível preservar a estrutura do solo. De um dos lados foram coletadas as amostras, através de anéis, para as determinações de densidade e porosidades. Neste mesmo lado também foram coletadas amostras para as análises químicas. Do outro lado, foram coletadas amostras indeformadas com tamanho aproximado de 4 x 15 x 5 cm, para análise de agregados.

No início do experimento foram coletadas três amostras por bloco, afim de constituir uma caracterização inicial da área. Ao término do experimento foram coletadas duas amostras por sub parcela, incluindo as parcelas de pousio.

No decorrer do experimento, foram coletadas amostras para análise de agregados o mais próximo possível dos 24 dias após da colocação dos *mesh bags*, em cada tratamento. O que corresponde as seguintes datas: 31/03, 05/04, 14/07 e 19/07/2009, para FC, MS, GA e MP, respectivamente. As metodologias de amostragens foram similares as descritas anteriormente. Importante salientar que em cada data de coleta também foram coletadas amostras nas parcelas em pousio, com o intuito de verificar as variações ambientais.

3.12 Análises físicas

Para determinações de densidade volumétrica do solo (DS) e porosidades foram adotados os seguintes passos: Coleta das amostras no campo, efetuado toailete nos anéis e acondicionados em embalagem plástica até o laboratório. As amostras foram saturadas por 24 horas, pesadas (peso saturado) e levadas a mesa de tensão, onde permaneceram 48 horas sob efeito de uma tensão de 60 cm de coluna de água, afim de drenar a água dos macroporos (Map). Decorrido esta etapa foram novamente pesadas (peso úmido) e levadas

a estufa 110 °C, com o intuito de eliminar a água retida nos microporos (Mip) e a aderida as partículas, sendo pesadas após permanecerem por mais 24 horas na estufa (peso seco). Destas pesagens descontou-se o peso do anel em cada etapa, para posteriores cálculos.

De posse dos pesos e do volume interno do anel calculou-se os dados a seguir:

$DS = \text{Peso seco} / \text{volume interno do anel}$

$\text{Map\%} = [(\text{Peso saturado} - \text{peso úmido}) / \text{vol. interno do anel}] * 100$

$\text{Mip \%} = [(\text{peso úmido} - \text{peso seco}) / \text{vol. interno do anel}] * 100$

$\text{Porosidade total do solo \%} = \text{Map \%} + \text{Mip \%}$

Para as análises da estabilidade dos agregados utilizou-se a metodologia descrita por Kemper; Chepil (1965), porém com uma modificação, as amostras foram compostas por agregados menores que 8 mm, e maiores que 1 mm ao invés de 4,76 mm como é o procedimento padrão proposto pelos autores. Esta modificação foi adotada a partir do entendimento de que desta forma se obtém uma melhor representação dos agregados, por compreender uma maior amplitude de tamanho de agregados.

Para tal prosseguiu-se da seguinte forma: coleta do torrão e acondicionamento em embalagens plásticas. Chegando ao laboratório estes torrões foram desagregados por força de tração, observando as superfícies de fraqueza dos mesmos, até que os agregados passassem pela peneira de 8 mm. Este conjunto de agregados foi acomodado em bandejas e deixados secar ao ar por aproximadamente 15 dias, quando foram passados novamente por um peneira de 1mm, de forma bem suave. E acondicionadas em potes plásticos.

Para as análises utilizaram-se amostras que variaram entre 25 e 25,5 g, coletadas de forma aleatória no recipiente de armazenamento. Estas amostras foram então levadas para um conjunto de peneiras sobrepostas e com diferentes malhas (4,76; 2,00; 1,00 e 0,21 mm). Primeiramente passaram por um processo de re-umedecimento por capilaridade por 10 minutos. Posteriormente estas amostras sofreram um processo de peneiramento úmido, num oscilador vertical, com cerca de 30 oscilações por minutos, por mais 10 minutos. Então foram coletadas as massas de agregados retidos em cada peneira, colocadas em latas de alumínio e levadas para estufa a 105 °C por 24 horas. Também foram levadas amostras de agregados “secos” a estufa por igual período para determinações das umidades residuais, e assim corrigir o peso inicial das amostras.

Após este tempo de secagem, as amostras foram pesadas e posteriormente imersas em solução dispersante de hidróxido de sódio (NaOH) 6 %, para separar a fração areia dos agregados, e passadas novamente pelo conjunto de peneiras. As areias retidas nas peneiras foram coletadas em latas de alumínio, levadas a estufa 105° C por mais 12 horas, pesadas e descontadas da massa de agregados da sua respectiva classe. Para obter a massa de agregados da classe < 0,21 mm, foi utilizada a massa da amostra corrigida pela umidade residual da qual subtraiu a soma das massas de todos os agregados retidos nas

peneiras durante o processo de peneiramento úmido. A estabilidade foi expressa pelo Diâmetro Médio Geométrico (DMG).

Distribuição nas classes

$$\% \text{ de agregados na classe} = (MA_i/MAT) * 100$$

Estabilidade

$$DMG = \exp \sum (MA_i * \ln(\bar{x}_i) / MAT)$$

Onde:

MA_i = massa de agregados retidos na peneira que representa a classe de agregados

i.

MAT = somatório total de massa de agregados descontados a fração areia

\bar{x}_i = média dos diâmetros das peneiras, onde ficaram retidas as massas de agregados.

3.13 Análises químicas

Foram realizadas as seguintes análises químicas no solo: pH em água (relação 1:1) e pH SMP. O cálcio (Ca), magnésio (Mg) e alumínio trocável (Al) foram extraídos por cloreto de potássio (KCl) 1 mol L⁻¹, sendo os dois primeiros determinados por Espectrofotometria de Absorção Atômica (EAA), e o terceiro por titulação com NaOH, segundo Tedesco et al. (1995). Os teores de fósforo (P) disponível e potássio trocável (K) foram extraídos por Mehlich-1, sendo o primeiro determinado por colorimetria e o segundo por fotometria de chama. Os teores de nitrogênio total (N_{Total}) no solo foram realizados por digestão ácida com uma mistura de H₂SO₄ e H₂O₂, seguindo de uma destilação e posterior titulação com H₂SO₄. Os teores de carbono orgânico total no solo (COT) foram realizados por oxidação do carbono orgânico do solo com dicromato de potássio e determinação por titulação com sulfato ferroso amoniacal. A metodologia utilizada foi a descrita por Tedesco et al. (1995). O H + Al foi obtido através da equação $[e^{10,665 - (1,1483 * SMP)}] / 10^{20}$. Com estes dados foi possível calcular a soma de bases, a CTC_{efetiva}, a CTC_{pH 7}, bem como a saturação por alumínio e por base (V%).

²⁰ Esta equação está descrita por Tedesco; Bissani (2004, p. 91). Considerando a constante de Euler (e) até a quarta casa decimal, retirado este valor (2,7183). Valor disponível em <http://pt.wikipedia.org/wiki/N%C3%BAmero_de_Euler>. Acesso em 25 de dezembro 2009.

3.14 Impactos socioeconômicos

Manejos como dessecações, semeaduras, aplicações de insumos, controle vegetativo, colheita de sementes e manejo das plantas de cobertura de solo, foram realizados pela mesma pessoa e cronometrados os tempos de execução dessas. Em seguida os dados foram extrapolados para uma área de um hectare.

Foi realizada uma entrevista com o agricultor, proprietário da área onde realizou-se as pesquisas de campo, com enfoque sobre o comportamento da demanda de mão de obra ao longo de um ano, considerando o período de realização do experimento, para simular o impacto que os manejos propostos teriam na demanda de mão de obra naquelas propriedades.

Para cálculos econômicos foram considerados os valores pagos pelos insumos na época de suas respectivas aquisições, bem como o valor médio, do primeiro trimestre de 2009, pago aos agricultores pela saca de milho na região central do RS. Assim delineou-se o projeto para análises dos custos fixos, renda bruta e margem líquida dos sistemas de produção estudados, com ênfase na cultura do milho.

3.15 Análises estatísticas

Os dados de rendimentos de grãos do milho, produção de matéria seca, análises químicas e físicas foram submetidos a análise de variância e quando significativos foram submetidos a teste de comparação de médias Skott-Knott a 5% de probabilidade de erro. Para estudar o comportamento da variabilidade temporal dos agregados nas parcelas de pousio, foi aplicado o teste de regressão, também em nível de 5% de significância. Para estas análises utilizou-se o pacote estatístico SISVAR[®] versão 5.1.

Também foram realizadas análises de correlação para análises químicas do solo, através do programa Microsoft Office Excel[®]. Através do mesmo programa, foi aplicado o teste “t” (Student), obtendo-se os níveis críticos de 0,707 e 0,622 para os coeficientes de correlação lineares de Pearson nos níveis de 5 e 10% de significância, respectivamente.

Para avaliação do teste t foi aplicada a seguinte fórmula: $t_{\text{calculado}} = r \sqrt{(n-2)/(1-r^2)}$, onde:

r = coeficiente de correlação de Pearson.

n = nº de observações.

t_{tabelado} = bilateral em níveis de 5 e 10% de significância.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Produtividade do milho, produção de fitomassa e proteção do solo em cultivo solteiro ou consorciado com leguminosas sob diferentes formas de adubação

Houve diferença e interação estatística significativa para rendimento de grãos do milho entre os tratamentos avaliados, as quais podem ter sido mais pronunciadas pelo efeito da estiagem, que se iniciou em torno de 30 dias após a germinação da cultura do milho e foi superior a 45 dias de duração. Compreendendo o período em que esta cultura está definindo seus componentes do rendimento, o que ocorre em torno de 45 dias após a semeadura (BALBINOT, et al., 2005), comprometendo desta forma o potencial produtivo desta espécie. Esta condição climática vivenciada condiz com a realidade da maioria dos pequenos agricultores, que não dispõem de um sistema de irrigação, uma vez que no Rio Grande do Sul, a partir da última década, estima-se que há 70% de probabilidade de ocorrer períodos de estiagem durante a safra de verão.

O consórcio milho + feijão caupi (M+FC) apresentou os menores rendimentos para a cultura do milho, nos três manejos de adubação (Tabela 2). Esses resultados eram esperados, pois durante o período de estiagem, nesse tratamento a cultura do milho demonstrava sinais mais visíveis da competição hídrica entre as duas culturas, em relação aos demais tratamentos. Mielniczuk (1988) também relata que o consórcio de M + FC influenciou negativamente o rendimento de grãos da cultura do milho, quando o consórcio passou por um período de estiagem. No entanto, este autor comenta que quando em condições hídricas adequadas este mesmo consórcio, juntamente com o consórcio milho + guandu (M + GA), promoveram os melhores rendimentos para a cultura do milho. Neste mesmo trabalho, os dados mostram uma vantagem produtiva do M + GA, mesmo no período de estiagem. Bayer; Mielniczuk; Pavinatto (1998) também demonstraram o benefício deste consórcio, principalmente quando não foi fornecido nitrogênio (N) aos cultivos. Piccolo (2007), em experimento de quatro anos, também relata que não houve diferença para o rendimento de grãos de milho entre M + FC e os demais consórcios.

Skora Neto (1993), trabalhando durante dois anos agrícolas, com os mesmos consórcios deste trabalho, constatou que não houve diferenças significativas na produtividade de milho entre os consórcios, porém verificou que esses afetaram negativamente a cultura do milho. Este autor também observou que a semeadura das plantas de cobertura após 55 dias a do milho, promoveu um incremento na produtividade,

com maiores rendimentos para MP, GA e FC, respectivamente, apontando novamente para a capacidade de competição hídrica do FC com o milho, em condições de estresse hídrico. Os dados da tabela 2 mostram que não somente o consórcio M + FC, mas também o M + GA vai ao encontro dos resultados encontrados por este autor, em que algumas espécies podem competir, principalmente sob o aspecto hídrico, com a cultura do milho.

TABELA 2 - Rendimento de grãos de milho (em kg.ha⁻¹) consorciado ou não, com três espécies de leguminosas de verão e sob três formas de adubação. Santa Maria - RS, 2009.

Tratamentos	Formas de adubação			Médias
	A M	A O	S A	
MS	1574 ^{aB}	1156 ^{bA}	651 ^{cA}	1127 ^A
M + FC	1273 ^{aC}	795 ^{bB}	269 ^{cB}	779 ^C
M + GA	1519 ^{aB}	1129 ^{bA}	347 ^{cB}	998 ^B
M + MP	1828 ^{aA}	1128 ^{bA}	524 ^{cA}	1160 ^A
Médias	1549 ^a	1052 ^b	448 ^c	

Letras minúsculas diferem médias entre colunas e maiúsculas entre linhas.

O erro padrão para as médias foi de $\pm 38,65$ e coeficiente de variação (CV) de 7,6%.

Embora o consórcio M + FC tenha afetado o rendimento do milho, nos mostra a enorme resistência a períodos de estiagem que o FC possui. Esta espécie já é consumida como fonte de proteína vegetal em regiões do Brasil, como o nordeste brasileiro, e pode vir a ser uma alternativa também para o sul do Brasil, que utiliza o feijão (*Phaseolus vulgaris*) para esta finalidade, que por sua vez é uma cultura muito sensível ao estresse hídrico.

Diferente dos dados obtidos neste trabalho e por Skora Neto (op. cit.), Heinrichs et al. (2005), não encontraram efeito negativo do consórcio com GA, e das épocas de semeadura (junto e 30 dias após semeadura) sobre o rendimento do milho. Estes autores, no entanto, trabalhando com mucuna anã, também não observaram efeito sobre o rendimento de milho, comportamento semelhante a esse, no qual observou-se que o consórcio M + MP, não competiu com o milho e, inclusive, apresentou superioridade estatística do mesmo no tratamento com adubação mineral (Tabela 2). Estes dados concordam com os obtidos por Arf (1992, apud ARF et al., 2000) e Arf et al. (2000), os quais, estudando épocas de semeadura da MP em sistema consorciado com milho, também não encontraram efeito negativo da MP sobre o rendimento de grãos para nenhuma das épocas de semeadura. Isto evidencia que o principal empecilho para semear a MP juntamente com o milho pode ser atribuído a necessidade de controle vegetativo desta espécie.

Em relação ao efeito das adubações, esperava-se um comportamento similar entre a adubação mineral e a cama de peru, devido aos níveis de nutrientes ofertados serem

similares. Contudo, a adubação mineral demonstrou resultados superiores. Este efeito possivelmente está atrelado ao fato do maior crescimento inicial das plantas de milho, proporcionando que a planta resistisse os primeiros dias de déficit hídrico, e desta forma, afetou relativamente menos a formação dos componentes do rendimento desta cultura. Este crescimento foi proporcionado pela maior disponibilidade inicial de nutrientes por parte da fonte mineral, já que para tornar-se disponível a alguns dos nutrientes de fonte orgânica (cama de peru), em especial o nitrogênio (N) e o fósforo (P), tem que passar por um processo de mineralização (SELBACH; SÁ, 2004). Este processo torna a liberação dos nutrientes constituintes do tecido mais lenta em relação a fonte mineral, o que pode ser um aspecto importante para minimizar as perdas dos mesmos, principalmente em solos arenosos, durante anos com precipitações normais ou acima dessas.

O N é o elemento requerido em maiores quantidades, que possui um custo energético mais alto (quando de fonte industrial), é potencialmente o elemento mais poluidor e o mais limitante nos sistemas produtivos (FRANCO; CAMPELLO, 2005). Trabalhos como os de Mielniczuk (1988), Argenta et al. (1999), Lovato et al. (2004), Aita; Port; Giacomini (2003) evidenciam estas características. Os dados apresentados na tabela 2 corroboram com estes autores, no que tange aspectos produtivos da cultura do milho, em que os tratamentos que não receberam adubação nem adição de N apresentaram os menores rendimentos de grãos. Com base nos dados químicos do solo do início do experimento, atribui-se a hipótese de que este nutriente seja o principal fator atrelado a estas diferenças.

Embora reconhecidamente as leguminosas tenham a capacidade de fornecer N ao sistema, a contribuição destas plantas de cobertura de solo no fornecimento deste elemento durante seu ciclo é insuficiente para suprir as demandas dos cultivos consorciados, como o milho. No entanto, este aporte de N é importante para cultivos subseqüentes. A tabela 3 apresenta a quantidade de N nos tecidos das plantas de cobertura. Estes valores estão abaixo da capacidade de aporte de N por estas culturas. Aita; Giacomini; Fries. (2000) encontraram 103 e 161 Kg.ha⁻¹ de N, para GA e MP, respectivamente. Isto provavelmente está atrelado a baixa produção de matéria seca pelas mesmas (Tabela 4). Os mesmos autores encontraram 4,50 e 7,06 Mg.ha⁻¹ de matéria seca para GA e MP, respectivamente. No entanto, os valores obtidos por estes autores foram com as plantas em cultivos solteiros. Esta relativa baixa produção de matéria seca, em parte, deve-se as condições ambientais não favoráveis a expressão da capacidade de produção de fitomassa destas culturas, durante o período do experimento, bem como ao fato das mesmas serem manejadas no final do ciclo produtivo, o que não coincide com seus picos de produção de fitomassa, que ocorre em plena floração. Dias; Souto (2005) encontraram aporte de mais de 16 Mg.ha⁻¹ de matéria seca e mais de 500 Kg de N.ha⁻¹ para a cultura da mucuna preta consorciada com milho, demonstrando o potencial desta espécie.

TABELA 3 – Aporte de nitrogênio ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) da parte aérea de plantas de cobertura de solo com crescimento estival consorciadas com milho. Santa Maria – RS, 2009.

Planta de cobertura de solo	$\text{Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de N adicionado
Feijão caupi	47,6 ^b
Guandu anão	94,7 ^a
Mucuna preta	105,3 ^a

Números seguidos de mesma letra, não diferem a 5 % se significância para o teste de médias de Scott-Knott.

Várias pesquisas, como as efetuadas por Bayer; Mielniczuk; Martin-Neto (2000), Conceição et al. (2005), apontam para a premissa de que ao objetivar melhorar a qualidade do solo, é fundamental promover o incremento de MO no sistema, e para tal é necessário aumentar o aporte de resíduos orgânicos, e minimizar as formas de perdas de MO no mesmo. Nesse sentido, ponderam que a utilização dos consórcios tem mostrado vantagens em relação a culturas solteiras. Os dados obtidos neste experimento (Tabela 4) vão ao encontro da observação desses autores, onde os consórcios de M + GA e M + MP aportaram mais de 80% de massa seca ao sistema, via parte aérea, quando comparados ao cultivo de milho solteiro. Lovato et al. (2004) também observaram um acréscimo de quase 100% na adição de carbono ao sistema, pelo consórcio M + FC em relação ao MS, quando zero de adição de N, ao passo que, com adição de $139 \text{ Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de N, esta diferença foi minimizada. Também é evidente, na tabela 4, a importância de fornecer nutrientes ao sistema, principalmente, quando a área cultivada encontra-se em estágio avançado de degradação, e cultiva-se plantas exigentes como o milho.

TABELA 4 - Produção de matéria seca ($\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$) das culturas de milho, plantas de cobertura (PC) em sistemas de consórcio, sob três diferentes formas de adubação. Santa Maria – RS, 2009.

Tratamentos	Ad. Mineral			Cama de Peru			Sem Adubação			Média Total
	Milho	P C	Total	Milho	P C	Total	Milho	P C	Total	
MS	5,32	-	5,32 ^C	4,31	-	4,31 ^C	3,86	-	3,86 ^C	4,50 ^C
M + FC	4,58	1,69	6,27 ^C	4,39	1,59	5,98 ^C	3,07	2,02	5,09 ^B	5,78 ^C
M + GA	5,03 ^a	6,62 ^a	11,65 ^{aA}	4,97 ^a	5,60 ^b	10,57 ^{aA}	2,92 ^b	4,62 ^b	7,54 ^{bA}	9,92 ^A
M + MP	4,70	4,21	8,91 ^B	4,42	3,97	8,39 ^B	2,93	4,56	7,79 ^A	8,26 ^B
	8,04 ^a			7,31 ^a			5,99 ^b			

Letras minúsculas diferem médias entre colunas e maiúsculas entre linhas. Em nível de 5% de significância pelo teste de médias de Skott-Knott.

Erro padrão $\pm 0,72$ e CV de 20,33%, para produção total de matéria seca.

Cada valor é comparado com seu equivalente (coluna) entre de cada forma de adubação.

Ausência de letras indica que não houve diferenças estatísticas significativas a nível de 5% de significância.

Embora os resultados produtivos esperados da cultura do milho não tenham sido alcançados, os consórcios demonstraram dados relevantes, como a resistência tanto do milho varietal quanto das plantas de cobertura ao período de estiagem.

Amado; Eltz (2003) discorrem sobre os problemas enfrentados no sul do Brasil, principalmente na década de 70, no sentido de erosão e degradação dos solos. Estes autores comentam que em solos sujeitos a chuvas com alto potencial erosivo, como é o caso do RS, deve-se evitar a mobilização do mesmo e mantê-lo protegido, seja através de cobertura morta ou por plantas crescendo durante o ano todo, afim de evitar perdas por erosão e manter e/ou elevar os teores de carbono orgânico total sobre os mesmos, entre outros benefícios que esta proteção confere aos solos. Na figura 3 são apresentadas as dinâmicas das decomposições e as percentagens de materiais remanescentes, sobre o solo, das plantas de cobertura de solo utilizadas nos consórcios.

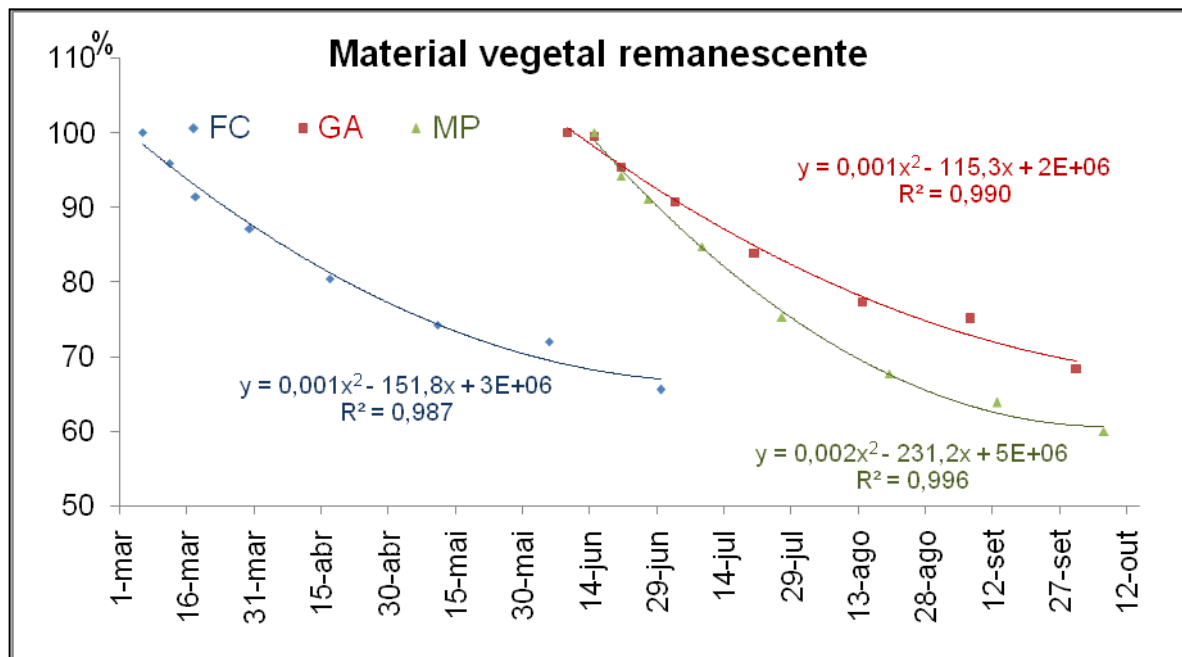


FIGURA 3 – Material vegetal remanescente sobre o solo, de três plantas de cobertura de solo com crescimento estival. Santa Maria – RS, 2009.

As três espécies apresentaram uma decomposição relativamente rápida. Isto provavelmente decorre da qualidade dos materiais depositados. Aita; Giacomini (2003), embora trabalhando com leguminosas de inverno e consórcios com essas, salientam que as leguminosas proporcionam uma taxa de decomposição maior, devido a qualidade de seus resíduos. Esta rápida decomposição associada as baixas adições de matéria seca, como

não foi possível estabelecer uma cobertura de inverno, deixou o solo desprotegido a partir de abril no consórcio M + FC, que somente contou com a proteção proveniente das plantas com crescimento espontâneo. Portanto, este sistema de cultivo, sem a presença de plantas crescendo sobre o mesmo, deixou o solo susceptível a erosão e comprometendo os avanços nas potenciais melhorias da qualidade do mesmo, promovidas pelo próprio consórcio, o que inclui possíveis perdas de N, que havia sido incorporado ao sistema via fixação biológica.

