

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL**

**AVALIAÇÃO DO SISTEMA RADICULAR DE ACESSOS DE *Brachiaria  
brizantha* E SUAS RELAÇÕES COM ATRIBUTOS QUÍMICOS E  
FÍSICOS DO SOLO**

**RENATA BARBOSA RAZUK**

**Bióloga**

**Orientador: Dr. Manuel Claudio Motta Macedo**

**Dissertação apresentada à  
Universidade Federal de Mato  
Grosso do Sul como parte das  
exigências do Programa de Pós-  
Graduação em Agronomia, para  
obtenção do Título de Mestre.**

**DOURADOS  
MATO GROSSO DO SUL - BRASIL  
2002**



AVALIAÇÃO DO SISTEMA RADICULAR DE ACESSOS DE *Brachiaria  
brizantha* E SUAS RELAÇÕES COM ATRIBUTOS QUÍMICOS E FÍSICOS  
DO SOLO

por  
RENATA BARBOSA RAZUK

**Dissertação apresentada como parte dos requisitos exigidos para obtenção do  
TÍTULO DE MESTRE EM AGRONOMIA**

Aprovada em: 30/03/2002

Dr Manuel Claudio Motta Macedo  
Orientador  
Embrapa-CNPGC

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>o</sup> Beatriz Lempp  
Co-Orientadora  
UFMS/DCA

Prof. Dr. José Oscar Novelino  
UFMS/DCA

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Marlene Estevão Marchetti  
UFMS/DCA

**R279a Razuk, Renata Barbosa**

Avaliação do sistema radicular de acessos de *Brachiaria brizantha* e suas relações com atributos químicos e físicos do solo / Renata Barbosa Razuk. -- Dourados, 2002.

56 f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Manuel Claudio Motta Macedo

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

1. *Brachiaria brizantha*. 2. Plantas e solos. I. Macedo, Manuel Claudio Motta. II. Título.

CDD (21) – 633.2

*Ao meu esposo Gustavo Marques Pitaluga, que está sempre ao meu lado.  
Aos meus tios Roberto e Delia Razuk que me acolheram com carinho e me apoiaram  
nesta realização.*

**DEDICO**

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, que me deu a vida.

Ao orientador e exemplo Dr. Manuel Claudio Motta Macedo.

À Universidade Federal de Mato Grosso do Sul e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela oportunidade de realização do Mestrado e pela concessão da bolsa de estudos.

Aos funcionários da Embrapa Gado de Corte que colaboraram para a realização deste trabalho.

A professora Beatriz Lempp e todos os demais docentes do curso de Mestrado em Agronomia pelas colaborações prestadas.

Aos meus amigos Roza Maria Schunke e José Carlos Chaves dos Santos que tanto me incentivaram.

Aos amigos Patrícia Alves Moreira, Manoel Marcos Martinez, André Azambuja, Fábio Duarte e Francisco Eduardo pela preciosa amizade, convivência e ajuda.

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

## SUMÁRIO

	PÁGINA
<b>LISTA DE QUADROS</b> .....	vii
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	ix
<b>RESUMO</b> .....	xi
<b>ABSTRACT</b> .....	xiii
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	3
2.1 Aspectos gerais sobre forrageiras e pastagens.....	3
2.2 Componentes da fertilidade do solo.....	5
2.3 Sistema radicular e suas relações com o solo.....	8
2.4 Atributos físicos do solo.....	13
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	15
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	22
4.1 Antecedentes.....	22
4.2 Produção de matéria seca da parte aérea e do litter da forrageira.....	23
4.3 Produção de matéria seca de raízes dos tratamentos de <i>Brachiaria</i> <i>brizantha</i> .....	25
4.4 Relação raiz: parte aérea (MSR:MSPA).....	28
4.5 Concentração e extração de nutrientes pela parte aérea, litter e raízes nos tratamentos de <i>Brachiaria brizantha</i> .....	30
4.6 Fertilidade do solo.....	33
4.7 Características do sistema radicular dos tratamentos de <i>Brachiaria</i>	34

