

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL  
CÂMPUS DE DOURADOS

**CULTURAS ANTECESSORAS INFLUENCIANDO A CULTURA DO  
MILHO E CARACTERÍSTICAS DO SOLO, NO SISTEMA DE  
PLANTIO DIRETO**

ROONE MAICON GONÇALVES MARTINS  
Engenheiro Agrônomo

DOURADOS  
MATO GROSSO DO SUL – BRASIL  
2004

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL  
CÂMPUS DE DOURADOS

**CULTURAS ANTECESSORAS INFLUENCIANDO A CULTURA DO  
MILHO E CARACTERÍSTICAS DO SOLO, NO SISTEMA DE  
PLANTIO DIRETO**

ROONE MAICON GONÇALVES MARTINS  
Engenheiro Agrônomo

Orientador: PROF. DR. EDGARD JARDIM ROSA JUNIOR

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, como requisito à obtenção do título de Mestre em Agronomia, área de concentração: Produção Vegetal.

DOURADOS  
MATO GROSSO DO SUL – BRASIL  
2004

**Culturas antecessoras influenciando a cultura do milho e características do solo, no sistema de plantio direto**

Roone Maicon Gonçalves Martins

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Mato Grosso do Sul,  
como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de  
MESTRE EM AGRONOMIA

Aprovado em: 27 de fevereiro de 2004

Prof. Dr. Edgard Jardim Rosa Junior  
UFMS - DCA  
(Orientador)

Dr. Amoacy Carvalho Fabrício  
EMBRAPA - CPAO

Prof. Dr. Luiz Carlos Ferreira de Souza  
UFMS - DCA

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Yara Brito Chaim Jardim Rosa  
UFMS – DCA

|                 |  |
|-----------------|--|
| 631.58<br>M379c | Martins, Roone Maicon Gonçalves<br>Culturas antecessoras influenciando a cultura do milho e característica do solo, no sistema de plantio direto / Roone Maicon Gonçalves Martins. - - Dourados, UFMS, CPDO, 2004.<br>58p.<br><br>Orientador: Prof. Dr. Edgard Jardim Rosa Junior<br>Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Câmpus de Dourados.<br><br>1. Milho – Culturas antecessoras 2. Plantas de cobertura<br>3. Solo - Química e física 4. Plantio direto I. Título |
|-----------------|--|

**Aos meus pais com carinho pelo bom ensino,  
compreensão , força,  
*e disposição que sempre me deram,***

## DEDICO

### AGRADECIMENTOS

A Deus, meu Senhor e Salvador,

À Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, pela oportunidade concedida,

Ao professor Dr. Edgard Jardim Rosa Junior, pela amizade e orientação na elaboração deste trabalho,

Aos professores Dr. Euclides Fedatto e Dra Yara Brito Chain Jardim Rosa, pela co-orientação na elaboração deste trabalho,

Aos professores do curso do Programa de Mestrado em Agronomia, da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, pelos ensinamentos transmitidos,

À banca examinadora pelas correções e valiosas sugestões,

Aos meus pais Pedro Martins Lopes e Edna Gonçalves Martins e aos meus irmãos pelo amor, apoio e paciência durante a minha vida,

Aos colegas de curso, pelo bom convívio,

Ao aluno de graduação Milson Evaldo Serafin, pelo auxílio nas avaliações de campo deste trabalho e pela amizade,

A todos que, direta ou indiretamente me ajudaram na realização do trabalho.

## SUMÁRIO

### Página

|   |            |
|---|------------|
| LISTA DE QUADROS.....   | ix         |
| LISTA DE FIGURAS.....   | xi         |
| RESUMO.....   | <b>xii</b> |
| ABSTRACT.....   | xiii       |
| 1 INTRODUÇÃO.....   | 1          |
| 2 REVISÃO DE LITERATURA.....  | 3          |
| 2.1 Importância das espécies de plantas para cobertura do solo..... | 3          |
| 2.1.1 Efeito de cobertura do solo.....                              | 3          |
| 2.1.2 Efeito de ciclagem de nutrientes.....                         | 6          |
| 2.2 Sucessão de culturas.....                                       | 7          |
| 2.3 A cultura do milho.....   | 8          |
| 2.4 Atributos do solo.....  | 9          |
| 2.4.1 Atributos químicos.....                                       | 9          |

|  |           |
|--|-----------|
| 2.4.2 Atributos físicos.....   | 10        |
| <b>3 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>   | <b>13</b> |
| 3.1 Localização e características da área utilizada.....                             | 13        |
| 3.2 Tratamentos experimentais.....   | 13        |
| 3.3 Análise estatística.....   | 14        |
| 3.3.1 Análise das variáveis relacionadas com as características físicas do solo..... | 14        |
| 3.3.2 Análise das variáveis relacionadas com as características químicas do solo.    | 15        |
| 3.3.3 Análise das variáveis relacionadas com as plantas.....                         | 15        |
| 3.4 Biomassa e cobertura do solo.....  | 16        |
| 3.4.1 Biomassa superficial.....  | 16        |
| 3.4.2 Cobertura do solo.....   | 16        |
| 3.4.3 Decomposição da biomassa.....  | 16        |
| 3.5 Coleta e determinação de características vegetais do milho.....                  | 17        |
| 3.5.1 Altura das plantas e de inserção da primeira espiga.....                       | 17        |
| 3.5.2 Produtividade.....   | 17        |
| 3.5.3 Estande final e índice de espiga.....  | 18        |
| 3.6 Atributos químicos e físicos do solo.....  | 18        |
| 3.6.1 Atributos químicos.....  | 18        |
| a) pH do solo.....   | 18        |
| b) Cátions trocáveis.....  | 19        |
| c) Fósforo disponível .....  | 19        |
| d) Capacidade de troca de cátions (T).....;  | 19        |
| e) Acidez trocável ( $H^+ + Al^{3+}$ ).....  | 19        |
| f) Matéria orgânica do solo.....   | 19        |
| 3.6.2 Atributos físicos.....   | 20        |
| a) Densidade do solo e da partícula.....   | 20        |
| b) Porosidade total.....   | 20        |
| c) Granulometria.....  | 20        |
| d) Argila dispersa em água.....  | 20        |
| e) Grau de flocculação.....  | 20        |

|  |    |
|--|----|
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....                                       | 21 |
| 4.1 Biomassa e cobertura do solo.....                                | 21 |
| 4.2 Características agronômicas da cultura do milho.....             | 28 |
| 4.3. Atributos do solo.....  | 31 |
| 4.3.1 Atributos químicos.....  | 31 |
| 4.3.2 Atributos físicos.....   | 37 |
| 4.3.3 Interdependência entre características físicas e químicas..... | 42 |
| 5 CONCLUSÕES.....  | 46 |
| 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....                                    | 47 |

## LISTA DE QUADROS

| QUADRO  | página |
|---|--------|
| 1 Culturas utilizadas em um Latossolo Vermelho distroférico, no período de 2001 a 2003, sob condições de plantio direto, em Dourados-MS.....  | 14     |
| 2 Resumo da análise de variância para os valores de biomassa residual decorrente do uso de diferentes culturas antecessoras à cultura do milho.....   | 21     |
| 3 Valores médios da biomassa proporcionada pelas culturas antecessoras à cultura do milho no pleno florescimento.....   | 22     |
| 4 Resumo das análises de variância dos valores relativos à decomposição da biomassa vegetal (D.B.V.) e da percentagem de cobertura morta (P.C.M.) das culturas antecessoras ao milho.....   | 24     |
| 5 Resumo das análises de variância para as características agrônômicas e produtividade da cultura do milho sob plantio direto, em função das culturas antecessoras utilizadas.....  | 29     |
| 6 Valores médios de altura de espiga e produtividade de milho em função das culturas antecessoras utilizadas.....   | 30     |
| 7 Resumo das análises de variância dos valores de matéria orgânica do solo (MOS), do pH em água ( $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ ), do pH em KCl ( $\text{pH}_{\text{KCl}}$ ), do Delta pH ( $\Delta \text{pH}$ ), do fósforo (P) e do potássio (K) de um Latossolo Vermelho distroférico, em função das culturas antecessoras e da profundidade de amostragem.....                                   | 31     |
| 8 Resumo das análises de variância dos valores de alumínio ( $\text{Al}^{3+}$ ), de cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ), de magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ), da acidez trocável ( $\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$ ), da capacidade de troca de cátions (T) e da saturação de bases (V) em materiais de um Latossolo Vermelho distroférico, em função das culturas antecessoras e da profundidade de amostragem..... | 32     |
| 9 Valores médios de MOS, pH em KCl, pH em $\text{H}_2\text{O}$ , $\Delta \text{pH}$ e P amostrados em um Latossolo Vermelho distroférico em função das culturas antecessoras à cultura do milho entre 0 – 0,28 m de profundidade.....   | 33     |
| 10 Valores médios de $\text{K}^+$ , $\text{Al}^{3+}$ , $\text{Ca}^{2+}$ , $\text{Mg}^{2+}$ , $\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$ , T e V de um Latossolo Vermelho distroférico em função das culturas antecessoras à cultura do milho entre 0 – 0,28 m de profundidade.....   | 34     |

|    |   |    |
|----|---|----|
| 11 | Resumo das análises de variância dos valores de densidade do solo (DS), da partícula (DP) e da porosidade total (PT) de um Latossolo Vermelho distroférico.....   | 38 |
| 12 | Valores médios da densidade do solo da partícula e da porosidade total de um Latossolo Vermelho distroférico em função das culturas antecessoras ao milho entre 0 – 0,28 m de profundidade.....                                 | 38 |
| 13 | Resumo das análises de variância dos valores de argila total, silte, argila dispersa em água (ADA) e grau de floculação (GF) de um Latossolo Vermelho, em função das culturas antecessoras e da profundidade de amostragem..... | 41 |
| 14 | Valores médios de argila dispersa em água (ADA), silte, argila total e grau de floculação de um Latossolo Vermelho distroférico em função das culturas antecessoras ao milho entre 0 – 0,28 m de profundidade.....              | 42 |

## LISTA DE FIGURAS

| FIGURA   | página |
|--|--------|
| 1 Curvas de decomposição da biomassa expressa em matéria seca originada do cultivo de aveia, ervilhaca, nabo e aveia + ervilhaca + nabo, no período de agosto de 2002 a março de 2003.....                             | 25     |
| 2 Curvas da cobertura morta em percentagem de aveia, ervilhaca, nabo e aveia+ervilhaca+nabo, no período de agosto de 2002 a março 2003.....  | 26     |
| 3 Curvas da altura média de plantas de milho em função das culturas antecessoras utilizadas à cultura do milho.....  | 28     |
| 4 Valores de fósforo no solo ( $\text{mmol}_c\text{dm}^{-3}$ ) em função da profundidade de amostragem e das culturas antecessoras utilizadas ao cultivo do milho.....   | 35     |
| 5 Valores de potássio no solo ( $\text{mmol}_c\text{dm}^{-3}$ ) em função da profundidade de amostragem e das culturas antecessoras utilizadas ao cultivo do milho.....  | 35     |
| 6 Valores de Delta pH ( $\Delta\text{pH}$ ) observados em um Latossolo Vermelho distroférico em função das culturas antecessoras à cultura do milho e da profundidade de amostragem.....                               | 36     |
| 7 Valores de CTC ( $\text{mmol}_c\text{dm}^{-3}$ ) observados em um Latossolo Vermelho distroférico em função das culturas antecessoras à cultura do milho e da profundidade de amostragem.....                        | 37     |
| 8 Valores de densidade do solo ( $\text{kg}\cdot\text{dm}^{-3}$ ) em função da profundidade e das culturas antecessoras utilizadas ao cultivo da cultura do milho.....   | 40     |
| 9 Valores de porosidade total ( $\text{m}^3\cdot\text{m}^{-3}$ ) em função da profundidade e das culturas antecessoras utilizadas ao cultivo do milho.....   | 40     |
| 10 Valores de matéria orgânica do solo (MOS) e grau de floculação (GF) de um Latossolo Vermelho distroférico em função das culturas antecessoras em plantio direto a cultura do milho em diferentes profundidades..... | 44     |
| 11 Valores de argila dispersa em água (ADA) e Ca+Mg de um Latossolo Vermelho distroférico em função das culturas antecessoras em plantio direto a cultura do milho em diferentes profundidades.....                    | 45     |

# CULTURAS ANTECESSORAS INFLUENCIANDO A CULTURA DO MILHO E CARACTERÍSTICAS DO SOLO, NO SISTEMA DE PLANTIO DIRETO

Autor: ROONE MAICON GONÇALVES MARTINS

Orientador: EDGARD JARDIM ROSA JUNIOR

## RESUMO

O interesse em utilizar plantas de cobertura que promovam benefícios aos atributos físicos e químicos do solo tem aumentado nos últimos anos em diversas regiões do Brasil, inclusive nos Cerrados. Essa prática agrícola merece ser avaliada verificando o rendimento da cultura do milho, importante fonte de alimentação humana e animal. Realizou-se um experimento no período agrícola de 2002 a 2003, na UFMS (Dourados-MS), em um Latossolo Vermelho distroférico, utilizando-se as culturas de cobertura de inverno aveia preta (*Avena strigosa* Schieb), ervilhaca peluda (*Vicia villosa* Roth), nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.) e o consorcio aveia+ervilhaca+nabo (AEN). Os quatro tratamentos foram implantados a partir do cultivo destes três vegetais e da consorciação destes como culturas antecessora ao cultivo do milho, no sistema de plantio direto. Avaliaram-se a produção de biomassa das culturas de cobertura, a cobertura morta remanescente durante o experimento, as características agronômicas do milho, bem como alguns atributos químicos e físicos do solo. A produção de biomassa da ervilhaca peluda foi menor que as das demais culturas de cobertura. A persistência da cobertura morta sobre o solo quando se usou aveia preta permaneceu por mais tempo que as demais. A percentagem de cobertura do solo pela cultura de ervilhaca peluda foi a que mais decresceu durante o experimento. Não ocorreram diferenças significativas no

rendimentos da cultura do milho sob as diferentes coberturas vegetais. A aveia proporcionou maior grau de flocculação para o solo estudado. Os valores de fósforo e potássio do solo apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos, sendo que com o uso da aveia preta foram observados menores valores para estes elementos. Os resultados indicam algumas particularidades das culturas utilizadas em cobertura as quais, para a região em questão, podem inviabilizar seu uso como fonte de biomassa a ser deixada na superfície do solo.

Termos de indexação: milho, plantas de cobertura, química e física do solo, plantio direto.

# PRECEDING CULTURES INFLUENCING CORN CROP DEVELOPMENT AND SOIL CHARACTERISTICS, IN NO-TILLAGE SYSTEM

**Author: ROONE MAICON GONÇALVES MARTINS**

Adviser: EDGARD JARDIM ROSA JUNIOR

## SUMMARY

The interest in using of covering plants that left benefits to soil physical and chemical characteristic has increased in the past years in several Brazil regions, inclusively at Cerrados. This agricultural practice is worthy of being valued from verifying corn culture yield, knowing this culture as an important source of human and animal food. An experiment was realized in the agricultural year of 2002 / 03, at UFMS (Dourados – MS), in a dystroferric Red Laterite soil, using the winter covering cultures: black oat (*Avena strigosa* Schieb), hairy vetch (*Vicia villosa* Roth), oilseed radish (*Raphanus sativus* L.) and the association among the three species. The four treatments were established from the grown of these three legumes and their association as preceding corn crop with no tillage. Valuating the covering biomass, the remaing dead covering during the experiment, the corn agronomic characteristics as well as some soil physical and chemical characteristics. The biomass production of hairy vetch was smaller than the others covering crops. The remaing dead cover on soil when using black oat was longer than the others. During the experiment the hairy vetch covering percentual on soil was the most decreasing. Meaningfull differences did not occur on corn crop yield under the different covering legumes. Black oat provided a bigger deggre of flocculation to the studied soil. Phosphate and potassium values in soil presented meaningfull differences among the treatments, and the use of black oat showed the lower values for these elements. The results indicate some particularities from the used covering crops which, for this region, can make impracticable their use as source of biomass left on soil.

Key-words: corn, covering crops, soil chemical and physical characteristics, no-tillage.

## 1 INTRODUÇÃO

A prática de agricultura, em função de operações de manejo de solo nem sempre adequados, tem proporcionado conseqüências não desejadas ao mesmo, especialmente quanto a sua conservação, reduzindo sua capacidade produtiva. Dentre as causas que podem contribuir para agravar esta situação, destaca-se a falta de proteção superficial, que favorece o impacto direto das gotas de chuva causando redução dos agregados do solo. A falta de cobertura do solo pode ocasionar, além do encrostamento da camada superficial o aumento na intensidade de compactação do solo, dificultando assim a quantidade de água infiltrada e, conseqüentemente, aumentando a possibilidade de ocorrer processos erosivos.

A cobertura do solo passa a ser portanto, um dos fatores mais eficientes na minimização dos efeitos indesejáveis que advêm da exploração dos solos agrícolas devido, especialmente, à ação protetora proporcionada pelos resíduos orgânicos deixado pelas culturas, os quais atuam interceptando as gotas de chuva e dissipando sua energia cinética.

A utilização de plantas de cobertura do solo para obtenção de biomassa proporciona a melhoria das características do solo, favorece sua estruturação e fornece nutrientes às culturas em sucessão,

promovendo ainda aumento nos teores de matéria orgânica (Tobal et al., 2002).

A produção de matéria seca e a manutenção desses resíduos na superfície do solo constitui-se em uma verdadeira prática conservacionista, capaz de integrar conceitos de proteção do solo, controle de erosão, recuperação ou manutenção parcial da química, física e biologia do solo, podendo atuar ainda de forma a auxiliar o controle de plantas daninhas, sendo, assim uma importante ferramenta na busca pelo aumento da produtividade. Alguns estudos já foram realizados a respeito da adaptação de plantas de cobertura para as diferentes condições edafoclimáticas, melhoria de características do solo, produção de biomassa, capacidade de reciclagem de nutrientes, entre outros, sendo ainda necessário a busca de mais informações, principalmente no que diz respeito ao potencial de cada espécie para cobrir mais eficientemente o solo, a decomposição da palhada e seus efeitos sobre o solo e culturas (Mattias et al., 2002).