Não diferente deste consórcio, o MS também possibilitou o cultivo de plantas de cobertura de inverno. No entanto, isso também não ocorreu nesta situação pelo mesmo fato do ataque nestas plantas por roedores e perdizes, culminando numa situação ainda mais desfavorável a proteção do solo, pois diferente do M + FC, este sistema de manejo não contava com a palhada proveniente das plantas de cobertura, somente com a contribuição de plantas de crescimento espontâneo. No entanto, neste tratamento observou-se significativa ocorrência de plantas do gênero *Desmodium*, o que possibilitou uma cobertura considerável sobre o solo, algumas semanas após o manejo (dessecação) da área.

Já os consórcios GA e MP permaneceram em estado vegetativo até o início de junho/09, conferindo uma proteção ao solo por um período maior do que o M + FC e o MS. No entanto, nestes sistemas não foi possível o estabelecimento de plantas de cobertura de inverno, e também deixaram o solo desprotegido a partir da segunda quinzena de julho/09. Embora o GA deixou maior quantidade de material remanescente depositado sobre o solo do que a MP, este material era predominantemente ramos (81,5%), que conferem uma menor proteção ao solo no que se refere ao impacto da gota as chuva, principal agente dispersivo. Em contrapartida, a MP tinha uma composição morfológica mais equilibrada (51,5 e 48,5% de ramos e folhas respectivamente), o que, aparentemente, proporcionou uma relativa maior proteção física ao solo.

4.2 Atributos físicos do solo

4.2.1 Densidade volumétrica e porosidade

O arranjo espacial das partículas e dos espaços entre elas são afetadas diretamente pela agregação e densidade volumétrica do solo, e definem o ambiente ecológico do mesmo, além de influenciar diretamente em outros atributos (aeração, disponibilidade de água, impedância a penetração, entre outros).

Os dados coletados no início o experimento demonstram que o solo encontrava-se com densidade volumétrica (DS), nas duas profundidades de amostragem (Tabela 5)²¹, acima dos limites apresentados por Kiehl (1979), o qual diz que para solos arenosos, a faixa adequada de densidade situa-se de 1,25 a 1,40 g. cm⁻³. No entanto, situa-se abaixo do limite crítico de densidade (1,75 g.cm⁻³) estabelecido por Reinert et al. (2008), para um solo com textura semelhante ao do presente estudo. Estes autores afirmam que a partir deste patamar de densidade volumétrica pode ocasionar impedimentos físicos ao crescimento das raízes, com danos significativos na produtividade das culturas.

Os mesmos autores comentam que plantas de cobertura de solo, como as usadas neste experimento, tem potencial em mitigar os efeitos da compactação, através dos bioporos provenientes de suas raízes, que geralmente são agressivas, bem como diminuir a densidade do solo, principalmente as camadas superficiais do mesmo. Efeito que foi observado no presente estudo, onde se encontrou avanços significativos em relação a condição inicial, que reduziu de 1,59 para até 1,42 g.cm⁻³ a DS, na camada de 0-5 cm de profundidade, nos sistemas e cultivo estabelecidos (Tabela 5). No entanto, este efeito foi menos pronunciado na camada de 5-10 cm de profundidade, possivelmente por ser mais adensado, influenciando no volume raízes, de modo direto por impedimento mecânico e indiretamente por menores taxas de trocas gasosas. Estes resultados são semelhantes aos encontrados por Pizzani (2008), que trabalhou com sistemas de pastejo em um solo com características de textura semelhantes ao do presente estudo.

Os resultados obtidos neste trabalho possivelmente também estejam vinculados a maior atividade biológica proporcionada pelos manejos, que possibilitou a substituição da vegetação, originalmente mais grosseira, por outras com maior dinamismo²² e capacidade

²¹ Não houve diferença estatística significativa ($P < 0,05$) entre as formas de adubação. Portanto, as amostras referentes a essas foram agrupadas dentro dos sistemas de consórcios.

²² Neste contexto, o dinamismo se relaciona a plantas com ciclo vegetativo, relativamente, mais curto e com crescimento mais rápido, do que as espécies que estavam presentes naquela área antes do início do experimento e continuam sobre as parcelas em pousio.

de aporte de resíduos ao meio. Isso favorece a criação de bioporos pela atividade desta biota do solo, principalmente na camada superficial do mesmo, o que foi perceptível a campo.

TABELA 5 – Efeito dos sistemas de cultivos de milho consorciados ou não com plantas de cobertura de solo com crescimento estival na densidade volumétrica e porosidade do solo, em duas profundidades de amostragem. Santa Maria – RS, 2009.

Variável	Amostragem inicial	Tratamentos				Referência (Pousio)
		M + FC	M + GA	M + MP	MS	
0 – 5 cm						
Densidade volumétrica (g.cm ⁻³)	1,59 ^a	1,47 ^c	1,44 ^c	1,44 ^c	1,42 ^c	1,51 ^b
Macroporos (%)	11,8 ^b	15,0 ^a	16,0 ^a	15,7 ^a	17,5 ^a	13,7 ^b
Microporos (%)	23,9	24,0	23,9	24,9	24,3	24,1
Porosidade Total (%)	35,7 ^b	39,0 ^a	39,9 ^a	40,6 ^a	41,8 ^a	37,8 ^b
5 – 10 cm						
Densidade volumétrica (g.cm ⁻³)	1,63 ^a	1,59 ^b	1,57 ^b	1,60 ^a	1,57 ^b	1,54 ^b
Macroporos (%)	10,5 ^b	11,1 ^b	10,7 ^b	9,3 ^b	11,8 ^b	14,7 ^a
Microporos (%)	22,4	21,8	22,4	22,5	22,0	20,8
Porosidade Total (%)	32,8	32,8	33,1	31,8	33,8	35,5

Letras diferem médias entre colunas em nível de 5% de significância - Teste de Scott-Knott.

Na camada de solo de 0-5 cm de profundidade, observou-se efeito significativo estatisticamente, em benefício aos sistemas estudados, tanto na DS quanto na porosidade. O espaço não ocupado por sólidos e ocupado pela água e ar compõem o espaço poroso do solo, e é de grande importância para o crescimento das raízes e movimento de ar, água e solutos nesse. Tem estreita relação com a DS, como pode ser percebido na tabela 5, onde a medida que diminui a densidade aumentou o espaço poroso. Isso pode ser melhor aferido no anexo 3, onde foi constatada correlação significativa ($P < 0,05$) entre as variáveis DS e porosidade total do solo (PT) em 100% dos tratamentos analisados na camada de 0-5 cm e de 70% considerando a camada de 0-10 cm de profundidade.

Observou-se um aumento que variou de 27 a 48% nos macroporos na camada de 0-5 cm de profundidade, quando comparado o efeito dos sistemas de cultivo com os dados do início do experimento, com a maior variação em benefício do MS. Este resultado possivelmente está atrelado ao efeito das plantas espontâneas. No entanto isso não se observa na camada de 5-10 cm de profundidade, onde os mesmos não diferiram entre si, em que apenas o tratamento PO apresentou um incremento significativo, em relação ao

estado inicial do experimento. Lanzasova et al. (2007), trabalhando com sistemas de pastejo em integração lavoura/pecuária, também encontraram superioridade para macroporos, campo nativo em profundidade 5-10 cm, quando compararam a sistemas de produção de milho e soja.

A medida que aumenta a profundidade do solo, vai diminuindo seu dinamismo biológico. Portanto, acredita-se na hipótese que nas camadas mais superficiais o aumento da porosidade pelos sistemas de cultivo ocorreu, principalmente, pela ação da biota do solo, estimulada pela maior disponibilidade de carbono via deposição/decomposição de tecidos das plantas de cobertura, bem como pela ação das raízes das mesmas, seja via exsudação de compostos carbonados ou por ação mecânica durante seu crescimento. No entanto, em maiores profundidades a atividade das raízes, na formação dos bioporos, ganha maior importância relativa.

Neste sentido, em sistemas mais estabilizados, com plantas que possuem um sistema radicular melhor estabelecido, como no caso do tratamento em pousio, acredita-se que esta condição, associada com a morfologia das raízes, sejam responsáveis, relativamente, por uma maior e melhor distribuída formação de poros. Ou seja, as gramíneas, que predominam em campos nativos do RS, por terem raízes fasciculadas produzem um efeito menos intenso, mas mais contínuo ao longo do perfil do solo, do que as leguminosas. No entanto, deve-se levar em conta que o experimento teve duração de apenas um ano agrícola, considerado pouco tempo para que as plantas de cobertura expressassem seu potencial, com efeitos acumulativos.

Forsythe (1965) cita a necessidade mínima que varia de 8 a 11 % de espaços porosos (espaços de aeração – macroporos²³) para garantir um adequado fluxo de trocas gasosas ($\text{CO}_2 \leftrightarrow \text{O}_2$) no solo. Os dados encontrados neste experimento (Tabela 5) situam-se dentro das condições mínimas explicitadas por este autor. Até mesmo satisfazem os valores (10 a 15%) apresentados por Reinert; Reichert (2006). No entanto, estes autores comentam que tão importante quanto a percentagem de espaços porosos é a continuidade de poros, ou seja, a interconexão entre os mesmos. E complementam que em sistemas onde não ocorre o revolvimento do solo e tem-se uma atividade biológica adequada, estes valores podem ser até menores.

Os microporos são responsáveis pelo armazenamento de água no solo. Estes são, relativamente, menos influenciados pelos manejos do solo do que os macroporos, principalmente por terem uma correlação com a textura e os teores de carbono do solo, e a maioria dos poros estruturais formados são geralmente grandes (SILVA; KEY, 1997). Os

²³ Entende-se por macroporos aqueles poros com tamanho maior que 50µm, e que são drenados pelo efeito da gravidade. Já os microporos são os poros menores que o valor citado.

dados deste experimento, apresentados na tabela 5, corroboram com esta evidência. Pizzani (2008) também não encontrou diferenças estatísticas para os microagregados.

4.2.2 Agregação

Nas Figuras 4 e 5, são apresentados dados referentes a distribuição dos agregados em classes de tamanho e a sua estabilidade em água, expressa através do diâmetro médio geométrico (DMG), para as camadas de 0-5 e 5-10 cm de profundidade. A linha sobre as colunas do gráfico é uma representação esquemática da regressão (figura ao lado direito) aplicada sobre os dados (seis coletas) do tratamento pousio (PO) para a determinada classe ou DMG em questão. A qual teve o intuito de verificar o comportamento dessas, no que tange as variações provenientes de fatores ambientais, sem a influência antrópica, e desta forma poder verificar o efeito do sistema, sobretudo do manejo das plantas de cobertura em relação as variações naturais, sobre agregação do solo durante o período do experimento.

As coletas feitas no PO ocorreram em todas as vezes que se realizou alguma coleta referente a algum dos sistemas de manejo. Os dados correspondem aos pontos de dispersão que fazem parte do gráfico de regressão e acompanham os manejos iniciais (semeadura do milho - 06/10/08), aproximadamente 24 dias após os manejos dos sistemas (Feijão caupi – 31/03/09; Milho solteiro – 05/04/2008; Guandu anão – 04/07/08 e Mucuna preta – 11/07/09) e coleta final (final do experimento – 26/07/09) no gráfico de colunas. Também foi aplicado o teste de médias, comparando em cada coleta o PO com os outros tratamentos coletados na determinada data, ou seja: o primeiro e o sexto pontos correspondem a comparação do PO com todos os demais tratamentos, bem como a comparação de cada tratamento entre estas duas datas de coletas. Já do segundo ao quinto ponto é comparado o PO com o sistema em questão.

As raízes juntamente com as hifas de fungos, principalmente os micorrízicos arbusculares (FMAs), são considerados agentes temporários²⁴, e principais responsáveis pela formação e estabilidade de agregados maiores que 2 mm (TISDALL; OADES, 1982). Santos; Carlesso (1998) ponderam que o estresse hídrico diminui o crescimento vegetativo da parte aérea e estimula o alongamento e aprofundamento das raízes. Reinert et al. (2006) comentam que a estabilidade estrutural de solos sob condições de campo nativo estão diretamente associados aos teores de argila e carbono orgânico. Os mesmos autores

²⁴ Tisdall; Oades (1982) classificam em 3 agentes de formação de agregados. De forma genérica, pode-se dizer que são: Transitentes: material facilmente decompostos pelos microrganismos – estabilidade de semanas; Temporários: Ação de cunho mais físico sobre a estabilidade (hifas de fungos e raízes) e Persistentes: que não se degradam.

também ponderam que o fornecimento e a decomposição de resíduos das plantas parecem ser o fator mais determinante para as variações de estabilidade dos agregados.

Os dados da Figura 4 nos revelam que houve uma notória diminuição na estabilidade dos agregados durante o período do experimento no tratamento do pousio na camada de 0-5 cm de profundidade, com diferença estatística significativa para DMG e algumas classes de tamanho, comparando o início e o final do experimento. Esta queda está atrelada as flutuações do tamanho de agregados, principalmente pela diminuição de mais de 10% da proporção de agregados entre 8,00 e 4,76 mm, que são formados pela união e estabilização de agregados menores, através dos agentes temporários e transientes acima comentados.

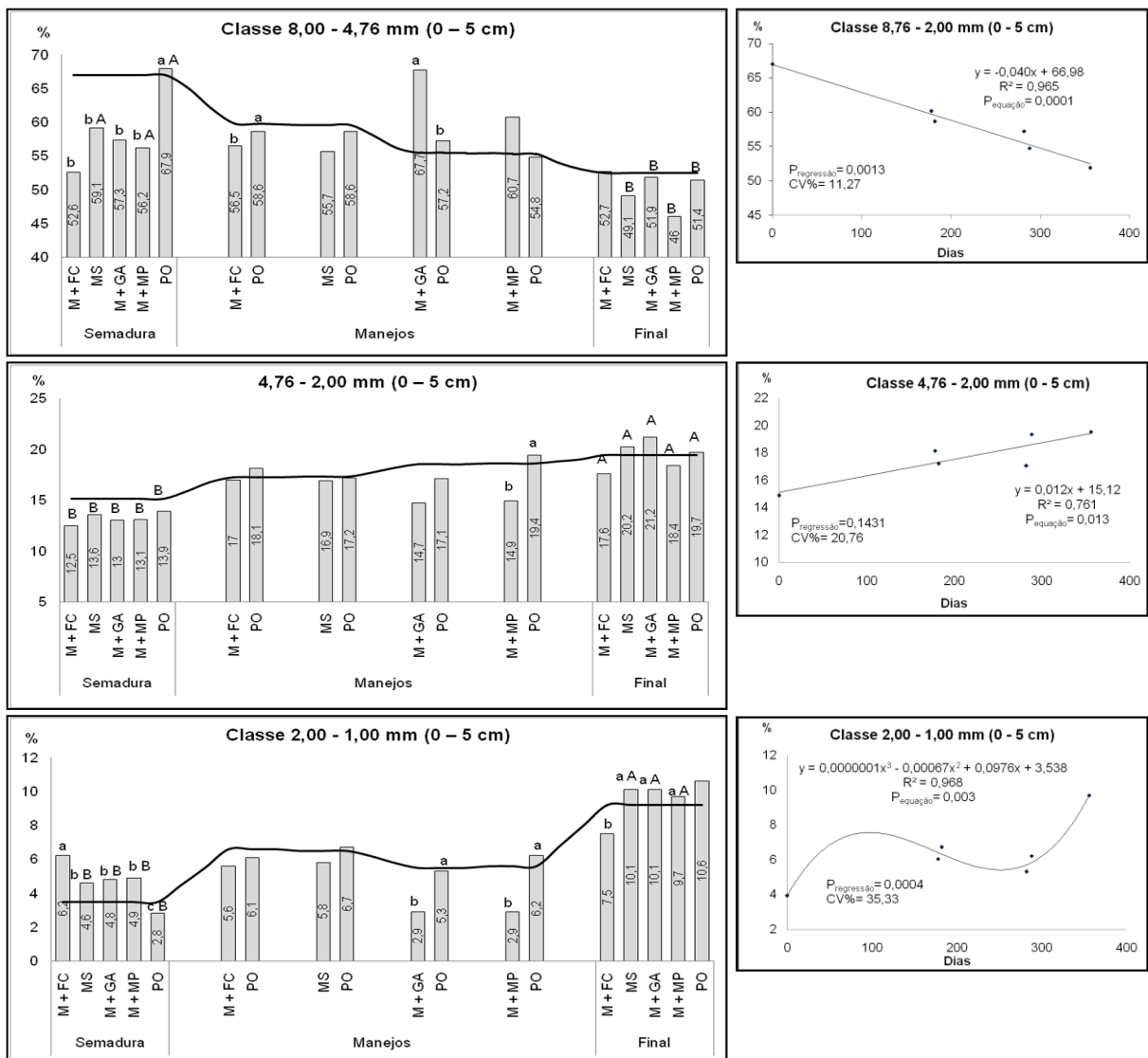


FIGURA 4 – Distribuição em classe de tamanho e estabilidade em água (DMG), de agregados da camada de 0-5 cm de profundidade do solo, submetidos ao efeito do pousio e sistemas de cultivo de milho consorciados ou não com plantas de cobertura de solo com crescimento estival. Santa Maria – RS, 2009.

Letras minúsculas diferem médias dentro de cada época de avaliação e maiúsculas entre as épocas denominadas: inicial e final, pelo teste de médias Scott-Knott a 5% de significância.

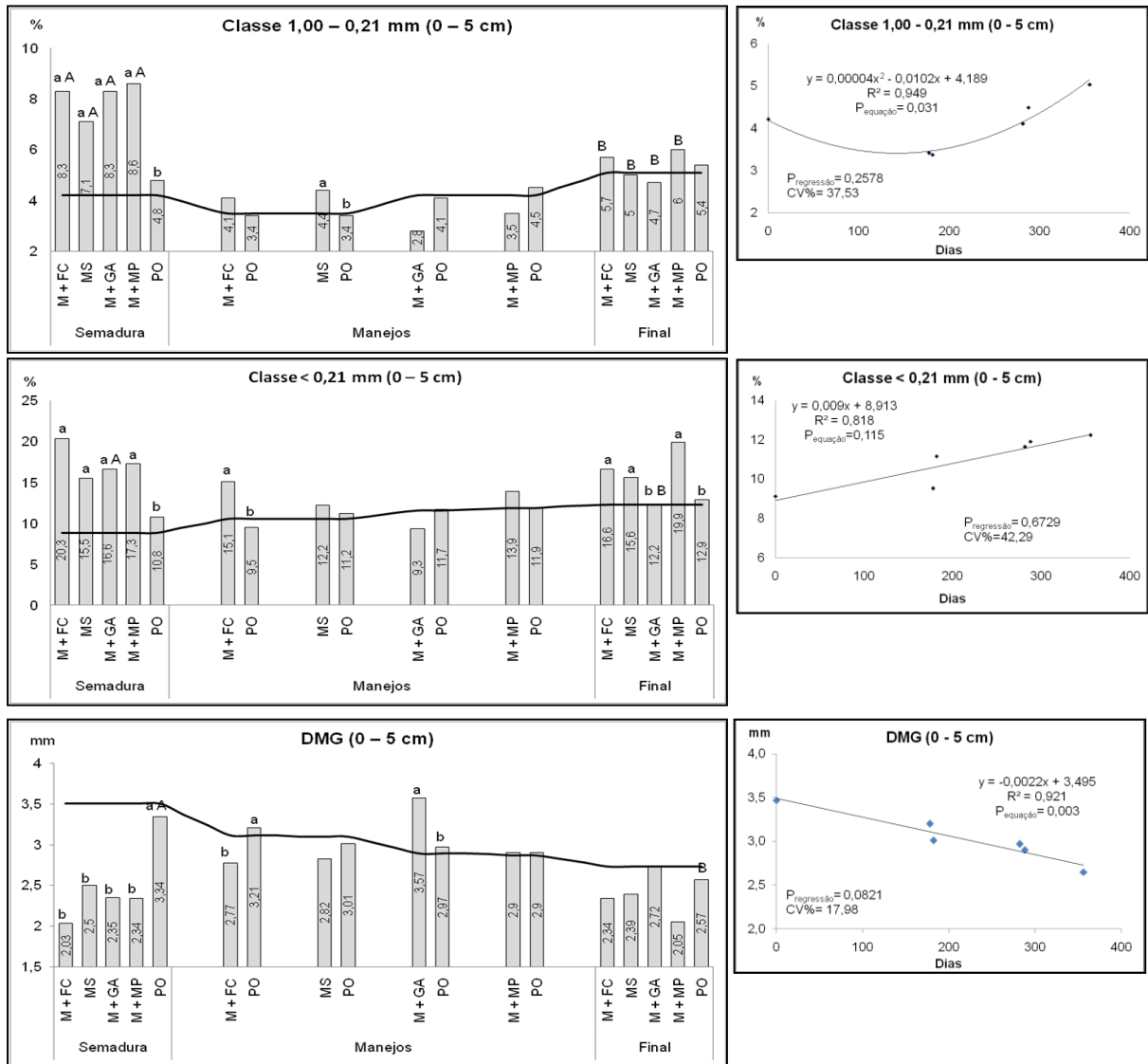


FIGURA 4 – Distribuição em classes de tamanho e estabilidade em água (DMG), de agregados da camada 0-5 cm de profundidade do solo, submetidos ao efeito do pousio e sistemas de cultivo milho consorciado ou não com plantas de cobertura de solo com crescimento estival. Santa Maria – RS, 2009.

Letras minúsculas diferem médias dentro de cada época de avaliação e maiúsculas entre as épocas denominadas: inicial e final, pelo teste de médias Scott-Knott a 5% de significância.

Wohlenberg et al. (2004), também analisaram a variação temporal da estabilidade de agregados, durante o mesmo período de ano deste trabalho, em diferentes tratamento, entre eles o campo nativo, que se equivale ao tratamento pousio neste experimento. No entanto os mesmos não encontraram variação significativa para o DMG no campo nativo.

Como o experimento sofreu períodos de estiagem, baseado nos autores anteriormente citados, acredita-se que tenha ocorrido a diminuição da atividade das raízes bem como a dos FMAs na camada superficial do solo, além da redução do aporte de

resíduos na superfície, o que minimiza as atividades desses entre outros microrganismos do solo. Também é provável que os períodos subseqüentes a estiagem, com baixas temperaturas, as quais diminuem as atividades morfofisiológicas dos organismos vivos, ocorridas a partir de meados do outono/2009, não tenham proporcionado tempo hábil de recuperação da estabilidade dos agregados aos patamares iniciais. Até em decorrência destas condições climáticas, foi constatada a diminuição de aproximadamente 15% dos estoques de carbono orgânico no presente experimento²⁵. Este conjunto de fatores pode explicar o comportamento da agregação no tratamento pousio, o qual, neste estudo, serve como referência da variação, da agregação, provocada pelos fatores ambientais.

Os dados iniciais referentes aos consórcios apresentaram menores valores para DMG do que a área que estava sob efeito de pousio, possivelmente por terem sido coletadas aproximadamente 30 dias após a dessecação da área, e em função da morte das plantas espontâneas perdeu-se os efeitos das raízes das mesmas sobre a formação e estabilidade dos macroagregados (TISDALL; OADES, 1982). Além de ser, relativamente, muito pequena a quantidade de material depositado sobre o terreno, o que não deve ter provocado um efeito significativo na atividade biológica do meio.

Campos et al. (1999), trabalhando em um solo similar e em um ano com precipitações dentro da normalidade, encontraram grande variação temporal na estabilidade dos agregados, atribuindo a essas o efeito das peculiaridades de cada sistema produtivo (tratamento). Neste trabalho os autores encontraram um efeito positivo das leguminosas, sobre a agregação do solo, em pós manejo, o que atribuem esse efeito a qualidade do material depositado sobre o mesmo.

Nos trabalhos de Giacomini et al. (2003), Aita; Giacomini (2003) e Chagas et al. (2007), é evidente que nos primeiros 30 dias após o manejo das plantas de cobertura de solo²⁶, ocorre a maior percentagem relativa da decomposição do material vegetal depositado sobre o solo. Aita; Giacomini (op. Cit.) trabalham com a idéia que essa velocidade inicial de decomposição está atrelada aos nutrientes solúveis em água, em especial o carbono e o nitrogênio. Estes compostos liberados são de fácil decomposição, portanto há uma perspectiva de que os mesmos tenham um efeito, mesmo que momentâneo, sobre a agregação do solo.