<i>brizantha</i> .....	
4.7.1 Peso, área, comprimento e diâmetro das raízes de <i>Brachiaria</i> <i>brizantha</i> .....	35
4.8 Atributos físicos do solo dos tratamentos de <i>Brachiaria brizantha</i> .....	40
4.8.1 Porosidade e densidade do solo.....	40
4.8.2 Agregados do solo dos tratamentos de <i>Brachiaria brizantha</i> .....	41
4.8.3 Diâmetro médio ponderado e diâmetro médio geométrico dos agregados do solo dos tratamentos de <i>Brachiaria brizantha</i> .....	43
4.9 Correlação entre as variáveis estudadas.....	44
<b>5 CONCLUSÕES</b> .....	47
<b>6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	49



## LISTA DE FIGURAS

	PÁGINA
FIGURA 1	Croqui da área experimental com a posição dos diferentes acessos de <i>Brachiaria brizantha</i> e linhas de amostragem..... 18
FIGURA 2	Produção média de matéria seca de raízes de nove diferentes tratamentos de <i>Brachiaria brizantha</i> , em quatro profundidades do solo..... 27
FIGURA 3	Produção média de matéria seca de raízes dos tratamentos de <i>Brachiaria brizantha</i> , em quatro profundidades do solo..... 28
FIGURA 4	Média da matéria seca total da parte aérea e das raízes dos tratamentos de <i>Brachiaria brizantha</i> ..... 30
FIGURA 5	Média do peso (g 100 cm <sup>-3</sup> solo) de raízes de <i>Brachiaria brizantha</i> , em quatro profundidades do solo..... 37
FIGURA 6	Área média (cm <sup>2</sup> 100 cm <sup>-3</sup> solo) de raízes dos tratamentos de <i>Brachiaria brizantha</i> , em quatro profundidades do solo..... 38
FIGURA 7	Comprimento médio (m 100 cm <sup>-3</sup> solo) das raízes de <i>Brachiaria brizantha</i> , em quatro profundidades do solo.. 38
FIGURA 8	Diâmetro médio (mm 100 cm <sup>-3</sup> solo) das raízes de <i>Brachiaria brizantha</i> , em quatro profundidades do solo.. 39
FIGURA 9	Porosidade do solo dos tratamentos de <i>Brachiaria brizantha</i> , em quatro profundidades do solo..... 41
FIGURA 10	Distribuição média das classes de agregados (mm) 42

obtida por via úmida em quatro profundidades do solo....

FIGURA 11	Distribuição do diâmetro médio geométrico e diâmetro médio ponderado dos agregados, em quatro profundidades do solo.....	44
-----------	--	----

## LISTA DE QUADROS

	PÁGINA
QUADRO 1	Níveis críticos de nutrientes no solo para o estabelecimento das principais gramíneas forrageiras e no tecido vegetal para a manutenção da planta e requerimento animal..... 6
QUADRO 2	Estimativa da distribuição de raízes, em três camadas de solo, por cinco forrageiras tropicais sob pastejo e submetidas a dois níveis de adubação em um solo Latossolo Vermelho distrófico..... 12
QUADRO 3	Dados meteorológicos observados na área experimental 15
QUADRO 4	Análise textural do solo da área experimental em quatro profundidades do solo..... 16
QUADRO 5	Média da produção da matéria seca total (MST), matéria seca de folhas (MSF), do colmo (MSC), do material morto (MSMM) e do litter (MSL) dos oito tratamentos de <i>Brachiaria brizantha</i> (kg ha <sup>-1</sup> ) e da testemunha a cv. Marandu após 35 dias de crescimento. 24
QUADRO 6	Média da produção acumulada de raízes (kg ha <sup>-1</sup> ) até 40 cm de profundidade do solo nos tratamentos de <i>Brachiaria brizantha</i> ..... 26
QUADRO 7	Produções médias de matéria seca da parte aérea (MSPA) e de raízes (MSR) e média da relação MSR:MSPA dos tratamentos de <i>Brachiaria brizantha</i> ... 29
QUADRO 8	Média da concentração dos macronutrientes (g kg <sup>-1</sup> ) nos diferentes tratamentos (toda a planta) e em cada 31