Em sistemas conservacionistas como o plantio direto, os restos culturais são mantidos na superfície, promovendo aumento no teor de matéria orgânica, redução da erosão e melhoria nas propriedades físicas e químicas do solo (Ceccon et al., 2002). Um fator determinante do sucesso do sistema de plantio direto é a escolha da espécie de cobertura do solo, pois será ela, com seus benefícios intrínsecos, que proporcionará maior ou menor ciclagem de nutrientes benéficos à planta em sucessão. Dentre as principais características buscadas, as plantas utilizadas como fonte de cobertura vegetal devem proteger o solo e melhorar as suas características físicas, químicas e biológicas para a cultura subsequente, proporcionando também o suprimento de nitrogênio, incrementando assim o rendimento de grãos (Aita, 1997).

Outro fator importante para o sistema plantio direto é o teor de matéria orgânica, considerada uma forma de estoque de nutrientes, além de trazer melhorias na agregação do solo, minimizando a erosão e mantendo a umidade do solo por

um período maior (Moterle et al., 2002). Ela é uma indicadora da qualidade do solo e pode ser avaliada através de algumas características, como a capacidade de infiltração e retenção de água do solo, resistência à erosão, atividade biológica do solo, capacidade de troca de cátions, disponibilidade de nutrientes às plantas, lixiviação de nutrientes e liberação de CO<sub>2</sub> (Amado et al., 2000).

O milho destaca-se pelo grande uso na alimentação humana, animal e na indústria, merecendo assim atenção especial o aspecto da produção e produtividade. Sob este ponto de vista alternativas de sucessão de culturas podem influenciar positivamente sua produtividade, e portanto merecem ser avaliadas, quer seja por seus efeitos diretos ou indiretos.

O objetivo deste trabalho foi estudar e mensurar o efeito de diferentes culturas antecessoras à cultura do milho sobre a quantidade de biomassa deixada sobre o solo, sua cobertura morta remanescente, características agronômicas da cultura do milho e algumas características físicas e químicas do solo.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Importância das espécies de plantas para cobertura do solo**

#### **2.1.1 Efeito de cobertura do solo**

A adoção do sistema de plantio direto tem por fundamento a cobertura permanente da superfície do solo de tal forma que a biomassa depositada na superfície beneficiará as próximas culturas por meio de sua decomposição, mineralizando gradativamente os nutrientes e contribuindo de forma crescente para a melhoria de propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Os fatores mais importantes para aumento de palha sobre a superfície do solo são o sistema de rotação, a escolha correta das espécies de cobertura e o manejo a ser dado. As espécies devem demonstrar potencial

produtivo nas condições locais, tomando-se por base a rapidez com que se estabelecem e a produção de biomassa (Alvarenga et al., 2001).

A ação de plantas utilizadas como cobertura do solo, através de sua produção de matéria seca e as quantidades de nutrientes acumulados, têm sido o principal parâmetro considerado para a seleção das espécies avaliadas. A dinâmica de liberação destes nutrientes durante a decomposição dos resíduos culturais das espécies é um aspecto ainda relativamente pouco estudado. Informações mais detalhadas sobre as diferentes plantas de cobertura, envolvendo aspectos como a funcionalidade do seu manejo, a produção de sementes e as inter-relações com as culturas comerciais, podem ser obtidas em Monegat (1991) e Calegari et al. (1992).

O desempenho das plantas de cobertura no outono/inverno está diretamente relacionado às condições edafoclimáticas predominantes em cada local. Por não tolerarem climas excessivamente secos e quentes e exigirem solos relativamente férteis, com baixos teores de alumínio, o cultivo destas plantas é realizado, principalmente, na região Sul do Brasil (Aita et al., 2000).

Nesta região, boa parte das áreas cultivadas no verão com culturas de interesse comercial, como soja, milho e feijão, permanecem descobertas durante o inverno. Daí o interesse crescente por parte de técnicos, extensionistas e agricultores, em incrementar a utilização de plantas de cobertura durante este período visando a produção de palhada para o controle da erosão através do plantio direto, a diminuição da proliferação de plantas invasoras e a ciclagem dos nutrientes no solo, especialmente daqueles aplicados via fertilizante mineral e não absorvidos pela cultura comercial durante o verão (Aita et al., 2000).

Muitos autores têm descrito resultados de trabalhos com destaque para aquelas espécies com maior potencial de uso em sistemas de culturas (Calegari et al. (1992), Pavinato et al. (1994) e Aita et al. (1994), Da Ros & Aita (1996)). Observa-se que, na maior parte dos trabalhos, a produção de matéria seca das leguminosas situa-se entre 3 e 5 t.ha<sup>-1</sup>. É importante salientar-se que os resultados mencionados foram obtidos em solos cuja correção da acidez havia sido realizada anteriormente e a disponibilidade de fósforo era de média a alta. Esse aspecto é de fundamental importância para se introduzir com sucesso, as espécies leguminosas de inverno. Por serem originárias de regiões de clima temperado, com solos pouco intemperizados e relativamente férteis, as mesmas são bastante exigentes em termos de fertilidade, especialmente no que se refere aos teores de fósforo, cálcio e magnésio.

Entre as culturas utilizadas como de cobertura, na região sul do Brasil, destaca-se a aveia preta como a principal cultura de cobertura (Pötker & Roman, 1994). Têm-se, no entanto que as principais vantagens do cultivo da aveia preta como cultura de cobertura estão baseadas na adição e manutenção de altas quantidades de palhada ao solo; na redução da erosão e do escoamento superficial; no aumento da infiltração de água e do conteúdo de carbono orgânico no solo, na ciclagem de nutrientes, na mobilização de cátions no perfil, no controle de plantas daninhas, além do baixo custo de implantação e benefícios às culturas comerciais cultivadas em sucessão (Debarba & Amado, 1997; Bayer & Mielniczuk, 1997; Franchini et al., 1999; Amado et al., 2000).

Rosa Junior (2000) por sua vez concluiu que, para as condições do Sul de Mato Grosso do Sul, para a exploração da sucessão soja-milho, a cultura que mais contribuía com matéria seca deixada na superfície e que, por mais tempo permanecia foi o milho. Nas condições ambientais da região Centro-Sul de Mato Grosso do Sul, a produção de massa vegetal não se constitui problema, mas a manutenção da quantidade ideal de palha sobre o solo durante o ano todo é problemática provavelmente devido às mais altas taxas de decomposição, em função da atividade microbiana favorecida pelas altas temperaturas e umidade do solo (Alexander, 1980; citado por Salton et al., 1993).

Para Alvarenga et al. (2001), no sistema de plantio direto é recomendado incluir-se o cultivo de plantas com alta produção de biomassa para incrementar-se a cobertura deixada pelas culturas produtoras de grãos, sendo necessário que 50% da superfície do terreno esteja coberta de palhas. Em geral, a quantidade de 6 t.ha<sup>-1</sup> de resíduo seria adequada para uma boa taxa de cobertura do solo. Entretanto, produzir e manter palhada sobre o solo têm sido um dos grandes entraves encontrados para o sistema de plantio direto no Cerrado.

Estudando quatro espécies de plantas de cobertura de solo cultivadas no inverno, Mattias et al. (2002), concluíram que o centeio, aveia preta e gorga, apresentaram ótimo desempenho como plantas para cobertura do solo em razão da boa produção de biomassa e baixa taxa de decomposição, fatores que proporcionaram níveis elevados de cobertura do solo até, pelo menos, 60 dias após o seu manejo. Concluíram também que o nabo forrageiro é uma excelente espécie para ser utilizada em sistemas de rotação de culturas, pela sua capacidade de reciclar nutrientes, melhorar as condições físicas do solo, embora apresente limitação como planta de cobertura, em razão da rápida decomposição da biomassa, com conseqüente diminuição da cobertura do solo logo após o manejo.

Entre as diversas plantas de cobertura que vêm sendo utilizadas, a aveia, a ervilhaca e o nabo forrageiro têm se destacado pela sua desejável produção de matéria seca, capacidade de cobertura, resistência ao déficit hídrico e persistência no

sistema. Estas culturas são indicadas para cobertura do solo até o momento no Cerrado, conforme documentado por Resck (1998).

### 2.1.2 Efeito de ciclagem de nutrientes

A incorporação de adubo verde promove, ao longo dos anos, aumento no teor de matéria orgânica do solo, cuja magnitude varia com a quantidade e com a qualidade da espécie utilizada, condições edafoclimáticas e práticas culturais adotadas (Ventura e Watanabe, 1993). Segundo Fageria (1983), a capacidade intrínseca de produção agrícola dos solos está íntima e diretamente relacionada com seus teores de matéria orgânica e de nitrogênio; entretanto, é difícil manter um nível satisfatório de ambos na maioria dos solos cultivados. Assim, os métodos de adição e de manutenção de matéria orgânica devem ser considerados com antecipação em todos os programas de manejo dos solos cultivados.

Aita et al. (1994), detectaram uma contribuição considerável de nitrogênio nos resíduos de leguminosas, promovendo reflexos diretos sobre a produtividade da cultura do milho, num solo com baixa quantidade de matéria orgânica. Outros resultados obtidos por Derpsch et al. (1985) e Pavinato et al. (1994), em solo relativamente com alto teor de matéria orgânica, obtiveram menor resposta do milho em sucessão às leguminosas do que os trabalhos relatados anteriormente.

Utilizando o procedimento descrito por Smith et al. (1987); Da Ros & Aita (1996), calcularam o equivalente de nitrogênio (EqN) das espécies testadas. Os resultados desse cálculo mostraram que, em sucessão à ervilha forrageira, tremoço azul, chícharo e ervilhaca comum, o rendimento de grãos de milho foi equivalente ao obtido com a aplicação de 30, 54, 74 e 90 kg.ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, respectivamente, na forma de uréia no tratamento em pousio.

A produção de grandes quantidades de massa seca da parte aérea e radicular, a facilidade na produção de sementes, a capacidade de reciclagem de nutrientes e a rusticidade, faz da aveia a principal espécie de cobertura de outono/inverno nas áreas de plantio direto. Apesar dessas características favoráveis, pouco contribui em nitrogênio para

a cultura subsequente. Por essa razão, tem sido descrita como espécie ideal de outono/inverno para anteceder as culturas comerciais de verão fixadoras de nitrogênio, como feijão e soja. Todavia, um dos sistemas mais intensamente utilizados na região Sul atualmente consiste na semeadura do milho diretamente sobre os resíduos culturais de aveia, sucessão que exige cuidados especiais com relação às quantidades de nitrogênio a ser utilizado no milho, bem como ao manejo desta adubação nitrogenada (Aita et al., 2000).

Porém, sendo uma gramínea, a aveia preta necessita de aporte externo de nitrogênio para o seu pleno desenvolvimento (Fontaneli, 1996). A estratégia de fornecimento desse elemento na fase inicial do milho, pela aplicação antecipada na cultura antecessora aveia preta, tem sido sugerida como uma forma de aproveitar-se ao máximo o potencial produtivo do milho que é determinado nas primeiras semanas após a emergência (Amado, 1997).

## **2.2 Sucessão de culturas**

Um dos aspectos interessantes a serem destacados nos trabalhos de Aita et al. (1994) e Da Ros & Aita (1996), é a grande diferença de resposta do milho em sucessão à aveia, com relação às leguminosas. Após a aveia, sem a aplicação de nitrogênio, o rendimento de grãos foi cerca da metade daquele obtido após as leguminosas, sendo inferior até mesmo ao tratamento em pousio. Esse resultado evidencia a importância da fixação simbiótica do nitrogênio atmosférico pelas leguminosas, e sua contribuição para a cultura subsequente e ilustra a importância da relação C/N dos materiais na disponibilidade de nitrogênio no solo.

Heinrichs (1996), semeou o milho diretamente sobre os resíduos culturais aveia preta e ervilhaca comum, culturas mais comumente utilizadas no inverno, obtendo os seguintes resultados de produtividade de grãos de milho: 5,2 t.ha<sup>-1</sup> obtidas sobre os resíduos de ervilhaca comum que foi equivalente ao obtido com a aplicação de

75 kg.ha<sup>-1</sup> de nitrogênio na forma de uréia e após a aveia preta o rendimento foi de apenas 2,2 t.ha<sup>-1</sup>.

Quando utilizou-se do consórcio entre as duas espécies, o autor anteriormente citado, constatou que o aumento na proporção de aveia preta na consorciação aumentou o tempo de permanência da cobertura morta na superfície do solo, reduzindo a disponibilidade de nitrogênio no solo e o rendimento do milho. De maneira que, se a prioridade for o suprimento de nitrogênio, a proporção de aveia na mistura não deve ultrapassar a 10%. Maiores proporções de aveia poderão ser empregadas se a prioridade for a manutenção do solo protegido pela cobertura morta o maior período de tempo possível.

Badaruddin & Meyer (1990), verificaram que, com o uso de leguminosas forrageiras, aumentou a absorção de nitrogênio e o rendimento de grãos do trigo cultivado em sucessão, em relação aos tratamentos com pousio ou incorporação de palha de trigo. O efeito da rotação com leguminosas foi comparável ao tratamento com a adição de 150 kg.ha<sup>-1</sup> de nitrogênio. As práticas de manejo que privilegiam a cobertura e proteção do solo com resíduos de plantas condicionam uma acentuada recuperação da fertilidade e, conseqüentemente, um ambiente favorável ao desenvolvimento das plantas cultivadas (Sidiras & Pavan, 1985). A matéria orgânica melhora a retenção de água e disponibilidade de nutrientes no solo, e como no plantio direto os restos culturais são mantidos na superfície, é normal que este sistema proporcione aumento de matéria orgânica e de nutrientes nas camadas superficiais (Merten & Mielniczuk, 1991).

### **2.3 A cultura do milho**

A importância econômica do milho é caracterizada pelas diversas formas de sua utilização, que vai desde a alimentação animal até a indústria de alta tecnologia. Na realidade, o uso do milho em grão como alimentação animal representa a maior parte do consumo desse cereal, isto é, cerca de 70% no mundo. Nos Estados Unidos, cerca de 50% é destinado a esse fim, enquanto que no Brasil varia de 60 a 80%, dependendo da fonte da estimativa e de ano para ano. Apesar de não ter uma participação muito grande no uso de milho em grão na alimentação humana, os derivados de milho,

constituem fator importante de uso desse cereal em regiões com baixa renda. Em algumas situações, o milho constitui a alimentação diária, como é o caso do nordeste do Brasil, onde o milho é a fonte de energia e alimento para muitas pessoas que vivem no semi-árido (Jason, 2003).

Dentro da evolução mundial de produção de milho, o Brasil tem se destacado como terceiro maior produtor, ficando atrás apenas dos Estados Unidos e da China. A produção mundial ficou em torno de 590 milhões de toneladas em 2000, deste total Estados Unidos, China e Brasil produziram aproximadamente 253 milhões de toneladas, 105 milhões de toneladas e 32,3 milhões de toneladas respectivamente. Em 2001, o Brasil apresentou a safra recorde de 41,5 milhões de toneladas. Apesar de estar entre os três maiores produtores, o Brasil não se destaca entre os países com maior nível de produtividade (CONAB, 2003).

Segundo Von Pinho (2001), a razão das baixas produtividades é a diversidade de métodos de cultivo, sendo 43% da área cultivada com milho consideradas como cultura de subsistência e apenas 11% utilizando alta tecnologia. As maiores produtividades nacionais são encontrada nos estados localizados na região Centro-Oeste (MT, MS, GO e DF), com média de 4,8 t.ha<sup>-1</sup>, superior a média nacional (CONAB, 2003). As elevadas produtividades alcançadas pela região do Cerrado, segundo Landers (2001), são decorrentes da produção em grandes propriedades agrícolas, 300 a 1000 ha ou maiores e, das condições climáticas favoráveis.

Considerando que a rotação de culturas é um fator preponderante e requisito básico para o sucesso do sistema de plantio direto, a cultura do milho apresenta papel de destaque no planejamento agrícola, por sua grande produção de matéria seca de alta relação C/N, principalmente na região de Cerrado onde é mais difícil a manutenção e permanência de resíduos vegetais sobre o solo.

## **2.4 Atributos do solo**

### **2.4.1. Atributos químicos**

Avaliando a evolução dos teores de nutrientes e de matéria orgânica do solo ao longo de sete anos, em seis sistemas de rotação de culturas, estabelecidas pelo sistema convencional no inverno e plantio direto no verão, Santos & Reis (1989), verificaram que as características químicas do solo estudado (Latosolo Vermelho-Escuro distrófico) não modificaram substancialmente em função das culturas empregadas. Rosa Junior (2000), relata que a variação das plantas no sistema de rotação de culturas poderá proporcionar diferenças no pH, já que para manter seu equilíbrio interno de cargas, determinadas plantas liberam para o meio o hidrogênio (efeito acidificante) e outras, como as leguminosas, liberam a hidroxila (ação alcalina), cujo efeito se daria na região da rizosfera.

Santos et al. (1995), trabalhando com plantio direto e convencional, relataram significativo aumento nos níveis de fósforo na camada de 0-0,05 m de profundidade, quando foi utilizado o sistema de plantio direto. Quando se considerou a camada de 0-0,20 m de profundidade, não foi observada esta tendência para o pH em água, e os teores de alumínio, potássio, cálcio e magnésio trocáveis.

#### **2.4.2 Atributos físicos**

Em solos de regiões tropicais ou subtropicais as temperaturas mais elevadas aceleram a decomposição da matéria orgânica, levando à necessidade de contínuo aporte da mesma para manter a estrutura do solo em condições favoráveis ao desenvolvimento das culturas, sendo de fundamental importância estudos que visem incluir culturas de rotação e de cobertura vegetal, objetivando a melhoria dos atributos físicos do solo importantes para a manutenção da sua qualidade, da produtividade e da sustentabilidade ambiental (Beutler et al., 2001).

A proteção dada ao solo pelas plantas de cobertura, em decorrências dos resíduos vegetais depositados sobre o solo, foi o que incentivou o plantio direto inicialmente. A palhada depositada na superfície do solo funciona como proteção as fortes chuvas, minimizando os efeitos nocivos da chuva a qualidade do solo, em decorrência da erosão, e aumentando o teor de matéria orgânica no solo. Segundo Cruz et

al. (2001) as características físicas do solo possuem interdependência entre elas , a ocorrência de modificações em uma delas normalmente, em função do manejo dado ao solo, acarreta mudanças em todas as outras.