E esta hipótese se confirmou (Figura 4), bem como com ganhos em DMGs, sobretudo para os consórcios M + GA e M + MP. Considerando a condição inicial em que os tratamentos se encontravam e a tendência natural, dado pelo comportamento do tratamento PO, de diminuir o DMG e a classe de tamanho 8,00 – 4,76 mm, o fato dos mesmos

²⁵ Os dados referentes as variações nos estoques de Carbono orgânico no sistema serão apresentados no capítulo sobre dados químicos, e estão apresentados nas tabelas 6 e 7.

²⁶ Embora os dois primeiros tenham trabalhado com plantas de cobertura de inverno.

aumentarem seus DMG a patamares similares ao tratamento pousio, ou até mesmo superando-o, configura-se em um fator favorável, que pode beneficiar ao estabelecimento das culturas subseqüentes aos consórcios.

No entanto, para o sistema M + GA, devido a pequena quantidade de folha adicionada e por persistirem por maior tempo, este efeito parece estar relacionado a atividade das raízes desta cultura.

O consórcio M + FC e o MS demonstraram uma considerável capacidade de recuperação da estabilidade de seus agregados durante estágio vegetativo de suas culturas, pois foram os tratamentos que tiveram um menor tempo para recuperar a agregação, a partir do distúrbio inicial e dos períodos de estresse hídrico, e elevaram os seus valores de DMG (37 e 13% para M + FC e MS, respectivamente) para patamares muito similares aos do tratamento PO. Isto demonstra a importância de se ter plantas com rápido crescimento inicial e alta atividade de raízes (SILVA; RESOLEM, 2001) e aportando material orgânico ao meio, como ressaltam Reinert et al. (2006). Os resultados apresentados pelo MS, possivelmente estão atrelados ao fato, observado a campo, de uma considerável infestação por plantas espontâneas no terço final do ciclo do milho, as quais também podem ser responsáveis pelo incremento de carbono no sistema (Tabelas 6 e 7). Albuquerque et al. (2005), embora trabalhando num solo com textura argilosa, também não observaram incrementos significativos na estabilidade de agregados por consórcios de milho com plantas de cobertura em relação ao milho solteiro.

No entanto, como não foi possível estabelecer plantas de cobertura de solo com crescimento durante o período de inverno sobre estes tratamentos, os efeitos, que se demonstraram transitórios sobre a estruturação do solo não se mantiveram até a época de semeadura do milho.

Já os consórcios M + GA e M + MP, embora tenham sofrido outro período de estresse hídrico, tiveram mais tempo para expressar suas potencialidades. M + GA apresentou resultados satisfatórios de DMG e Classe de tamanho 8,00 – 4,76 mm, obtidos na época de coleta proveniente de seu manejo (04/07/09), se mantendo em parte até a época de semeadura do milho. Provavelmente isto foi ocasionado pela ação direta (mecânica) e/ou indireta (exsudação de compostos orgânicos) das raízes do GA²⁷. Já para o consórcio M + MP, era esperado que apresentasse um resultado mais favorável, do que se observou. Este consórcio teve uma recuperação adequada, em que na data de 11/07/09 (coleta referente ao manejo) apresentou valores de DMG e percentagem de agregados

²⁷ Pequeno (2009) comenta sobre a importância do efeito das raízes de leguminosas na agregação dos solos. Dentre as espécies estudadas pelo mesmo, encontram-se o GA e a MP. Retirado de. <http://74.125.93.132/search?q=cache:mLdMfRRLn14J:www.biblioteca.ufpb.br/catalogo_96_2000/campus3/manejo99.htm+agrega%C3%A7%C3%A3o+guandu+an%C3%A3o&cd=3&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br>. Acesso em: 29 dezembro 2009:

maiores que 4,76 mm igual e numericamente superior, respectivamente, em relação ao PO. No entanto, este efeito não persistiu até o plantio do milho, como se esperava, pois a MP foi manejada próximo do GA, que manteve o efeito.

No consórcio M + MP, observou-se maiores incrementos de Nitrogênio total (NT) (Tabelas 6 e 7) em relação aos demais tratamentos, bem como os menores teores de carbono orgânico (COT). Este comportamento aponta para hipótese de que adições desbalanceadas de COT e NT, com altas adições deste último, podem ter efeitos negativos sobre a estabilidade dos agregados, pois pode criar condições favoráveis para a mineralização do carbono orgânico existente.

O fato da MP ter uma maior distância entre as covas minimiza a contribuição das raízes das mesmas para a formação e estabilidade dos agregados neste consórcio, embora não se tenha encontrado referências a respeito.

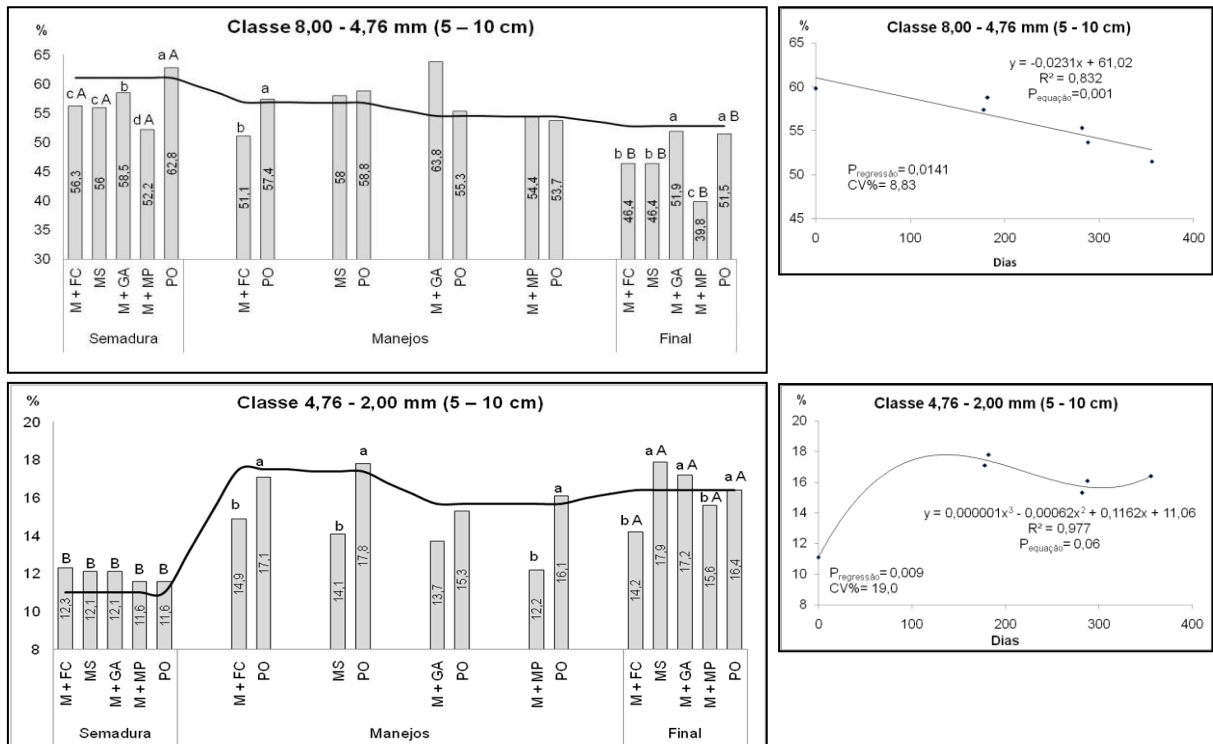


FIGURA 5 – Distribuição em classes de tamanho e estabilidade em água (DMG), de agregados da camada 5-10 cm de profundidade do solo, submetidos ao efeito do pousio e sistemas de cultivo consorciados ou não com plantas de cobertura de solo com crescimento estival. Santa Maria – RS, 2009.

Letras minúsculas diferem médias dentro de cada época de avaliação e maiúsculas entre as épocas denominadas inicial e final, pelo teste de médias Scott-Knott a 5% de significância.

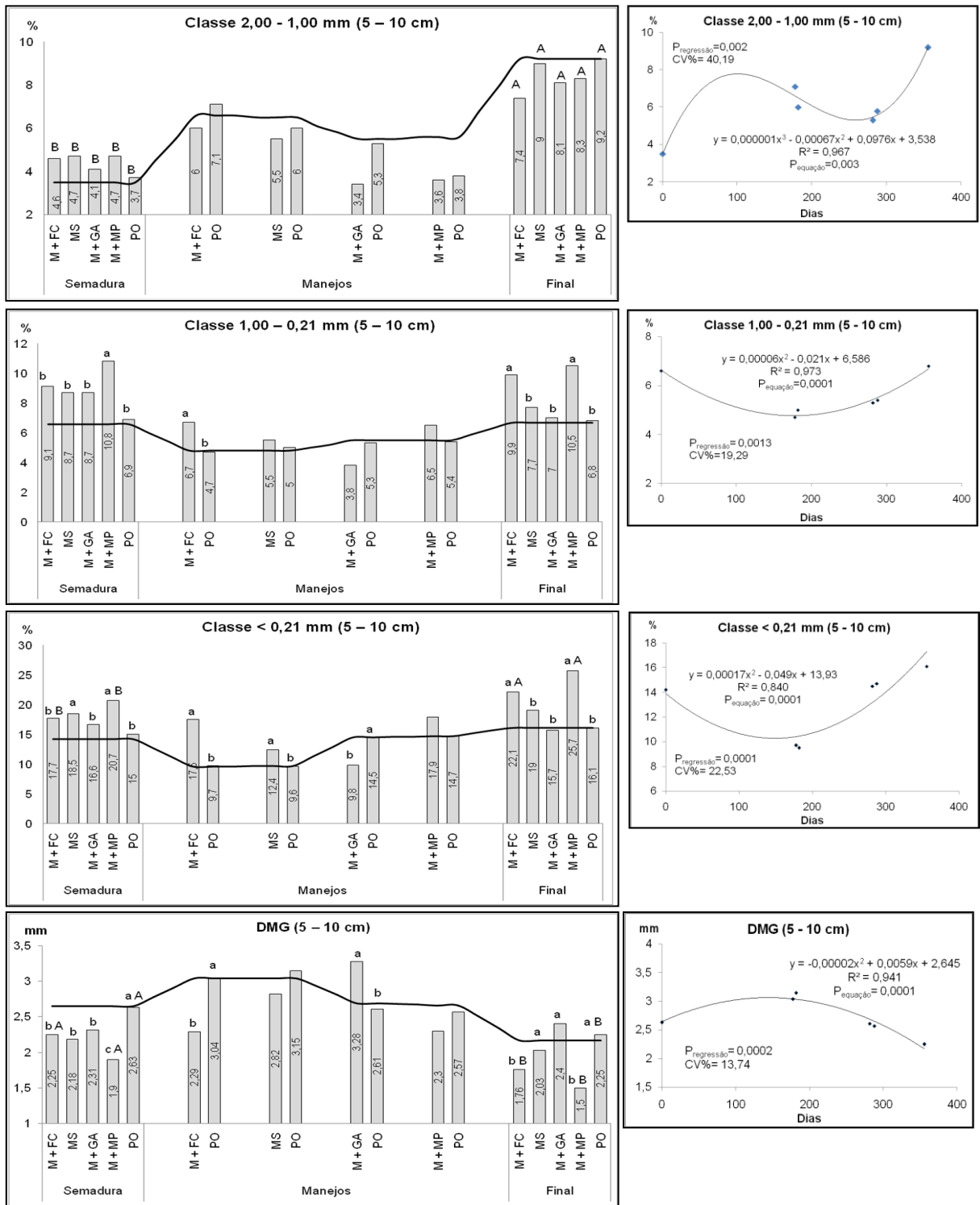


FIGURA 5 – Distribuição em classes de tamanho e estabilidade em água (DMG), de agregados da camada 5-10 cm de profundidade do solo, submetidos ao efeito do pousio e sistemas de cultivo milho consorciado ou não com plantas de cobertura de solo com crescimento estival. Santa Maria – RS, 2009.

Letras minúsculas diferem médias dentro de cada época de avaliação e maiúsculas entre as épocas denominadas inicial e final, pelo teste de médias Scott-Knott a 5% de significância.

Assim como na camada superficial, a camada que compreende a profundidade de 5–10 cm também apresentou diferenças estatísticas significativas (Figura 5) no que tange a aspectos relacionados a agregação. Entretanto, como para outros atributos que possuem relação com atividade biológica, essa também é afetada com menor intensidade por variações ambientais e/ou de manejos, exceto quando por manejos de preparo do solo, principalmente em curtos espaços de tempo.

Baseado no tratamento PO, verifica-se que enquanto na camada de 0-5 cm de profundidade o DMG variou 23% e a classe de tamanho 8,00 – 4,76mm variou 16,5%, na camada 5–10 cm de profundidade esta variação foi de 14 e 11,3%, respectivamente. Também foi encontrado um decréscimo de mais de 15% para o COT entre o início e o final do experimento na parcela sob efeito de pousio. Esta variação no COT, também pode estar relacionada às flutuações encontradas na agregação deste solo. No entanto, não encontrou-se correlação linear significativa para estas variáveis (ANEXO 2).

O DMG, para todos os tratamentos na profundidade de 5-10 cm, apresentou um comportamento que possivelmente está associado a maior atividade das raízes. Inclusive expressou resultados maiores nas coletas feitas no início do mês de abril, o que correspondeu a um período com condições climáticas, relativamente, mais favoráveis ao crescimento das plantas, portanto de maior atividade radicular. Inclusive, nas parcelas que correspondem aos sistemas de cultivos, também apresentaram diferenças estatísticas (figura 5). Avaliando os consórcios, dentro do período de um ano, percebe-se que esses mantiveram as mesmas tendências entre as duas camadas, em relação a estabilidade dos agregados em água, expressa em DMG.

Carpenedo; Mielniczuk (1990) salientam que o efeito mais nocivo é atribuído aos sistemas de manejo que adotam revolvimento do solo e uma baixa adição de resíduos, que afetam o teor de matéria orgânica do solo, sendo essa um dos principais agentes de formação e estabilização dos agregados. Salton et al. (2008), em seu trabalho de longa duração, com diferentes preparos do solo, encontraram diferenças com larga amplitude entre os tratamentos (preparos de solo) avaliados, em profundidades de 5–10 e 10-20 cm. Já Pizzani (2008), que não revolveu o solo, não encontrou diferenças a estas mesmas profundidades.

4.3 Atributos químicos

4.3.1 Acidez do solo

A maioria dos solos brasileiros tem caráter ácido, e isso inclui os solos do sul deste país (KAMINSKI, et al, 2007). Os autores chamam a atenção de que somente os valores de pH podem não ser suficientemente adequados para discorrer sobre a acidez do solo, que depende fundamentalmente do poder tampão do mesmo, determinado pela sua acidez potencial. No entanto, no presente experimento observou-se correlação linear significativa em 100% dos tratamentos estudados (69 e 31%, aos níveis de 5 e 10% de significância, respectivamente) para as variáveis pH e pH SMP na camada de 0-5 cm e 92% de correlação²⁸ (85 e 7%, para $P < 0,05$ e $P < 0,10$, respectivamente) (mesmas variáveis) para a camada 5-10 cm (ANEXO 4).

Estes autores também comentam que a origem da acidez destes solos está fortemente ligada ao Alumínio na forma trocável (Al), que se configura como maior problema para a produtividade de culturas em solos ácidos. A presente pesquisa também encontrou correlação em 85% dos tratamentos (ANEXO 4) entre o Al e a acidez potencial (62 e 23%, para $P < 0,05$ e $P < 0,10$, respectivamente). Contudo, esta considerável correlação somente foi verificada na camada 0-5 cm. Nos Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, para estimar a acidez potencial dos solos, utiliza-se o índice SMP.

Devido as condições químicas em que o solo apresentava no início do experimento, com base no CQFS/RS-SC (2004), era necessário adicionar somente 200 Kg.ha⁻¹ de calcário PRNT 100%, para elevar o pH do solo a um patamar de pH até 5,5. No entanto, devido a um erro analítico foi aplicado somente 165 Kg.ha⁻¹ de calcário dolomítico PRNT 76%. Embora a dosagem inicial recomendada fosse relativamente pequena, a aplicada foi apenas 60% dessa, e não foi suficiente para alterar a condição de pH do meio (Tabelas 6 e 7). Inclusive, houve um pequeno decréscimo numérico nos consórcios em relação ao início do experimento, que acompanharam a tendência da área de pousio que não recebeu calcário. Contudo, foi o suficiente para elevar a saturação por alumínio (Al%), conforme pode ser observado nas tabelas 6 e 7.

Kaminski et al. (2005), ressaltam as análises estatísticas sobre alguns atributos do solo, dizendo que para esses deve-se fazer análises com bases nas variações em termos

²⁸ A partir deste ponto do texto lê-se correlação, por “correlação linear significativa” em nível de 5 e/ou 10% de significância pelo teste t de Student. Sendo a significância apontada por $P < 0,05$ e $P < 0,10$ para 5 e 10% de significância, respectivamente.

absolutos, porque pequenas variações não captadas na análise estatística podem ter um reflexo considerável em alguns aspectos agrônômicos. Chamam a atenção para o caso do Al em relação ao pH do solo, bem como foi observado na camada 0-5 cm deste experimento, o qual apresentou correlação em 85% dos tratamentos (77 e 8%, para $P < 0,05$ e $P < 0,10$, respectivamente) entre as variáveis pH e Al%.

Já o pH SMP, ou índice SMP, apresentou diferenças estatísticas significativas com reduções para todos os consórcios e o PO, mas não diferindo entre as formas de adubação dentro dos tratamentos. Diminuindo de uma condição de 6,6 no início, para patamares de 6,3 ao final do experimento. Este comportamento teve correlação em 100% dos casos (85 e 15%, para $P < 0,05$ e $P < 0,10$, respectivamente) com a saturação por bases (V%), na camada 0-5 cm. Embora não tenha apresentado diferenças estatísticas significativas, V% chegou a diminuir quase 20% em relação ao valor inicial, em alguns casos. Isto demonstra que houve substituição nos sítios de troca dos colóides do solo, de algum nutriente catiônico, principalmente, pelo Al, o qual se evidencia pelo comportamento da Al%, que apresentou uma correlação negativa em 85% dos casos ($P < 0,05$) em relação a V%, na camada 0-5 e em 77% (54 e 23%, para $P < 0,05$ e $P < 0,10$, respectivamente) na camada 5-10 cm.

Em 54% dos tratamentos avaliados na camada 0-5, e 46% na camada 5-10, apresentaram correlações negativas ($P < 0,05$) entre Al% e Mg. Embora em menores porcentagens (23% para ambas as camadas), o Mg também foi o elemento catiônico que mais se correlacionou com V%. Estas constatações, juntamente com o comportamento do Mg observado nas tabelas 6 e 7, nos conduzem a hipótese de que este elemento, neste caso, é o que foi substituído pelo Al em maiores proporções.

Embora o K tenha apresentado uma considerável diminuição nos seus teores disponíveis, apresentou baixas correlações com Al%, pH SMP e V%, provavelmente por contribuir relativamente pouco na saturação por bases

Wohlenberg et al. (2004), estudando sete sistemas de manejo durante seis anos agrícolas, não encontraram diferenças para aspectos relacionados a acidez do solo entre os cultivos (pH 5,2). Com exceção do tratamento que tinha o feijão de porco consorciado com milho e o solo desnudo, com pH de 6,2 e 6,1, respectivamente. Os demais não variaram entre si, contudo, apresentaram resultados de pH mais baixos do que o campo natural (pH 5,7). Esta condição reflete com a afirmativa de Burle; Mielniczuk; Focchi (1997), de que algumas leguminosas podem aumentar a acidificação do solo através dos ciclos do carbono e do nitrogênio. Estes autores, em um experimento de 10 anos, encontraram diferenças no pH dos solos entre os sistemas de cultivos e em diferentes profundidades. Dentre os sistemas que apresentaram incrementos na acidificação, encontram-se os consórcios que possuem GA e FC.

TABELA 6 – Análises químicas do solo na profundidade de 0–5 cm, para os quatro consórcios com suas respectivas formas de adubação, bem como dados de referência que correspondem ao início do experimento e a área em pousio. Santa Maria - RS, 2009.

Variável	Consórcios	Referências		Formas de adubação			Médias
		Início exp.	Pousio	A O	S A	A M	
pH em água (1:1)	M + FC	5,3	5,2	5,0	5,1	5,2	5,2
	M + GA			5,1	5,1	5,2	5,2
	M + MP			5,2	5,2	5,0	5,2
	MS			5,2	5,0	5,1	5,2
pH SMP	M + FC	6,7 ^a	6,1 ^c	6,3 ^b	6,3 ^b	6,4 ^b	6,4
	M + GA			6,3 ^b	6,3 ^b	6,4 ^b	6,3
	M + MP			6,2 ^b	6,3 ^b	6,2 ^b	6,3
	MS			6,3 ^b	6,2 ^b	6,3 ^b	6,3
Ca trocável Cmol _c .dm ⁻³	M + FC	2,5	3,0	2,0 ^B	2,7 ^B	2,5 ^B	2,4 ^B
	M + GA	2,5 ^b	3,0 ^b	3,4 ^{aA}	3,7 ^{aA}	3,5 ^{aA}	3,5 ^A
	M + MP	2,5	3,0	3,3 ^A	2,9 ^B	3,1 ^B	3,1 ^A
	MS	2,5 ^b	3,0 ^b	4,1 ^{aA}	3,2 ^{bB}	3,7 ^{aA}	3,6 ^A
Mg trocável Cmol _c .dm ⁻³	M + FC	1,6	1,1	1,2	1,3	1,1	1,2
	M + GA			1,2	1,1	1,1	1,2
	M + MP			1,2	1,1	1,1	1,1
	MS			1,3	1,2	1,2	1,2
P disponível mg.dm ⁻³	M + FC	12,1 ^b	21,5 ^a	9,5 ^{cB}	8,5 ^c	15,0 ^b	11,0
	M + GA	12,1 ^b		12,6 ^{bB}	12,9 ^b	14,7 ^b	13,4
	M + MP	12,1 ^c		16,9 ^{bA}	10,8 ^c	13,7 ^c	13,8
	MS	12,1 ^b		12,0 ^{bB}	10,3 ^b	12,2 ^b	11,5
K trocável mg.dm ⁻³	M + FC	47,7 ^a	24,2 ^b	20,6 ^{bB}	29,7 ^b	55,0 ^{aA}	35,1
	M + GA		24,2 ^c	34,7 ^{bA}	23,3 ^c	31,4 ^{bB}	29,8
	M + MP		24,2 ^b	24,2 ^{bB}	27,8 ^b	27,5 ^{bB}	26,5
	MS		24,2 ^b	36,9 ^{bA}	32,2 ^b	29,0 ^{bB}	32,7
Sat. Al (%)	M + FC	5	6	12 ^A	8	6 ^B	9
	M + GA			8 ^B	6	5 ^B	6
	M + MP			7 ^B	7	10 ^A	8
	MS			4 ^B	8	6 ^B	6
Sat. Bases (%)	M + FC	64	53	50	58	57	55
	M + GA			59	61	62	61
	M + MP			55	56	56	56
	MS			63	56	61	60
CTC _{efetiva} Cmol _c .dm ⁻³	M + FC	4,0	4,5	3,6 ^B	4,4	4,5 ^B	4,0 ^B
	M + GA	4,0 ^b	4,5 ^b	5,1 ^{aA}	5,3 ^a	4,9 ^{aA}	5,1 ^A
	M + MP	4,0	4,5	4,9 ^A	4,4	4,7 ^A	4,7 ^A
	MS	4,0 ^b	4,5 ^b	5,7 ^{aA}	4,8 ^b	5,2 ^{aA}	5,2 ^A
CTC _{pH 7} Cmol _c .dm ⁻³	M + FC	5,9 ^b	7,8 ^a	6,2 ^{bB}	7,0 ^a	6,6 ^{bB}	6,6 ^B
	M + GA			8,0 ^{aA}	8,1 ^a	7,5 ^{aA}	7,9 ^A
	M + MP			8,3 ^{aA}	7,3 ^a	7,7 ^{aA}	7,8 ^A
	MS			8,7 ^{aA}	7,9 ^a	8,0 ^{aA}	8,2 ^A
COT Mg.ha ⁻¹	M + FC	9,24 ^a	7,84 ^b	8,82 ^{ab}	9,02 ^a	9,41 ^a	9,08
	M + GA	9,24	7,84	8,96 ^b	8,47	8,89	8,77
	M + MP	9,24	7,84	8,55 ^B	8,35	8,47	8,46
	MS	9,24 ^a	7,84 ^b	9,99 ^{aA}	9,18 ^a	9,52 ^a	9,56
N _{total} kg.ha ⁻¹	M + FC	554,8 ^b	473,8 ^b	560,5 ^{bB}	567,0 ^{bC}	831,0 ^{aC}	652,8 ^C
	M + GA	554,8	473,8	550,4 ^B	549,0 ^C	570,6 ^B	556,8 ^C
	M + MP	554,8 ^c	473,8 ^c	758,1 ^{bA}	1187,7 ^{aA}	1220,8 ^{aA}	1055,5 ^A
	MS	554,8 ^b	473,8 ^b	773,9 ^{aA}	893,0 ^{ab}	791,7 ^{ab}	819,6 ^B

Para cada variável analisada, letras minúsculas diferem colunas na mesma linha e as maiúsculas diferem linhas dentro de uma mesma coluna.