	parte da planta de <i>Brachiaria brizantha</i> .....	
QUADRO 9	Média da extração dos macronutrientes (kg ha <sup>-1</sup> ) nos diferentes tratamentos (toda a planta) e em cada parte da planta de <i>Brachiaria brizantha</i> .....	32
QUADRO 10	Resultado da análise química nas quatro profundidades do solo nos tratamentos de <i>Brachiaria brizantha</i> (média de 4 profundidades).....	34
QUADRO 11	Porcentagem total da matéria seca das raízes de <i>Brachiaria brizantha</i> (PMS); densidade da amostra total de raiz (DST); densidade da parte superior da amostra de raiz (DPS); densidade da parte inferior da amostra de raiz (DPI).....	35
QUADRO 12	Média de peso, área, comprimento e diâmetro das raízes dos tratamentos com <i>Brachiaria brizantha</i> , em sub-amostras de 100cm <sup>-3</sup> de solo.....	36
QUADRO 13	Valores médios de densidade do solo (DS); volume total de poros (VTP); microporos (MIC); macroporos (MAC) dos tratamentos com <i>Brachiaria brizantha</i> .....	40
QUADRO 14	Distribuição percentual de tamanho de agregados dos tratamentos de <i>Brachiaria brizantha</i> obtido por via úmida.....	43
QUADRO 15	Correlações lineares entre as variáveis estudadas.....	46

# **AVALIAÇÃO DO SISTEMA RADICULAR DE ACESSOS DE *Brachiaria brizantha* E SUAS RELAÇÕES COM ATRIBUTOS QUÍMICOS E FÍSICOS DO SOLO**

**Autora: Renata Barbosa Razuk**

**Orientador: Dr. Manuel Claudio Motta Macedo**

## **RESUMO**

O experimento foi desenvolvido na área experimental na Embrapa Gado de Corte, num Latossolo Vermelho distrófico, com o objetivo de avaliar as características do sistema radicular de acessos de *Brachiaria brizantha*, suas relações com a parte aérea e com alguns atributos químicos e físicos do solo. Como testemunha foi utilizada a cultivar Marandu. Foram avaliadas as produções de matéria seca da parte aérea e de raízes, concentrações e extrações de nutrientes, avaliações das características das raízes, de fertilidade e atributos físicos do solo. O delineamento experimental foi de blocos casualizados, com duas repetições, sendo as variáveis repetidas duas ou três vezes dentro de cada bloco.

Os tratamentos, acessos e cultivar de *Brachiaria*, apresentaram diferenças significativas para a produção de matéria seca da parte aérea e do litter. A produção de raízes não diferiu entre os tratamentos, porém, características como área e comprimento da raiz foram diferentes entre os tratamentos e com a profundidade do solo. O diâmetro médio das raízes não diferiu entre os tratamentos. A matéria orgânica do solo, com teores decrescentes nas profundidades, não foi influenciada significativamente pelos tratamentos de *Brachiaria brizantha*. Atributos físicos do solo como densidade, porosidade total, macro e micro porosidade não foram alterados significativamente pelos acessos de *Brachiaria*, variando, também, de forma

decrecente com a profundidade. Os agregados estáveis em água, separados em diferentes classes, também não foram influenciados significativamente pelos tratamentos, assim como os diâmetros médio ponderado e geométrico dos agregados. Da mesma forma só houve alteração destes atributos com a profundidade do solo. Embora não tenham ocorrido diferenças significativas em muitas das variáveis estudadas por influência dos tratamentos, os resultados obtidos confirmam a importância do sistema radicular das gramíneas como mecanismo de estruturação do solo e melhoria de propriedades físicas.

Palavras-chave: *Brachiaria brizantha*, sistema radicular, matéria orgânica do solo, agregados e porosidade do solo.