Um das primeiras preocupações, quando se trata do manejo do solo, é sua influência na absorção e disponibilidade de água, pois o estado em que se encontra sua superfície exercerá grande influência na infiltração, drenagem e escoamento superficial (Castro, 1989). A crosta que se forma nessa superfície, durante chuvas intensas, tem um efeito maior na absorção de água do que o tipo de solo, a declividade do terreno ou o seu conteúdo de umidade, impedindo a infiltração de água e provocando o escoamento superficial.

Este escoamento superficial depende da infiltração de água no solo e, conseqüentemente, de todos os fatores que a influenciam. Em geral, ele é menos influenciado do que as perdas de solo pelo tipo de preparo (Bertol et al., 2000). Segundo esses autores, ao citarem alguns trabalhos de literatura, relatam que o escoamento superficial pode ser expressivo, mesmo sem o preparo de solo, especialmente quando for submetido a chuvas de alta erosividade e, principalmente, longos comprimentos de rampa e/ou declividades acentuadas, onde os resíduos culturais podem ser removidos da superfície do solo pelo escoamento.

Problemas sérios de desagregação têm sido verificados em função da utilização dos vários manejos do solo existentes, como relatam Machado (1976) e Douglas & Goss (1982), que observaram que o sistema de plantio direto proporcionou maior resistência à desagregação.

Pesquisando o efeito das condições do subsolo sobre o fornecimento de oxigênio e o desenvolvimento de raízes de milho, Bertrand & Khonke (1957), verificaram que o crescimento de raízes de plantas de milho praticamente paralisou quando a densidade do solo foi de  $1,5 \text{ kg.m}^{-3}$ , condição em que o mesmo apresentava apenas 5,4% de macroporos (poros com diâmetros maiores que 0,06 mm). Com a redução da densidade para  $1,2 \text{ kg.m}^{-3}$  e a macroporosidade para 14,6%, o efeito da compactação foi menos efetivo.

Esses mesmos autores enfatizam ainda o fato de que a aplicação de fertilizantes no subsolo compactado pode ter efeito acelerador na restrição de oxigênio, baseando-se no fato de que os microorganismos do solo na presença desses elementos

seriam mais ativos no processo de decomposição e, portanto, se utilizariam de maiores quantidades de oxigênio, formando um ambiente desfavorável ao desenvolvimento das culturas.

A densidade do solo tem sido tema e discussão quando se retrata o sistema de plantio direto porque, em muitos casos, tem-se observado o seu aumento na camada superficial. Neste sistema de cultivo maiores valores de densidade do solo são observados na camada de 0 a 0,20 m, ao passo que em sistema de plantio convencional isto ocorre na camada de 0,20 a 0,30 m (Derspch et al., 1991). Os mesmos autores observaram que, em solos com densidades menores que  $1,2 \text{ kg.m}^{-3}$ , problemas de enraizamento ou aeração não são prováveis.

Ao estudar o efeito da água e da nutrição sobre o desenvolvimento do milho, Lawton (1945), constatou que além do efeito da oxigenação, existe a relação água/ar. Para este autor, o desenvolvimento máximo da planta ocorria quando se oferecia para as plantas 25% de água no solo e, para que a nutrição fosse considerada completa, a condição era de que aproximadamente 20% dos poros estivessem ocupados por ar. Estas indicações são importantes quando se averigua as ações de sistemas de preparo de solo sobre o desenvolvimento de plantas, pois as alterações físicas irão afetar diretamente a absorção de nutrientes e conseqüente desenvolvimento radicular. Em Latossolos Vermelho distroférico, essa relação pode assumir papel ainda mais importante, pois as características físicas são grandemente afetadas pelo manejo do solo, o que está de acordo com Rosa Junior et al. (1988).

Em sistemas que contemplem o acúmulo de resíduo vegetal sobre o solo como o sistema de plantio direto, a compactação superficial é compensada, muitas vezes, pela continuidade dos poros resultantes da maior atividade biológica do solo e das raízes em decomposição (Gassen & Gassen, 1996).

## 3 MATERIAL E MÉTODOS

### **3.1 Localização e características da área utilizada**

O experimento foi realizado no Núcleo Experimental de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, em Dourados-MS, localizado entre 22° 14' de Latitude S e 54° 56' de Longitude W., com altitude média de 458 m e topografia plana. O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho distroférico, textura argilosa, sob vegetação anterior de cerrado.

O clima, é considerado como Cwh, de acordo com a classificação de Koppen, já que a temperatura do mês mais frio situa-se entre -3 a 18°C, possui período seco de inverno e temperatura média anual maior que 18°C. Este trabalho foi desenvolvido no ano agrícola de 2002/03, dentro da área experimental do programa de pesquisa denominado “Avaliação de sistema de rotação de culturas e sucessão de culturas na produção de grãos em plantio direto e convencional, irrigado e não irrigado”, que foi iniciado em outubro de 1997.

### 3.2 Tratamentos experimentais

Os tratamentos experimentais foram implantados após o cultivo da soja e sob condições de sequeiro, sendo utilizadas como culturas antecessoras ao milho, o nabo forrageiro (NF) (*Raphanus sativus* L.), a ervilhaca peluda (EP) (*Vicia villosa* L.), a aveia preta (AP) (*Avena strigosa* Schieber) e a consorciação das três (50% AP + 25% EP + 25% NF), em sistema de plantio direto, como pode ser observado no Quadro 1.

QUADRO 1 Culturas utilizadas em um Latossolo Vermelho distroférico, no período de 2001 a 2003, sob condições de plantio direto, em Dourados-MS

| Rotação de culturas | 2001/2002       |                  | 2002/2003       |                 |
|---------------------|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|
|                     | primavera/verão | outono/inverno   | primavera/verão | primavera/verão |
|                     | Soja            | Aveia preta      |                 | milho           |
|                     | Soja            | Ervilhaca peluda |                 | milho           |
|                     | Soja            | Nabo forrageiro  |                 | milho           |
|                     | Soja            | AEN*             |                 | milho           |

\* AEN: consorciação de aveia preta, ervilhaca peluda e nabo forrageiro

As parcelas experimentais mediam 36 m de comprimento por 10 m de largura, sobre as quais se cultivou as culturas antecipadamente definidas como antecessoras à cultura do milho, conforme o Quadro 1. Estas culturas foram semeadas nos dias 2 e 3 de maio de 2002 e depois manejadas com rolo faca no dia 23 de agosto de 2002. A cultivar de milho utilizada no experimento foi o híbrido triplo Dekalb 350, precoce, o qual foi semeado no dia 14 de novembro de 2002. Na operação de semeadura realizou-se a adubação com 400 kg.ha<sup>-1</sup> da fórmula 7-20-20 + Zn. O manejo das plantas de cobertura de solo consistiu da aplicação do dessecante glyphosate na dose de 3 Lha<sup>-1</sup>, passando-se o rolo faca após o período de ação do herbicida (10 dias). O controle de plantas daninhas na cultura do milho foi realizado em pós-emergência utilizando-se o herbicida Nicosulfuran, e o controle de pragas obedecendo ao manejo integrado de pragas.

### 3.3 Análise estatística

Para análise estatística, utilizou-se o aplicativo computacional SAEG (Gomes,1992) e todas as variáveis foram estudadas por meio de análise de variância, sendo posteriormente os

fatores qualitativos avaliados por meio do teste de comparação de médias e os quantitativos por meio de análise de regressão (Gomes, 1981).

### **3.3.1 Análise das variáveis relacionadas com as características físicas do solo**

Para as variáveis densidade do solo, densidade da partícula e porosidade total o experimento foi analisado, para cada uma das sete profundidades, como blocos ao acaso, em parcelas subdivididas, sendo consideradas como parcelas os quatros tratamentos e como subparcelas as diferentes profundidades com três repetições.

Para as variáveis argila, silte, argila dispersa e grau de flocculação o experimento foi analisado, para cada uma das três profundidades, como blocos ao acaso, em parcelas subdivididas, sendo consideradas como parcelas os quatros tratamentos e como subparcelas as diferentes profundidades com três repetições.

### **3.3.2 Análise das variáveis relacionadas com as características químicas do solo**

Para análise dos valores de matéria orgânica, de pH em  $\text{CaCl}_2$ , de pH em água, de fósforo, de potássio, de alumínio, de cálcio, de magnésio, de  $\text{H}+\text{Al}$ , de CTC, da soma de bases e do índice de saturação de bases o experimento foi analisado, para cada uma das sete profundidades, como blocos ao acaso, em parcelas subdivididas, sendo consideradas como parcelas os quatros tratamentos e como subparcelas as diferentes profundidades com três repetições.

### **3.3.3 Análise das variáveis relacionadas com as plantas**

Para a quantidade de biomassa produzida pelas culturas antecessoras e para as variáveis relacionadas com a planta do milho, o experimento foi analisado como blocos ao acaso com quatro tratamentos, sendo consideradas como tratamentos as plantas antecessoras (aveia, ervilhaca, nabo e consorcio de aveia+ervilhaca+nabo), com três repetições.

Para a decomposição da cobertura ( $\text{t.ha}^{-1}$ ) e para a percentagem de cobertura morta na semeadura, realizados aos 0, 30, 60, 90, 120 e 150 dias após o manejo com rolo faca, o experimento foi analisado como blocos ao acaso, em parcelas subdivididas, sendo consideradas como parcelas os quatros tratamentos, como subparcelas os seis períodos de decomposição, com três repetições.

### **3.4 Biomassa e cobertura do solo**

#### **3.4.1 Biomassa superficial**

A produção da biomassa foi determinada no florescimento das culturas ou o seu consórcio, amostrando-se uma área de 0,5 m<sup>2</sup> por parcela, utilizando-se para tal um retângulo com dimensões de 1,0 m x 0,5 m, lançado aleatoriamente dentro de cada parcela por duas vezes, cortando-se rente ao solo às plantas contidas dentro dele. A seguir esses resíduos vegetais foram levados para a secagem em estufa com circulação forçada de ar sob temperatura entre 65 - 68°C, até atingir peso constante, fazendo-se a média das 2 leituras.

#### **3.4.2 Cobertura do solo**

Para determinação da cobertura do solo utilizou-se uma adaptação do método de transeção linear (Sloneker & Moldenhauer, 1977), constituindo-se no uso de uma corda fina de 15 m de extensão, sub-dividida em intervalos de 0,15 m, totalizando 100 pontos previamente marcados. Essa linha foi estendida ao acaso no interior das parcelas (em 5 posições diferentes e sempre ao acaso), realizando-se as contagens do número de vezes em que os pontos da linha ficam sobrepostos aos resíduos vegetais, sendo que a cada ponto coincidente da marcação da corda com um material de cobertura do solo foi considerado um ponto percentual de cobertura morta do solo. Essas medições foram realizadas por ocasião do manejo com rolo faca das culturas antecessoras, e a cada 30 dias após esta data, perfazendo 6 medições durante o período experimental, lançando-se, sempre ao acaso a corda, previamente marcada, sobre a área central das parcelas experimentais, sendo em seguida determinada a percentagem de cobertura.

### **3.4.3 Decomposição da biomassa**

Os resíduos orgânicos em cobertura, advindos em sua maior parte das culturas antecessoras à cultura da milho com resíduos culturais remanescente do sistema do plantio direto, expressos em matéria seca ( $t \cdot ha^{-1}$ ), foram determinados a partir de coleta de todo material orgânico existente na superfície do solo em uma área de  $0,5 m^2$  mediante a utilização uma armação retangular de tubo de PVC com dimensões de  $0,5 \times 1,0 m$ . Essas medições foram realizadas por ocasião do manejo com rolo faca das culturas antecessoras, e a cada 30 dias após esta data, perfazendo 6 medições durante o período experimental, lançando-se, sempre ao acaso as armações sobre a área central das parcelas experimentais, sendo em seguida os materiais encaminhados ao laboratório para a devida secagem e respectivas pesagens.

## **3.5 Coleta e determinação de características da planta de milho**

### **3.5.1 Altura das plantas e de inserção da primeira espiga**

A altura das plantas de milho foi avaliada de 7 em 7 dias, iniciando aos 14 dias após a sementeira, mediante a escolha ao acaso de cinco plantas por parcela, sendo tomado como referencia o comprimento compreendido entre a superfície do solo e a ponta da ultima folha.

A altura de inserção de espiga foi determinada pela ocasião da colheita medindo-se o comprimento entre o colo da planta até a primeira espiga da milho, avaliando-se a altura em cinco plantas por parcela.

### **3.5.2 Produtividade**

A produtividade foi determinada através da coleta das espigas, escolhendo aleatoriamente duas linhas de 5 m de comprimento com espaçamento entre linhas de 0,9 m em cada tratamento, que foram posteriormente debulhadas mecanicamente, sendo os grãos pesados e determinado o grau de umidade, com os valores convertidos a 13 % de umidade e extrapolados para  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ .

### **3.5.3 Estande final e índice de espiga**

O estande final da cultura de milho, foi determinado por ocasião da colheita em uma área de  $9 \text{ m}^2$ , no centro de cada parcela experimental.

O índice de espiga foi determinado pela relação entre o número total de espigas o número total de plantas, em uma área de  $9 \text{ m}^2$ , de cada parcela experimental.

### **3.6 Atributos químicos e físicos do solo**

Os materiais de solo amostrados para as análises físicas e químicas foram coletados nas entre linhas da cultura do milho, procedendo-se uma amostragem simples por parcela, sempre ao acaso. Foram abertas trincheiras (0,5 x 0,5 x 0,5 m) nas estrelinhas para coleta dos materiais de solo. Todas as características químicas foram determinadas mediante a análise de materiais de solo coletados nas profundidades de 0 - 0,04, 0,04 - 0,08, 0,08 - 0,12, 0,12 - 0,16, 0,16 - 0,20, 0,20 - 0,24 e 0,24 - 0,28 m. Para as determinações de densidades do solo e da partícula, porosidade total, foram utilizados materiais de solo coletados nas mesmas profundidades anteriores e para as determinações

da análise textural, argila dispersa em água e grau de floculação utilizaram-se materiais de solo coletados nas profundidades de 0 – 0,04, 0,04 – 0,08 e 0,08 – 0,12 m.

As amostras para análise química e física, aproximadamente 1 kg, foram acondicionados em sacos plásticos e remetidas para laboratório. No laboratório foram, imediatamente, secas ao ar e trituradas até passarem por uma peneira de 2 mm.

### **3.6.1 Atributos químicos**

#### **a) pH do solo**

Foi determinado o pH em água e em  $\text{CaCl}_2$  0,01 mol.L<sup>-1</sup> na proporção solo-líquido de 1:2,5, conforme Embrapa (1997).

#### **b) Cátions trocáveis**

O alumínio trocável foi obtido segundo a metodologia descrita por Defelipo & Ribeiro (1981) assim como a extração e determinação de cálcio e magnésio, para todas as amostras. O potássio trocável foi determinado por fotometria de chama.

#### **c) Fósforo disponível**

A extração da forma “disponível” do fósforo foi feita seguindo-se o procedimento descrito por Defelipo & Ribeiro (1981) e para a sua determinação foi utilizado o fotocolorímetro, usando-se solução sulfomolibidica.

#### **d) Capacidade de troca de cátions (T)**

A capacidade de troca de cátions (T) foi determinada de acordo com o método descrito por Embrapa (1997), através da seguinte expressão:

$$T = S + H$$

em que,

T = capacidade de troca de cátions,  $\text{mmol}_{(c)}.\text{dm}^{-3}$

S = soma dos cátions trocáveis ( $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^{+}$ ),  $\text{mmol}_{(c)}.\text{dm}^{-3}$

H = acidez trocável ( $\text{H}^{+} + \text{Al}^{3+}$ ),  $\text{mmol}_{(c)}.\text{dm}^{-3}$

#### e) **Acidez trocável ( $\text{H}^{+} + \text{Al}^{3+}$ )**

Esse parâmetro também foi determinado por meio do método descrito por Embrapa (1997).

#### f) **Matéria orgânica do solo**

O teor de carbono orgânico foi obtido pelo método proposto por Walkley-Black, citado por Jackson (1958), e a percentagem de matéria orgânica através da equação:

$$\% \text{M.O.} = \% \text{C} \times 1,724$$

em que,

M.O. = matéria orgânica (%)

C = carbono orgânico (%)

1,724 = fator de conversão

### **3.6.2 Atributos físicos**

#### a) **Densidades do solo e da partícula**

A densidade do solo foi determinada pelo método do anel ou cilindro volumétrico, de acordo com Blake (1968) e a densidade de partículas, pelo método do frasco ou balão volumétrico, de acordo com Embrapa (1997).

#### b) **Porosidade total**

A porosidade total foi determinada a partir dos valores de densidade do solo e de partículas, de acordo com a metodologia descrita por Embrapa (1997).

#### c) **Granulometria**

A granulometria foi determinada pelo método da pipeta, utilizando-se como dispersante o hidróxido de sódio 0,1 N com repouso de 24 horas, adotando-se em seguida, a metodologia descrita por Embrapa (1997).

#### **d) Argila dispersa em água**

O procedimento adotado na determinação de argila dispersa em água foi semelhante ao utilizado para a determinação da análise textural, exceto no que diz respeito à a adição do dispersante químico, sendo utilizado água como dispersante de acordo com Embrapa (1997).

#### **e) Grau de flocculação**

O grau de flocculação, obtido com a utilização dos valores de argila total e argila dispersa em água, foi calculado por meio da equação:

$$GF = ((AT - ADA) / AT) \cdot 100$$

Em que,

GF = grau de flocculação, percentagem

AT = argila obtida na análise textural com o uso de dispersante químico, percentagem

ADA = “argila natural” ou dispersa em água, percentagem

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Biomassa e cobertura do solo

Os dados da biomassa residual decorrente do uso das diferentes culturas antecessoras à cultura do milho foram analisados estatisticamente e o resumo da análise de variância é apresentado no Quadro 2 e os valores médios dos tratamentos são apresentados no quadro 3.

QUADRO 2 Resumo da análise de variância para os valores de biomassa residual decorrente do uso de diferentes culturas antecessoras à cultura do milho

| Fonte de variação     | GL | Quadrado médio       |
|-----------------------|----|----------------------|
| Blocos                | 2  | 0,3042 <sup>ns</sup> |
| Culturas antecessoras | 3  | 7,8864*              |
| Resíduo               | 6  | 1,5924               |
| C.V. (%)              |    | 27,17                |

\* significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F

<sup>ns</sup> não significativo

Houve efeito significativo dos tratamentos sobre a quantidade da biomassa residual entre as culturas de inverno estudadas antecessoras ao milho (Quadro 2).