TABELA 7 – Análises químicas do solo na profundidade de 5–10 cm, para os quatro consórcios com suas respectivas formas de adubação, bem como dados de referência que correspondem ao início do experimento e a área em pousio. Santa Maria - RS, 2009.

Variável	Consórcios	Referências		Formas de adubação			Médias		
		Início exp.	Pousio	A O	S A	A M			
pH em água (1:1)	M + FC	5,2	5,1	5,0	5,0	5,1	5,1		
	M + GA			5,0	5,1	5,2	5,1		
	M + MP			5,1	5,1	5,3	5,2		
	MS			5,1	4,9	4,9	5,0		
pH SMP	M + FC	6,7 ^a	6,1 ^c	6,4 ^b	6,4 ^b	6,4 ^b	6,4		
	M + GA			6,4 ^b	6,4 ^b	6,4 ^b	6,4		
	M + MP			6,1 ^b	6,3 ^b	6,4 ^b	6,3 ^b	6,3	
	MS			6,3 ^b	6,3 ^b	6,2 ^b	6,3		
Ca trocável Cmol _c .dm ⁻³	M + FC	2,5	1,9	2,2 ^B	2,7	2,4 ^B	2,4		
	M + GA	2,5 ^b	1,9 ^b	3,0 ^{AB}	3,5 ^a	3,8 ^{AA}	3,5		
	M + MP	2,5 ^b	1,9 ^b	3,0 ^{AB}	3,3 ^a	3,0 ^{AB}	3,1		
	MS	2,5 ^b	1,9 ^b	3,0 ^{AA}	3,0 ^a	2,7 ^{aB}	3,0		
Mg trocável Cmol _c .dm ⁻³	M + FC	0,99 ^b	0,92 ^b	1,07 ^b	1,23 ^{AA}	0,98 ^b	1,10		
	M + GA			0,96	0,90 ^B	1,02	0,96		
	M + MP	0,99	0,92	1,02	0,89 ^B	1,06	0,99		
	MS			0,96	1,00 ^B	0,97	0,97		
P disponível mg.dm ⁻³	M + FC	8,6 ^b	22,1 ^a	10,2 ^b	6,9 ^{BB}	11,8 ^b	9,7 ^C		
	M + GA			15,5 ^b	16,0 ^{BA}	21,1 ^a	17,5 ^A		
	M + MP			20,2 ^a	16,4 ^{BA}	16,4 ^b	17,7 ^A		
	MS			18,6 ^a	10,5 ^{bb}	14,2 ^b	14,4 ^B		
K trocável mg.dm ⁻³	M + FC	22,7 ^a	14,7 ^b	14,7 ^{BB}	20,8 ^{AA}	29,5 ^a	22,5 ^B		
	M + GA			22,2 ^{ab}	17,2 ^{bb}	21,3 ^a	20,3 ^B		
	M + MP	22,7	14,7	19,5 ^B	19,2 ^B	22,2	20,3 ^B		
	MS	22,7 ^c	14,7 ^d	34,5 ^{AA}	27,2 ^{BA}	23,9 ^c	28,5 ^A		
Sat. Al (%)	M + FC	8	12	13	10	11	11		
	M + GA			10	9	5	8		
	M + MP			7	9	9	8		
	MS			8	11	13	11		
Sat. Bases (%)	M + FC	63 ^a	42 ^b	53 ^a	58 ^a	54 ^a	55		
	M + GA			58 ^a	61 ^a	62 ^a	60		
	M + MP			55 ^a	57 ^a	58 ^a	57		
	MS			60 ^a	56 ^b	53 ^a	56		
CTC _{efetiva} Cmol _c .dm ⁻³	M + FC	3,87	3,25	3,80	4,39	2,86 ^B	4,02		
	M + GA			4,44 ^a	4,90 ^a	5,20 ^{AA}	4,85		
	M + MP	3,87 ^b	3,25 ^b	4,36 ^a	4,59 ^a	4,48 ^{ab}	4,48		
	MS			4,87 ^a	4,51 ^a	4,34 ^{ab}	4,57		
CTC _{pH 7} Cmol _c .dm ⁻³	M + FC	5,65	6,75	6,24 ^B	6,88	6,33 ^B	6,48		
	M + GA	5,65 ^c	6,75 ^b	6,92 ^{BA}	7,32 ^b	7,99 ^{AA}	7,41		
	M + MP			7,37 ^{aA}	7,32 ^a	7,10 ^{ab}	7,26		
	MS	5,65 ^b	6,75 ^a	7,44 ^{AA}	7,17 ^a	7,19 ^{ab}	7,27		
COT Mg.ha ⁻¹	M + FC	8,44	7,16	7,82	7,97	9,47	8,42		
	M + GA			8,11	7,89	7,67	7,89		
	M + MP			8,44 ^a	7,16 ^b	7,23 ^b	8,47 ^a	9,28 ^a	8,33
	MS			8,44	7,16	8,02	8,33	8,45	8,27
N _{total} kg.ha ⁻¹	M + FC	409,5	290,2	504,6 ^B	537,5 ^B	663,8 ^B	586,6 ^C		
	M + GA			481,8 ^B	469,2 ^B	428,6 ^C	459,8 ^C		
	M + MP			409,5 ^c	290,2 ^c	1045,0 ^{BA}	962,2 ^{BA}	1353,3 ^{AA}	1120,1 ^A
	MS			409,5 ^b	290,2 ^b	692,5 ^{AB}	844,2 ^{AA}	885,8 ^{AB}	807,5 ^B

Para cada variável analisada, letras minúsculas diferem colunas na mesma linha e as maiúsculas diferem linhas dentro de uma mesma coluna.

Embora tenha ocorrido um aumento na saturação por alumínio, esses valores estão abaixo dos valores críticos para a cultura do milho, que é de 35%, segundo Tedesco; Bissani (2004).

Os dados referentes a camada 5-10 cm (Tabela 7) apresentaram um comportamento muito semelhante a camada superficial. Como já comentado, o aumento na acidez do solo, atribuído a diminuições no pH SMP, tem correlações diretas ou indiretas com a variação na concentração dos nutrientes catiônicos disponíveis.

4.3.2 Capacidade de troca de Cátions

A capacidade de troca de cátions (CTC) representa a medida do poder de adsorção e troca de cátions do solo. Pode ser expressa em CTC_{efetiva} , que é aquela a pH original do solo e a $CTC_{\text{pH } 7,0}$, que refere-se a CTC potencial do mesmo. Solos tropicais onde predominam argilominerais 1:1, possuem baixa CTC, como é o caso do presente estudo. Nestes tipos de solos, segundo Bayer; Mieleniczuk (2008), Meurer; Rheinheimer; Bissani, (2004), o carbono orgânico tem grande importância na retenção de íons do solo. Estes últimos autores apresentam um quadro com a contribuição da matéria orgânica (MO) na CTC de diferentes solos do Brasil, e num solo com 19% de argila, essa pode representar 81% da CTC do mesmo.

De forma geral observou-se um aumento na CTC do solo em relação a início do experimento nas duas camadas estudadas do solo (Tabelas 6 e 7), para três dos quatro sistemas de manejo, em que apenas o M + FC não apresentou incrementos significativos ($P < 0,05$). Houve interações estatísticas significativas entre os consórcios e as formas de adubação. Estudando as formas de adubações dentro de cada consórcio, foi observada correlação entre $CTC_{\text{pH } 7}$ e Carbono Orgânico, apenas dentro de MS ($P < 0,05$) e M + MP ($P < 0,10$), ambos com adubação orgânica, nas camadas 0-5 e 5-10 cm, respectivamente. Observa-se que enquanto ocorreram incrementos na CTC, praticamente não houve incrementos de carbono orgânico no solo. Considerando os teores iniciais, o carbono adicionado foi suficiente apenas para manter os valores iniciais.

Mesmo não ocorrendo incrementos significativos de carbono, o presente estudo confirma o benefício de se utilizar plantas que aportem fitomassa ao sistema, pois mesmo não sofrendo perturbações na área mantida em pousio, também houve reduções nos estoques de carbono, resultado das condições climáticas desfavoráveis e da baixa capacidade das plantas presentes em PO de aportar material orgânico ao sistema. Contudo, as plantas de cobertura de solo usadas no experimento, bem como a cultura do milho tem

reconhecida capacidade de aportar Carbono ao sistema, sendo que o ano agrícola 2008/2009 não apresentou condições climáticas favoráveis a expressão do potencial dessas espécies. Todavia, também têm-se que considerar que estes resultados são de apenas um ano agrícola, tempo considerado insuficiente, para análises que envolvem principalmente o carbono orgânico. Burle; Mielniczuk; Focchi (1997) encontraram resultados favoráveis em relação ao efeito do guandu na CTC do solo, bem como estes autores reforçam a idéia de que existe correlação entre Carbono Orgânico e CTC do solo. Também apontam que existe o efeito do pH do solo sobre esta variável, o que não se confirmou neste estudo.

4.3.3 Disponibilidade de nutrientes

As plantas obtêm os nutrientes essenciais minerais a partir do processo de absorção pelo sistema radicular. Desta forma, os elementos devem estar nas formas químicas solúveis, movimentando-se no perfil do solo e penetrando nas raízes juntamente com a água. A seguir será discorrido sobre a situação de disponibilidade de nutrientes, reflexos do sistemas de manejos propostos pelo presente estudo. As análises serão feitas considerando a camada 0-10 cm.

Na tabela 8, têm-se os valores referentes aos níveis críticos nos principais nutrientes

TABELA 8 – Níveis críticos da disponibilidade de macronutrientes, a partir da interpretação das análise do solo de um Argissolo Vermelho Distrófico arênico. Valores extraídos de Anghinoni; Meurer (2004).

Nutriente	Valor crítico
Fósforo (mg.dm^{-3})	18
Potássio (mg.dm^{-3})	45
Cálcio ($\text{Cmol}_c.\text{dm}^{-3}$)	< 4,0
Magnésio ($\text{Cmol}_c.\text{dm}^{-3}$)	< 1,0

4.3.3.1 Fósforo

Os níveis de P no solo, inicialmente estavam situados entre o limite das faixas de disponibilidades consideradas “baixo” e “médio”, a qual possui o valor de 12 mg.dm^{-3} . Por ser pouco móvel no solo, e ter histórico de lavouras, os maiores valores encontram-se nos

primeiros 5 cm profundidade. Nos tratamentos em que se adicionou este nutriente, independente da fonte, obviamente apresentou elevação nos níveis de disponibilidade (Tabelas 6 e 7). Mesmo assim não foi suficiente para alcançar o nível considerado crítico (Tabela 8), o qual se situa no limite entre as faixas consideradas “médio” e “alto”. Na profundidade de 5–10 cm, ocorreu um aumento na disponibilidade de fósforo. Este comportamento também foi observado, de forma expressiva, no tratamento em pousio, nas duas camadas estudadas.

Saggin Júnior; Silva (2005) atribuem aos fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) uma capacidade de aumentar a disponibilidade de P, seja por efeito direto via síntese de fosfatases e/ou absorção deste nutriente, ou indiretamente por alterações de pH na rizosfera de plantas micorrizadas. Moreira; Siqueira (2006) atribuem a solubilização de fosfatos insolúveis a atividade de microorganismos, entre eles os fungos do solo, grupo do qual os FMAs fazem parte. Nahas (19--) também atribui aos microorganismos uma considerável contribuição na solubilização de P. Este autor afirma que leguminosas induzem ao aumento de solubilizadores, e cita o guandu como uma das plantas de maior eficiência. Comparando somente os consórcios observa-se que ocorreu, de forma geral, em termos absolutos, aumento na disponibilidade de P nos consórcios com GA e MP, em ambas camadas estudadas.

4.3.3.2 Potássio

O potássio (K) no solo encontra-se nas mais diferentes formas, das quais umas são disponíveis em curto prazo para as plantas e outras não (SILVA; SANTOS, 2006). Este nutriente é requerido em grandes quantidades, similares ao nitrogênio, pelas plantas, e está ligado principalmente a funções de ativações enzimáticas nas plantas (MEURER; INDA JR., 2004).

Em termos médios, o solo no início do experimento apresentava valores de K muito próximos ao nível crítico (Tabela 3). Os dados finais do experimento revelam que houve um decréscimo acentuado nos teores de K no solo, em relação aos dados iniciais, possivelmente pelo processo de lixiviação deste elemento. Este comportamento se verifica tanto na área que estava em pousio quanto nos demais tratamentos, inclusive nesses houve interações entre consórcios e formas de adubação, com diferenças estatísticas significativas (Tabelas 6 e 7).

Talvez por ser um elemento dinâmico, com teores disponíveis não expressos na sua totalidade pelos métodos de análises (SILVA; SANTOS, op cit.), não se observou, de modo

geral, uma diferença entre as formas de adubação, o qual era esperado, pois tanto via fonte orgânica como a mineral, receberam doses consideráveis de equivalente K_2O (72 e 234 $kg \cdot ha^{-1}$, para fonte mineral e orgânica, respectivamente).

4.3.3.3 Cálcio

O cálcio na planta é responsável pela alongação celular e para absorção de outros nutrientes, entre outros processos (BISSANI; ANGHINONI, 2004). Estes mesmos autores comentam que na maioria dos solos o Ca, depois do ferro (Fe), é o nutriente mineral encontrado em maior concentração. Entretanto, salientam que em solos arenosos e com baixa CTC, o teor de Ca é muito reduzido, devido as perdas por lixiviação.

Este fato se observa neste experimento, onde os valores de Ca também não satisfazem o nível crítico. Na camada de solo de 0–5 cm de profundidade, houve um incremento nos teores de Ca trocável (Ca), comparando-se os dados do início do experimento com os da parcela que permaneceu em PO. Isto possivelmente deve-se a reciclagem deste elemento pelas plantas espontâneas presentes na área em PO. Já entre as parcelas, o consórcio M + FC apresentou os menores resultados em relação aos demais, que não diferiram entre si (Tabela 6 e 7). Com base no comportamento da área em pousio, a qual não recebeu calcário, atribui o fato de aumentar os teores de Ca em superfície, a hipótese da reciclagem deste nutriente pelas plantas de cobertura, onde o Ca pode ter vindo de profundidades superiores aos 10 cm avaliados neste experimento, pois em virtude do estresse hídrico, as raízes das plantas podem ter sido “estimuladas” a se aprofundar no perfil do solo.

Na área de PO, na camada de 5-10 cm, houve um decréscimo da concentração de Ca, que provavelmente foi reciclado para a camada superficial. Devido as características do sistema radicular das gramíneas, família botânica predominante na área em PO, acredita-se numa menor perda de Ca por lixiviação. O que nos leva a esta hipótese é um calculo simplório, observando que o decréscimo na camada 5-10 cm ($0,6 \text{ Cmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$) é similar ao acréscimo na camada 0-5 cm ($0,5 \text{ Cmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$). Já nesta camada, observou-se um efeito similar entre os consórcios, onde este Ca pode ter vindo por lixiviação da camada superficial ou por exsudação radicular, em trocas de íons e/ou regulação citoplasmática de pH.

4.3.3.4 Magnésio

O magnésio constitui o núcleo central da molécula de clorofila. Segundo Bissani; Anghinoni (2004), o Mg possui semelhanças com o Ca no solo, somente em menores teores. Também ressaltam que este íon é mais suscetível a perda do que o Ca, principalmente por lixiviação. Assinalam ainda que a aplicação em excesso de K pode diminuir a absorção de Mg.

Com base na Tabela 8, o Mg atende o teor mínimo crítico. Contudo, é importante a ressalva feita pelos autores, acima referenciados, o qual se confirmou neste experimento, pela observação da diminuição nos teores de Mg na camada 0-5 cm com manutenção dos teores na camada 5-10 cm, provavelmente por efeito da lixiviação.

4.3.4 Carbono orgânico total

Vários autores como Sá et al. (2001), Roscoe; Machado (2002), Reichert; Reinert; Braida (2003), Conceição et al. (2005), consideram a matéria orgânica (MO) um potencial atributo chave para indicador da qualidade do solo, pois se relaciona com inúmeras propriedades físicas (agregação e estabilidade de agregados, infiltração e retenção de água, etc), químicas (fonte de nutrientes, capacidade de troca de cátions, complexação de elementos tóxicos, etc) e biológicas do solo (mineralização e reciclagem de nutrientes, formação de bioporos, etc).

Segundo Bayer; Mielniczuk (2008), a manutenção ou recuperação dos teores de MO e da qualidade do solo pode ser alcançada pela utilização de sistemas agrícolas intensos, ou pela utilização de métodos de preparo do solo sem ou com o mínimo revolvimento do solo e por sistemas de cultura com alta adição de fitomassa ao sistema.

Os dados mostrados nas Tabelas 6 e 7 confirmam isso, onde foi possível manter os estoques de carbono orgânico (COT) nos sistemas produtivos, quando comparados ao tratamento que permaneceu em pousio, que, talvez por questões ambientais desfavoráveis a adição de fitomassa ao sistema e favoráveis a atividade biológica, teve uma perda de 1,4 e 1,28 Mg.ha⁻¹ de COT, nas camadas de 0-5 e 5-10 cm de profundidade, respectivamente. Em termos percentuais esta redução coincide em 15% para ambas camadas estudadas.

Não foram verificadas diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos, nas duas profundidades, exceto na camada de 0-5 dentro da adubação orgânica o MS foi superior aos demais consórcios e, na camada de 5-10 cm dentro do consórcio M + MP o

tratamento com adubação orgânica foi menor que as outras formas de adubação. Na primeira situação, há a hipótese destes resultados estarem ligados a presença de plantas espontâneas que a partir do terço final do ciclo da cultura do milho e permaneceram crescendo nestas áreas (MS), foram dessecadas em início de abril, e voltaram ocupar aquelas áreas até o final do experimento. Embora não tenha sido quantificada a produção de fitomassa nestas áreas, observou-se um crescimento considerável das mesmas, provavelmente por estarem sendo beneficiadas pela presença expressiva de leguminosas do gênero *Desmodium*.

Em relação ao comportamento dos outros consórcios, o M + FC, embora tenha acumulado a menor quantidade de fitomassa em relação aos demais consórcios com leguminosas, esse foi manejado com um maior intervalo de tempo que os demais, em relação ao final do experimento. Esta condição proporcionou uma maior decomposição do material vegetal produzido, bem como o nitrogênio aportado beneficiou o crescimento de plantas espontâneas na área. Estes fatores podem ter influenciado os resultados apresentados (Tabelas 6 e 7).

Os resultados obtidos neste experimento, talvez pelas adversidades climáticas, e/ou por ser um período relativamente curto para resultados consistente sobre COT, os consórcios não expressaram seus potenciais em adicionar COT ao sistema. Trabalhos com longa duração, como os de Amado et al. (2001), Bayer et al. (2003), Lovato et al. (2004), mostram o potencial destes consórcios.

4.3.5 Nitrogênio total do solo

Para a produção de fitomassa e grãos é necessário um adequado aporte de nutrientes e condições de pH do solo, independente da fonte. O N é o elemento requerido em maiores quantidades e considerado um dos nutrientes mais limitantes (FRANCO; CAMPELLO, 2005). Esse comportamento pode ser observado no trabalho de Testa (1989), onde em função da aplicação de 120 kg N. ha⁻¹ se obteve um incremento de 240% na produção de fitomassa da parte aérea de plantas de milho, no sistema de culturas aveia/milho. No entanto, neste mesmo trabalho o autor mostra a contribuição do efeito cumulativo de sistemas de consórcios com leguminosas, no fornecimento de N, para o rendimento do milho, com produções semelhantes aos seus respectivos tratamentos que receberam N na forma mineral. Resultados como obtidos pelo autor, demandam estudos em experimentos de longa duração.

No presente estudo, praticamente todos os sistemas apresentaram aporte de N ao sistema, se comparados ao tratamento PO, todos pelo menos mantiveram os teores iniciais de N (Tabelas 6 e 7), enquanto que em PO houve um balanço (adição/mineralização) negativo deste nutriente. O sistema M + MP apresentou um incremento de 90% no teor de N total no solo, em relação aos teores iniciais, o que o torna, entre os sistemas estudados, o mais promissor no fornecimento de N para a cultura do milho em sucessão. Amado et al. (2001) computaram, em oito anos de experimento, um incremento de $1,27 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de N pelo consórcio milho + mucuna preta, em relação ao pousio/milho na camada de 0-20 cm de profundidade. Scivitarro et al. (2003) encontraram um maior aproveitamento do N aplicado via uréia com a presença da MP, bem como, uma maior permanência no ambiente deste nutriente quando proveniente desta cultura, em comparação a da fonte mineral, indicando uma menor perda deste nutriente do sistema.

O tratamento MS também apresentou um incremento de 48% nos teores de N total no solo. Este N possivelmente está atrelado a presença do *Desmodium* spp, espécies leguminosas de reconhecida importância no fornecimento de N ao campo nativo no RS.

Trabalhos como o de Mielniczuk (1987) e Lovato et al. (2004) também demonstram o incremento de N ao solo que sistemas consorciados com leguminosas proporcionam. Esses autores trabalharam, entre outros tratamentos, com o consórcio de milho + feijão caupi, o qual superou o sistema aveia/milho com adição de $139 \text{ Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, em adição de carbono total e N no sistema. Comportamento diferente dos dados obtidos neste estudo (Tabelas 6 e 7), em que os níveis de N ao final de um ano agrícola, praticamente não diferiram da condição inicial do solo. Esta discrepância decorre, principalmente, pelo fato do FC ter sido manejado com antecedência de sete meses a data (26/09/2009) em que ocorreu a coleta final do experimento. Parte do N adicionado pelo FC pode estar retido nas plantas espontâneas, bem como pelo fato deste elemento ficar por um maior período sujeito as ações climáticas, conseqüentemente perdas. Os dados da tabela 7 reforçam esta hipótese, pois ocorreram incrementos de N em profundidade, indicando que houve lixiviação de parte deste elemento.

O sistema M + GA, também não apresentou (Tabelas 6 e 7) incrementos nos teores de N do solo. Contudo, aportou uma considerável quantidade de N ao sistema (Tabela 3), sendo que este nutriente se encontra nos tecidos, em especial nos ramos, o qual ainda não tinha sofrido um processo de decomposição capaz de liberar a quantia de N aportada pela fitomassa aérea da cultura, até o momento da coleta. Parte deste N também pode estar mobilizado na decomposição do milho. Diekow et al (2002)²⁹ também relatam que a cultura do guandu, em consórcio com milho, tem decomposição lenta com taxa relativamente baixa

²⁹ Trabalho apresentado na Fertbio 2002. Acesso em 05/01/2010 no sitio: <<http://w3.ufsm.br/ppgcs/congressos/Fertbio2002/24.pdf>>

de mineralização deste nutriente. Estes autores atribuem este comportamento a considerável presença de lignina nos tecidos do GA.

Os dados expressos nas tabelas 6 e 7 mostram um considerável incremento de N na profundidade de 5–10 cm, o que pode estar atrelado a lixiviação de parte do N decomposto dos tecidos das leguminosas, bem como da exsudação de compostos nitrogenados pelas raízes dessas.

5 Resultados socioeconômicos

5.1 Aspectos econômicos

É comum ouvir dos agricultores que nas últimas décadas cada vez mais vem encolhendo as margens líquidas, provenientes de suas atividades agropecuárias. Estas condições estão atreladas, principalmente, ao aumento dos custos diretos, puxados pelos insumos, mem como pela redução, estagnação ou baixos reajustes aos preços recebidos pelos produtos comercializados pelos agricultores. Estas flutuações de preços são comandadas pelo mercado (MONTROYA; GUILHOTO, 2001). Daí a importância dos agricultores familiares produzirem parte de seus alimentos e de seus insumos, de modo a ficar mais protegido destas flutuações, garantindo desta maneira sua segurança alimentar.

As pesquisas têm papel importante neste contexto, principalmente ao estudar manejos que visem aumentar a eficiência e diminuir os custos dos sistemas produtivos, sem comprometer a qualidade do alimento e/ou produto e mantendo ou melhorando as condições do solo.

A tabela 9 apresenta os custos diretos dos sistemas produtivos propostos. Na época de aquisição dos insumos (setembro de 2008). Os fertilizantes, em especial o fertilizante mineral, estavam com os preços inflacionados (R\$ 1840,00, R\$ 575,00 e R\$ 1980,00.Mg⁻¹ para fertilizantes orgânico, mineral e uréia, respectivamente). Isto fez com que elevasse os custos dos sistemas produtivos estudados e, associado a baixa produção, impulsionasse o déficit econômico dos mesmos, resultando num balanço econômico negativo (Tabela 10).