**ROOT SYSTEM EVALUATION OF *Brachiaria brizantha* ACCESSES AND  
THE RELATIONSHIP BETWEEN CHEMICAL AND PHYSICAL  
ATTRIBUTES OF THE SOIL**

**Author: Renata Barbosa Razuk**

**Adviser: Dr<sup>o</sup> Manuel Claudio Motta Macedo**

**ABSTRACT**

The experiment was developed in the experimental area at the National Beef Cattle Research Center (Embrapa Beef Cattle), in an Oxisol of Brazilian Savannas, with the objective of evaluating the characteristics of the root system of *Brachiaria brizantha* ecotypes, their relationships with the shoot system and with some chemical and physical attributes of the soil. The cultivar *Brachiaria brizantha* cv. Marandu was used as control. They were no significant differences among root systems yields, nutrient concentration and nutrient uptake by plants, characteristics of the roots, soil fertility and physical soil attributes. The experimental design was a randomized complete block with two replicates, being inside the variables repeated two or three times in each block.

The ecotypes presented significant differences for dry matter and litter yields. Root production didn't differ among treatments, however characteristics as area and length of the root system were different among the ecotypes and with soil depth. Root diameter also didn't differ among the treatments. Soil organic matter was not influenced significantly by the treatments of *Brachiaria brizantha*, but decreasing with the soil depth, independently of treatments. Soil physical attributes such as: particle density, total porosity, macro and microporosity were not altered significantly by the treatments of *Brachiaria*, also varying in a decreasing way with soil depth. The water stable aggregates, separated in different classes were not also influenced significantly

by the treatments, as well as the geometric and medium diameter of the soil aggregate. In the same way there was only alteration of these attributes with soil depth. Although there were no significant differences in many of the variables studied by influence of the treatments, the obtained results confirm the importance of grass root systems as important mechanism of soil structuring improvement of soil physical properties.

Key-words: *Brachiaria brizantha*, root system, soil organic matter, soil aggregate and porosity.



## 1 INTRODUÇÃO

Na região dos Cerrados do Brasil 85% das pastagens cultivadas são do gênero *Brachiaria*, onde cerca de 60% são da espécie *Brachiaria decumbens*, e estas, em sua maioria, encontram-se em algum grau de degradação. Novas cultivares não resolveriam o problema da degradação, mas a diversificação de espécies oferece a possibilidade de atenuar alguns problemas da degradação das pastagens, como aumento da densidade do solo, diminuição da porosidade total e da taxa de infiltração da água. A Embrapa-Gado de Corte vem testando novos acessos, com a finalidade de oferecer outras forrageiras que apresentem alto valor nutritivo, boa adaptação aos solos e ao clima da região, além de serem resistentes a pragas e doenças.

No processo de avaliação de novas forrageiras, inicialmente são efetuadas avaliações agronômicas em pequenas parcelas chamadas de Fase 1, seguidas de ensaios de adaptação regional e testes de persistência ao pastejo animal de uma grande quantidade de novos acessos, em estádio chamado de Fase 2. No caso da *Brachiaria brizantha* foram selecionados cerca de 10% de um total de mais de 200 acessos para utilização nos ensaios regionais. Em 1995 apenas oito materiais foram utilizados para a prova de persistência ao pastejo (Euclides *et al.*, 2001).

A instalação de uma rede de ensaios para avaliação de quatro ou cinco acessos que passaram pelo teste de persistência ao pastejo com animais (Fase 2) está em andamento, os quais serão, agora, avaliados quanto ao desempenho animal individual e produção animal por área (Fase 3), tendo a *Brachiaria brizantha* cv. Marandu como testemunha.

Uma das características atribuídas às gramíneas e, em particular, a *Brachiaria brizantha* cv. Marandu é a abundante produção de raízes e capacidade de estruturação do solo. Essas propriedades têm papel importante na capacidade de armazenamento de água no solo, absorção de nutrientes, melhoria de características físicas e aumento no teor de matéria orgânica do solo.