A quantidade total de massa seca proveniente de culturas de inverno, para o sistema de plantio direto, é importante, pois pode contribuir com a quantidade total de palha a ser deixada na superfície do solo (biomassa superficial).

Os tratamentos onde foram utilizados a aveia preta e o consórcio de aveia preta+ervilhaca peluda+nabo (AEN) foram os que proporcionaram as maiores quantidades de matéria seca, enquanto que a ervilhaca peluda proporcionou a menor produção de massa seca. A aveia preta produziu maior quantidade de material orgânico a ser depositado sobre o solo (Quadro 3). Essa cultura é apontada como excelente opção para o processo de fonte de cobertura de solo uma vez que proporciona longa persistência dos seus resíduos culturais após o manejo (Derpsch et al., 1985 e Da Ros, 1993).

QUADRO 3 Valores médios da biomassa proporcionada pelas culturas antecessoras à cultura do milho no pleno florescimento

| Culturas antecessoras | Biomassa seca<br>(t.ha <sup>-1</sup> ) |
|-----------------------|--|
| Aveia preta           | 5,567 a                                |
| Ervilhaca peluda      | 3,118 b                                |
| Nabo forrageiro       | 4,407 ab                               |
| Aveia+ervilhaca+nabo  | 5,485 a                                |

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Não se observaram diferenças entre a quantidade de biomassa residual proporcionada pelo uso de aveia e da consorciação entre aveia preta+ervilhaca peluda+nabo, o que pode ter ocorrido apenas pela presença da aveia preta (50% AP) nesse consórcio ou por efeitos sinérgicos entre as plantas estudadas. Este efeito positivo de consorciação já foi constatado anteriormente, conforme relato de Giacomini et al. (2003) que, trabalhando com consorcio de ervilhaca+aveia e nabo+aveia, em diversas proporções, observaram produções iguais ou superiores dos consórcios em relação aos cultivos isolados de aveia preta e nabo forrageiro e superiores aos cultivos de ervilhaca comum.

Segundo Gomes et al. (1997), a melhor produção apresentada pelas gramíneas em relação às leguminosas está ligada, entre outros aspectos, ao desenvolvimento inicial mais rápido, o que se associa a uma melhor adaptação às condições edafoclimáticas adversas.

A superioridade da aveia preta sobre a ervilhaca corroborou com resultados de Heinrichs et al. (2001), que trabalharam nas condições de um Latossolo Vermelho distrófico arênico, com textura franco-arenosa no horizonte A e franco argilosa no horizonte B, e observaram que a aveia preta mostrou-se melhor adaptada que a leguminosa, além de apresentar a capacidade de perfilhar.

Já o tratamento com nabo, embora apresentando uma produção intermediária de biomassa é pouco indicado para a finalidade de cobertura vegetal, em região com altas temperaturas e umidade relativa elevada, devido à alta taxa de decomposição deste material, o que estaria de acordo com os conceitos colocados por Rosa Junior (1991), em relação aos fatores atuantes no processo de decomposição, especialmente quanto à relação C/N.

Similarmente, Rosa Junior (1999), embora relate os efeitos de imobilização advindos do uso de uma gramínea como fonte de biomassa superficial, indica essas plantas em detrimento de leguminosas, como alternativa de biomassa a ser deixada superficialmente. Essa indicação é baseada em sua maior relação C/N, proporcionando, mais tempo presente sobre o solo em condições de alta decomposição e sua atuação nos processos de agregação, que poderiam aumentar especialmente em solos com física degradada, num maior volume de exploração radicular e ao mesmo tempo em que pode contribuir para adequar a relação ar/água no solo.

Basso (1999), obteve a produção de 5,16 t.ha<sup>-1</sup> de nabo após soja e de apenas 3,40 t.ha<sup>-1</sup> após milho, evidenciando que o desempenho do nabo está diretamente relacionado com o tipo de solo e das culturas antecessoras. Giacomini et al. (2003) citaram que o potencial de produção de matéria seca do nabo forrageiro em solos com alto teor de matéria orgânica ou em sucessão a soja parece situar-se no mesmo nível daquele da aveia, onde obtiveram a produção de massa seca da parte aérea de nabo forrageiro e aveia preta, em sucessão a soja, de 5,53 e 4,60 t.ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

A ervilhaca peluda por ser uma leguminosa é uma planta muito importante como cultura antecessora à cultura do milho, por fornecer nitrogênio através da fixação biológica (Gonçalves et al., 2000), mas nas condições deste experimento, foi a que apresentou a menor produção de biomassa para cobertura do solo, fato que também pode estar relacionado com a rapidez no processo de decomposição, especialmente em função da relação C/N de seus resíduos.

Os dados relativos à decomposição da biomassa vegetal e da percentagem de cobertura morta presente na semeadura do milho decorrentes das culturas antecessoras utilizadas foram avaliados e o resumo das análises de variância podem ser observados no Quadro 4.

QUADRO 4 Resumo das análises de variância dos valores relativos à decomposição da biomassa vegetal (D.B.V.) e da percentagem de cobertura morta (P.C.M.) das culturas antecessoras ao milho

| Fontes de Variação           | GL | Quadrados médios      |                       |
|------------------------------|----|-----------------------|-----------------------|
|                              |    | D.B.V.                | P.C.M.                |
| Blocos                       | 2  | 9,6273 <sup>ns</sup>  | 40,9305 <sup>ns</sup> |
| Culturas antecessoras (C.A)  | 3  | 16,2265 <sup>ns</sup> | 619,5185**            |
| Erro a                       | 6  | 11,7947               | 14,7824               |
| C.V <sub>a</sub> (%)         |    | 46,19                 | 4,62                  |
| Tempo de decomposição (T. D) | 5  | 100,0085**            | 966,2556**            |
| C.A x T.D                    | 15 | 6,8060**              | 68,3962**             |
| Erro b                       | 40 | 1,6907                | 10,5027               |
| C.V <sub>b</sub> (%)         |    | 17,49                 | 3,89                  |

\*\* significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F

<sup>ns</sup> não significativo

Não foram observadas diferenças significativas para a decomposição biomassa vegetal entre as culturas antecessoras utilizadas (Quadro 4), havendo no entanto diferenças entre os valores de percentagem cobertura morta sobre solo decorrentes desses tratamentos, fato de relevância quando se analisa que o sistema de cultivo utilizado é o plantio direto, método de cultivo que pressupõe a existência de palha recobrindo o solo.

Pela análise de variância contida no Quadro 4 pode-se também observar que houve efeito significativo do tempo de decomposição para a biomassa orgânica total proveniente dos materiais orgânicos originados das culturas antecessoras utilizadas, tanto na decomposição das coberturas vegetais como na percentagem de cobertura.

Interações significativas entre as culturas antecessoras utilizadas e a durabilidade da palha na superfície do solo (tempo de decomposição) foram observadas (Quadro 4) para as características de biomassa superficial e cobertura morta, fato que pressupõe a necessidade de comparações específicas entre a quantidade dos materiais orgânicos depositados na superfície do solo e o tempo de decomposição de cada um deles.

A decomposição da biomassa oriunda dos tratamentos realizados, ocasionando perda de matéria seca ( $t.ha^{-1}$ ), pode ser observada na Figura 1.

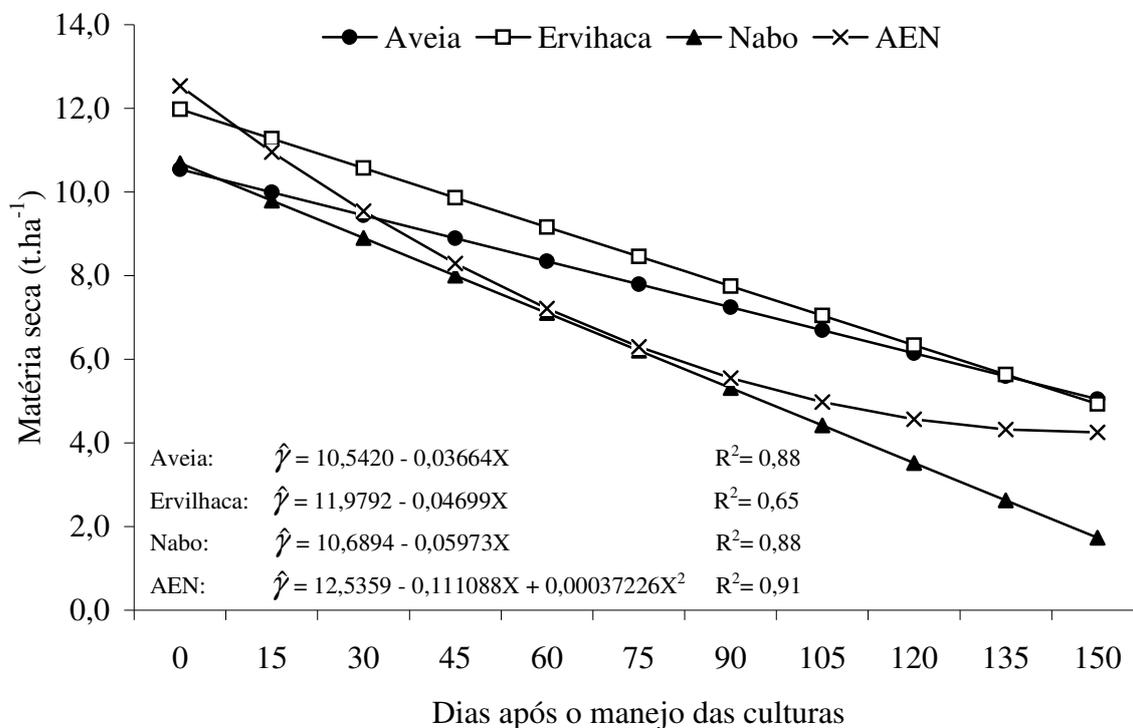


FIGURA 1 Curvas de decomposição da biomassa expressa em matéria seca originada do cultivo de aveia, ervilhaca, nabo e aveia + ervilhaca + nabo, no período de agosto de 2002 a março de 2003

Verifica-se que para o período considerado, de 5 meses, houve um acentuado índice de redução da quantidade total de matéria seca originalmente existente. Embora exista uma mesma tendência de redução da quantidade de matéria seca sobre o solo, pode-se observar que a curva representativa da taxa de decomposição dos resíduos do nabo forrageiro foi mais acentuada, o que pode ser ilustrado pela presença remanescente de apenas 16,18% da matéria seca original após o curto período de exposição, que foi de 150 dias. Os tratamentos com aveia preta e a ervilhaca peluda tiveram um comportamento de degradação da matéria orgânica superficial semelhante.

Observa-se ainda na Figura 1, que embora a cultura da aveia preta não tenha contribuído com a maior quantidade de matéria seca deixada sobre a superfície do solo tende, após o período de avaliação (150 dias), a apresentar quantidades maiores de matéria seca que as outras culturas utilizadas.

Utilizando-se as equações de regressão das curvas que constam na Figura 1 e, considerando-se que não ocorresse outras deposições de materiais orgânicos sobre o mesmo solo e que as condições climáticas continuassem como no período inicial, após mais 30 dias de ação microbiana nos processos de decomposição, pressupõe-se que ter-se-ia, superficialmente, nas parcelas que receberam a cultura de aveia preta ainda a quantidade de 3,95 t.ha<sup>-1</sup> de biomassa e nas parcelas que receberam o nabo forrageiro, a quantidade de 0,1 t.ha<sup>-1</sup>. Essa diferença em termos quantitativos de biomassa superficial pode significar, especialmente para condições adversas de clima, para o sistema de plantio direto, a diferença entre o sucesso e fracasso de seu uso.

A dinâmica da decomposição desses resíduos deve no entanto, considerar ainda, de acordo com Rosa Junior (1991), todos os fatores atuantes no processo de decomposição, dentre os quais, para o caso em questão, pode ser ressaltada a ação da cultura da soja, cultivada anteriormente à implantação das culturas antecessoras, a qual atua como fornecedora de N que estreita a relação C/N e favorece a aceleração do processo de decomposição.

Pela Figura 2 pode-se observar a ação da biomassa remanescente das culturas antecessoras sobre a cobertura do solo. Este parâmetro depende, além da quantidade de biomassa deixada pela cultura em questão, de sua qualidade, que de acordo com Rosa Junior (1991), deve considerar o conteúdo de nutrientes no material, sobretudo sua relação C/N.

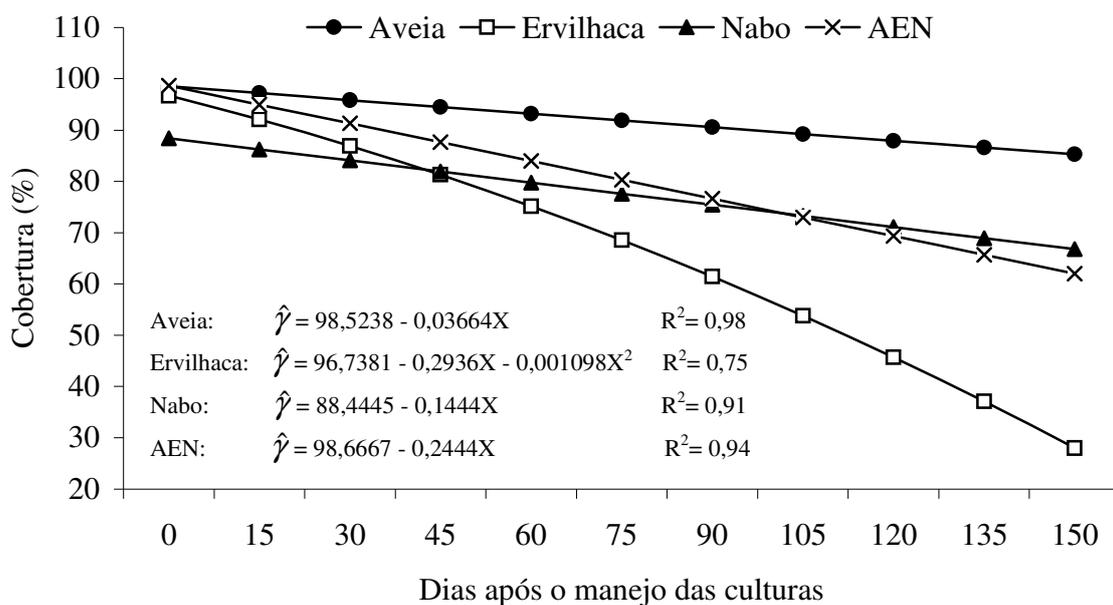


FIGURA 2 Curvas da cobertura morta em percentagem de aveia, ervilhaca, nabo e aveia+ervilhaca+nabo, no período de agosto de 2002 a março 2003

Pelas curvas de cobertura do solo (Figura 2) pode-se observar que destacou-se o tratamento que recebeu a aveia como cultura antecessora ao milho, o que provavelmente deve ter ocorrido em função, especialmente da relação C/N do material. Embora as quantidades iniciais de biomassa oriundas das culturas antecessoras utilizadas tivessem sido grandes (Figura 1), nenhuma delas proporcionou, mesmo imediatamente após o manejo de suas palhadas, uma cobertura total do solo. As maiores taxas de cobertura do solo foram obtidas, imediatamente após o manejo das palhadas, pelas culturas antecessoras de: a) mistura de aveia, ervilhaca e nabo forrageiro - 98,7%, b) aveia - 98,5%, c) ervilhaca - 97,7% e d) nabo forrageiro - 88,5% (Figura 2).

A diferença máxima de cobertura do solo, proporcionada pelos resíduos originados a partir das culturas antecessoras imediatamente após o seu manejo, foi de no máximo 10,4%, sendo obtida entre o uso da consorciação de aveia+ervilhaca+nabo forrageiro e o cultivo de nabo forrageiro individualmente. Passados no entanto 150 dias após o manejo desses materiais vegetais, essa diferença foi ampliada de tal forma que as parcelas que receberam materiais oriundos de aveia preta ainda estava com 93,03% de sua superfície coberta quando comparada com a cobertura de apenas 27,98% nas parcelas que tinham recebido resíduos orgânicos da cultura de ervilhaca peluda (Figura 2). Essa rápida degradação com, conseqüente exposição do solo, possivelmente pode ter ocorrido em função da baixa relação C/N do materiais orgânicos originados da ervilhaca peluda.

Considerando-se que de acordo com Alvarenga et al. (2001), o mínimo exigido de cobertura de solo para o estabelecimento do plantio direto é de 50%, torna-se arriscado a sugestão do cultivo de plantas com essas características, o que poderia redundar na exclusão da ervilhaca peluda com alternativa viável de fonte de materiais orgânicos a serem deixados na superfície do solo para diminuir sua exposição. Esse fato deve ser considerado em função da importância da cobertura do solo, notadamente quanto a sua atribuição fundamental na absorção do impacto direto das gotas da chuva, na proteção da superfície do solo da ação direta dos raios solares, na diminuição da amplitude térmica, além de evitar a desagregação do solo e de minimizar a formação de camadas compactadas superficiais e podendo, desta forma, aumentar a infiltração de água (Hungria et al., 1997 e Cruz et al., 2001).

## 4.2 Características agrônômicas da cultura do milho

As curvas de crescimento, em altura, de plantas de milho, desde a emergência até sua maturação, em função das culturas antecessoras utilizadas, são apresentadas na Figura 3 e o resumo da análise de variância para as características agrônômicas da cultura do milho, observadas durante o período experimental, no Quadro 5. Por esta figura constata-se que as culturas antecessoras utilizadas não interferiram sobre o crescimento das plantas do milho, fato válido para qualquer estágio de crescimento.