A tabela 10 evidencia a importância de se estudar fontes alternativas de nutrientes, pois ao simular que todos os sistemas produtivos, com adição de nutrientes, alcançassem os 4000 Kg esperados inicialmente, somente os tratamentos fertilizados com fonte orgânica apresentariam resultados econômicos positivos, devido ao seu menor custo na ocasião. No entanto, se considerar as produções observadas com os valores atuais dos fertilizantes, a fonte mineral, embora não tenha revertido o déficit econômico, proporcionaria uma redução que variaria de R\$ 150,00 a R\$ 200,00, entre os sistemas produtivos estudados, com custos similares, sendo esta diferença proporcionada pela diferença na resposta produtiva do milho encontrada neste trabalho.

TABELA 9 – Componentes do custo direto (R\$.ha⁻¹) para implantação dos sistemas de produção de milho consorciados ou não com plantas de cobertura de solo com crescimento estival. Santa Maria – RS, setembro de 2008 a março de 2009.

Tratamentos	Custos diretos em R\$.ha ⁻¹					Total	
	Calcário	Fertilizante	Semente	Herbicidas	Inseticidas		
M + FC	A O	55,70	626,70	140,00	180,00	24,00	1026,40
	S A	55,70	-	140,00	180,00	24,00	399,70
	A M	55,70	939,60	140,00	180,00	24,00	1339,30
M + GA	A O	55,70	626,70	125,00	138,00	24,00	969,40
	S A	55,70	-	125,00	138,00	24,00	342,70
	A M	55,70	939,60	125,00	138,00	24,00	1282,30
M + MP	A O	55,70	626,70	250,00	138,00	24,00	1094,40
	S A	55,70	-	250,00	138,00	24,00	467,70
	A M	55,70	939,60	250,00	138,00	24,00	1407,30
MS	A O	55,70	626,70	-	180,00	24,00	886,40
	S A	55,70	-	-	180,00	24,00	259,70
	A M	55,70	939,60	-	180,00	24,00	1199,30

TABELA 10 – Desempenho econômico (R\$.ha⁻¹) de sistemas de milho consorciados ou não com plantas de cobertura de solo com crescimento estival. Santa Maria - RS, 2009.

Tratamentos	Produção ³⁰	Milho ³¹	Valor Bruto	Custo	Receita líquida	
M + FC	A O	795,00	17,00	225,30	1026,40	-801,20
	S A	269,00	17,00	76,20	399,70	-323,50
	A M	1273,00	17,00	360,70	1339,30	-978,60
M + GA	A O	1129,00	17,00	319,90	969,40	-649,50
	S A	347,00	17,00	98,30	342,70	-244,40
	A M	1519,00	17,00	430,40	1282,30	-851,90
M + MP	A O	1128,00	17,00	319,60	1094,40	-774,80
	S A	524,00	17,00	148,50	467,70	-319,20
	A M	1828,00	17,00	517,90	1407,30	-889,40
MS	A O	1156,00	17,00	327,50	886,40	-558,90
	S A	651,00	17,00	184,50	259,70	-75,30
	A M	1574,00	17,00	446,00	1199,30	-753,30

Estes resultados negativos, além dos fatores já mencionados, também foram influenciados por custos que possivelmente não seriam verificados, ou em menor

³⁰ Valores retirados da tabela 2.

³¹ Preço médio pago aos agricultores pela saca de 60 Kg no primeiro trimestre de 2009, na região central do RS.

intensidade em cultivos subseqüentes, como o custo com as sementes das plantas de cobertura de verão. Além disso, possíveis melhorias na qualidade do solo podem minimizar a utilização de fertilizantes, sobretudo dos nitrogenados. Noutra simulação, mantendo as mesmas quantidades de fertilizantes aplicados, considerando que o próprio agricultor produziria a sua semente e fosse alcançada a produção pretendida de 4000 Kg.ha⁻¹ para os sistemas com adição de nutrientes, todos esses apresentariam resultados econômicos positivos com variação de 380 a 450 reais de receita líquida por hectare, provenientes somente da cultura do milho.

As tabelas 9 e 10 nos mostram um cenário muito comum na agricultura familiar brasileira. A descapitalização e as dificuldades de acesso a linhas de crédito que subsidiem programas de recuperação do solo, entre outros fatores, os agricultores tendem a adotar sistemas produtivos similares ao “MS sem adubação”, devido aos seus custos menores. No entanto, com baixos índices produtivos. Na propriedade onde foi realizado o experimento, segundo relatos do proprietário, o cultivo do milho não é a principal atividade econômica da mesma, e esse é destinado ao consumo da propriedade. As áreas e as semeaduras foram distribuídas em três espaços e épocas de semeadura, e o sistema de cultivo até então realizado foi baseado na mobilização do solo, com semeadura, geralmente, em cultivo solteiro.

Embora o nível do manejo da fertilização, com média de 35, 60, 60 Kg.ha⁻¹ de N, P e K, respectivamente, seja menor ao utilizado no presente experimento, a produção obtida pelo agricultor foi inferior, com rendimento médio de 785 Kg.ha⁻¹. A última simulação econômica relatada, associada a constatação do sistema de manejo e produção nesta propriedade, demonstra que os sistemas estudados, apresentam vantagens em relação ao praticado pelo agricultor.

5.2 Aspectos relacionados a demanda de mão de obra

A população rural está envelhecendo, e conseqüentemente perdendo capacidade de trabalho. Dados do IBGE confirmam este fato, bem como autores como Schneider (1999) e Toledo (2008) alertam e discorrem sobre estas transformações. Neste contexto, ao realizar pesquisas que tenham um cunho aplicado, é necessário que se leve em consideração a demanda de mão de obra requerida para cada um dos manejos estudados, além dos tradicionalmente estudados, aspectos técnicos e econômicos destes manejos. A agregação deste fator aos demais torna-se importante para o que Gomes; Borba (2004) chamam de re-aproximação entre a produção e a aplicação do conhecimento gerado.

Berton (1998) demonstrou em sua pesquisa que a adoção do plantio direto na pequena propriedade, em 100% dos entrevistados, decorria da economia de mão de obra e 90% da economia de tempo, enquanto que apenas 35% apontaram para a maior produtividade. Esta constatação mostra que as pesquisas estão negligenciando um fator de extrema relevância para a adoção, por parte dos agricultores, de tecnologias e/ou manejos gerados nas instituições de pesquisa.

Na figura 6 é apresentado o fluxo de mão de obra da propriedade³² onde foi realizado o presente estudo. Nota-se que o milho, até por não ser a principal atividade econômica, demanda o menor tempo no fluxo de mão de obra da propriedade. Para esta propriedade durante o tempo estudado, em todos os meses a demanda da mão de obra foi superior a capacidade de trabalho mensal de uma pessoa, mesmo considerando uma jornada de trabalho de 48 horas semanais, sendo necessária a complementação de trabalho por membros de sua família, ou por contratação temporária de mão de obra. É sabido que atividades como olericultura³³ e pecuária leiteira demandam uma considerável mão de obra, como pode ser aferido nestes dados,

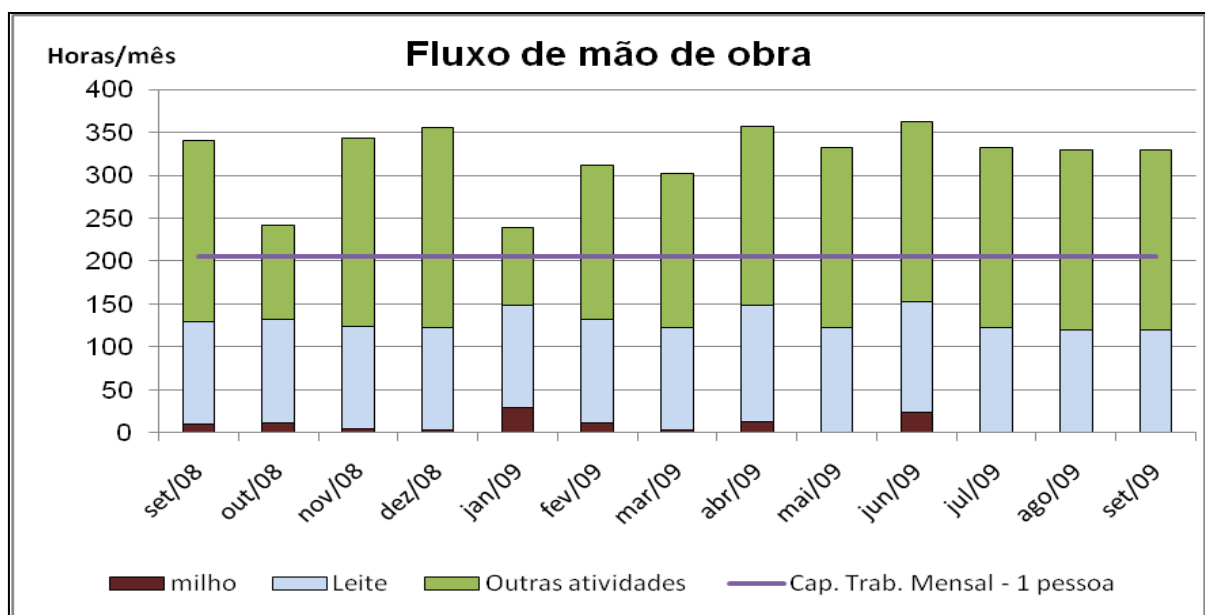


FIGURA 6 – Fluxo de mão de obra mensal de um lote do assentamento Carlos Marighela. Referência da capacidade mensal de trabalho de uma pessoa trabalhando 48 horas semanais. Santa Maria - RS. 2009.

No entanto, também é reconhecida a contribuição, bem como, a distribuição sazonal de renda por parte dessas atividades ligadas a olericultura, principalmente em regiões que

³² Estes dados são baseados na totalidade da área da propriedade.

³³ O item "outras atividades" tem participação de mais de 85% por atividades ligadas a olericultura.

circundam grandes centros urbanos, como é o caso da região central do RS. A contribuição desses produtos na economia dos pequenos agricultores pode ser percebido no trabalho de Dalla Chieza; Neumann (2007), os quais mostram que 92% dos produtos adquiridos no terminal de comercialização da Medianeira em Santa Maria são hortaliças e 70% industrializados como o queijo, produtos diretamente relacionados com as atividades anteriormente comentadas.

A figura 7 (a, b, c e d) apresenta a demanda de mão de obra para os sistemas produtivos estudados, bem como representado pela linha contínua aquela destinada ao cultivo do milho na propriedade onde foi realizado o experimento, ambos transformados para uma área de um hectare. Na propriedade, durante o período de estudo, a cultura do milho foi semeada em três épocas, o que diluiu ao longo do tempo a demanda de mão de obra para o cultivo do mesmo.

Comparando o sistema MS, que é o mais similar ao manejo que o agricultor executa em sua propriedade, nota-se que as diferenças estão alocadas principalmente na execução concentrada ou não da semeadura do milho, que repercute nos manejos subsequentes. Considerando a adoção deste sistema ao que foi realizado na propriedade, durante o experimento, não ocorreria efeito significativo no fluxo de mão de obra. Com pequenos incrementos na demanda de mão de obra nos meses de setembro a novembro de 2008 e em março de 2009, e também pequenos alívios entre os meses de dezembro de 2008 e fevereiro de 2009, o que pode ser considerado uma vantagem, por coincidir com os meses mais quentes do ano.

Já entre os consórcios, a semeadura das plantas de cobertura é uma prática comum entre esses, e causa um incremento considerável na demanda de mão de obra, principalmente por serem realizadas de forma manual. Mesmo desta forma, na propriedade utilizada como referência, esta prática não elevaria a demanda mensal até os maiores picos observado.

No Consórcio M + FC (Figura 7 - a), os incrementos originados pela colheitas das sementes e/ou grãos, nos meses de janeiro e fevereiro de 2009, ocasionariam um impacto considerável na demanda de mão de obra, elevando para um patamar de quase 400 horas mensais. Além desse, outro fator deve ser considerado, é a colheita manual da cultura do feijão caupi, a qual é extremamente penosa, pois para executá-la, o trabalhador permanece por um longo período curvado. Se não bastasse esta posição desconfortável, essa atividade coincidi com épocas de elevadas temperaturas e radiação solar.

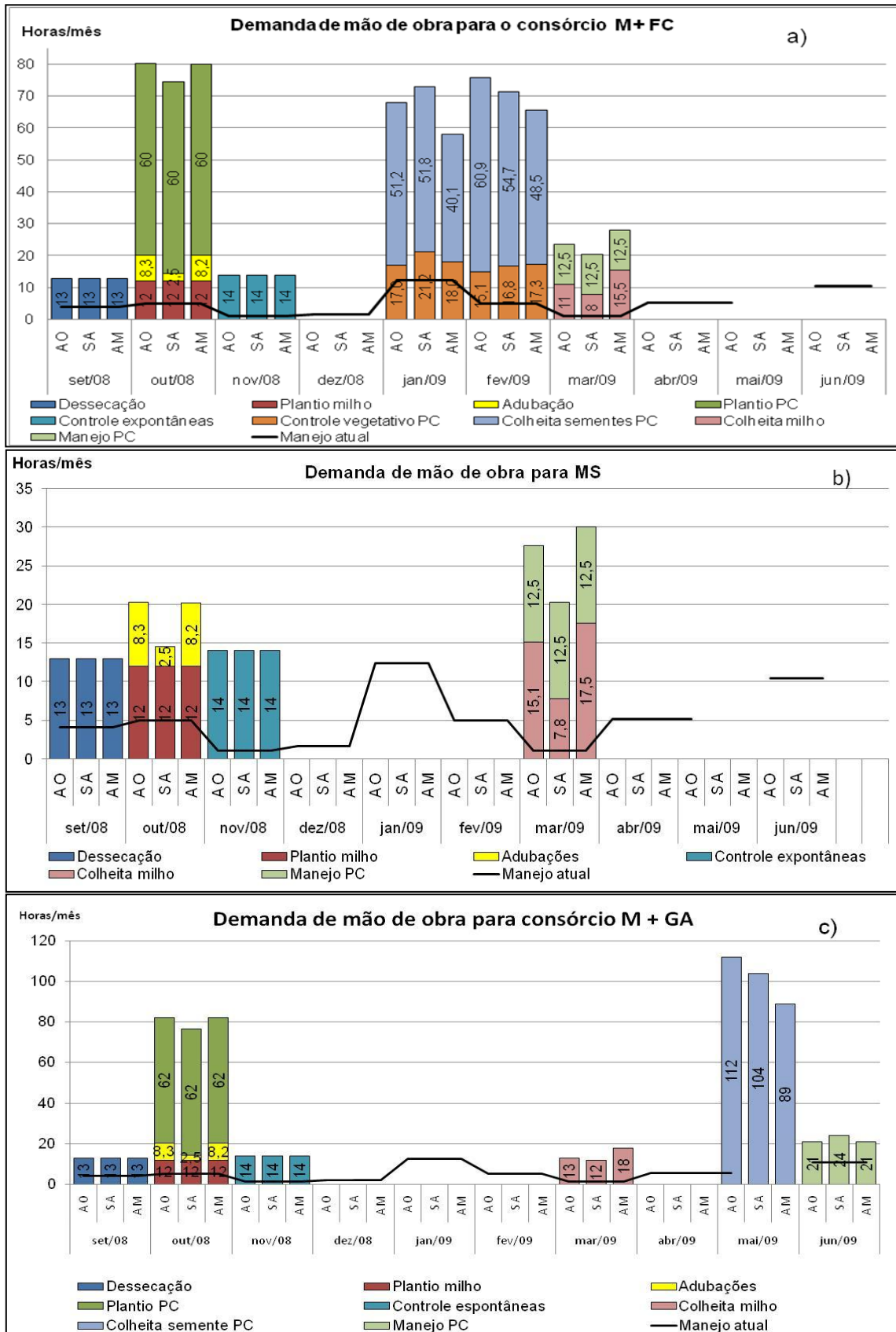


FIGURA 7 – Demanda da mão de obra para manejos em sistemas de cultivo de milho consorciados ou não com plantas de cobertura de solo de verão. Santa Maria – RS, 2009.

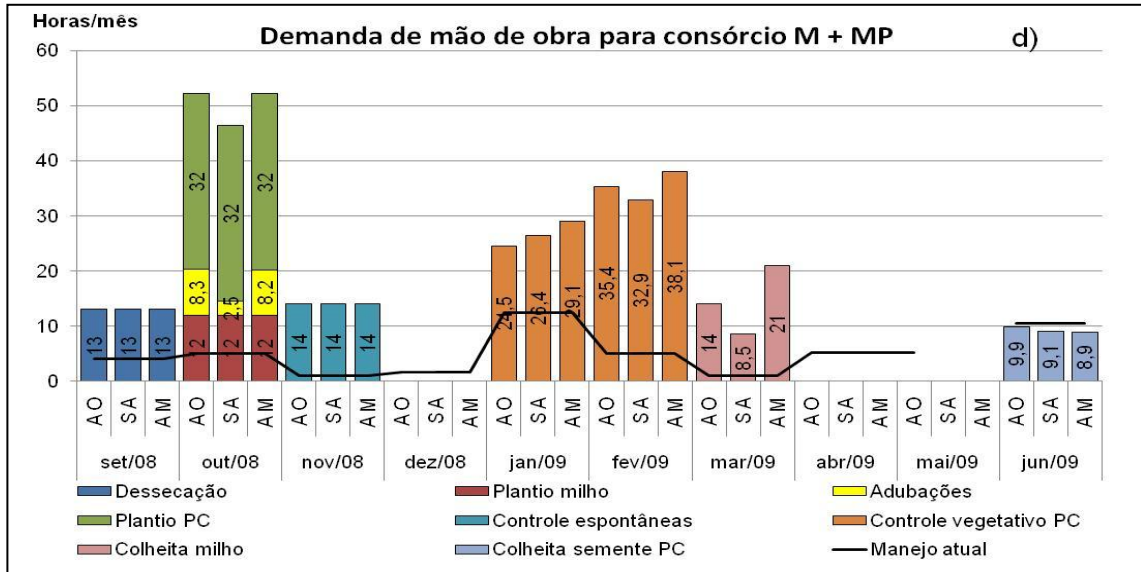


FIGURA 7 – Demanda de mão de obra para manejos em sistemas de cultivo de milho consorciados ou não com plantas de cobertura de solo de verão. Santa Maria – RS, 2009.

Outro consórcio com um incremento na demanda de mão de obra em meses com temperaturas e radiação solar elevada é o M + MP (Figura 7 – d). No entanto, se comparado ao consórcio M + FC, este incremento é relativamente menor, devido ao tamanho das sementes e forma de semeadura da MP. Além disso, o controle vegetativo da MP pode ser executado mantendo-se a postura ereta, ou seja, também é de menor penosidade.

Já o consórcio M + GA, (Figura 7 – c) não promove incrementos da demanda de mão de obra nos meses mais quentes do ano, como os anteriores. Contudo, seu principal incremento ocorreu no mês de maio, o que coincide com um dos meses de maior atividade olerícola, bem como manejos de pastagens. Este fato pode ser considerado uma das poucas desvantagens deste consórcio.

A mecanização da semeadura das plantas de cobertura pode acarretar efeitos positivos na demanda de mão de obra.

6 CONCLUSÕES

A partir dos dados coletados e das observações feitas durante o presente experimento foi possível constatar que a planta de cobertura de solo feijão caupi tem alta capacidade de competição hídrica, e se plantado junto com a cultura do milho, em anos de ocorrência de estiagem, pode comprometer o rendimento de grãos desse.

A hipótese 1 foi parcialmente confirmada, em que se constatou que o consórcio milho + mucuna preta não afetou o rendimento de grãos da cultura do milho. No entanto, os consórcios milho + feijão caupi e milho + guandu anão, competiram hidricamente com a cultura do milho, acarretando em danos no rendimento do mesmo. Em relação ao aspecto aporte de fitomassa, essa hipótese também foi contemplada parcialmente, em termos estatísticos, com superioridade para o consórcio milho + guandu anão, seguido do consórcio milho + mucuna preta. Essas duas plantas de cobertura de solo aportaram as maiores quantidades de nitrogênio ao sistema, via parte aérea.

A hipótese 2 foi confirmada, tanto para rendimentos de grãos como para produção de fitomassa, com superioridade estatística para a adubação mineral seguida da adubação orgânica. Todavia, não foram observadas diferenças estatísticas significativas entre as formas de adubação para atributos físicos do solo e para a maioria absoluta dos atributos químicos do solo.

Também parcialmente confirmada, a hipótese 3, que versa sobre os benefícios dos consórcios sobre atributos químicos, físicos e biológicos do solo. Teve em seus aspectos relacionados aos atributos físicos do solo os resultados mais positivos, observados principalmente, na redução da densidade volumétrica e aumento da macroporosidade. Em relação a agregação do solo, ocorreu uma tendência “natural” a redução da resistência desses ao longo do experimento, com diminuição no DMG no tratamento pousio. Os sistemas estudados, em contrapartida, tenderam a manter a estabilidade dos agregados, mostrando efeito benéfico sobre esse atributo, com destaque para as parcelas com a presença da planta de cobertura guandu anão. No entanto, no sistema consorciado com a mucuna preta, talvez pela alta adição de nitrogênio, constatou-se um efeito negativo sobre este atributo, em especial na camada de 5-10 cm de profundidade.

Já em relação aos atributos químicos do solo, o presente estudo também mostrou efeito benéfico dos sistemas de cultivo sobre a CTC do solo. Contudo, foram observados efeitos negativos sobre outros atributos químicos, como elevação da acidez potencial, expresso pela queda no pH SMP, na saturação por bases e elevação na saturação por alumínio. Todavia, estes efeitos também foram constatados na área em pousio, mostrando

estar ligada a algum efeito do ambiente. Também se verificou uma considerável diminuição nos teores de potássio no solo.

Não foram constatados aumentos nos teores iniciais de carbono no solo. No entanto, os sistemas mantiveram os teores iniciais, diferente da área em pousio, que apresentou decréscimo deste elemento. Em relação aos teores de nitrogênio, observou-se um incremento de todos os sistemas, exceto o milho + guandu anão, com destaque para o consórcio milho + mucuna preta adubado via fonte mineral de nutrientes.

A hipótese 4, que versa sobre os impactos socioeconômicos dos sistemas propostos, foi confirmada. Os dados coletados apresentaram um custo inicial elevado, com margens líquidas negativas. É importante ressaltar que a baixa produtividade influenciou nestes resultados. Todavia, este custo tende a diminuir já no segundo ano de cultivo. Via simulações os sistemas apresentaram potencial de rendimento econômico. No que tange as demandas de mão de obra por parte dos manejos, as atividades que mais influenciaram foram a semeadura das plantas de cobertura, os manejos de contenção vegetativo e colheita das sementes das mesmas. Com destaque para a o sistema milho + feijão caupi, que além de demandar considerável mão de obra, a colheita das sementes é um processo penoso para os trabalhadores.

Talvez a conclusão mais importante seja a confirmação de que é possível aproximar a pesquisa da realidade dos agricultores, sem que se perca o rigor científico nos dados. Esta condição é ainda mais possível a medida que se avance na maturidade em planejamento e condução de experimentos.

SUGESTÕES PARA ESTUDOS FUTUROS

Analisar, em experimentos de longa duração, os efeitos dos sistemas estudados neste trabalho. Incluir a esses, os consórcios como milho + feijão de porco, milho + crotalária, milho + lab-lab e milho + soja perene. Para que também se tenha dados do comportamento de outras espécies, as quais têm características distintas de hábitos de crescimento, produção de fitomassa e aporte de nitrogênio ao sistema.

É importante, reforçar a idéia de que estes estudos devem se aproximar, respeitando os limites do rigor científico, ao máximo da realidade dos manejos executados pelos pequenos agricultores familiares. Se possível desenvolver os ensaios dentro das propriedades, aliando a pesquisa com a extensão. Desta forma, potencializando os impactos socioeconômicos nas comunidades pelos resultados gerados.

Estudar com maior detalhamento o efeito da cultura do guandu anão sobre a agregação no solo, bem como, o efeito de plantas com altas taxas de adições e com rápida liberação de nitrogênio, sobre esse atributo.

Incluir aos estudos, que possuam um cunho aplicado, o efeito da demanda de mão de obra pelos sistemas/manejos estudados, de modo a entender melhor os fatores determinantes da adoção das práticas de manejos estudadas. Assim, pode-se ajustar os estudos futuros para aumentar as chances de adoção dos mesmos pelos agricultores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, S. L. REICHERT, J. M.; REINERT, D. J. Escarificação mecânica e biológica para redução da compactação em Argissolo franco-arenoso sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n.3, p. 519-531, 2004.