O objetivo deste trabalho foi o de complementar e analisar as possíveis diferenças existentes entre oito acessos promissores de *Brachiaria brizantha*, já

testados sob pastejo animal, quanto às características do sistema radicular, e suas relações com a parte aérea e com alguns atributos químicos e físicos do solo.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Aspectos gerais sobre forrageiras e pastagens

A produção animal no Brasil é baseada, principalmente, em pastagens nas quais o gênero *Brachiaria* apresenta a maior porcentagem da área plantada. Na região dos Cerrados, que concentra cerca de 40-50% da produção animal do Brasil, as plantas do gênero *Brachiaria* adaptam-se a variadas condições de solo, clima e manejo, sua expansão foi devida, principalmente, à adaptação aos solos de baixa e média fertilidade, que proporcionam produções satisfatórias de forragem (Zimmer *et al.*, 1995).

Segundo Rodrigues (1986), as exigências básicas para que novas espécies de forrageiras sejam utilizadas como pastagens são altas produções de matéria seca, boas qualidade da forragem, boa persistência, capacidade para se associar com outras espécies, facilidade de propagação e estabelecimento. Outras características desejáveis incluem vigor da plântula, altas taxas de crescimento, tolerância à seca, ao frio, ao alagamento, ao pastejo, assim como resistência a pragas e doenças. O pastejo influencia os componentes da rebrota e da qualidade da forragem devido aos hábitos seletivos do animal, retorno de excrementos à pastagem e pisoteio de plantas. Outros fatores como o sistema radicular mais profundo ou capacidade de produzir sementes podem, também, influenciar o crescimento e a sobrevivência das plantas após a desfolha.

As forrageiras não crescem uniformemente ao longo do ano, sendo que a taxa de recuperação após a desfolha é influenciada por uma série de fatores ambientais e morfológicos e, qualquer sistema de pastejo que ignore os efeitos dessa recuperação pode tornar-se improdutivo ao longo dos anos. Após a desfolha as plantas apresentam um padrão de crescimento sigmóide, com um período de crescimento inicial lento e um período de crescimento bastante rápido, seguido de uma estabilização no crescimento (Rodrigues e Rodrigues, 1987).

As operações de preparo do solo proporcionam condições favoráveis à germinação e ao crescimento radicular, porém o manejo da lotação animal utilizado pode alterar a estrutura do solo, interferindo no desenvolvimento do sistema radicular, expondo a matéria orgânica ao ataque de microrganismos e ocasionando a perda de carbono do solo (De Maria *et al.*, 1999; Guedes *et al.*, 1996).

A interação entre o sistema de manejo do solo e a lotação animal influencia a produção de massa foliar e, conseqüentemente, o crescimento do sistema radicular da pastagem. A lotação determina a intensidade da desfolha, que interfere no desenvolvimento da parte aérea e do sistema radicular (Rodriguez e Cadima-Zevallos, 1991). O pastejo intensivo e não controlado remove grande quantidade das plantas deixando o solo propenso à erosão. Quando a matéria seca diminui a ponto de ser notada através da diminuição da lotação animal, a planta forrageira já reduziu drasticamente o sistema radicular, o perfilhamento, a expansão de folhas novas e os níveis de reservas de carboidratos nas raízes e base das hastes (Corsi e Nascimento Júnior, 1994).

As alterações que ocorrem nas propriedades físicas e químicas dos solos sob pastagem, decorrentes da utilização de elevadas pressões de pastejo, durante longos períodos de tempo, contribuem de forma significativa para acelerar os processos de degradação das pastagens (Pinzón e Amézquita, 1991). A compactação do solo originada pelo pastejo influencia negativamente as propriedades físicas do solo, reduzindo os espaços porosos e a aeração, as taxas de infiltração e de retenção de umidade e, por conseguinte, aumenta a densidade do solo (Alegre e Lara, 1991). Estas características estão relacionadas com os principais fenômenos que regulam o crescimento das plantas forrageiras, ocasionando uma drástica redução na produtividade e persistência das pastagens (Costa *et al.*, 1998).