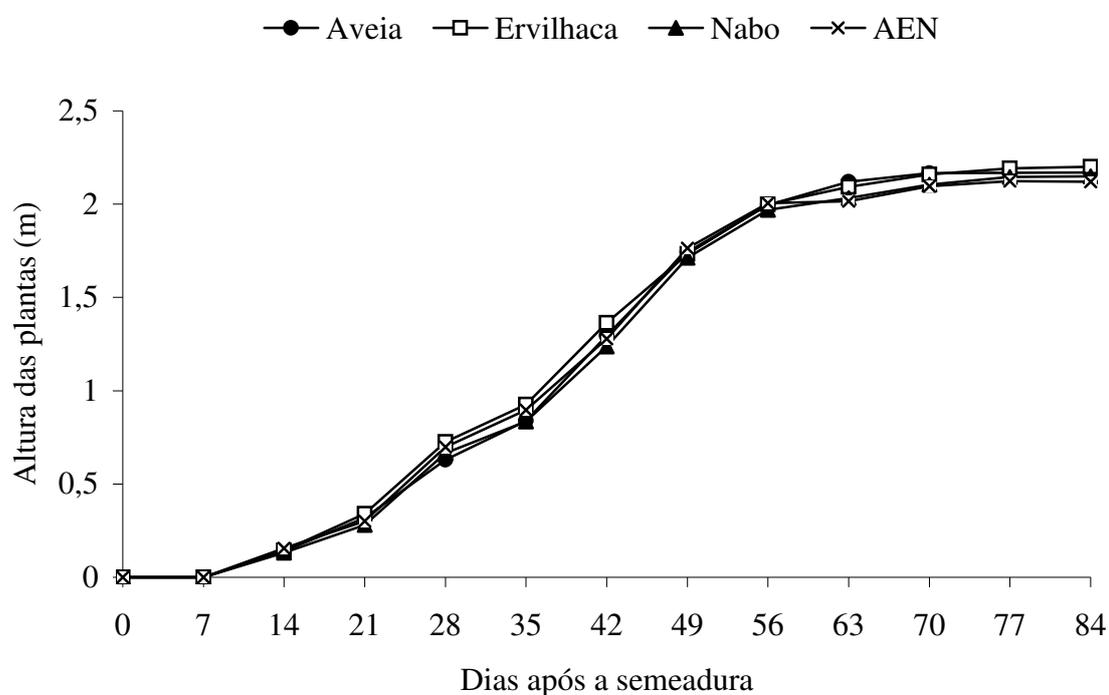


FIGURA 3 Curvas da altura média de plantas de milho em função das culturas antecessoras utilizadas à cultura do milho

Embora não tenha havido diferenças significativas entre os crescimentos das plantas de milho em função das culturas antecessoras utilizadas, especialmente após 60 dias de semeadura houve um desenvolvimento maior das plantas de milho cultivadas sobre resíduos de ervilhaca, o que pode ter ocorrido em função da relação C/N do material ser mais baixa, em decorrência da fixação nitrogenada simbiótica. Esta relação tem sido a característica mais usada em modelos para prever a disponibilidade de N no solo durante a decomposição de materiais orgânicos (Nicolardot et al., 2001). Para

Allison (1966), materiais com valores de C/N entre 25 a 30 apresentam equilíbrio entre o processo de mineralização e mobilização. Usando esses valores como referência, pode-se inferir que, nos tratamentos com ervilhaca, a mineralização deverá superar a imobilização, resultando em aumento na disponibilidade de nitrogênio no solo durante a decomposição dos resíduos culturais. Com isso concluir-se que o maior crescimento inicial na parcelas com ervilhaca e no consorcio das culturas antecessoras da cultura do milho pode ser decorrente deste processo.

Dentre as outras características da cultura do milho estudadas, a única característica agrônômica que foi influenciada significativamente pelas plantas antecessoras utilizadas foi a altura da primeira espiga (Quadro 5).

QUADRO 5 Resumo das análises de variância para as características agrônômicas e produtividade da cultura do milho sob plantio direto, em função das culturas antecessoras utilizadas

| Fonte Variação        | GL | Quadrados médios     |                    |                    |                     |                    |                   |
|-----------------------|----|----------------------|--------------------|--------------------|---------------------|--------------------|-------------------|
|                       |    | Altura de plantas    | Nº de espigas      | Nº de plantas      | Índice de espiga    | Inserção de espiga | Produtividade     |
| Blocos                | 2  | 2389,7 <sup>ns</sup> | 7,9 <sup>ns</sup>  | 50,7*              | 0,007 <sup>ns</sup> | 41,4 <sup>ns</sup> | 1,5**             |
| Culturas antecessoras | 3  | 1164,8 <sup>ns</sup> | 20,6 <sup>ns</sup> | 14,9 <sup>ns</sup> | 0,001 <sup>ns</sup> | 126,2**            | 0,1 <sup>ns</sup> |
| Resíduo               | 6  | 1797,7               | 32,8               | 14,2               | 0,007               | 24,4               | 0,2               |
| C.V (%)               |    | 22,43                | 12,90              | 8,00               | 9,00                | 4,94               | 12,71             |

\* significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F

\*\* significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F

<sup>ns</sup> não significativo

A diferença observada na análise de variância refere-se ao efeito que proporcionou maiores alturas médias de inserção da primeira espiga nas plantas de milho dos tratamentos onde se utilizou a aveia, ervilhaca e a consorciação de aveia+ervilhaca+nabo forrageiro em relação ao uso do nabo forrageiro como cultura antecessora ao milho (Quadro 6). Essa diferença pode ter ocorrido possivelmente em função da menor quantidade de palhada sobre o solo durante o ciclo da cultura do milho (Figura 2), o que causaria ao solo, danos que poderiam ocasionar desde uma maior perda de água por evaporação até um desajuste na relação entre o ar e a água no solo, em função de sua maior exposição.

QUADRO 6 Valores médios de altura de espiga e produtividade de milho em função das culturas antecessoras utilizadas

| Culturas antecessoras | Altura de espiga (cm) | Produtividade (kg.ha <sup>-1</sup> ) |
|-----------------------|-----------------------|--------------------------------------|
| Aveia preta           | 100,46 ab             | 3777,56 a                            |
| Ervilhaca peluda      | 104,00 a              | 3918,45 a                            |
| Nabo forrageiro       | 94,94 b               | 3655,43 a                            |
| Aveia+ervilhaca+nabo  | 100,55 ab             | 4017,42 a                            |

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Segundo Possamai *et al.* (2001), plantas com inserção de espiga mais alta apresentam vantagem na colheita mecanizada, pois podem apresentar menor perda de espigas nesta operação.

De acordo com Igue *et al.* (1984), muitas vezes as quantidades de nutrientes liberadas pelas gramíneas são iguais ou superiores às quantidades liberadas pelas leguminosas, o que se deve à grande quantidade de biomassa produzida, com isso, pode ser uma das causas de não ter ocorrido diferenças significativas entre os tratamentos.

Não houve diferença entre a produtividade da cultura do milho em função das culturas antecessora utilizadas (quadro 6), entretanto Derpsch *et al.* (1985) trabalhando com diversas coberturas verdes de inverno mostrou que as leguminosas antecedendo a cultura do milho proporcionaram maior rendimento de grãos do que as gramíneas.

Um efeito benéfico da cobertura vegetal sobre o solo é a redução de perdas de água por evaporação, garantindo maior umidade do solo (Cruz *et al.* 1999), mas no atual estudo, mesmo com essas alterações a produtividade da cultura do milho não foi afetada. Com isso o sistema de sucessão de culturas que proporcionar condições para a cultura do milho suportar maior tempo sem a ocorrência de precipitações pluviométricas, pode trazer benefícios aos produtores.

O rendimento de grãos na maioria das culturas sob diferentes manejos do solo depende, dentre outros, das condições climáticas do ano agrícola, da qualidade do manejo, do nível de fertilidade do solo e do estado sanitário da cultura. Por estas razões, tem sido bastante variável o comportamento das culturas sob diferentes manejos do solo. É preciso destacar, contudo, que nos anos em que ocorre déficit hídrico, perdas de rendimento quase sempre são registradas (Fageria *et al.*, 1995; Carmo, 1997).

### 4.3 Atributos do solo

#### 4.3.1 Atributos químicos

As culturas antecessoras atuaram significativamente sobre os valores de fósforo e potássio e a profundidade de análise atuou significativamente sobre a maioria dos atributos químicos estudados (Quadro 7 e 8).

**QUADRO 7** Resumo das análises de variância dos valores de matéria orgânica do solo (MOS), do pH em água (pH<sub>H<sub>2</sub>O</sub>), do pH em KCl (pH<sub>KCl</sub>), do Delta pH ( $\Delta$  pH), do fósforo (P) e do potássio (K) de um Latossolo Vermelho distroférico, em função das culturas antecessoras e da profundidade de amostragem

| Fonte de variação    | GL | Quadrados médios    |                              |                    |                    |                     |                    |
|----------------------|----|---------------------|------------------------------|--------------------|--------------------|---------------------|--------------------|
|                      |    | MOS                 | pH <sub>H<sub>2</sub>O</sub> | pH <sub>KCl</sub>  | $\Delta$ pH        | P                   | K                  |
| Blocos               | 2  | 75,75 <sup>ns</sup> | 0,53 <sup>ns</sup>           | 1,15 <sup>ns</sup> | 0,12 <sup>ns</sup> | 14,39 <sup>ns</sup> | 4,18 <sup>ns</sup> |
| C.A                  | 3  | 15,69 <sup>ns</sup> | 0,71 <sup>ns</sup>           | 1,28 <sup>ns</sup> | 0,12 <sup>ns</sup> | 220,80*             | 101,20*            |
| Erro a               | 6  | 29,07               | 0,52                         | 0,54               | 0,08               | 39,75               | 22,05              |
| C.V <sub>a</sub> (%) |    | 19,19               | 14,56                        | 13,02              | 41,41              | 51,47               | 87,99              |
| Profundidade (P)     | 6  | 334,37**            | 1,31**                       | 1,30**             | 0,02 <sup>ns</sup> | 1137,58**           | 243,32**           |
| C.A x P              | 18 | 6,45 <sup>ns</sup>  | 0,09 <sup>ns</sup>           | 0,03 <sup>ns</sup> | 0,06*              | 26,99 <sup>ns</sup> | 13,48**            |
| Erro b               | 48 | 4,61                | 0,10                         | 0,14               | 0,02               | 24,37               | 4,12               |
| C.V <sub>b</sub> (%) |    | 7,64                | 6,44                         | 6,65               | 22,55              | 40,30               | 50,95              |

\* significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F

\*\* significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F

<sup>ns</sup> não significativo

C.A culturas antecessoras

Pelos Quadros 7 e 8 observa-se que houve efeito significativo da profundidade sobre os atributos químicos considerados, com exceção do  $\Delta$  pH. Esse efeito da profundidade pode ser causado, no caso da matéria orgânica do solo, pela deposição superficial de biomassa e conseqüentemente redução no perfil e para os valores de pH (em água e em KCl) e nutrientes, um efeito similar, decorrente, respectivamente à realização de calagem e fertilizações.

**QUADRO 8** Resumo das análises de variância dos valores de alumínio (Al<sup>3+</sup>), de cálcio (Ca<sup>2+</sup>), de magnésio (Mg<sup>2+</sup>), da acidez trocável (H<sup>+</sup>+Al<sup>3+</sup>),

da capacidade de troca de cátions (T) e da saturação de bases (V) em materiais de um Latossolo Vermelho distroférico, em função das culturas antecessoras e da profundidade de amostragem

| Fonte de variação    | GL | Quadrados médios   |                      |                      |                                   |                      |                      |
|----------------------|----|--------------------|----------------------|----------------------|-----------------------------------|----------------------|----------------------|
|                      |    | Al <sup>3+</sup>   | Ca <sup>2+</sup>     | Mg <sup>2+</sup>     | H <sup>1</sup> + Al <sup>3+</sup> | T                    | V                    |
| Blocos               | 2  | 4,13 <sup>ns</sup> | 234,61 <sup>ns</sup> | 16,51 <sup>ns</sup>  | 26,15 <sup>ns</sup>               | 212,22 <sup>ns</sup> | 100,63 <sup>ns</sup> |
| C.A                  | 3  | 2,44 <sup>ns</sup> | 381,04 <sup>ns</sup> | 116,89 <sup>ns</sup> | 496,90 <sup>ns</sup>              | 106,46 <sup>ns</sup> | 315,34 <sup>ns</sup> |
| Erro a               | 6  | 4,54               | 240,30               | 104,52               | 666,52                            | 1059,81              | 282,00               |
| C.V <sub>a</sub> (%) |    | 65,61              | 32,48                | 54,60                | 50,50                             | 26,77                | 29,35                |
| Profundidade (P)     | 6  | 7,28**             | 754,59**             | 675,47**             | 1184,79**                         | 2952,82**            | 1025,69**            |
| C.A x P              | 18 | 1,38**             | 21,16 <sup>ns</sup>  | 11,59 <sup>ns</sup>  | 136,83*                           | 216,53*              | 40,27 <sup>ns</sup>  |
| Erro b               | 48 | 0,46               | 53,91                | 24,25                | 66,01                             | 69,61                | 42,18                |
| C.V <sub>b</sub> (%) |    | 55,14              | 15,38                | 26,30                | 15,88                             | 6,86                 | 11,35                |

\* significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F

\*\* significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F

<sup>ns</sup> não significativo

C.A culturas antecessoras

Os efeitos da profundidade sobre os demais atributos (acidez trocável, capacidade de troca de cátions e saturação de bases) constantes no Quadro 8 decorreram direta ou indiretamente da deposição ou aplicação, especialmente superficial da matéria orgânica, calcário e fertilizantes.

Os valores médios dos atributos químicos do Latossolo Vermelho distroférico observados durante o período experimental em função das culturas antecessoras estudadas são apresentados nos Quadro 9 e 10.

Esperava-se que os valores de  $\Delta$  pH (Quadro 9) fossem menores para o tratamento onde o uso do solo foi o cultivo do milho em sucessão ao nabo, o que poderia ocorrer se, de acordo com resultados de Rosa Junior (1991 e 2000), pelo fato dos materiais orgânicos oriundos dessa planta antecessora já terem sido quase que totalmente decompostos e, portanto, não mais estar contribuindo com cargas negativas extras ao solo.

Nas experiências relatadas por Pavan (1997), citado por Muzzilli (2002), verificaram-se que os ácidos orgânicos hidrossolúveis de baixo peso molecular oriundos da decomposição dos resíduos vegetais são capazes de promover a ciclagem de elementos químicos inorgânicos até as camadas mais profundas do solo. A ciclagem de íons através do solo induz a formação de complexos organo-metálicos, sendo o Al<sup>3+</sup> substituído pelo Ca<sup>2+</sup> no complexo catiônico e o Al<sup>3+</sup>, por sua vez, é imobilizado por ligantes orgânicos. Os resíduos de aveia preta e de centeio são mais efetivos na

mobilização do  $\text{Ca}^{2+}$  e os de nabo forrageiro na complexação do  $\text{Al}^{+3}$  em solos ácidos (Muzzili, 2002).

Os valores de matéria orgânica do solo não diferiram em função das culturas antecessoras, embora analisando descritivamente os valores obtidos, com o cultivo prévio de aveia observaram-se valores inferiores as de outras culturas o que pode estar relacionado com a lenta decomposição da biomassa oriunda dessas plantas (Quadro 9).

QUADRO 9 Valores médios de MOS, pH em KCl, pH em  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\Delta\text{pH}$  e P amostrados em um Latossolo Vermelho distroférico em função das culturas antecessoras à cultura do milho entre 0 – 0,28 m de profundidade

| Culturas antecessoras | MOS<br>( $\text{mg.dm}^{-3}$ ) | pH<br>KCl | pH<br>$\text{H}_2\text{O}$ | $\Delta\text{pH}$ | P<br>( $\text{mg.dm}^{-3}$ ) |
|-----------------------|--------------------------------|-----------|----------------------------|-------------------|------------------------------|
| Aveia preta           | 26,92 a                        | 5,19 a    | 5,99 a                     | -0,80 a           | 7,76 b                       |
| Ervilhaca peluda      | 28,92 a                        | 5,02 a    | 5,76 a                     | -0,74 a           | 12,00 ab                     |
| Nabo forrageiro       | 28,50 a                        | 4,81 a    | 5,43 a                     | -0,62 a           | 14,86 a                      |
| AEN                   | 28,03 a                        | 4,81 a    | 5,55 a                     | -0,74 a           | 14,38 ab                     |

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Os menores valores de P no solo observados para a rotação de milho sob aveia (Quadro 9), pode ser explicado em função de que as demais culturas antecessoras têm vantagem quanto à absorção deste elemento em relação à aveia. Giacomini et al. (2003), estudando os efeitos de cultivos isolados e consorciados com aveia preta, ervilhaca comum e nabo forrageiro sobre a produção de massa seca, relação C/N e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio na parte aérea das plantas, verificaram que as quantidades de fósforo absorvidos pela ervilhaca foram superiores as da aveia, embora tenha produzido menor quantidade de massa seca. Também observaram que o nabo forrageiro apresentou destaque quanto à quantidade de fósforo acumulado, quando cultivado isolado, e no cultivo consorciado de aveia preta+nabo forrageiro os autores citam que o nabo pode ter favorecido a absorção de fósforo pela aveia pela ciclagem deste elemento e rápida decomposição dos resíduos vegetais do nabo forrageiro, já que o acúmulo desse elemento no consórcio foi maior que os valores obtidos no cultivo isolado de aveia.

Os maiores valores de potássio obtidos quando do uso do consórcio aveia+ervilhaca+nabo forrageiro (Quadro 10) podem estar relacionados a uma maior

eficiência em seu reciclo no solo, uma vez que as raízes podem estar explorando profundidades diferentes. Segundo Da Ros (1993) as leguminosas têm habilidade na ciclagem desse elemento disponível no solo. Giacomini et al. (2003) observaram, quanto ao acúmulo de potássio, que os tratamentos constituídos por consórcios não diferiram entre si e nem do nabo isolado, superando a aveia e ervilhaca.

QUADRO 10 Valores médios de  $K^+$ ,  $Al^{3+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $H^+ + Al^{3+}$ , T e V de um Latossolo Vermelho distroférico em função das culturas antecessoras à cultura do milho entre 0 – 0,28 m de profundidade

| Culturas antecessoras | $K^+$   | $Al^{3+}$ | $Ca^{2+}$ | $Mg^{2+}$ | $H^+ + Al^{3+}$ | T        | V       |
|-----------------------|---|-----------|-----------|-----------|-----------------|----------|---------|
|                       | .....mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ..... |           |           |           |                 |          | (%)     |
| Aveia preta           | 1,87 b  | 0,74 a    | 51,74 a   | 21,37 a   | 47,14 a         | 122,12 a | 61,01 a |
| Ervilhaca peluda      | 3,78 ab                                       | 1,33 a    | 51,00 a   | 19,46 a   | 49,62 a         | 123,87 a | 59,14 a |
| Nabo forrageiro       | 3,22 ab                                       | 1,54 a    | 44,65 a   | 15,72 a   | 58,24 a         | 121,83 a | 52,06 a |
| AEN                   | 7,04 a  | 1,30 a    | 43,47 a   | 18,35 a   | 49,62 a         | 118,48 a | 56,61 a |

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Não se observaram diferenças estatísticas nos teores de potássio, alumínio, cálcio, magnésio,  $H^+ + Al^{3+}$  do solo, capacidade de troca de cátions e saturação de bases na sucessão de milho após o uso das diferentes culturas antecessoras (Quadro 10).