ADDISCOTT, T. M. Entropy and sustainability. **European Journal of Soil Science**. Oxford, Ingraterra, v. 46, p. 161-168, June. 1995.

AITA, C.; GIACOMINI, S. J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura de solo solteiras e consorciadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, p. 601-612, 2003.

_____; GIACOMINI, S. J.; FRIES, M. R. Ciclagem de nutrientes no solo com plantas de cobertura e dejetos de animais. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO, 2000, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: 2000. 1 CD-ROM.

_____; PORT, O.; GIACOMINI, S. J. Dinâmica do de nitrogênio no solo e produção de fitomassa por plantas de cobertura no outono/inverno com uso de dejetos suínos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, p. 901-910, 2006.

ALBUQUERQUE, J. A. et al. Relação de atributos do solo com a agregação de um latossolo vermelho sob sistemas de preparo e plantas de verão para cobertura do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 3. p. 415-424, 2005.

ALCÂNTARA, F. A. et al. Adubação verde na recuperação da fertilidade de um latossolo vermelho-escuro degradado. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 2, p. 277-288, 2000.

ALTIERI, M. A. **Agroecologia**: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável. 3. ed. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 2001. 110 p.

_____; NICHOLS, C. I. Agroecologia: resgatando a agricultura orgânica a partir de um modelo industrial de produção e distribuição. **Revista Ciência & Ambiente**, Santa Maria, v. 27, p. 141-153, 2003.

AMADO, T. J. C.; et al. Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, p. 189-197, 2001.

_____; ELTZ, F. L. F. Plantio direto na palha rumo a sustentabilidade agrícola nos trópicos. **Revista Ciência & Ambiente**, Santa Maria, v. 27, p. 49-66, 2003.

ANGHINONI, I.; BISSANI, C. A. Fósforo e adubos fosfatados. In: BISSANI, C. A. et al. (Eds). **Fertilidades dos solos e manejo da adubação de culturas**. Porto Alegre: Ed. Genesis, 2004. p. 117–138.

ANGHINONI, I.; MEURER, E. J. Suprimento de nutrientes pelo solo e sua absorção pelas plantas. In: BISSANI, C. A. et al.(Eds). **Fertilidades dos solos e manejo da adubação de culturas**. Porto Alegre: Ed. Genesis, 2004, p. 33–40.

ARF, O. et al. Efeito da época de semeadura da mucuna-preta (*Stizolobium aterrimum*) e lab-lab (*Dolichos lablab*) intercaladas na cultura do milho (*Zea mays*). **Revista Ciência Agrotecnica**, Lavras, v. 24, n. 4, p. 898-904, 2000.

ARGENTA, G. et al. Manejo do nitrogênio no milho em semeadura direta em sucessão a espécies de cobertura de solo no inverno e em dois locais. II: efeito sobre o rendimento de grãos. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v. 29, n. 4, p. 587–593, 1999.

ASSIS, C. P. de. et al. Carbono e nitrogênio em agregados de latossolo submetido a diferentes sistemas de uso e manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 10, p. 1541-1551, 2006.

BALBINOT, J. R. et al. Contribuição de componentes de rendimento na produtividade de grãos em variedades de polinização aberta de milho. **Revista Brasileira de Agrocência**, Pelotas, v.11, n. 2, p. 161-166, 2005.

BAYER, C. **Dinâmica da matéria orgânica em sistemas de manejo de solos**. 1996. 240 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1996.

_____ et al. Armazenamento de carbono em frações lábeis na matéria orgânica de um Latossolo Vermelho sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.5, p.1047-1054, 2004.

_____ et al. Incremento de carbono e nitrogênio num latossolo pelo uso de plantas estivais para cobertura do solo. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 3, p. 469-475, 2003.

_____; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G, A. et al. (Eds) **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2. ed. Porto Alegre: Ed. Metrópole, 2008. p. 7 – 18.

_____; _____; MARTIN-NETO, L. Efeito de sistemas de preparo e de cultura na dinâmica da matéria orgânica e na mitigação das emissões de CO₂. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, p. 599-607, 2000.

_____; _____; PAVINATTO. Sistemas de manejo do solo e seus efeitos sobre o rendimento do milho. **Revista Ciência Rural**. Santa Maria, v. 28, n. 1, p. 23-28, 1998.

BERTON, A. L. Viabilidade do plantio direto na pequena propriedade. In: CONFERÊNCIA ANUAL DE PLANTIO DIRETO, 3., Passo Fundo. **Resumos...** Passo Fundo: Aldeia Norte Editora, 1998. p. 43-48.

BINSWAGANGER, H.; DEININGER, K.; FEDER, G. Poder, distorções, revolta nas relações de terras agrícolas. In: TEÓFILO, E. et al. (Org.). **A economia da reforma agrária: evidências internacionais**. Brasília: Ministério do Desenvolvimento Agrário, 2001. p. 41– 160.

BISSANI, C. A.; ANGHINONI, I. Enxofre, cálcio e magnésio. In: _____ et al.(Eds). **Fertilidades dos solos e manejo da adubação de culturas**. Porto Alegre: Ed. Genesis, 2004. p. 207–220.

BLUM, R. Agricultura familiar: estudo preliminar da definição, classificação e problemática. In: TEDESCO, J. C. et al. (Org.). **Agricultura familiar: realidades e perspectivas**. 3. ed. Passo Fundo: EDIUF, 2001. p. 57–108.

BOER, C. A. et al. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo do cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 9, p. 1269-1276, 2007.

BOGO, A. **Arquitetos de sonhos**. São Paulo: Expressão Popular, 2003. p 24–39.

BORBA, M. F. S; GOMES, J. C. C; TRUJILLO, R. G. **Postura epistemológica para abordagem do desenvolvimento rural de áreas marginais**. [S. l.: s. n.], [20]. Disponível em <www.itcp.usp.br/.../Postura_epistemologica_para_abordagem_do_desenvolvimento_de_areas_marginais.doc>. Acesso em: 08 julho 2009.

BRASIL. Lei n. 4.504, de 30 de novembro de 1964. Dispõe sobre o Estatuto da Terra, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Brasília, 30 nov. 1964. Disponível em <<http://www.planalto.gov.br/ccivil/leis/L4504.htm>>. Acesso em: 15 junho 2008.

BURLE, M. L.; MIELNICZUK, J.; FOCCHI, S. Effect of cropping on soil chemical characteristics, with emphasis on soil acidification. **Plant and Soil**, Copenhagen, Dinamarca, p. 309–316, 1997.

CAMPOS, B. C. Dinâmica da agregação induzida pelo uso de plantas de inverno pra cobertura de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, p. 383–391, 1999.

CAMPOS, B. C. et al. Estabilidade estrutural de um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico após sete anos de rotação de culturas e sistemas de manejo de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.19, n.1, p.121-126, 1995.

CANUTO, J. C. A pesquisa e os desafios da transição agroecológica. **Revista Ciência & Ambiente**, Santa Maria, v. 27, p. 133-140, jul./dez. 2003.

CAPORAL, F. R.; COSTABEBER, J. A. Agroecologia: Enfoque científico e estratégico para apoiar o desenvolvimento rural sustentável. In: _____; _____. **Agroecologia e extensão rural: contribuições para a promoção do desenvolvimento rural sustentável**. Brasília: MDA/SAF/DATER, 2007. p. 95–120.

CAPORAL, F.; COSTABEBER, J. A.; **Agroecologia: alguns conceitos e princípios**. Brasília: MDA/SAF/DATER-IICA, 2004. 24 p.

CARPENEDO, V.; MIELNICZUK, J. Estado de agregação e qualidade de agregados de Latossolos Roxos, submetidos a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 14, n. 1, p. 99-105,1990.

CHAGAS, E. et al. Decomposição e liberação de nitrogênio, fósforo e potássio de resíduos da cultura do feijoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, p. 723-729, 2007.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre, 2004. 400 p.

CONCEIÇÃO, P. C. et al. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, p. 777-788, 2005.

COSTABEBER, J. A. Transição agroecológica: do produtivismo à ecologização. In. CAPORAL, F. R.; COSTABEBER, J. A. **Agroecologia e extensão rural: Contribuições para a promoção do desenvolvimento rural sustentável**. Brasília: MDA/SAF/DATER, 2007. p. 17–48.

_____; CAPORAL, F. R., Possibilidades e alternativas do desenvolvimento rural sustentável. In: VELA, H. (Org.). **Agricultura familiar e desenvolvimento rural sustentável no MERCOSUL**, Santa Maria: [s.n.], 2003. p. 157–194.

_____; CLARO, S. A. Experimentação participativa e referências tecnológicas para a agricultura familiar. **Revista Ciência & Ambiente**, Santa Maria, v. 29, p. 31-40, jul./dez., 2004.

DALLA CHIEZA, E.; NEUMANN, P. S. Perfil dos consumidores do terminal de comercialização do Projeto Esperança de Santa Maria. In: XXII JORNADA ACADÊMICA INTEGRADA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA, 22., 2007, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: [s. n.], 2007. 1 CD ROM.

DIAS, P. F.; SOUTO, S. M. Consórcios com potencial de uso como adubo verde no município de Paty do Alferes-RJ. **Revista Agronomia**, Seropédica, v.39, n.1/2, p. 65-70, 2005. Disponível em <<http://www.ia.ufrj.br/revista/Vol.%2039%20-2005/DPF/Trab%2010%20-%20Consortio%20com%20potencial.pdf>>. Acesso em: 11 janeiro 2010.

DIEKOW, J. et al. **Nitrogênio inorgânico do solo em sistemas de culturas de milho e leguminosas estivais sob plantio direto**. Santa Maria: [s.n.], 2002. Disponível em <<http://w3.ufsm.br/ppgcs/congressos/Fertbio2002/24.pdf>>. Acesso em: 05 janeiro 2010.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análises de solo**. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, Rio de Janeiro, 1979.

_____. **Marco referencial em agroecologia**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. 70 p.

FIGUEIREDO, C. **Transição agroecológica em sistemas em sistemas de produção de batata**. 2005. 104 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

FORSYTHE, W. M. Las propiedades físicas, los factores físicos de crecimiento y la productividad del suelo. **Fitotecnia Latino Americana**, San Jose, v.4, p.165–176, 1967.

FRANCO, A. A.; CAMPOLLO, E. F. C. Manejo nutricional integrado na recuperação de áreas degradadas e na sustentabilidade dos sistemas produtivos utilizando a fixação biológica de nitrogênio como fonte de nitrogênio. In: AQUINO, A. M.; ASSIS, R. L. (Eds.). **Processos biológicos no sistema solo-planta: ferramentas para uma agricultura sustentável**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. p. 201–220.

GIACOMINI, S. J. et al. Liberação de fósforo e potássio durante a decomposição de resíduos culturais em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 9, p. 1097-1104, 2003.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. 3. ed. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 2005. 654 p.

GOMES, J. C. C. Pluralismo epistemológico e metodológico como base para o paradigma ecológico. **Revista Ciência & Ambiente**, Santa Maria, v. 27, p. 121-132, jul./dez., 2003.

_____; BORBA, M. Limites e possibilidades da Agroecologia como base para sociedades sustentáveis. **Revista Ciência & Ambiente**, Santa Maria, v. 29, p. 05-14, jul./dez., 2004.

HEINRICH, R; et al. Características químicas de solo e rendimento de fitomassa de adubos verdes e de grãos de milho, decorrente do cultivo consorciado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 1, p. 71-79, 2005.

HILLEL, D. **Solo e água: fenômenos e princípios físicos**. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 1970. 231 p.

KAMINSKI, J. et al. Acidez e calagem em solos do sul do Brasil: aspectos históricos e perspectivas futuras. **Tópicos em Ciência do Solo**. v. 5, p. 307-332, 2007.

_____ et al. Eficiência da calagem superficial e incorporada precedendo o sistema plantio direto em um Argissolo sob pastagem natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v. 29, p. 573-583, 2005.

KEMPER, W.D.; CHEPIL, W.S. Size distribution of aggregates. In: BLACK, C.A. et al. (Eds.). **Methods of soil analysis: Physical and mineralogical properties, including statistics of measurement and sampling**. Madison, American Society of Agronomy, 1965. p.499-510. (Agronomy Series, 9).

KIEHL, E. J. **Manual de edafologia: relações solo-planta**. São Paulo: CERES, 1979. 264 p.

KLEIN, V. A; CAMARA, R. K. Rendimento da soja e intervalo hídrico ótimo em latossolo vermelho sob plantio direto escarificado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.31, n.2, p. 221-227. 2007.

LANZANOVA, M. E. et al. Atributos físicos do solo em sistema de integração lavoura-pecuária sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do solo**. Viçosa, v. 31. n. 5, p. 1131-1140, 2007.

LETEY, J. Relationship between soil physical properties and crop productions. **Advances in Soil Science**, New York, v.1, p. 277-294, 1985.

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

MEURER, E. J.; INDA JR., A. V. Potássio e adubos potássicos. In: BISSANI, C. A. et al. (Eds). **Fertilidades dos solos e manejo da adubação de culturas**. Porto Alegre: Ed. Genesis, 2004. p. 139–153.

MEURER, E. J.; RHEINHEIMER, D. S.; BISSANI, C. A. Fenômenos de sorção em solos. In: _____. (Ed). **Fundamentos de química do solo**. 2. ed. Porto Alegre: Ed. Genesis, 2004. p. 131-180.

MIELNICZUK, J. Desenvolvimento de sistemas de culturas adaptadas a produtividade, conservação e recuperação de solos. In: MONIZ et al. (Coord.) **A responsabilidade social da ciência do solo**. Campinas: SBCS, 1988. p. 109-116.

MONTOYA, M. A.; GUILHOTO, J. J. M. Mudança estrutural no agronegócio brasileiro e suas implicações na agricultura familiar. In: TEÓFILO, E. et al. (org). **A economia da reforma agrária: evidências internacionais**. Brasília: Ministério do Desenvolvimento Agrário, 2001. p. 179–222.

MOREIRA, J. O.; SIQUEIRA, F. M. S. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2. ed. Lavras: Ed. da UFLA, 2006. 729 p.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**, Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 41 p.

NAHAS, E. **Solubilização microbiana de fosfatos e de outros elementos**. [S.l: s.n.], [19--].

PICCOLO, G. A. **Efecto de la siembra directa sobre la respuesta del maiz y la fertilidad edáfica, em agroecosistemas de minifúndio**. Misiones, Argentina: EEA Cerro Azul, 2007. 19 p. (Informe Técnico, n. 92).

_____; GALANTINI, J. A.; ROSELL, R. A. Organic carbon fractions in a yerba mate plantation on a subtropical Kandihumult of Argentina. **Geoderma**, Amsterdam, v. 123, p. 333–341, 2004.

PIZZANI, R. **Produção e qualidade de forragens e atributos de um Argissolo Vermelho**. 2008. 94 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; BRAIDA, J. A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Revista Ciência & Ambiente**, Santa Maria, v. 27, p. 29-48, jul./dez., 2003.

REINERT, D. J. et al. Limites críticos de densidade do solo para o crescimento de raízes de plantas de cobertura em argissolo vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32. n. 5, 1805-1816, 2008.

_____ et al. **Qualidade física do solo**. Santa Maria: [s.n.], 2006. Material didático. Disponível em: <<http://coralx.ufsm.br/msrs/textos%20download/Apresentacoes%20aulas%20palestras/Qualidade%20fisica%20do%20solo%20-%20Reinert%20et%20al.pdf>>. 2006. Acesso em: 08 outubro 2008.

_____; REICHERT, J. M. Qualidade física dos solos (Unidade 3). In: UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA. Centro de Ciências Rurais. NESAF. **Planejamento integrado de propriedades rurais – solo e água na agricultura familiar**. Santa Maria: Palotti, 2006. 18 p.

ROSCOE, R.; MACHADO, P. L. O A. **Fracionamento físico do solo em estudos da matéria orgânica**. Dourados: EMBRAPA, 2002. 86 p.

SÁ, J. C. M. et al. Organic matter dynamics and carbon sequestration rates for a tillage chronosequence in a brazilian oxisol. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, United States, v. 65, p.1486-1499, 2001.

SAGGIN JÚNIOR, O. J.; SILVA, E. M. R. Micorriza Arbuscular: papel, funcionamento e aplicação da simbiose. In: AQUINO, A. M.; ASSIS, R. L. (Eds). **Processos Biológicos no sistema solo-planta: ferramentas para uma agricultura sustentável**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. p. 101–149.

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

SANTOS, D. R. et al. Fósforo orgânico do solo. In: SANTOS, G. A. et al. (Eds.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2. ed. Porto Alegre: Ed .Metrópole, 2008. p. 101–112.

SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v. 2, n. 3, p. 287-294, 1998.

SCHLINDWEIN, S; PINHEIRO, S; MARTINS, S. A epistemologia da Agroecologia e suas implicações práticas para o desenvolvimento rural: uma proposta metodológica. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 2, n. 2, p. 384-388, 2007. Disponível em <<http://www6.ufrgs.br/seeragroecologia/ojs/viewarticle.php?id=1927&layout=abstract>>. Acesso em: 10 fevereiro 2010.

SCHNEIDER, S. A. S. Ocupação da força de trabalho na agricultura gaúcha: uma análise a partir da pesquisa da EMATER/RS de 1992. **Revista Extensão Rural**, Santa Maria, ano 6, p. 69–96, 1999.

SCIVITTARO, W. B. et al. Transformações do nitrogênio proveniente de mucuna-preta e uréia utilizados como adubo na cultura do milho. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 38, n. 12, p. 1427-1433, 2003.

SELBACH, P. A.; SÁ, E. L. S. de. Adubos orgânicos, organo-minerais e agricultura orgânica. In: BISSANI, C. A. et al. (Eds.). **Fertilidade dos solos e manejo da adubação de culturas**. Porto Alegre: Ed. Genesis, 2004. p. 75–92.

SILVA, A. P.; KAY, B. D. Estimating the least limiting water range of soils from properties and management. **Soil Science Society American Journal**, Madison, United States, v. 61, p. 877-883, 1997.

SILVA, L. O. Latifúndio e construção do estado. **Revista Ciência & Ambiente**, Santa Maria, v. 33, p. 17-28, jul./dez. 2006.

SILVA, L. S.; SANTOS, D. R. Propriedades químicas dos solos (Unidade 4). In: UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA. Centro de Ciências Rurais. NESAF. **Planejamento integrado de propriedades rurais – solo e água na agricultura familiar**. Santa Maria: Palotti, 2006. 18 p.

SILVA, M. A. S. da. et al. Propriedades físicas e teor de carbono orgânico de um argissolo vermelho sob distintos sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, p. 329-337, 2006.

SILVA, R. H.; ROSOLEM, C. A. Crescimento radicular de espécies utilizadas como cobertura decorrente da compactação do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 25, n. 2, p. 253-260, 2001.

SILVEIRA, P. R. Sustentabilidade e transição agroambiental: desafios aos enfoques convencionais de administração e extensão rural. **Revista Extensão Rural**, Santa Maria, ano 4, p. 77–104, 1997.

SIX, J; ELLIOTT, E. T.; PAUSTIAN, K. Soil macroaggregate turnover and microaggregate formation: a mechanism for C sequestration under no-tillage agriculture. **Soil Biology & Biochemistry**, New York, United State, v. 32, p. 2099–2103, 2000.

STEVENSON, F. J. **Cycles of soil**. Chichester: John Wiley and Sons, 1986. 380 p.

STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. da. Efeitos do sistema de preparo e da rotação de culturas na porosidade e densidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 25, n. 2, p. 395-401, 2001.

STRECK, E.D. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2. ed. Porto Alegre: EMATER/RS-ASCAR, 2008. 222 p.

TEDESCO, M. J. et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: Departamento de Solos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174 p. (Boletim Técnico nº 5).

_____; BISSANI, C. A. Acidez do solo e seus efeitos nas plantas. In: BISSANI, C. A. et al. (Eds.). **Fertilidade dos solos e manejo da adubação de culturas**. Porto Alegre: Ed. Genesis, 2004. p. 75–92.

TEÓFILO, E.; MENDONÇA, E. Notas introdutórias. In: _____ et al. (Org). **A economia da reforma agrária: evidências internacionais**. Brasília: Ministério do Desenvolvimento Agrário, 2001. p. 07–40.

TESTA, V. M.; TEIXEIRA, L. A. J.; MIELNICZUK, J. Características químicas de um Podzólico Vermelho-Escuro afetadas por sistemas de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 16, n. 1, p. 107-114, 1992.

TISDALL, J. M.; OADES, J. M. Organic matter and water-stable aggregates in soils. **Journal of Soil Science**, Madison, United States, p. 141–163, 1982.

TOLEDO, E. N. B. A juventude rural e os desafios sucessórios nas unidades familiares de produção. **Revista da Juventude Rural da FETAG-RS**, Porto Alegre, v. 3, n. 3, p. 06–07, 2008.

TORMENA, C. A.; SILVA, A. P. da; LIBARDI, P. L. Caracterização do intervalo hídrico ótimo de um latossolo roxo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 22, n. 4, p. 573-581, 1998.

VIEIRA, M. L.; KLEIN, V. A. Propriedades físico-hídricas de um Latossolo Vermelho submetido a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.31, n. 6, p. 1271-1280, 2007.

WANDERLEY, M. N. B. Raízes históricas do campesinato brasileiro. In: TEDESCO, E. et al (Org.). **Agricultura familiar: realidades e perspectivas**. Passo Fundo: EdiUPF, 3. ed., p. 21-56, 2001. 406 p.

WOHLENBERG, E. V. et al. Dinâmica da agregação de um solo franco-arenoso em cinco sistemas de culturas em rotação e em sucessão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, p. 891-900, 2004.

ANEXOS

ANEXO 1 – Médias observadas para matéria seca (MS) das plantas de cobertura (PC), do Milho e do total adicionado pelo sistema. E do rendimento de grãos (R_GRÃOS) para a cultura do milho. Dados em Kg.ha⁻¹.

CONSÓRCIO	BL	ADUBAÇÃO	MS_PC	MS_MILHO	MS_MILHO + PC	R_GRÃOS
M + FC	1	S A	1666,8	4162,0	5829,0	359,0
M + FC	2	S A	2071,9	2535,0	4606,8	215,6
M + FC	3	S A	2367,7	1505,0	3872,3	235,9
M + FC	4	S A	1964,0	4077,0	6041,3	268,4
M + FC	1	A O	1870,8	7142,0	9012,5	1002,6
M + FC	2	A O	1495,7	3362,0	4857,5	666,4
M + FC	3	A O	1522,1	2988,0	4510,1	631,8
M + FC	4	A O	1468,5	4052,0	5520,5	879,8
M + FC	1	A M	1620,9	6575,0	8196,2	1207,2
M + FC	2	A M	1456,1	4624,0	6079,9	1428,8
M + FC	3	A M	1864,9	2115,0	3979,4	1090,7
M + FC	4	A M	1838,0	5005,0	6843,0	1366,3
M + GA	1	S A	3675,0	4579,0	8253,6	411,3
M + GA	2	S A	5266,0	1944,0	7209,6	290,1
M + GA	3	S A	4424,0	1011,0	5434,7	255,4
M + GA	4	S A	5113,0	4150,0	9263,1	435,1
M + GA	1	A O	1871,0	6856,0	8727,1	1295,7
M + GA	2	A O	6223,0	2722,0	8945,9	1110,8
M + GA	3	A O	7357,0	3672,0	11028,5	1081,2
M + GA	4	A O	6931,0	6644,0	13575,6	1030,4
M + GA	1	A M	6487,0	5639,0	12126,2	1589,8
M + GA	2	A M	7355,0	6684,0	14038,5	1333,0
M + GA	3	A M	5515,0	2088,0	7602,9	1570,7
M + GA	4	A M	7121,0	5701,0	12821,8	1582,3
M + MP	1	S A	4415,0	3607,0	8022,4	507,4
M + MP	2	S A	3638,0	2064,0	5701,9	524,3
M + MP	3	S A	4869,0	1855,0	6724,0	459,2
M + MP	4	S A	5327,0	4182,0	9509,0	607,6
M + MP	1	A O	3034,0	5331,0	8364,8	1256,1
M + MP	2	A O	4021,0	3972,0	7993,1	1204,2
M + MP	3	A O	4523,0	3472,0	7995,3	1041,2
M + MP	4	A O	4295,0	4914,0	9209,5	1013,3
M + MP	1	A M	3565,0	5139,0	8704,1	2097,1
M + MP	2	A M	4223,0	6512,0	10734,8	1695,1
M + MP	3	A M	4329,0	4638,0	8967,4	1593,1
M + MP	4	A M	4722,0	2517,0	7238,8	1927,0
Msol	1	S A	0,0	4535,0	4534,8	570,2
Msol	2	S A	0,0	3801,0	3801,3	610,0
Msol	3	S A	0,0	2289,0	2288,6	615,3
Msol	4	S A	0,0	4803,0	4802,8	809,8
Msol	1	A O	0,0	4470,0	4470,4	1206,9
Msol	2	A O	0,0	5063,0	5062,8	1198,3
Msol	3	A O	0,0	3759,0	3758,7	1166,7
Msol	4	A O	0,0	3950,0	3950,4	1052,4
Msol	1	A M	0,0	7480,0	7480,3	1502,1
Msol	2	A M	0,0	5244,0	5243,9	1512,4
Msol	3	A M	0,0	2335,0	2334,7	1573,1
Msol	4	A M	0,0	6226,0	6226,5	1709,3

ANEXO 2 – Correlações entre classes de tamanho de agregados (8,00 ↔ <0,21 mm), Estabilidade em água (DMG)e Carbono Orgânico Total (COT) e Nitrogênio total do solo (Ntot) para as duas profundidades de 0-5 e 5-10 cm.