Em áreas submetidas ao pisoteio por mais de 5 anos de pastejo, Pinzón e Amézquita (1991) e Alegre e Lara (1991) utilizando um penetrômetro, observaram o aumento da densidade do solo nos primeiros 15 cm, causando alterações nas trocas gasosas entre o solo e a atmosfera, maior resistência à penetração, redução no volume de macroporos e menor crescimento das raízes.

Para Paladini e Mielniczuk (1991) e Silva e Mielniczuk, (1997 b), culturas permanentes, entre as quais as gramíneas forrageiras, são importantes agentes de agregação do solo, devido à produção de resíduos, que são fontes de energia para a atividade microbiana na formação do húmus no solo; atuação do sistema radicular aproximando as partículas do solo por compressão e variação de umidade, além da contribuição de excreções e resíduos produzidos; cobertura vegetal que, assim como os resíduos, protegem os agregados da superfície contra a ação direta das gotas de chuva e do sol, influenciando também na variação de temperatura e umidade do solo. Desta forma, estas podem ser usadas como plantas recuperadoras da estrutura do solo em áreas degradadas (Silva e Mielniczuk, 1997 a).

## **2.2 Componentes da fertilidade do solo**

Os solos do Brasil Central são altamente intemperizados, em sua maioria ácidos e de baixa fertilidade natural (Costa e Borges, 1992). As limitações de fertilidade são caracterizadas pelos altos teores de alumínio e manganês, baixos teores de bases trocáveis e de fósforo e a reduzida disponibilidade de água (Macedo, 2001; Silva e Resck, 1997; Vargas e Hungria, 1997).

Alguns elementos químicos como o carbono, oxigênio e hidrogênio são supridos às plantas através da água, do ar e pela matéria orgânica do solo, os demais elementos são absorvidos, principalmente do solo, para que a planta possa se desenvolver e completar seu ciclo de vida (Furtini Neto *et al.*, 2001).

A capacidade de ciclagem de nutrientes das pastagens tem grande importância nas práticas culturais de manutenção, o que leva a doses maiores de fertilização na implantação e menores na fase de manutenção.

Existe um nível mínimo do nutriente exigido pelas plantas, o Quadro 1 apresenta esses níveis críticos no solo e na planta, sugeridos para a região dos Cerrados (Macedo, 2001).

Segundo Marques *et al.* (1995), em um Cambissolo álico, omissões de N, P e K na adubação, promovem significativa redução na produção de matéria seca da parte aérea

de *Brachiaria brizantha* e *Andropogon gayanus*; sendo este um indicativo da baixa capacidade do solo em suprir as exigências nutricionais da forrageira e da necessidade de aplicações desses elementos para a obtenção de maiores produções e manutenção da produtividade em sistema de pastejo.

**Quadro 1.** Níveis críticos de nutrientes no solo para o estabelecimento das principais gramíneas forrageiras e no tecido vegetal para a manutenção da planta e requerimento animal

Nutriente	Teor no solo	Teor na planta
N <sup>*(1)</sup>	-	10 – 18
P <sup>***(1)</sup>	3 – 12	0,80 – 1,80
K <sup>+(1)</sup>	20 – 40	7,40 – 9,50
Ca <sup>2+(2)</sup>	1	2,10 – 6,00
Mg <sup>2+(2)</sup>	0,5	> 1,50
S-SO <sub>4</sub> <sup>2-(1)</sup>	10 – 12	1,40 – 1,60
Na <sup>2+(2)</sup>	-	-
Zn <sup>***(3)</sup>	1	15
Cu <sup>***(3)</sup>	1	3

\* Proteína bruta crítica para manutenção dos animais = aproximadamente 6,25% (1% ou 10 g kg<sup>-1</sup> N)

\* Proteína bruta para garantir máximo desempenho = aproximadamente 11,25% (1,80% ou 18 g kg<sup>-1</sup> N)

\*\* Extrator Mehlich-1

<sup>1</sup> Valores em mg dm<sup>-3</sup> para solo e kg<sup>-1</sup> para planta

Valores em cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> no solo e mg kg<sup>-1</sup> para planta

<sup>3</sup> Valores em mg dm<sup>-3</sup> para o solo e mg kg<sup>-1</sup> para planta

Fonte: Adaptado de Macedo (2001).