De acordo com Santos & Roman (1989), os valores de  $Ca^{2+} + Mg^{2+}$  são mais altos após sucessão com leguminosas. Como estas assimilam mais nitrogênio na forma de  $NH_3^+$ , devido a fixação de  $N_2$  atmosférico, é possível que, para manter o balanço de cargas na planta, tenham excretado íons  $H^+$ . Estes podem ter reduzido o pH da rizosfera e limitado a absorção de  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$ .

Na camada de 0 – 12 cm de profundidade foram encontrados as maiores quantidades de fósforo no solo (Figura 4), representando 77% do total do elemento contido em todo o perfil estudado. Sá (1999), fez um levantamento em área submetida ao sistema de plantio direto por um período de 15 anos e observou que na camada superficial (0 – 0,10 m) havia uma elevada concentração de fósforo, com cerca de 88% de todo elemento disponível encontrado até a profundidade de 0,3 m, confirmando o processo de estabilização da área. Esta concentração do fósforo na superfície, segundo Sá (1999), deve-se ao não revolvimento do solo, que minimiza o processo de fixação e a decomposição

gradual dos resíduos que proporciona a liberação e redistribuição de formas orgânicas mais estáveis do elemento e menos suscetíveis às reações de absorção.

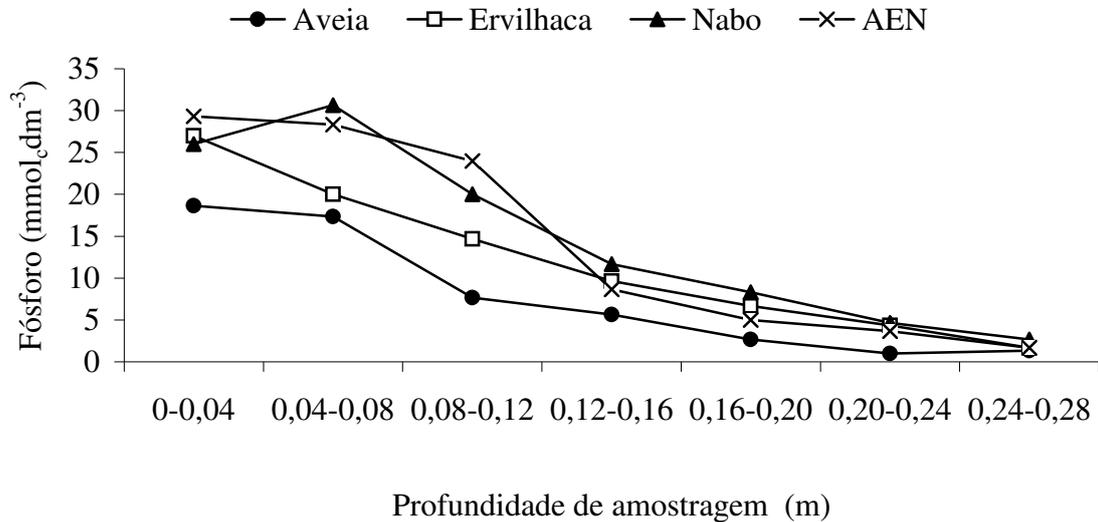


FIGURA 4 Valores de fósforo no solo ( $\text{mmol}_c\text{dm}^{-3}$ ) em função da profundidade de amostragem e das culturas antecessoras utilizadas ao cultivo do milho

Há maior concentração de potássio, especialmente na camada de 0-0,08 m de profundidade (Figura 5), que chegou a conter 71,2% de todo o elemento presente no perfil analisado. Esta característica pode estar relacionada à presença dos materiais orgânicos deixados na superfície do solo, os quais poderiam estar proporcionando uma lixiviação mais lenta do elemento, já que nas formas orgânicas este processo não ocorreria.

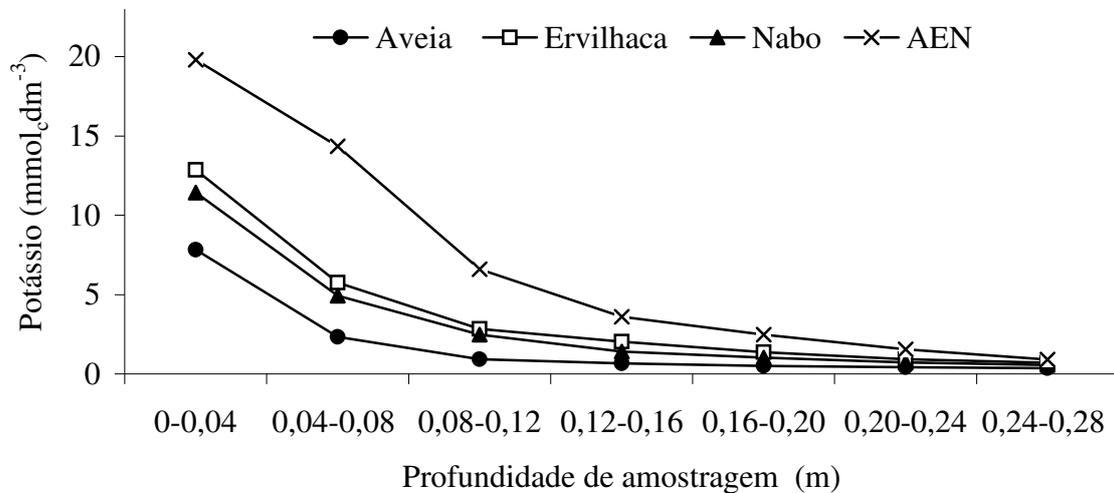


FIGURA 5 Valores de potássio no solo ( $\text{mmol}_c\text{dm}^{-3}$ ) em função da profundidade de amostragem e das culturas antecessoras utilizadas ao cultivo do milho

Na Figura 6 é apresentado o efeito das culturas antecessoras nas diferentes profundidades, para a característica Delta pH ( $\Delta\text{pH}$ ). Nas parcelas, com o cultivo de milho, onde a cultura antecessora foi o nabo forrageiro obtiveram-se valores mais próximos de zero para esta característica na profundidade de 0-0,08 m (Figura 6), estes resultados podem corroborar com os resultados de Rosa Junior (1991 e 2000).

Este fato, que a princípio seria benéfico as características químicas e físicas do solo, já que haveria, teoricamente, um equilíbrio de cargas neste solo, em se tratando da física do solo pode não estar ocorrendo melhores condições para agregação, uma vez que sob estas condições, com a biomassa vegetal proporcionada pela cultura do nabo forrageiro, o solo está mais exposto, ou seja, está mais propenso aos efeitos da chuva (0,1% de cobertura aos 180 dias após manejo de sua palhada) do que com as outras plantas de coberturas.

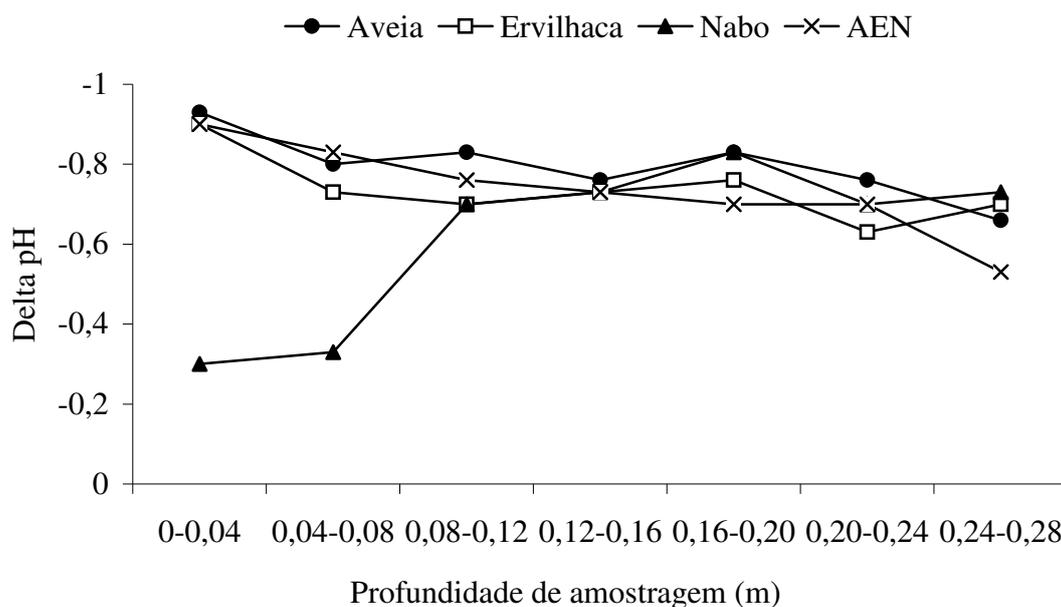


FIGURA 6 Valores de Delta pH ( $\Delta\text{pH}$ ) observados em um Latossolo Vermelho distroférico em função das culturas antecessoras à cultura do milho e da profundidade de amostragem

Outra característica que apresentou diferenças nas profundidades para as culturas antecessoras foi a CTC (Figura 7). Foram observados menores valores para este atributo na cultura do nabo forrageiro até a profundidade de 0-8 cm.

Nas parcelas com nabo forrageiro e a ervilhaca peluda a CTC do solo apresentou comportamento diferente em relação a aveia preta e o consórcio para esta característica, observando-se que onde estas culturas foram implantadas houve redução menos acentuada da camada superficial até as mais profundas, ocorrendo uma estabilidade dos valores de CTC no perfil do solo (Figura 7). Possivelmente esta característica deva-se ao sistema radicular da cultura do nabo forrageiro e da ervilhaca, que atingindo profundidades maiores pode estar liberando compostos que mantenham a capacidade de troca de cátions mais característica estável nestas camadas do solo.

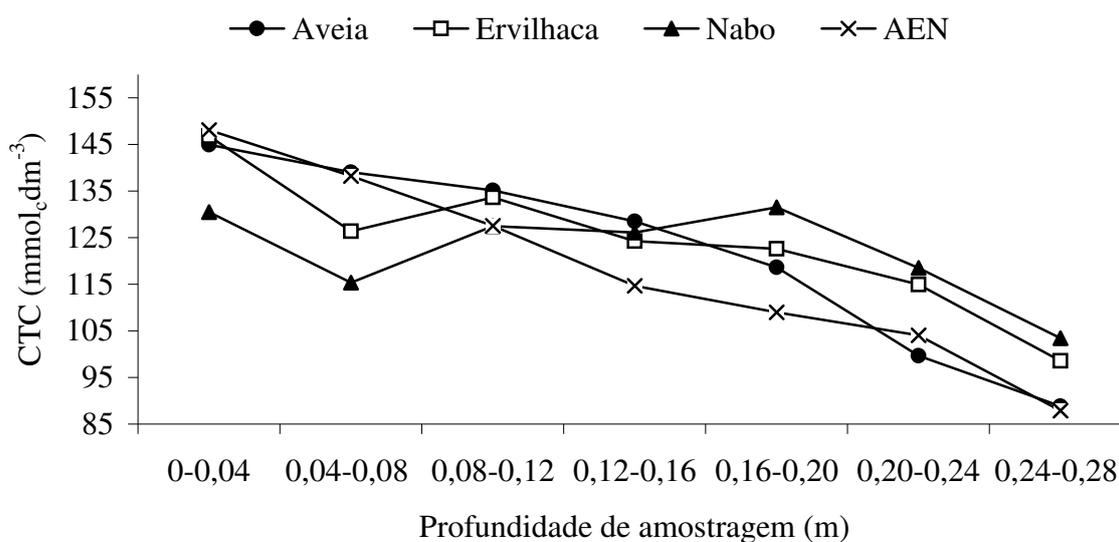


FIGURA 7 Valores de CTC ( $\text{mmol}_c\text{dm}^{-3}$ ) observados em um Latossolo Vermelho distroférico em função das culturas antecessoras à cultura do milho e da profundidade de amostragem

#### 4.3.2 Atributos físicos

Observa-se, em função das profundidades e das culturas antecessoras que foram utilizadas antes da cultura do milho, que não houve diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade, para os valores analisados de densidade do solo e porosidade total (Quadro 11).

QUADRO 11 Resumo das análise de variância dos valores de densidade do solo (DS), da partícula (DP) e da porosidade total (PT) de um Latossolo Vermelho distroférico

| Fonte de Variação | GL | Quadrados médios |    |    |
|-------------------|----|------------------|----|----|
|                   |    | DS               | DP | PT |
|                   |    |                  |    |    |

|                             |    |                      |                      |                       |
|-----------------------------|----|----------------------|----------------------|-----------------------|
| Blocos                      | 2  | 0,1133 <sup>ns</sup> | 0,0236*              | 6,2554 <sup>ns</sup>  |
| Culturas antecessoras (C.A) | 3  | 0,0618 <sup>ns</sup> | 0,0208*              | 55,6969 <sup>ns</sup> |
| Erro a                      | 6  | 0,1166               | 0,0032               | 22,7617               |
| C.V <sub>a</sub> (%)        |    | 11,53                | 1,93                 | 8,15                  |
| Profundidade (P)            | 6  | 0,0290**             | 0,0149**             | 48,1328**             |
| C.A x P                     | 18 | 0,0045 <sup>ns</sup> | 0,0024 <sup>ns</sup> | 5,2355 <sup>ns</sup>  |
| Erro b                      | 48 | 0,0055               | 0,0015               | 5,4354                |
| C.V <sub>b</sub> (%)        |    | 5,26                 | 1,33                 | 3,98                  |

\* significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F

\*\* significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F

<sup>ns</sup> não significativo

Não houve diferenças significativas para a característica densidade do solo, embora esperava-se que o tratamento de consorciação das culturas antecessoras, por ter apresentado o menor valor para essa característica, fosse significativamente menor, em função possivelmente de uma composição maior e mais diversificada do sistema radicular e maior efeito agregante, o que estaria de acordo com colocações de Rosa Junior (1991) ou mesmo um possível efeito mecânico de descompactação do solo, via ação de penetração dessas raízes no solo, embora esses possíveis efeitos devam ser melhores explorados em novos trabalhos de pesquisa.

QUADRO 12 Valores médios da densidade do solo da partícula e da porosidade total de um Latossolo Vermelho distroférrico em função das culturas antecessoras ao milho entre 0 – 0,28 m de profundidade

| Culturas antecessoras | Densidade do solo<br>(kg.dm <sup>-3</sup> ) | Densidade de partícula<br>(kg.dm <sup>-3</sup> ) | Porosidade total<br>(m <sup>3</sup> .m <sup>-3</sup> ) |
|-----------------------|---|--|--|
| Aveia preta           | 1,25 a                                      | 2,96 a   | 57,66 a  |
| Ervilhaca peluda      | 1,22 a                                      | 2,91 ab  | 57,88 a  |
| Nabo forrageiro       | 1,22 a                                      | 2,89 b   | 57,68 a  |
| AEN                   | 1,13 a                                      | 2,89 b   | 60,99 a  |

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

A densidade de partícula apresentou-se menor (Quadro 12) para a cultura de nabo forrageiro e o consórcio (AEN), este resultado pode ser explicado pela presença de matéria orgânica do solo que pesa muito menos do que volume igual de sólidos minerais, reduzindo marcadamente a densidade de partícula.

O efeito de redução nos valores de densidade do solo é desejável, pois quanto mais elevadas forem os valores dessa característica, maior será a compactação

do solo e menor sua porosidade total (Quadro 12) devendo ser, conseqüentemente, maiores as restrições para crescimento e desenvolvimento das plantas. O valor da densidade do solo é pontual e representa o estado atual do solo, podendo variar em função de modificações em alguns de seus fatores causais, como por exemplo pela incorporação da matéria orgânica (Kiehl, 1979).

Sobre a densidade do solo e sua conseqüentemente ação sobre a porosidade total já são relacionados os efeitos benéficos que a aveia, devido a seu sistema radicular fasciculado e grande quantidade de raízes, e o nabo forrageiro, com seu sistema radicular pivotante, proporcionam as características físicas do solo (Aita et al., 2000).

Com o uso da cultura da aveia como antecessora à do milho foi obtido em trabalho realizado por Rosa Junior (2000), diferenças significativas para os valores de densidade do solo, densidade das partículas e porosidade total, o que possivelmente pode ter ocorrido em função da maior agressividade das raízes dessa planta usada como fonte de matéria orgânica para cobertura do solo, interferindo no processo de agregação do solo.

O efeito em profundidade para os valores de densidades do solo e da porosidade total, para cada um dos tratamentos utilizados pode ser observado nas Figuras 9 e 10.

De acordo com a Figura 8, pode-se verificar que somente o tratamento que recebeu o consorcio da culturas antecessoras de inverno (AEN), apresentou densidade do solo menor que  $1,2 \text{ kg.dm}^{-3}$  até 0,24 m de profundidade, valor que segundo Derpsch et al. (1991), não causa problemas de desenvolvimento radicular, valores superiores a estes podem dificultar o crescimento de raízes.

Conforme amplamente demonstrado por diversos pesquisadores, ao longo do tempo, no sistema de plantio direto o problema da compactação superficial é minimizado tanto pelo efeito do sistema radicular de culturas antecessoras, como pelo aumento nos teores de matéria orgânica no solo. Com o uso de plantas de cobertura nesse sistema, os poucos casos de compactação, geralmente são compensados pela continuidade dos poros, resultante da maior atividade biológica do solo e das raízes em decomposição (Gassen & Gassen, 1996).