Para os anexos 2, 3 e 4 os dados grifados em negrito apresentaram correlação linear significativa em nível de 5% de significância pelo teste de Student. Contudo, os dados grifados em negrito e que apresentam asterisco (*), apresentaram correlação linear significativa em nível de 10% de significância pelo mesmo teste.

Correlação Pousio - profundidade 0 - 5 cm								
Época	8.00 - 4.76	4.76 - 2.00	2.00 - 1.00	1.00 - 0.21	< 0.21	DMG	COT	Ntot
Dados								
Início	56,66	14,38	6,90	6,15	15,91	2,37	9,67	466,50
Início	53,52	13,99	9,86	7,31	15,32	2,27	8,58	607,92
Início	53,18	19,84	12,12	3,82	11,05	2,74	9,47	583,38
Início	58,21	17,01	8,42	3,12	13,23	2,73	9,24	559,27
Final	50,93	19,80	14,89	4,02	10,36	2,70	9,02	426,79
Final	57,86	26,75	9,58	3,09	2,72	3,90	6,83	462,76
Final	42,27	23,82	5,17	5,37	10,61	2,58	8,08	493,42
Final	42,55	20,67	10,70	7,39	18,69	1,87	7,43	512,39
Correlação								
COT	0,34	-0,73	0,09	-0,08	0,37	-0,34	COT x Ntot	
Ntot	0,10	-0,43	-0,07	0,21	0,35	-0,30	0,23	

Correlação Pousio - profundidade 5 - 10 cm								
Época	8.00 - 4.76	4.76 - 2.00	2.00 - 1.00	1.00 - 0.21	< 0.21	DMG	COT	Ntot
Dados								
Início	52,65	9,17	3,60	8,65	19,32	1,95	8,07	337,57
Início	59,22	9,46	3,18	6,24	16,58	2,38	8,76	406,50
Início	62,14	11,94	3,87	6,17	11,72	2,89	8,48	484,38
Início	65,02	13,67	3,49	5,17	9,28	3,29	8,44	409,48
Final	45,92	12,55	12,08	8,20	21,25	1,71	9,64	343,65
Final	50,22	18,64	10,12	6,75	14,28	2,35	6,00	244,92
Final	53,45	18,85	6,78	6,49	14,42	2,45	6,60	286,96
Final	56,32	15,53	7,67	5,91	14,58	2,48	6,39	285,15
Correlação								
COT	0,11	-0,77	-0,19	0,26	0,31	-0,13	COT x Ntot	
Ntot	0,68	-0,66	-0,63	-0,25	-0,30	0,45	0,72	

Correlação consórcio Milho + Feijão Caupi - profundidade 0 - 5 cm

Época	8.00 - 4.76	4.76 - 2.00	2.00 - 1.00	1.00 - 0.21	< 0.21	DMG	COT	Ntot
Dados								
Início	57,20	13,35	5,38	8,40	15,67	2,35	9,67	466,50
Início	38,44	10,25	9,51	11,66	30,15	1,15	8,58	607,92
Início	51,82	12,05	6,07	9,59	20,48	1,88	9,47	583,38
Início	63,02	14,55	3,99	3,68	14,76	2,75	9,24	559,27
Final	50,17	17,06	7,05	6,73	18,98	2,09	9,86	669,50
Final	48,36	17,82	7,08	6,52	20,22	1,98	8,34	597,22
Final	58,71	15,67	7,37	4,05	14,20	2,68	8,53	600,43
Final	53,53	19,70	8,30	5,53	12,94	2,62	9,60	744,12
Correlação								
COT	0,31	0,13	-0,35	0,00	-0,38	0,28	COT x Ntot	
Ntot	-0,27	0,60	0,59	-0,19	-0,06	0,03	0,10	

Correlação consórcio Milho + Feijão Caupi - profundidade 05 - 10 cm

Época	8.00 - 4.76	4.76 - 2.00	2.00 - 1.00	1.00 - 0.21	< 0.21	DMG	COT	Ntot
Dados								
Início	44,00	11,70	5,90	12,21	26,19	1,42	8,07	337,57
Início	54,80	12,20	5,93	9,83	17,23	2,15	8,76	406,50
Início	62,79	11,50	2,83	7,28	15,60	2,54	8,48	484,38
Início	63,54	13,90	3,70	7,17	11,68	2,90	8,44	409,48
Final	41,63	12,77	6,55	11,55	27,50	1,37	8,26	557,93
Final	51,82	14,76	6,19	7,92	19,31	2,07	7,87	553,98
Final	47,01	13,79	7,66	10,17	21,37	1,78	8,59	542,47
Final	44,96	15,40	9,34	9,90	20,40	1,82	8,97	620,04
Correlação								
COT	0,08	0,17	0,33	-0,03	-0,30	0,18	COT x Ntot	
Ntot	-0,33	0,67	0,57	-0,09	0,16	-0,21	0,23	

Correlação Milho solteiro - profundidade 0 - 5 cm

Época	8.00 - 4.76	4.76 - 2.00	2.00 - 1.00	1.00 - 0.21	< 0.21	DMG	COT	Ntot
Dados								
Início	61,87	12,26	4,50	7,40	13,97	2,62	9,67	466,50
Início	49,99	15,80	6,22	9,39	18,60	1,98	8,58	607,92
Início	59,11	13,09	3,96	6,55	17,28	2,36	9,47	583,38
Início	65,59	13,21	3,70	5,16	12,34	3,03	9,24	559,27
Final	54,78	17,23	9,67	4,69	13,63	2,71	9,24	761,14
Final	49,86	21,92	9,33	4,32	14,56	2,54	8,81	836,42
Final	44,51	19,29	10,43	6,13	19,64	1,96	10,15	931,99
Final	47,10	22,23	11,02	4,99	14,65	2,33	10,05	748,31
Correlação								
COT	-0,19	0,15	0,31	-0,24	0,11	-0,15	COT x Ntot	
Ntot	-0,81	0,84	0,88	-0,49	0,35	-0,40	0,23	

Correlação Milho solteiro - profundidade 05 - 10 cm

Época	8.00 - 4.76	4.76 - 2.00	2.00 - 1.00	1.00 - 0.21	< 0.21	DMG	COT	Ntot
Dados								
Início	45,83	11,03	5,76	16,57	20,81	1,58	8,07	337,57
Início	59,80	13,97	4,50	6,04	15,69	2,52	8,76	406,50
Início	54,58	10,30	5,67	6,18	23,26	1,88	8,48	484,38
Início	63,98	13,14	2,81	5,91	14,16	2,76	8,44	409,48
Final	52,54	17,57	7,99	6,40	15,49	2,39	8,04	770,86
Final	46,97	19,20	8,53	7,69	17,61	2,16	8,39	731,62
Final	40,58	16,24	9,37	8,79	25,02	1,55	8,54	770,23
Final	45,55	18,39	10,20	7,93	17,92	2,02	8,10	957,17
Correlação								
COT	0,38	-0,22	-0,40	-0,47	0,10	0,23	COT x Ntot	
Ntot	-0,57	0,85	0,91	-0,26	0,08	-0,16	-0,35	

Correlação consórcio Milho + Guandu anão - profundidade 0 - 5 cm

Época	8.00 - 4.76	4.76 - 2.00	2.00 - 1.00	1.00 - 0.21	< 0.21	DMG	COT	Ntot
Dados								
Início	52,35	13,99	6,15	11,91	15,60	2,13	9,67	466,50
Início	49,45	13,96	6,46	9,75	20,38	1,84	8,58	607,92
Início	58,78	11,06	4,22	8,36	17,57	2,27	9,47	583,38
Início	68,76	12,97	2,34	3,24	12,69	3,14	9,24	559,27
Final	51,00	22,55	10,55	5,11	10,80	2,75	8,93	604,91
Final	57,84	19,81	8,56	4,29	9,51	3,08	8,91	580,01
Final	49,19	19,90	10,33	4,71	15,86	2,45	8,45	526,70
Final	49,47	22,39	10,83	4,81	12,51	2,57	8,80	514,98
Correlação								
COT	0,49	-0,58	-0,62	0,43	-0,03	0,01	COT x Ntot	
Ntot	0,15	-0,02	-0,08	-0,26	0,02	0,13	-0,34	

Correlação consórcio Milho + Guandu anão - profundidade 05 - 10 cm

Época	8.00 - 4.76	4.76 - 2.00	2.00 - 1.00	1.00 - 0.21	< 0.21	DMG	COT	Ntot
Dados								
Início	55,16	11,96	4,69	10,80	17,39	2,10	8,07	337,57
Início	54,60	11,84	5,15	12,34	16,07	2,13	8,76	406,50
Início	61,11	13,47	3,43	6,25	15,74	2,53	8,48	484,38
Início	63,03	11,10	3,30	5,57	16,99	2,49	8,44	409,48
Final	55,45	16,17	7,42	7,16	13,81	2,55	7,67	484,67
Final	57,92	17,28	7,85	4,72	12,23	2,79	7,54	477,22
Final	44,05	15,57	9,42	9,74	21,22	1,90	8,20	435,43
Final	50,26	19,83	7,90	6,47	15,53	2,36	8,14	442,08
Correlação								
COT	0,09	-0,60	-0,56	0,47	0,49	-0,49	COT x Ntot	
Ntot	0,09	0,55	0,32	-0,64	-0,48	0,62	-0,35	

Correlação consórcio Milho + Mucuna preta - profundidade 0 - 5 cm

Época	8.00 - 4.76	4.76 - 2.00	2.00 - 1.00	1.00 - 0.21	< 0.21	DMG	COT	Ntot
Dados								
Início	39,08	15,32	7,73	13,24	24,63	1,38	9,67	466,50
Início	50,66	12,86	5,66	10,12	20,70	1,84	8,58	607,92
Início	66,89	11,39	3,02	6,20	12,50	2,94	9,47	583,38
Início	67,97	12,63	3,16	5,01	11,23	3,19	9,24	559,27
Final	46,10	20,57	10,74	5,61	16,98	2,14	8,82	1005,22
Final	33,75	17,75	11,77	7,99	28,73	1,45	8,43	1270,82
Final	52,24	15,95	6,89	5,69	19,23	2,13	8,39	1027,51
Final	52,10	19,45	9,24	4,56	14,64	2,46	8,18	918,43
Correlação								
COT	0,28	-0,55	-0,52	0,42	-0,18	0,18	COT x Ntot	
Ntot	-0,50	0,71	0,77	-0,40	0,39	-0,31	-0,75	

Correlação consórcio Milho + Mucuna preta - profundidade 05 - 10 cm

Época	8.00 - 4.76	4.76 - 2.00	2.00 - 1.00	1.00 - 0.21	< 0.21	DMG	COT	Ntot
Dados								
Início	45,11	10,82	5,88	12,81	25,38	1,43	8,07	337,57
Início	46,35	10,26	5,85	13,16	24,38	1,49	8,76	406,50
Início	55,20	13,07	3,78	9,78	18,17	2,10	8,48	484,38
Início	62,00	12,40	3,29	7,47	14,84	2,57	8,44	409,48
Final	36,56	15,26	8,08	11,78	28,31	1,25	7,58	1030,16
Final	38,03	17,59	10,52	9,55	24,30	1,60	8,67	1445,81
Final	38,01	14,61	8,05	11,89	27,45	1,34	8,41	895,34
Final	46,67	15,06	6,70	8,73	22,83	1,80	8,65	1109,22
Correlação								
COT	0,31	-0,04	-0,08	-0,31	-0,40	0,37	COT x Ntot	
Ntot	-0,65	0,95	0,85	-0,24	0,42	-0,33	0,03	

ANEXO 3 – Análises de correlação entre atributos físicos do solo. Classes de tamanho de agregados (8.00 ↔ <0.21); estabilidade em água (DMG), densidade volumétrica (DS), macroporosidade (Map), microporosidade (Mip) e porosidade total (PT). Em duas profundidades: 0-5 e 5-10 cm.

Correlação Pousio - profundidade 0 - 5 cm										
Época	8.00 - 4.76	4.76 - 2.00	2.00 - 1.00	1.00 - 0.21	< 0.21	DMG	DS	Map	Mip	PT
Dados										
Início	56,66	14,38	6,90	6,15	15,91	2,37	1,58	12,08	24,33	36,41
Início	53,52	13,99	9,86	7,31	15,32	2,27	1,58	12,05	23,59	35,65
Início	53,18	19,84	12,12	3,82	11,05	2,74	1,62	11,28	23,66	34,94
Início	58,21	17,01	8,42	3,12	13,23	2,73	1,59	11,80	23,86	35,66
Final	50,93	19,80	14,89	4,02	10,36	2,70	1,49	11,02	27,39	38,41
Final	57,86	26,75	9,58	3,09	2,72	3,90	1,43	22,56	20,73	43,29
Final	42,27	23,82	5,17	5,37	10,61	2,58	1,53	12,98	23,15	36,13
Final	42,55	20,67	10,70	7,39	18,69	1,87	1,59	8,43	25,02	33,45
Correlação										
DS	-0,10	-0,68	-0,10	0,40	0,79	-0,74		-0,77	0,26	-0,92
Map	0,46	0,59	-0,18	-0,50	-0,86	0,92			-0,77	0,92
Mip	-0,30	-0,42	0,54	0,22	0,52	-0,61				-0,45
PT	0,46	0,56	0,08	-0,57	-0,88	0,90				

Correlação Pousio - profundidade 5 - 10 cm										
Época	8.00 - 4.76	4.76 - 2.00	2.00 - 1.00	1.00 - 0.21	< 0.21	DMG	DS	Map	Mip	PT
Dados										
Início	52,65	9,17	3,60	8,65	19,32	1,95	1,67	9,19	23,69	32,88
Início	59,22	9,46	3,18	6,24	16,58	2,38	1,56	11,12	21,49	32,61
Início	62,14	11,94	3,87	6,17	11,72	2,89	1,66	11,16	21,88	33,05
Início	65,02	13,67	3,49	5,17	9,28	3,29	1,63	10,49	22,36	32,85
Final	45,92	12,55	12,08	8,20	21,25	1,71	1,60	11,29	20,10	31,39
Final	50,22	18,64	10,12	6,75	14,28	2,35	1,37	23,86	18,86	42,72
Final	53,45	18,85	6,78	6,49	14,42	2,45	1,60	11,70	20,01	31,71
Final	56,32	15,53	7,67	5,91	14,58	2,48	1,59	11,81	20,41	32,22
Correlação										
DS	0,39	-0,57	-0,53	0,08	0,01	0,14		-0,95	0,75	-0,88
Map	-0,35	0,62	0,52	-0,07	-0,13	-0,05			-0,71	0,96
Mip	0,50	-0,78	-0,80	0,13	-0,04	0,19				-0,47
PT	-0,22	0,45	0,31	-0,03	-0,17	0,02				

Correlação consórcio Milho + Feijão caupi - profundidade 0 - 5 cm

Época	8.00 - 4.76	4.76 - 2.00	2.00 - 1.00	1.00 - 0.21	< 0.21	DMG	DS	Map	Mip	PT
Dados										
Início	56,66	14,38	6,90	6,15	15,91	2,37	1,58	12,08	24,33	36,41
Início	53,52	13,99	9,86	7,31	15,32	2,27	1,58	12,05	23,59	35,65
Início	53,18	19,84	12,12	3,82	11,05	2,74	1,62	11,28	23,66	34,94
Início	58,21	17,01	8,42	3,12	13,23	2,73	1,59	11,80	23,86	35,66
Final	50,93	19,80	14,89	4,02	10,36	2,70	1,44	15,98	25,20	41,18
Final	57,86	26,75	9,58	3,09	2,72	3,90	1,39	18,42	23,68	42,10
Final	42,27	23,82	5,17	5,37	10,61	2,58	1,55	12,62	23,31	35,93
Final	42,55	20,67	10,70	7,39	18,69	1,87	1,51	13,10	23,77	36,87
Correlação										
DS	0,03	-0,66	-0,33	0,27	0,60	-0,55		-0,98	-0,35	-0,97
Map	0,15	0,66	0,31	-0,40	-0,73	0,71			0,31	0,98
Mip	0,20	-0,24	0,60	-0,17	0,03	-0,04				0,50
PT	0,18	0,55	0,42	-0,40	-0,66	0,64				

Correlação consórcio Milho + Feijão caupi - profundidade 5 - 10 cm

Época	8.00 - 4.76	4.76 - 2.00	2.00 - 1.00	1.00 - 0.21	< 0.21	DMG	DS	Map	Mip	PT
Dados										
Início	52,65	9,17	3,60	8,65	19,32	1,95	1,67	9,19	23,69	32,88
Início	59,22	9,46	3,18	6,24	16,58	2,38	1,56	11,12	21,49	32,61
Início	62,14	11,94	3,87	6,17	11,72	2,89	1,66	11,16	21,88	33,05
Início	65,02	13,67	3,49	5,17	9,28	3,29	1,63	10,49	22,36	32,85
Final	45,92	12,55	12,08	8,20	21,25	1,71	1,61	8,69	25,73	34,42
Final	50,22	18,64	10,12	6,75	14,28	2,35	1,54	10,95	23,31	34,26
Final	53,45	18,85	6,78	6,49	14,42	2,45	1,63	10,75	17,60	28,36
Final	56,32	15,53	7,67	5,91	14,58	2,48	1,56	13,57	20,66	34,23
Correlação										
DS	0,22	-0,38	-0,43	0,27	-0,04	0,12		-0,51	0,03	-0,35
Map	0,42	0,35	-0,13	-0,70	-0,51	0,46			-0,58	0,04
Mip	-0,37	-0,45	0,33	0,55	0,47	-0,42				0,79
PT	-0,14	-0,29	0,31	0,15	0,19	-0,17				

Correlação Milho solteiro - profundidade 0 - 5 cm

Época	8.00 - 4.76	4.76 - 2.00	2.00 - 1.00	1.00 - 0.21	< 0.21	DMG	DS	Map	Mip	PT
Dados										
Início	56,66	14,38	6,90	6,15	15,91	2,37	1,58	12,08	24,33	36,41
Início	53,52	13,99	9,86	7,31	15,32	2,27	1,58	12,05	23,59	35,65
Início	53,18	19,84	12,12	3,82	11,05	2,74	1,62	11,28	23,66	34,94
Início	58,21	17,01	8,42	3,12	13,23	2,73	1,59	11,80	23,86	35,66
Final	50,93	19,80	14,89	4,02	10,36	2,70	1,46	16,03	25,24	41,27
Final	57,86	26,75	9,58	3,09	2,72	3,90	1,30	23,54	23,48	47,02
Final	42,27	23,82	5,17	5,37	10,61	2,58	1,50	14,72	23,40	38,12
Final	42,55	20,67	10,70	7,39	18,69	1,87	1,41	15,61	24,98	40,58
Correlação										
DS	0,20	-0,77	-0,14	0,12	0,50	-0,47		-0,96	-0,18	-0,98
Map	0,02	0,80	0,11	-0,31	-0,71	0,70			-0,01	0,99
Mip	-0,26	-0,19	0,57	0,23	0,42	-0,45				0,16
PT	-0,03	0,76	0,20	-0,27	-0,63	0,61				

Correlação Milho solteiro - profundidade 5 - 10 cm

Época	8.00 - 4.76	4.76 - 2.00	2.00 - 1.00	1.00 - 0.21	< 0.21	DMG	DS	Map	Mip	PT
Dados										
Início	52,65	9,17	3,60	8,65	19,32	1,95	1,67	9,19	23,69	32,88
Início	59,22	9,46	3,18	6,24	16,58	2,38	1,56	11,12	21,49	32,61
Início	62,14	11,94	3,87	6,17	11,72	2,89	1,66	11,16	21,88	33,05
Início	65,02	13,67	3,49	5,17	9,28	3,29	1,63	10,49	22,36	32,85
Final	45,92	12,55	12,08	8,20	21,25	1,71	1,61	10,60	23,46	34,06
Final	50,22	18,64	10,12	6,75	14,28	2,35	1,54	13,44	21,68	35,12
Final	53,45	18,85	6,78	6,49	14,42	2,45	1,58	11,86	20,44	32,30
Final	56,32	15,53	7,67	5,91	14,58	2,48	1,56	11,45	22,27	33,72
Correlação										
DS	0,30	-0,57	-0,48	0,28	-0,04	0,14		-0,75	0,50	-0,41
Map	-0,16	0,79	0,47	-0,39	-0,32	0,15			-0,68	0,55
Mip	-0,28	-0,59	0,12	0,62	0,52	-0,43				0,24
PT	-0,53	0,37	0,75	0,19	0,17	-0,30				

Correlação consórcio Milho + Guandu ano - profundidade 0 - 5 cm

Época	8.00 - 4.76	4.76 - 2.00	2.00 - 1.00	1.00 - 0.21	< 0.21	DMG	DS	Map	Mip	PT
Dados										
Início	56,66	14,38	6,90	6,15	15,91	2,37	1,58	12,08	24,33	36,41
Início	53,52	13,99	9,86	7,31	15,32	2,27	1,58	12,05	23,59	35,65
Início	53,18	19,84	12,12	3,82	11,05	2,74	1,62	11,28	23,66	34,94
Início	58,21	17,01	8,42	3,12	13,23	2,73	1,59	11,80	23,86	35,66
Final	50,93	19,80	14,89	4,02	10,36	2,70	1,45	13,74	25,99	39,73
Final	57,86	26,75	9,58	3,09	2,72	3,90	1,48	13,44	23,86	37,30
Final	42,27	23,82	5,17	5,37	10,61	2,58	1,43	19,88	22,48	42,36
Final	42,55	20,67	10,70	7,39	18,69	1,87	1,41	16,90	23,13	40,03
Correlação										
DS	0,73	-0,62	-0,04	-0,19	0,10	0,05		-0,84	0,08	-0,92
Map	-0,87	0,54	-0,37	0,30	0,03	-0,21			-0,49	0,94
Mip	0,43	-0,23	0,68	-0,33	-0,15	0,17				-0,17
PT	-0,82	0,52	-0,16	0,21	-0,03	-0,17				

Correlação consórcio Milho + Guandu ano - profundidade 5 - 10 cm

Época	8.00 - 4.76	4.76 - 2.00	2.00 - 1.00	1.00 - 0.21	< 0.21	DMG	DS	Map	Mip	PT
Dados										
Início	52,65	9,17	3,60	8,65	19,32	1,95	1,67	9,19	23,69	32,88
Início	59,22	9,46	3,18	6,24	16,58	2,38	1,56	11,12	21,49	32,61
Início	62,14	11,94	3,87	6,17	11,72	2,89	1,66	11,16	21,88	33,05
Início	65,02	13,67	3,49	5,17	9,28	3,29	1,63	10,49	22,36	32,85
Final	45,92	12,55	12,08	8,20	21,25	1,71	1,57	9,54	24,41	33,95
Final	50,22	18,64	10,12	6,75	14,28	2,35	1,55	11,84	23,08	34,92
Final	53,45	18,85	6,78	6,49	14,42	2,45	1,58	9,76	20,78	30,54
Final	56,32	15,53	7,67	5,91	14,58	2,48	1,59	11,84	21,18	33,02
Correlação										
DS	0,48	-0,48	-0,64	0,07	-0,25	0,33		-0,33	0,07	-0,20
Map	0,33	0,31	0,04	-0,64	-0,50	0,43			-0,44	0,39
Mip	-0,56	-0,32	0,41	0,73	0,57	-0,56				0,66
PT	-0,30	-0,07	0,46	0,21	0,17	-0,21				

Correlação consórcio Milho + Mucuna preta - profundidade 0 - 5 cm

Época	8.00 - 4.76	4.76 - 2.00	2.00 - 1.00	1.00 - 0.21	< 0.21	DMG	DS	Map	Mip	PT
Dados										
Início	56,66	14,38	6,90	6,15	15,91	2,37	1,58	12,08	24,33	36,41
Início	53,52	13,99	9,86	7,31	15,32	2,27	1,58	12,05	23,59	35,65
Início	53,18	19,84	12,12	3,82	11,05	2,74	1,62	11,28	23,66	34,94
Início	58,21	17,01	8,42	3,12	13,23	2,73	1,59	11,80	23,86	35,66
Final	50,93	19,80	14,89	4,02	10,36	2,70	1,44	15,98	25,20	41,18
Final	57,86	26,75	9,58	3,09	2,72	3,90	1,39	18,42	23,68	42,10
Final	42,27	23,82	5,17	5,37	10,61	2,58	1,55	12,62	23,31	35,93
Final	42,55	20,67	10,70	7,39	18,69	1,87	1,51	13,10	23,77	36,87
Correlação										
DS	0,03	-0,66	-0,33	0,27	0,60	-0,55		-0,98	-0,35	-0,97
Map	0,15	0,66	0,31	-0,40	-0,73	0,71			0,31	0,98
Mip	0,20	-0,24	0,60	-0,17	0,03	-0,04				0,50
PT	0,18	0,55	0,42	-0,40	-0,66	0,64				

Correlação consórcio Milho + Mucuna preta - profundidade 5 - 10 cm

Época	8.00 - 4.76	4.76 - 2.00	2.00 - 1.00	1.00 - 0.21	< 0.21	DMG	DS	Map	Mip	PT
Dados										
Início	52,65	9,17	3,60	8,65	19,32	1,95	1,67	9,19	23,69	32,88
Início	59,22	9,46	3,18	6,24	16,58	2,38	1,56	11,12	21,49	32,61
Início	62,14	11,94	3,87	6,17	11,72	2,89	1,66	11,16	21,88	33,05
Início	65,02	13,67	3,49	5,17	9,28	3,29	1,63	10,49	22,36	32,85
Final	45,92	12,55	12,08	8,20	21,25	1,71	1,36	18,29	24,61	42,90
Final	50,22	18,64	10,12	6,75	14,28	2,35	1,34	20,45	24,85	45,30
Final	53,45	18,85	6,78	6,49	14,42	2,45	1,52	10,71	25,18	35,89
Final	56,32	15,53	7,67	5,91	14,58	2,48	1,54	13,51	24,82	38,33
Correlação										
DS	0,75	-0,53	-0,92	-0,24	-0,39	0,50		-0,93	-0,62	-0,95
Map	-0,65	0,45	0,89	0,20	0,27	-0,39			0,51	0,97
Mip	-0,75	0,69	0,76	0,35	0,34	-0,49				0,71
PT	-0,75	0,58	0,95	0,26	0,32	-0,46				

ANEXO 4 – Correlações entre atributos químicos do solo nas profundidades de 0–5 e 5–10 cm.