A matéria orgânica do solo é o produto da acumulação de resíduos de plantas e animais, parcialmente decompostos e parcialmente resintetizados, sendo composta de carbono, oxigênio, hidrogênio, complementada com outros elementos, como o

nitrogênio, fósforo e enxofre, atua como fonte de energia para os microrganismos do solo (Vargas e Hungria, 1997). O teor de matéria orgânica do solo está relacionado com a quantidade de resíduos vegetais adicionados ao solo, com as perdas por erosão hídrica, com o grau de decomposição dos resíduos e com a intensidade da mineralização dos compostos orgânicos decorrentes da decomposição (Bertol *et al.*, 1998).

As pastagens exercem boa cobertura do solo, evitando a desestruturação e o escoamento superficial, seu sistema radicular promove o aumento do teor de matéria orgânica no solo e, conseqüentemente, o aumento da porosidade, da taxa de infiltração de água e da disponibilidade desta para as plantas (Moraes, 1993; Marun, 1996).

O Brasil possui grande parte de sua área agricultável representada por solos ácidos, que apresentam, geralmente, concentrações inadequadas de certos nutrientes ou elementos, resultando em problemas nutricionais para as plantas. O principal efeito da acidez do solo está na concentração de íons de hidrogênio, na deficiência de cálcio, fósforo e molibdênio e quantidades excessivas de alumínio e manganês (Tsai *et al.*, 1992).

O pH do solo pode exercer influência de duas maneiras sobre a absorção de nutrientes e o crescimento das plantas: mediante o efeito direto dos íons hidrogênio; ou indiretamente, mediante sua influência na disponibilidade de nutrientes e na presença de íons tóxicos.

A acidez do solo prejudica o crescimento do sistema radicular, o Al restringe a expansão e inibe a divisão celular, diminui a atividade da ATPase bloqueando a liberação da energia requerida para o processo de absorção ativa de nutrientes como o Ca, que é essencial para a divisão celular e funcionalidade da membrana celular (Anghinoni e Meurer, 1999). Goedert *et al.* (1985) evidenciaram a relação existente entre a densidade de raízes e o teor de cálcio trocável no perfil, indicando haver uma interdependência entre o crescimento de raízes e o nível de cálcio no solo.

O aumento do pH influencia a solubilidade de elementos tóxicos, a disponibilidade de nutrientes e a absorção destes pelo sistema radicular, além de modificar a

microbiota do solo, tornando o ambiente favorável para determinados fungos facultativos (Anghinoni e Meurer, 1999).

### **2.3 Sistema radicular e suas relações com o solo**

O sistema radicular fixa a planta ao solo e é responsável pela extração de água e de nutrientes. Através do sistema radicular é possível explicar a produtividade de uma pastagem, pois, a sua distribuição em diferentes camadas do solo, seu peso, volume, comprimento e superfície são responsáveis por mudanças na produtividade da parte aérea da planta forrageira (Corsi *et al.*, 2001).

A extensão do sistema radicular é resultado do potencial genético da planta e de fatores ambientais, o qual determina a eficiência da planta em aproveitar a água e os nutrientes. Vários fatores externos influenciam o desenvolvimento radicular sendo classificados como químicos (pH, elementos tóxicos, nutrientes), físicos (oxigenação, temperatura, umidade, densidade/porosidade) e biológicos (atividade microbiana), que podem ser considerados fatores interdependentes (Libardi e Jong van Lier, 1999).