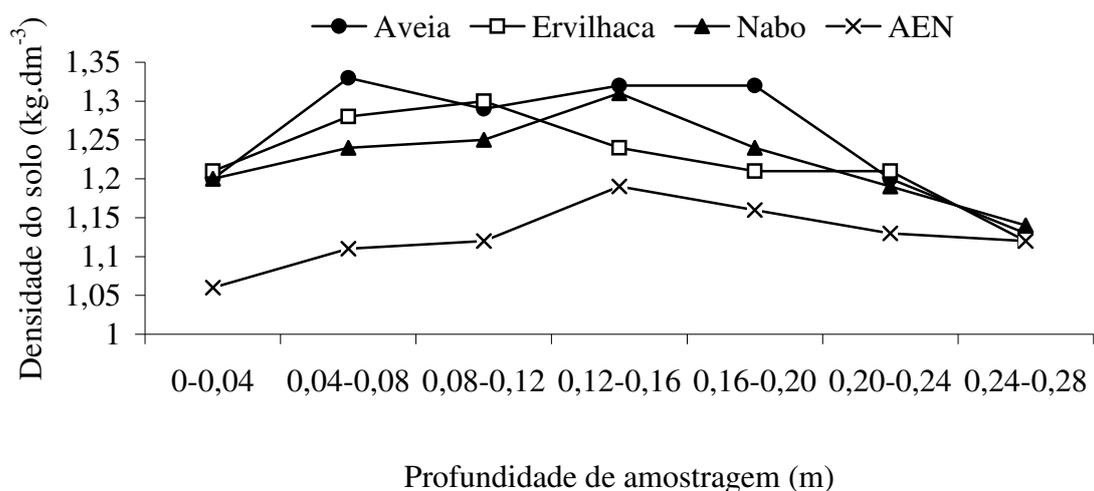


FIGURA 8 Valores de densidade do solo ( $\text{kg}\cdot\text{dm}^{-3}$ ) em função da profundidade e das culturas antecessoras utilizadas ao cultivo da cultura do milho

Aparentemente os efeitos das culturas antecessoras cessou na camada de 0,24 – 0,28 m de profundidade (Figura 8) o que pode ter ocorrido em função de pequena presença de raízes nesta profundidade.

As culturas antecessoras utilizadas somente proporcionaram diferenças significativas sobre os valores de porosidade em função da profundidade (Figura 9), o que pode ter ocorrido em decorrência da quantidade de raízes e da especificidade de cada uma dessas plantas em agregar o solo, possivelmente em função de conteúdos menores de constituintes orgânicos de mais rápida e fácil decomposição, de acordo com Rosa Junior (1991).

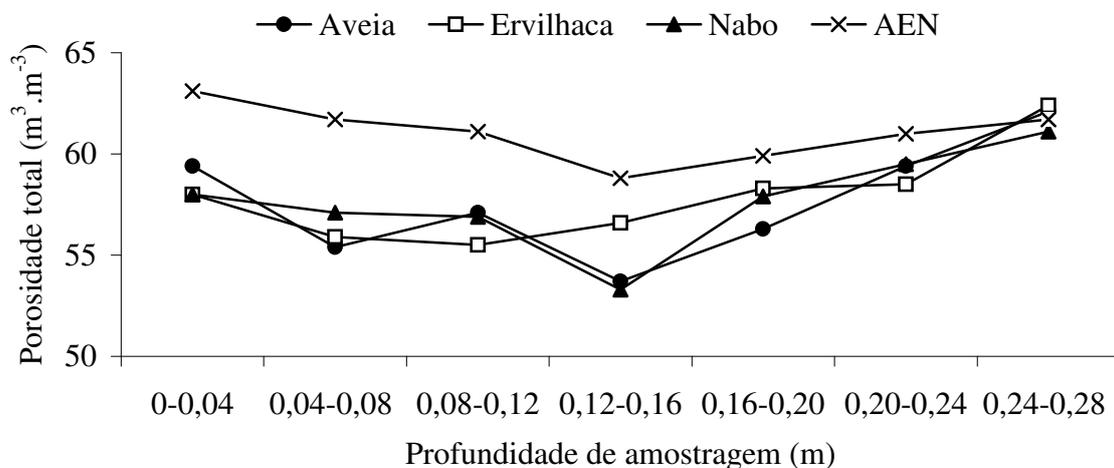


FIGURA 9 Valores de porosidade total ( $\text{m}^3\cdot\text{m}^{-3}$ ) em função da profundidade e das culturas antecessoras utilizadas ao cultivo do milho

As culturas antecessoras utilizadas proporcionaram diferenças para os valores de porosidade total do solo. Observa-se (com o cultivo prévio de nabo forrageiro, aveia e do consórcio de aveia+ervilhaca+nabo forrageiro) uma redução nos valores da porosidade total do solo na camada de 0,12 a 0,16 m de profundidade o que deve ter sido causado, segundo Rosa Junior (2000), em função da presença de uma camada compactada.

A utilização da consorciação de aveia+ervilhaca+nabo forrageiro, quando comparado com os cultivos isolados de aveia, ervilhaca e nabo forrageiro, proporcionou os maiores valores de porosidade do solo até a profundidade de 0,24 m, o que deve ter ocorrido em função de maior eficiência na penetração das raízes no solo.

Pela análise de variância dos valores de argila total, silte, argila dispersa em água e grau de floculação (Quadro 13), pode-se constatar que somente houve diferenças significativas, em função das culturas antecessoras utilizadas, para os valores de argila dispersa em água e o grau de floculação.

QUADRO 13 Resumo das análises de variância dos valores de argila total, silte, argila dispersa em água (ADA) e grau de floculação (GF) de um Latossolo Vermelho, em função das culturas antecessoras e da profundidade de amostragem

| Fonte de Variação           | GL | Quadrados médios      |                       |                        |                        |
|-----------------------------|----|-----------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|
|                             |    | Argila total          | Silte                 | ADA                    | GF                     |
| Blocos                      | 2  | 55,2753 <sup>ns</sup> | 29,7105 <sup>ns</sup> | 6,6669 <sup>ns</sup>   | 89,2486 <sup>ns</sup>  |
| Culturas antecessoras (C.A) | 3  | 6,6461 <sup>ns</sup>  | 19,6731 <sup>ns</sup> | 368,1714 <sup>**</sup> | 540,1363 <sup>**</sup> |
| Erro a                      | 6  | 14,3531               | 6,0667                | 9,8251                 | 28,1102                |
| C.V <sub>a</sub> (%)        |    | 4,85                  | 20,64                 | 5,80                   | 17,33                  |
| Profundidade (P)            | 6  | 9,7308 <sup>ns</sup>  | 8,7309 <sup>ns</sup>  | 65,9355 <sup>ns</sup>  | 124,8987 <sup>ns</sup> |
| C.A x P                     | 18 | 17,3398 <sup>ns</sup> | 21,1236 <sup>ns</sup> | 45,6988 <sup>ns</sup>  | 132,4448 <sup>ns</sup> |
| Erro b                      | 48 | 20,4999               | 9,1406                | 71,4942                | 133,1432               |
| C.V <sub>b</sub> (%)        |    | 5,80                  | 25,34                 | 15,65                  | 37,71                  |

\*\* significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F

<sup>ns</sup> não significativo

O tratamento que apresentou maior grau de floculação foi o que recebeu aveia preta como cultura antecessora ao milho, apresentando conseqüentemente, também os menores valores de argila dispersa em água (Quadro 14). Este fato pode estar relacionado com a maior capacidade de agregação das gramíneas decorrente, de acordo com Rosa Junior (1991) pela maior capacidade de agregação desses materiais, devido especialmente aos constituintes orgânicos mais complexos e da sua maior relação C/N, ambos podendo

proporcionar maiores condições de agregação, quer seja pelo fornecimento de cargas negativas (T) ou pelo maior tempo que os materiais ficariam sujeitos a decomposição e, portanto, agregando partículas do solo.

O grau de flocculação permite interpretações quanto ao grau de estabilidade dos agregados do solo e sua resistência a erosão. Beutler et al. (2001), atribuem este efeito à qualidade de palhada, pelo incremento de rápida decomposição. Segundo Campos et al. (1995), à medida que se adiciona matéria orgânica ao solo, a atividade microbiana é estimulada, resultando em produtos que atuam na formação e estabilização dos agregados. Os resíduos culturais ao decomporem-se, também liberam compostos orgânicos que atuam como agentes agregantes e cimentantes do solo, melhorando sua estrutura.

QUADRO 14 Valores médios de argila dispersa em água (ADA), silte, argila total e grau de flocculação de um Latossolo Vermelho distroférico em função das culturas antecessoras ao milho entre 0 – 0,28 m de profundidade

| Cultura antecessoras | ADA<br>(g.kg <sup>-1</sup> ) | Silte<br>(g.kg <sup>-1</sup> ) | Argila total<br>(g.kg <sup>-1</sup> ) | Grau de flocculação<br>(%) |
|----------------------|------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|----------------------------|
| Aveia preta          | 45,45 c                      | 13,84 a                        | 76,93 a                               | 40,56 a                    |
| Ervilhaca peluda     | 59,04 a                      | 11,86 a                        | 77,99 a                               | 24,21 c                    |
| Nabo forrageiro      | 58,78 a                      | 10,23 a                        | 78,25 a                               | 24,71 bc                   |
| AEN                  | 52,83 b                      | 11,80 a                        | 79,01 a                               | 32,89 ab                   |

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

O grau de flocculação, que é um dos indicativos da estabilidade de agregados e da erodibilidade do solo. Neste caso foi, aparentemente, mais influenciado pelo teor de argila do que pelo teor de matéria orgânica, o qual, normalmente, é reportado como importante agente na estabilização da estrutura do solo (Chaney & Swift, 1984).

#### 4.3.3 Interdependência entre características físicas e químicas

O grau de flocculação é uma característica física que permite inferências muito boas sobre a condição de agregação dos solos, podendo fornecer indicações sobre a resistência

do solo à erosão. De acordo com Campos et al. (1995), os resíduos culturais após se decomporem liberam compostos orgânicos que atuam como agentes agregantes do solo, melhorando sua estrutura. Como podemos observar pela Figura 10 o grau de flocculação, considerando os tratamentos de culturas antecessoras individuais ao cultivo do milho, esta intimamente relacionado com a matéria orgânica do solo, pois a medida que esta diminui, nas diferentes profundidade estudadas, o índice de grau de flocculação também decresce.

A possível explicação para esse fato é que as fontes de matéria orgânica teriam importância no processo de agregação e, desta forma, à medida da diminuição de seus valores, com o aumento da profundidade, a agregação tenderia a ser diminuída. Se for estimulada a atividade microbiana a profundidades maiores, produzindo polissacarídeos, que certamente estimula a agregação a curto prazo, dependendo do teor de matéria orgânica, assim favorecendo esta característica física (Alexander, 1961) .

Essa tendência não ocorreu quando se utilizou a consorciação de culturas antecessoras (aveia+ervilhaca+nabo forrageiro) ao cultivo do milho, ou seja, nesse caso, com a redução dos valores de matéria orgânica, que ocorreu com o aumento da profundidade, obteve-se aumento nos valores de grau de flocculação.

Embora faltem dados para possibilitar uma explicação para essa exceção, pode-se supor que, por se ter uma quantidade de material orgânico maior adicionada pelas raízes das espécies que se desenvolveram conjuntamente no consórcio, pode ter havido um incremento maior de matéria orgânica em profundidade e portanto, um aumento nos valores da capacidade de troca de cátions.

Este processo causaria, momentaneamente, associado a quantidade insuficiente de cátions trocáveis para servir de ponte de troca nos processos de agregação, uma dispersão no solo. Essas colocações podem ser ainda justificadas pelo fato de que no

consórcio das culturas antecessoras observou-se maior porosidade total no perfil do solo, podendo resultar em maior aeração, sendo um fator preponderante no desenvolvimento de microrganismos que atuam no processo de agregação, o que estaria de acordo com Bertrand & Khonke (1957).

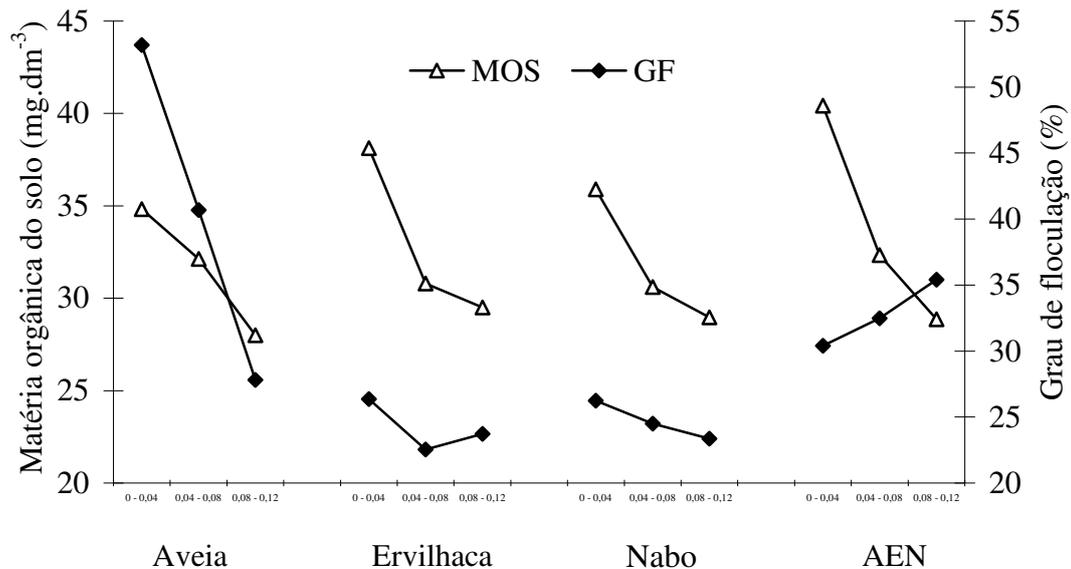


FIGURA 10 Valores de matéria orgânica do solo (MOS) e grau de floculação (GF) de um Latossolo Vermelho distroférico em função das culturas antecessoras em plantio direto a cultura do milho em diferentes profundidades

Quando se associou, os valores obtidos de  $Ca^{+2}+Mg^{+2}$  com os de argila dispersa em água - ADA (Figura 11), para cada um dos tratamentos utilizados, com exceção da aveia como cultura antecessora ao milho, não se observou dependência entre esses elementos e os valores de argila dispersa em água. Esta constatação difere dos resultados observados por Rosa Junior et al. (2001), para os quais esses cátions agiram como pontes nas ligações eletroquímicas no processo de formação de agregados. Wirwey e Overbeeck, citados por Juchsch (1987), afirmam que a atividade iônica do meio e o poder floculante dos cátions aumenta de acordo com a seqüência mono-di-trivalente. Assim quando é adicionado no meio  $Ca^{2+}$ , por meio da ciclagem pela plantas antecessoras à

superfície, sem a precipitação de cátions aumenta a atividade iônica do meio e facilita a floculação da argila.

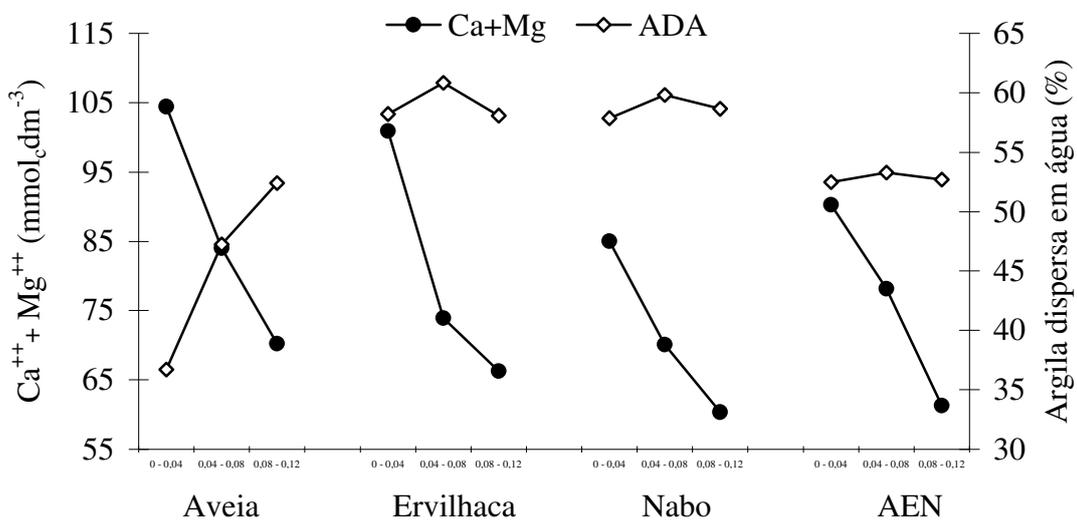


FIGURA 11 Valores de argila dispersa em água (ADA) e Ca+Mg de um Latossolo Vermelho distroférico em função das culturas antecessoras em plantio direto a cultura do milho em diferentes profundidades

Para o caso do uso da aveia como cultura antecessora ao milho a explicação do efeito da redução dos valores de cálcio e magnésio sobre o aumento da quantidade de partículas de argilas dispersas em água pode estar relacionada a falta de ação de neutralização que esses elementos teriam sobre a matéria orgânica do solo, e portanto, por se ter os maiores valores negativos de  $\Delta\text{pH}$  (Quadro 9), haveria dispersão do solo.

## **5 CONCLUSÕES**

1 – O uso de culturas antecessoras não influencia na produtividade do milho no sistema de plantio direto,

2 – A aveia preta é mais eficiente em manter o solo coberto por um período maior,

3 – O uso da ervilhaca peluda promove maior altura de inserção de espiga para a cultura do milho,

4 – Somente os valores de fósforo e potássio são influenciados pelas culturas antecessoras,

5 – A aveia preta aumenta o grau de flocculação do solo.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AITA, C.; CERETTA, C. A.; THOMAS, A.L.; PAVINATO, A.; BAYER, C. Espécies de inverno como fonte de nitrogênio para o milho no sistema de cultivo mínimo e feijão em plantio direto. *Rev. Bras. Ci. Solo*, 18: 101- 8, 1994.

AITA, C. *Dinâmica do nitrogênio no solo durante a decomposição de plantas de cobertura: efeito sobre a disponibilidade de nitrogênio para a cultura de sucessão*. In. FRIES, M.R.; DALMOLIN, R.S.D. (Coord.) *Atualização em recomendação de adubação e calagem: ênfase em plantio direto*. Santa Maria: Palltti, 1997. p. 76-111.

AITA, C.; FRIES, M. R.; GIACOMINI, S. J. *Ciclagem de nutrientes no solo com plantas de cobertura e dejetos de animais*. Plantas de Cobertura. Reunião da FertBio 2000. 1CD-ROM.