Dados para a camada 0-5 cm de profundidade

CONSÓRCIO	ADUB	BL	Ca	Mg	K	Al	SMP	H + Al	CTC _{EFETIVA}	CTC _{pH7}	AL%	V%	P	pH	COT	NT
M + FC	a o	1	2,24	1,37	22,22	0,35	6,35	2,92	4,02	6,59	8,7	55,72	14,67	5,12	9,27	550,68
M + FC	a o	2	1,33	0,95	21,33	0,50	6,26	3,24	2,84	5,57	17,62	30,85	7,43	4,86	8,91	518,93
M + FC	a o	3	1,69	1,15	18,67	0,40	6,46	2,57	3,29	5,46	12,16	52,86	6,88	5,04	8,51	622,90
M + FC	a o	4	2,70	1,14	20,00	0,35	6,26	3,24	4,24	7,13	8,25	59,7	9,17	4,97	8,57	549,35
M + FC	s a	1	2,41	1,69	35,89	0,15	6,44	2,63	4,34	6,82	3,45	61,45	9,00	5,4	10,49	642,37
M + FC	s a	2	1,92	1,12	22,89	0,45	6,32	3,02	3,56	6,13	12,65	50,71	2,37	4,93	8,04	530,00
M + FC	s a	3	2,94	1,13	23,00	0,40	6,4	2,75	4,53	6,88	8,84	59,97	10,33	5,09	8,09	472,80
M + FC	s a	4	3,40	1,15	37,11	0,35	6,23	3,35	4,99	7,99	7,01	58,08	12,22	5,11	9,45	622,63
M + FC	a m	1	2,06	1,11	42,22	0,25	6,26	3,24	3,52	6,50	7,10	50,27	15,03	5,06	9,81	815,44
M + FC	a m	2	1,89	1,07	61,67	0,30	6,42	2,69	3,42	5,81	8,78	53,65	13,72	5,22	8,08	742,72
M + FC	a m	3	3,10	1,2	47,22	0,25	6,36	2,88	4,67	7,30	5,36	60,49	15,57	5,01	8,98	705,59
M + FC	a m	4	3,08	1,07	68,89	0,15	6,52	2,40	4,48	6,73	3,35	64,32	15,68	5,34	10,77	1060,38
M + GA	a o	1	4,04	1,38	41,33	0,20	6,45	2,60	5,72	8,12	3,50	67,97	14,89	5,27	10,01	655,01
M + GA	a o	2	2,85	1,04	38,89	0,50	6,17	3,59	4,50	7,58	11,12	52,69	9,46	4,97	8,46	469,40
M + GA	a o	3	3,30	0,96	26,44	0,45	6,09	3,93	4,78	8,26	9,42	52,39	15,44	5,03	7,85	547,05
M + GA	a o	4	3,48	1,41	32,22	0,35	6,31	3,05	5,32	8,02	6,58	61,94	10,66	5,23	9,53	529,98
M + GA	s a	1	4,34	1,01	27,78	0,15	6,27	3,20	5,57	8,62	2,69	62,89	13,47	5,33	8,14	583,29
M + GA	s a	2	3,11	0,90	22,22	0,50	6,22	3,39	4,57	7,45	10,95	54,56	10,06	4,92	8,95	569,81
M + GA	s a	3	4,28	1,36	20,00	0,20	6,51	2,43	5,89	8,11	3,40	70,08	13,22	5,37	8,36	492,24
M + GA	s a	4	3,21	1,29	23,33	0,40	6,17	3,59	4,96	8,15	8,07	55,96	14,72	4,96	8,41	550,69
M + GA	a m	1	4,20	1,58	27,78	0,15	6,68	2,00	6,00	7,84	2,50	74,54	17,84	5,45	8,63	576,42
M + GA	a m	2	3,07	0,87	27,78	0,25	6,3	3,09	4,26	7,10	5,87	56,49	7,83	5,28	9,31	700,82
M + GA	a m	3	3,61	1,21	26,67	0,15	6,43	2,66	5,04	7,55	2,98	64,76	19,51	5,32	9,15	540,80
M + GA	a m	4	3,00	0,82	43,33	0,45	6,18	3,55	4,38	7,48	10,27	52,58	13,81	5,14	8,47	464,27
MS	a o	1	3,21	1,17	40,00	0,30	6,46	2,57	4,79	7,06	6,27	63,57	11,47	5,15	9,03	561,23
MS	a o	2	4,00	1,28	48,78	0,1	6,49	2,48	5,5	7,88	1,82	68,48	10,19	5,27	8,94	907,94
MS	a o	3	4,15	1,41	28,22	0,25	6,09	3,93	5,88	9,57	4,25	58,89	13,23	5,1	10,88	821,27
MS	a o	4	4,89	1,41	30,78	0,2	6,12	3,80	6,58	10,18	3,04	62,68	13,27	5,14	11,09	804,20
MS	s a	1	2,47	1,07	25,56	0,25	6,25	3,27	3,86	6,88	6,48	52,45	7,90	5,04	9,18	922,94
MS	s a	2	3,43	1,10	47,78	0,30	6,42	2,69	4,96	7,35	6,05	63,37	11,15	5,25	8,00	770,72
MS	s a	3	3,74	1,20	20,00	0,40	6,18	3,55	5,40	8,54	7,41	58,49	10,81	4,98	9,70	1073,45
MS	s a	4	3,16	1,21	35,56	0,50	6,03	4,21	4,95	8,67	10,09	51,39	11,31	4,87	9,85	805,06
MS	a m	1	3,32	1,06	40,78	0,30	6,33	2,99	4,79	7,48	6,26	60,08	10,83	4,99	9,50	799,26
MS	a m	2	3,89	1,12	22,44	0,20	6,49	2,48	5,27	7,55	3,80	67,10	11,94	5,17	9,5	830,59
MS	a m	3	3,71	1,18	26,44	0,30	6,25	3,27	5,26	8,23	5,71	60,23	14,98	5,08	9,86	901,25
MS	a m	4	3,67	1,22	26,33	0,40	6,12	3,80	5,36	8,75	7,47	56,6	10,9	5,02	9,21	635,67
M + MP	a o	1	2,89	1,15	20,00	0,35	6,18	3,55	4,44	7,64	7,88	53,59	14,6	5,19	9,00	911,75
M + MP	a o	2	2,9	0,76	27,78	0,50	6,07	4,02	4,23	7,75	11,83	48,09	17,2	4,99	8,05	707,13
M + MP	a o	3	4,08	1,56	26,67	0,15	6,62	2,14	5,85	7,84	2,56	72,72	20,42	5,26	8,51	762,38
M + MP	a o	4	3,31	1,33	22,22	0,30	5,81	5,42	5,00	10,12	6,00	46,41	15,47	5,22	8,64	651,00
M + MP	s a	1	3,17	1,18	20,89	0,20	6,28	3,16	4,60	7,56	4,35	58,2	8,42	5,13	7,97	1067,93
M + MP	s a	2	3,14	1,5	38,33	0,10	6,52	2,40	4,84	7,14	2,07	66,37	10,08	5,47	9,99	1645,54

M + MP	s a	3	3,01	0,96	26,33	0,35	6,46	2,57	4,38	6,60	7,99	61,05	12,84	5,20	7,62	956,82
M + MP	s a	4	2,28	0,77	25,56	0,50	5,90	4,89	3,61	8,00	13,86	38,85	11,96	4,99	7,80	1080,33
M + MP	a m	1	3,02	1,09	25,56	0,50	5,92	4,78	4,68	8,96	10,69	46,65	13,81	4,75	9,50	1035,98
M + MP	a m	2	3,11	1,26	30,00	0,45	6,43	2,66	4,9	7,11	9,19	62,56	16,00	5,16	7,25	1459,78
M + MP	a m	3	3,4	1,26	28,89	0,35	6,45	2,6	5,08	7,33	6,89	64,52	10,69	5,22	9,04	1363,34
M + MP	a m	4	2,7	0,92	25,56	0,6	6,13	3,76	4,29	7,44	13,99	49,54	14,42	4,92	8,1	1023,95
Pousio	Final	1	3,06	1,25	27,78	0,2	6,09	3,93	4,58	8,31	4,37	52,68	17,78	5,29	9,02	426,79
Pousio	Final	2	3,92	1,16	20	0,3	6,23	3,35	5,43	8,48	5,53	60,5	26,36	5,17	6,83	462,76
Pousio	Final	3	2,72	1,1	26,67	0,25	6,1	3,89	4,14	7,78	6,03	50,04	22,71	5,3	8,08	493,42
Pousio	Final	4	2,3	0,93	22,22	0,35	5,9	3,28	3,63	6,57	9,63	50	19,19	5,07	7,43	512,39
Pousio	Inicial 0-5	1	2,63	1,23	55,33	0,17	6,6	2,37	4,17	6,37	3,99	62,87	10,91	5,37	9,67	466,5
Pousio	Inicial 0-5	2	2,57	1,2	45,33	0,17	6,93	1,53	4,06	5,42	4,27	71,69	10,49	5,4	8,58	607,92
Pousio	Inicial 0-5	3	2,4	1,1	45	0,23	6,57	2,3	3,84	5,92	5,9	61,12	14,09	5,2	9,47	583,38
Pousio	Inicial 0-5	4	2,4	1,1	45	0,27	6,57	2,3	3,88	5,92	6,87	61,12	13	5,2	9,24	559,27

Dados relativos a camada 5-10 cm de profundidade

COMSÓRCIO	ADUB	BL	Ca	Mg	K	Al	H + Al	SMP	P	CTC EFETIVA	AL%	V%	pH	CTC Ph 7	COT	NT
M + FC	a o	1	2,45	1,25	14,44	0,35	2,57	6,46	14,83	4,09	8,56	59,27	5,16	6,31	7,54	406,37
M + FC	a o	2	1,63	0,93	17,78	0,60	3,35	6,23	10,03	3,21	18,69	43,79	4,82	5,96	7,75	613,33
M + FC	a o	3	2,46	1,09	11,11	0,55	2,66	6,43	6,07	4,13	13,32	57,37	5,00	6,24	7,93	573,77
M + FC	a o	4	2,28	1,01	15,56	0,45	3,13	6,29	9,91	3,78	11,90	51,55	5,01	6,46	8,07	424,85
M + FC	s a	1	2,50	1,83	36,00	0,35	2,88	6,36	6,73	4,77	7,33	60,56	5,11	7,30	9,03	583,84
M + FC	s a	2	2,00	1,33	19,67	0,35	2,63	6,44	5,20	3,73	9,38	56,24	5,03	6,01	7,24	481,76
M + FC	s a	3	3,04	0,97	17,33	0,40	2,43	6,51	8,86	4,45	8,98	62,52	5,06	6,48	7,04	457,25
M + FC	s a	4	3,17	0,79	20,33	0,60	3,71	6,14	7,00	4,61	13,01	51,96	4,75	7,72	8,58	627,01
M + FC	a m	1	1,73	1,04	23,56	0,35	2,88	6,36	17,40	3,18	11,01	53,40	5,71	5,30	8,20	683,58
M + FC	a m	2	1,81	0,97	29,11	0,30	2,88	6,36	9,83	3,15	9,51	49,73	5,73	5,74	8,61	566,85
M + FC	a m	3	3,01	1,05	24,56	0,50	3,02	6,32	13,38	4,62	10,82	55,56	7,14	7,42	10,80	596,40
M + FC	a m	4	3,01	0,87	40,56	0,50	2,75	6,40	6,64	4,48	11,15	57,99	6,73	6,87	10,26	808,27
M + GA	a o	1	3,21	1,15	30,44	0,40	2,37	6,53	17,79	4,84	8,27	65,19	5,22	6,81	8,14	527,56
M + GA	a o	2	2,89	0,76	20,33	0,50	3,24	6,26	13,31	4,20	11,90	53,33	4,79	6,94	7,91	422,88
M + GA	a o	3	3,12	0,90	18,56	0,35	2,85	6,37	16,63	4,42	7,92	58,80	5,13	6,92	8,48	518,21
M + GA	a o	4	2,75	1,01	19,56	0,50	3,20	6,27	14,16	4,31	11,60	54,35	5,04	7,01	7,89	458,62
M + GA	s a	1	4,76	1,04	17,78	0,30	2,02	6,67	20,96	6,15	4,88	74,33	5,51	7,87	7,09	518,07
M + GA	s a	2	3,02	0,70	18,89	0,50	3,67	6,15	12,35	4,27	11,71	50,67	4,89	7,44	8,05	505,07
M + GA	s a	3	3,29	0,94	13,33	0,30	2,60	6,45	16,18	4,56	6,58	62,10	5,18	6,86	8,41	447,13
M + GA	s a	4	3,04	0,93	18,89	0,60	3,09	6,30	14,42	4,62	12,99	56,54	4,95	7,11	8,02	406,40
M + GA	a m	1	4,41	1,32	22,22	0,20	3,31	6,24	23,45	5,99	3,34	63,61	5,47	9,10	7,79	408,37
M + GA	a m	2	4,84	0,83	20,00	0,15	3,13	6,29	21,36	5,87	2,55	64,64	5,14	8,85	6,67	503,70
M + GA	a m	3	2,94	0,97	17,44	0,25	2,66	6,43	22,25	4,20	5,95	59,79	5,20	6,61	7,71	340,94
M + GA	a m	4	3,28	0,94	25,89	0,45	3,09	6,30	17,32	4,74	9,50	58,11	4,89	7,38	8,51	461,22
MS	a o	1	3,22	0,94	31,11	0,45	2,75	6,40	17,01	4,69	9,60	60,66	4,98	6,99	7,78	672,32
MS	a o	2	2,47	0,92	40,78	0,35	2,48	6,49	15,14	3,84	9,10	58,49	5,06	5,97	8,47	718,43
MS	a o	3	4,34	0,83	27,00	0,25	3,13	6,29	21,36	5,49	4,55	62,60	5,14	8,37	7,67	503,70
MS	a o	4	3,62	1,14	38,89	0,50	3,59	6,17	20,74	5,36	9,33	57,51	5,07	8,45	8,15	875,45
MS	s a	1	2,51	0,98	36,11	0,55	3,24	6,26	8,45	4,13	13,31	52,51	4,91	6,82	8,47	791,16
MS	s a	2	2,36	0,79	27,78	0,50	2,95	6,34	9,32	3,72	13,44	52,20	4,63	6,17	7,89	708,87
MS	s a	3	3,00	1,06	19,44	0,45	3,47	6,20	11,25	4,56	9,87	54,22	5,04	7,58	9,06	789,49
MS	s a	4	4,01	1,17	25,56	0,40	2,85	6,37	12,99	5,65	7,09	64,79	5,17	8,10	7,91	1086,94
MS	a m	1	2,33	1,00	35,33	0,50	3,27	6,25	12,72	3,92	12,75	51,12	4,91	6,69	7,87	849,11
MS	a m	2	3,08	0,97	19,44	0,45	2,99	6,33	16,74	4,55	9,89	57,83	4,93	7,09	8,80	767,56
MS	a m	3	3,12	0,91	20,78	0,55	3,59	6,17	11,01	4,63	11,87	53,21	5,00	7,67	8,88	1017,51
MS	a m	4	2,52	0,98	20,00	0,70	3,76	6,13	16,21	4,25	16,47	48,57	4,83	7,31	8,24	909,11
M + MP	a o	1	2,47	0,84	14,44	0,50	4,36	6,00	21,90	3,85	13,00	43,42	4,96	7,71	7,17	981,19
M + MP	a o	2	2,86	1,12	17,78	0,30	3,24	6,26	16,41	4,32	6,94	55,43	4,92	7,26	7,46	1051,66
M + MP	a o	3	2,88	1,09	28,89	0,30	2,63	6,44	19,85	4,35	6,90	60,61	5,21	6,68	6,75	1119,94
M + MP	a o	4	3,68	1,04	16,67	0,15	3,05	6,31	22,54	4,92	3,05	60,97	5,11	7,83	7,55	1027,04
M + MP	s a	1	3,18	0,99	11,11	0,25	3,39	6,22	14,99	4,45	5,62	55,34	5,18	7,58	7,31	1071,18
M + MP	s a	2	2,21	0,75	25,56	0,45	3,43	6,21	20,47	3,48	12,95	46,89	4,82	6,45	8,25	956,58
M + MP	s a	3	4,84	0,83	20,00	0,15	3,13	6,29	16,36	5,86	2,56	64,64	5,14	8,84	8,67	803,70

M + MP	s a	4	2,87	0,99	20,00	0,65	2,51	6,48	13,84	4,56	14,25	60,88	5,15	6,42	9,65	1017,15
M + MP	a m	1	3,07	0,98	18,22	0,30	2,37	6,53	14,89	4,40	6,82	63,35	5,33	6,47	8,26	1038,10
M + MP	a m	2	2,60	1,19	28,00	0,50	2,69	6,42	14,57	4,36	11,46	58,94	5,51	6,55	10,30	2329,18
M + MP	a m	3	3,62	1,05	23,33	0,25	2,54	6,47	21,88	4,98	5,02	65,06	5,18	7,27	9,80	762,38
M + MP	a m	4	2,65	1,02	19,33	0,45	4,36	6,00	14,17	4,17	10,79	46,04	5,05	8,08	8,76	1283,47
Pousio	inicial 5 - 10	1	3,07	1,23	24,00	0,13	2,03	6,67	10,08	4,49	2,97	68,20	5,40	6,39	8,07	337,57
Pousio	inicial 5 - 10	2	2,30	0,97	26,67	0,33	1,50	6,93	7,15	3,67	9,09	68,98	5,37	4,83	8,76	406,50
Pousio	inicial 5 - 10	3	2,33	0,87	20,00	0,40	2,43	6,53	8,50	3,65	10,96	57,19	5,10	5,68	8,48	484,38
Pousio	inicial 5 - 10	4	2,33	0,87	20,00	0,40	2,43	6,53	8,50	3,65	10,96	57,19	5,10	5,68	8,44	409,48
Pousio	pousio	1	2,83	1,19	16,67	0,30	3,24	6,26	30,05	4,36	6,88	55,66	5,35	7,30	9,64	343,65
Pousio	pousio	2	1,52	0,93	13,33	0,30	3,47	6,20	28,84	2,79	10,75	41,83	5,27	5,96	6,00	244,92
Pousio	pousio	3	1,74	0,85	16,67	0,25	3,98	6,08	24,05	2,88	8,67	39,83	5,08	6,61	6,60	286,96
Pousio	pousio	4	1,57	0,70	12,22	0,65	4,84	5,91	5,65	2,95	22,00	32,27	4,89	7,14	6,39	285,15

Correlação Pousio (0 - 5 cm de profundidade)

	Mg	K	Al	pH SMP	H + Al	CTC EFETIVA	CTC Ph 7	Al %	V %	P	pH	COT	Ntot
Ca	0,42	-0,51	0,09	-0,23	0,43	0,99³⁴	0,78	-0,35	0,00	0,68*	-0,02	-0,54	-0,58
Mg		0,38	-0,84	0,46	-0,13	0,51	0,19	-0,97	0,47	-0,27	0,79	0,43	-0,28
K			-0,69*	0,84	-0,80	-0,43	-0,75	-0,46	0,68*	-0,91	0,57	0,85	0,46
Al				-0,67*	0,41	0,00	0,25	0,89	-0,56	0,64	-0,93	-0,71	-0,09
pH SMP					-0,92	-0,16	-0,71	-0,55	0,95	-0,76	0,61	0,55	0,66
H + Al						0,38	0,89	0,22	-0,89	0,80	-0,33	-0,45	-0,79
CTC EFETIVA							0,75	-0,44	0,06	0,60	0,06	-0,46	-0,57
CTC Ph 7								-0,09	-0,59	0,84	-0,17	-0,51	-0,85
Al %									-0,54	0,31	-0,86	-0,45	0,15
V %										-0,61	0,52	0,32	0,58
P											-0,50	-0,82	-0,54
pH												0,50	0,05
COT													0,23

Correlação Pousio (5 - 10 cm de profundidade)

	Mg	K	Al	pH SMP	H + Al	CTC EFETIVA	CTC Ph 7	Al %	V %	P	pH	COT	Ntot
Ca	0,84	0,66	-0,53	0,62*	-0,67*	0,99	-0,01	-0,71	0,83	-0,12	0,65	0,83	0,50
Mg		0,46	-0,78	0,45	-0,53	0,83	0,10	-0,85	0,67*	0,33	0,89	0,58	0,05
K			-0,49	0,95	-0,92	0,61	-0,66	-0,60	0,93	-0,46	0,59	0,62	0,64
Al				-0,44	0,52	-0,46	0,15	0,96	-0,55	-0,42	-0,79	-0,23	0,04
pH SMP					-0,99	0,58	-0,78	-0,57	0,95	-0,42	0,65*	0,63	0,67
H + Al						-0,63	0,75	0,66*	-0,96	0,32	-0,69*	-0,66	-0,68
CTC EFETIVA							0,04	-0,64	0,80	-0,12	0,64*	0,84	0,47
CTC Ph 7								0,19	-0,55	0,41	-0,27	-0,17	-0,54
Al %									-0,71	-0,33	-0,83	-0,48	-0,18
V %										-0,30	0,74	0,78	0,65
P											0,31	-0,13	-0,55
pH												0,50	0,07
COT													0,72

³⁴ Os números grifados em negrito representam as correlações acima de 0,70 e/ou aquelas acima de 0,65 que possuem reconhecida correlação entre os itens avaliados.

APÊNDICES



Dessecação da área



Semeadura da cultura do milho com semeadora "tração animal"



Semeadura das plantas de cobertura



Efeito da estiagem sobre as plantas de milho.



A esquerda tratamento milho solteiro e a direita consórcio milho + feijão caupi.



Consórcio de milho com feijão caupi



Consórcio de milho com guandu anão



Consórcio de milho com mucuna preta



Manejo de contenção do crescimento vegetativo da mucuna preta



Coleta para análises de agregados



A esquerda acondicionamento das amostras vegetais e a direita coleta de 2 blocos de sementes de mucuna preta. (2 x 60 m²).