AITA, C.; GIACOMINI, S. J.; VENDRUSCULO, E. R. O.; CUBILLA, M.; CHIAPINOTTO, I. C.; HUBNER, A. P.; QUAINI, D.; FRIES, M. R. Leguminosa de verão como culturas intercalares ao milho e sua influencia sobre a associação de aveia (*Avena*

strigosa Schieb) + ervilhaca (*Vicia sativa* L.). In: CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO, 17., 2000. Mar del Plata, *Anais...* Mar del Plata, 2000. CD-ROM.

ALEXANDER, M. Introduction to soil microbiology. New York, John Willey, 1961. 472p.

ALLISON, F.E. The fate of nitrogen applied to soils. *Adv. Agron.*, 18:219-58, 1966.

ALVARENGA, R. C.; CABEZAS, W. A. L.; CRUZ, J. C.; SANTANA, D. P. Plantas de cobertura de solo para sistemas de plantio direto. *Informe agropecuário*, v.22, n. 208, p. 25-36. 2001.

AMADO, T. J. C. *Disponibilidade de nitrogênio para o milho em sistemas de cultura e preparo do solo*. Porto Alegre. 201f. Tese (Doutorado em Agronomia - Ciência do Solo) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia, UFRGS. 1997.

AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J. Estimativa da adubação nitrogenada para o milho em sistemas de manejo e culturas de cobertura do solo. *Rev. Bras. Ci. Solo*, 24:553-60. 2000.

AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; FERNANDES, S. B. V. Leguminosas e adubação mineral como fontes de nitrogênio para o milho em sistemas de preparo do solo. *Rev. Bras. Ci. Solo*, 24:179-89, 2000.

BADARUDDIN, M.; MEYER, D. W. Green-manure legume effects on soil nitrogen, grain yield and nitrogen nutrition of wheat. *Crop Science*, Madison, 30 (4): 819-25, 1990.

BASSO, C. J. *Épocas de aplicação de nitrogênio para o milho cultivado em sucessão a plantas de cobertura de solo, no sistema plantio direto*. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 1999. 91p. (Tese de Mestrado)

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de cultura. *Rev. Bras. Ci. Solo*, 21:105-12, 1997.

BERTRAND, A. R.; KOHNKE, H. Subsoil conditions and their effects on oxygen supply and the growth of corn roots. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, v.21, p.135-9, 1957.

BERTOL, I.; COGO, N. P.; CASSOL, E. A. Distância entre terraços usando o comprimento crítico de rampa em dois preparos conservacionistas do solo. *Rev. Bras. Ci. Solo*, 24:417-25, 2000.

BEUTLER, A. N.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; FERREIRA, M. M.; PEREIRA FILHO, I. A.; CRUZ, J. C. Agregação de Latossolo Vermelho distrófico típico relacionado com o manejo na região dos Cerrados no Estado de Minas Gerais. *Rev. Bras. Ci. Solo*, 25:129-36, 2001.

BLAKE, G. R. Bulk density. In: BLACK, C. A. *Methods of soil analysis*. Madison: *American Society of Agronomy*, 1968. p.344-90 (Agronomy series nº 9).

CALEGARI, A.; MONDARDO, A.; BULISANI, E. A.; WILDNER, L. P. do.; COSTA, M. B. C. da.; ALCÂNTARA, P. B.; MIYASAKA, S.; AMADO, T. J. C. *Adubação verde no sul do Brasil*. Rio de Janeiro: AS-PTA, 346 p. 1992.

CAMPOS, B. C.; REINERT, D. J.; NICOLONI, R.; RUEDELL, J.; PETRERE, C. Estabilidade estrutural de um Latossolo Vermelho Escuro distrófico após sete anos de rotação de culturas e sistemas de manejo de solo. *Rev. Bras. Ci. Solo*, Viçosa. 19:121-26,1995.

CARMO, D.A.S. Algumas considerações sobre agricultura irrigada na região dos cerrados. In: SIMPOSIO SOBRE O CERRADO, 7., Brasília, 1989. *Estratégias de utilização*; anais. 2.ed. Planaltina : EMBRAPA, CPAC, 1997. p.87-97.

CASTRO, O. M. de. *Preparo do solo para a cultura do milho*. Campinas : Fundação Cargill, 1989. 41p. (Fundação Cargill. Série Técnica, 3).

CECCON, G.; MORAES, M. H.; COSTA, A.; ARBEX, P. *Propriedades físicas e químicas de um nitossolo vermelho sob diferentes manejos, em botucatu-sp, 2001*. IN: XIV REUNIÃO BRASILEIRA DE CONSERVAÇÃO DO SOLO E DE ÁGUA, Cuiabá, junho 2002. 1 CD ROM, Cuiabá – UFMT, 2002.

CHANEY, K.; SWIFT, R. S. The influence of organic matter on aggregate stability in some British soils. *Journal of Soil Science*, Oxford, v. 35, p. 223-30, 1984.

CONAB. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Companhia Nacional de Abastecimento. CONAB, 2003. Acompanhamento da safra 2002/03. Disponível em:<[http://www.conab.gov.br/politica\\_agrícola](http://www.conab.gov.br/politica_agrícola)>. Acesso em: Agosto de 2003.

CRUZ, J. C. Manejo de solos em sucessão de culturas. In: SEMINÁRIO SOBRE A CULTURA DO MILHO "SAFRINHA", 5, 1999, Barretos, SP. *Anais...* Campinas: IAC, 1999. p.39-49.

CRUZ, J. C.; FILHO, I. A. P., ALVARENGA, R. C.; SANTANA, D. P. Plantio direto e sustentabilidade do sistema agrícola. *Informe Agropecuário*, v. 22, n. 208, p. 13-24. 2001.

DA ROS, C. O. *Plantas de inverno para cobertura do solo e fornecimento de nitrogênio ao milho em plantio direto*. Santa Maria, 1993. 85p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria, 1993.

DA ROS, C. O.; AITA, C. Efeito de espécies de inverno na cobertura do solo e fornecimento de nitrogênio ao milho em plantio direto. *Rev. Bras. Ci. Solo*, 20:135-40, 1996.

DEBARBA, L.; AMADO, T. J. C. Desenvolvimento de sistemas de produção de milho no Sul do Brasil com características de sustentabilidade. *Rev. Bras. Ci. Solo*, 21:473-80, 1997.

DEFELIPO, B. V.; RIBEIRO, A. C. *Análise química do solo*. Viçosa, Imprensa Universitária, UFV, 1981. 17p. (Boletim de extensão nº 29).

DERPSCH, R.; SIDIRAS, N.; HEINZMANN, F. X. Manejo do solo com coberturas verdes de inverno. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 20, p. 761-73. 1985.

DERPSCH, R. *Controle de erosão do Paraná, Brasil. Sistemas de cobertura do solo, plantio direto e plantio convencional*. IAPAR. Londrina-PR, 1991. 269p.

DOUGLAS, J. T.; GOSS, M. J. Stability and organic matter content of surface soil aggregates under different methods of cultivation and in grassland. *Soil & Tillage Res.*, v.2, n.2, p.155-75, 1982.

EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de solos. (Rio de Janeiro, RJ). *Manual de Métodos de análise de solo*/ Centro Nacional de Pesquisa de solos. –2. ed. ver. Atual. – Rio de Janeiro, 1997. 212p.: il. (EMBRAPA – CNPS. Documentos; 1).

FAGERIA, N. K. Manejo químico do solo. In: *Cultura do arroz de sequeiro: fatores afetando a produtividade*. Piracicaba, Instituto da Potassa e do Fosfato – Instituto Internacional da Potassa, 1983. p.239-60.

FAGERIA, N.K.; SANTANA, E.P.; MORAIS, O.P. de. Resposta de genótipos de arroz de sequeiro favorecido à fertilidade do solo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.30, n.9, p.1155-1161, 1995.

FONTANELI, R. S.; SILVA, G.; KOEHLER, D. Avaliação de Cereais de Inverno para Duplo Propósito. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. Brasília, 31:43-50, 1996.

FRANCHINI, J. C.; MALAVOLTA, E.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A. Alterações químicas em solos ácidos após a aplicação de resíduos vegetais. *Rev. Bras. Ci. Solo.*, 23:530-42, 1999.

GASSEN, D.N. & GASSEN, F.R. *Plantio direto*. Passo Fundo, Aldeia Sul, 1996. 207p.

GIACOMINI, S.J.; AITA, C.; VENDRUSCOLO, E. R. O.; CUBILLA, M.; NICOLOSO, R. S.; FRIES, M. R. *Materia seca, relação C/N e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio em misturas de plantas de cobertura de solo. Rev. Bras. Ci. Solo, 27:325-34, 2003.*

GOMES, F. P. *Curso de estatística experimental*. São Paulo: Nobel, 1981. 430p.

GOMES, Y. M. *Sistema para análises estatísticas e genéticas: SAEG*. Viçosa: UFV, 1992. 100p.

GOMES, A. S.; VERNETTI JUNIOR, F.; SILVEIRA, L. D. N. O que rende a cobertura morta. *A Granja*, Porto Alegre, ano 53, n. 588, p. 47-49. 1997.

GONÇALVES, C. N.; CERETTA, C. A.; BASSO, C. J. Sucessão de culturas com plantas de cobertura e milho em plantio direto e sua influência sobre o nitrogênio no solo. *Rev. Bras. Ci. Solo, 24:153-59, 2000.*

HENRICHS, R. *Ervilhaca e aveia preta cultivadas simultaneamente como adubo verde e sua influência no rendimento do milho*. Piracicaba, ESALQ, 65p. Dissertação de Mestrado, 1996.

HENRICHS, R.; AITA, C.; AMADO, T. J. C.; FANCELLI, A. L. Cultivo consorciado de aveia e ervilhaca: relação C/N da fitomassa e produtividade do milho em sucessão. *Rev. Bras. Ci. Solo, 25: 331-40, 2001.*

HUNGRIA, M.; ANDRADE, D. S.; BALOTA, E. L.; COLOZZI FILHO, A. *Importância do sistema de semeadura direta na população microbiana do solo*. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1997. 9p. (Comunicado Técnico, 56)

IGUE, K.; ALCOVER, M. DERPSCH, R.; PAVAN, M. A.; MELLA, S. C.; MEDEIROS, G. B. *Adubação orgânica*. Londrina: IAPAR, 1984. 33p. (IAPAR, Informe de Pesquisa, 59).

JACKSON, M. L. *Soil chemical analysis*. Prentice-Hall, 1958. 498 p.

JASON, de O. D. *Importância econômica do milho*. Disponível em:

<<http://www.cnpms.embrapa.br/milho/importancia.htm>> Acesso em 30 novembro de 2003.

JUCKSCH, I. *Calagem e dispersão de argila em amostra de um Latossolo Vermelho-Amarelo*. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1987. 37p. (Tese de Mestrado)

KIEHL, E. J. *Manual de Edafologia: Relação Solo-Planta*. Ed. Agronômica Ceres. São Paulo, 1979. 262p.

LANDERS, J. N. Plantio direto na média e grande propriedade no Brasil tropical. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 28, 2001, Londrina. *Resumos...*Londrina. SBCS, 2001. p.243.

LAWTON, K. The influence of soil aeration on growth and absorption of nutrients by corn plants. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, v.10, p.263-68, 1945.

MACHADO, J. A. *Efeito dos sistemas de cultivo reduzido e convencional na alteração de algumas propriedades físicas e químicas do solo*. Santa Maria, 1976. 129p. (Tese Livre-Docência) – Universidade Federal de Santa Maria.

MATTIAS, J. L.; LEHNEN, J.; WILDNER, L. P. *Cobertura do solo e decomposição da fitomassa de plantas no inverno*. IN: XIV REUNIÃO BRASILEIRA DE CONSERVAÇÃO DO SOLO E DE ÁGUA, Cuiabá, junho 2002. 1 CD ROM, Cuiabá – UFMT, 2002.

MERTEN, G. H.; MIELNICZUK, J. Distribuição do sistema radicular e nutrientes em Latossolo Roxo sob dois sistemas de preparo de solo. *Rev. Bras. Ci. Solo*, Campinas, 15:369-74, 1991.

MONEGAT, C. *Plantas de cobertura do solo: características e manejo em pequenas propriedades*. Chapecó (SC): Ed. do Autor, 337 p. 1991.

MOTERLE, D. F.; LOVATO, T.; NICOLOSO, R. S.; MULLER, J. L. *Adição de matéria seca pelos resíduos da aveia no sistema aveia/milho sob plantio direto, diferentes doses de nitrogênio e manejo de cortes da aveia*. IN: XIV REUNIÃO BRASILEIRA DE CONSERVAÇÃO DO SOLO E DE ÁGUA, Cuiabá, junho 2002. 1 CD ROM, Cuiabá – UFMT, 2002.

NICOLARDOT, B.; RECOUS, S.; MARY, B. Simulation of C and N mineralisation during crop residue decomposition: A simple dynamic model based on the C/N ratio of the residues. *Plant Soil*, 228:83-103, 2001.

PAVAN, M. A. Ciclagem de nutrientes e mobilidade de íons no solo sob plantio direto. *Revista Plantio Direto*, Passo Fundo, n. 41, p.8-12, 1997.

PAVINATO, A.; AITA, C.; CERETTA, C. A.; BEVILAQUA, G. P. Resíduos culturais de espécies de inverno e o rendimento de grãos de milho no sistema de cultivo mínimo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 29:427-32, 1994.

POSSAMAI, J. M.; SOUZA, C. M.de; GALVÃO, J. C. C. Sistemas de preparo do solo para o cultivo do milho safrinha. *Bragantia*, Campinas, n. 60(2), p.79-82, 2001

PÖTKER, D.; ROMAN, E. S. Efeito de resíduos de culturas e do pousio de inverno sobre a resposta do milho a nitrogênio. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 29:763-70, 1994.

RESK, D. V. S. Plantio direto: desafios para os Cerrados. In: FERTIBIO 98. inter-relações fertilidade, biologia do solo e nutrição mineral de plantas. Consolidando um paradigma, 1998, Caxambre. *Resumos...* Lavras: UFLA/SBCS/SBM, 1998. p. 32-33.

ROSA JUNIOR, E. J. *Relação solo-organismos-plantas: parte I*. Campo Grande, Imprensa Universitária, 1991, 202p.

ROSA JUNIOR, E. J. *Manejo e Conservação do Solo*. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Dourados - MS. (Apostila), 1999.173p.

ROSA JUNIOR, E. J. *Efeito de sistemas de manejo da cultura do milho (Zea mays L.) em um Latossolo Roxo na Região de Dourados – MS*. Botucatu, Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho, 2000. 112 p. (Tese de Doutorado).

ROSA JUNIOR, E. J.; SILVA, T. C. A.; COSTA, L. M. Efeito de sistemas e tempo de manejo sobre algumas características físicas de um Latossolo Roxo distrófico no município de Ponta Porá – MS. *Rev. Cient., UFMS*, Campo Grande, v. especial, p. 26 – 32, 1988.

ROSA JUNIOR, E. J.; CREMON, C.; MARTINS, R. M. G.; RODRÍGUEZ, E. T. Gesso e calcário como condicionadores de atributos de um Latossolo sob cultivo de soja-milho. *Cerrados: Revista de Ciências Agrárias*, Campo Grande. v. 2/4, n. 3/8. 1999-2001.

SÁ, J. C. M. Manejo da fertilidade do solo no sistema de plantio direto. In: SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S.; LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G.; FAQUIN, V.; FURTINI NETO, A. E.; CARVALHO, J. G. (Ed.). *inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição do solo*, Lavras-MG, 1999. p. 267-310.

SALTON, J. C. *Relação entre sistemas de preparo do solo, temperatura e umidade do solo*. Porto Alegre: UFGRS, 1991, 92p. (Dissertação de Mestrado)

SALTON, J. C.; PITOL, C.; ERBES, E. *Cultivo de primavera: alternativa para produção de palha em Mato Grosso do Sul*. FUNDAÇÃO MS PARA PESQUISA E DIFUSÃO DE TECNOLOGIAS AGROPECUÁRIAS. Informativo técnico, 1/93, Maracaju, 1993. 6p.

SANTOS, H. P. dos; REIS, E. M. Rotação de culturas . Efeitos de culturas de inverno e de soja na evolução dos níveis de nutrientes e de matéria orgânica do solo. *Rev. Bras. Ci. Solo*, 13:295-302, 1989.

SANTOS, H. P. dos; ROMAN, E. S. Rotação de culturas. Efeito de culturas de inverno e de verão na disponibilidade de nutrientes e matéria orgânica do solo, no período agrícola de 1980 a 1986. *Rev. Bras. Ci. Solo*, 13:303-10, 1989.

SANTOS, H. P.; TOMM, G. O.; LHAMBRY, J. C. B. Plantio direto versus convencional: Efeito na fertilidade do solo e no rendimento de grãos de culturas em rotação com cevada. *Rev. Bras. Ci. Solo*, 19:449-54, 1995.

SIDIRAS, N; PAVAN, N. A. Influencia do manejo do solo no seu nível de fertilidade. *Rev. Bras. Ci. Solo*, 9:249-54, 1985.

SLONEKER, L. L.; MOLDENHAUER, W. C. Measuring the amounts of crop residue remaining after tillage. *J. Soil Water Conserv.* 32:231-36, 1977.

SMITH, M. S.; FRYE, W. W.; VARCO, J. J. Legume winter cover crops. In: STEWART, B. A. (ed). *Adv. Soil Sci.* New York. Springer-Verlang, 1987. p. 95-139.

TOBAL, F. M.; Da SILVA, M. G.; SANTOS, F. V.; ALVES, M. C. *Efeitos de preparo do solo e plantas de cobertura na cultura da soja*. IN: XIV REUNIÃO BRASILEIRA DE CONSERVAÇÃO DO SOLO E DE ÁGUA, Cuiabá, junho 2002. 1 CD ROM, Cuiabá – UFMT, 2002.

VENTURA, W.; WATANABE, I. Green manure production of *Azolla microphylla* and *Sesbania rostrata* and their long-term effects on rice yields and soil fertility. *Biology and Fertility of Soils*, New York, 15(4): 241-48, 1993.

VON PINHO, R. G. V. *Produção de milho no Brasil e no Mundo: realidade e perspectiva*.

In: SIMPOSIO DE ATUALIZAÇÃO EM GENÉTICA E MELHORAMENTO DE

PLANTAS: genética e melhoramento do milho, 5, 2001. p. 3-13.