Em estudos de raízes, a variável que tem recebido o maior enfoque é a produção da biomassa radicular total, que pode refletir o estado atual e o acúmulo de massa radicular proveniente de ciclos de pastejo anteriores pois, a amostragem contabiliza tanto raízes vivas como mortas. A redução na massa radicular imediatamente após a desfolha é uma estratégia fisiológica da planta forrageira que busca proporcionar uma rápida recuperação da parte aérea (rápida retomada do processo fotossintético) e conseqüente equilíbrio positivo de carbono na planta, através da diminuição da demanda de carbono pelo sistema radicular. A redução na matéria seca de raízes é, geralmente, proporcional à intensidade de desfolha e os efeitos mais significativos sobre o sistema radicular são observados na primeira semana após o corte ou pastejo, quando o incremento da massa radicular tende a apresentar uma taxa mais ou menos constante e proporcional ao crescimento da parte aérea (Dawson *et al.*, 2000; Richards, 1993; Dovrat *et al.*, 1980; citados por Corsi *et al.*, 2001).



Em plantas anuais o desenvolvimento radicular é mais intenso durante a germinação e o crescimento inicial (maior relação raiz: parte aérea); após, segue-se um maior crescimento da parte aérea, que passa a ter prioridade, diminuindo a relação raiz: parte aérea, especialmente na fase reprodutiva, quando grandes partes dos fotoassimilados são alocadas para as sementes e frutos.

O crescimento da raiz e a cinética de absorção da água e de nutrientes, têm sido um grande desafio para os pesquisadores, na medida em que o solo provê uma barreira para a observação e para a avaliação *in loco* dos processos fisiológicos associados à raiz. A planta ou segmentos da raiz é removido do substrato, perdendo-se a continuidade física com a rizosfera adjacente e a comunidade microbiana associada (Matta, 1999).

A raiz não terá capacidade em desenvolver todo seu potencial quando não encontra um ambiente adequado quanto à aeração, umidade e temperatura. A resistência à penetração da raiz, além de depender de fatores intrínsecos do solo (textura, estrutura, mineralogia) é altamente dependente da umidade do solo. Em solos com umidade mais baixa, a água encontra-se sob maior tensão nos poros do solo, sendo maior a resistência à deformação ou à penetração das raízes, além de causar aproximação maior das partículas de argila, resultando numa agregação mais forte dessas partículas (Libardi e Jong van Lier, 1999).

Desfolhas freqüentes e intensas de plantas forrageiras resultam em redução progressiva na produtividade da pastagem, porém, muitas forrageiras que possuem um sistema radicular vigoroso adaptam-se ao pastejo e asseguram sua persistência.

Um sistema radicular bem desenvolvido, principalmente pelo aumento da superfície dos pêlos radiculares, apresenta maior capacidade de absorção de água e nutrientes, visto que proporciona maior superfície de contato (Rodriguez e Cadima-Zevallos, 1991). Plantas mais jovens apresentam maior capacidade de absorção de nutrientes sendo que as taxas de absorção decrescem rapidamente com a idade da planta. Assim, raízes jovens numa planta mais velha não absorvem os nutrientes na mesma taxa que raízes jovens numa planta jovem ( Anghinoni e Meurer, 1999).

A absorção dos nutrientes pelas raízes ocorre através de (1) interceptação radicular, que conforme seu desenvolvimento as raízes entram em contato com os nutrientes presentes no solo; (2) fluxo de massa, que é o transporte de nutrientes com o fluxo da solução do solo até a superfície das raízes, ocasionado pelo gradiente de potencial de água entre o solo e a raiz, em função da transpiração das plantas; e (3) difusão, que é o transporte de nutrientes ao acaso num sistema aquoso, devido ao gradiente de concentração criado entre a solução do solo e a superfície das raízes, induzindo a difusão no sentido da menor concentração (Furtini Neto *et al.*, 2001).

O sistema radicular de forrageiras como *Andropogon gayanus* e *Brachiaria brizantha* tem a capacidade de reestruturar o solo, tornando-o mais resistente à erosão (Santos *et al.*, 1998). Silva e Mielniczuk (1997a), observaram que gramíneas perenes (*Digitaria decumbens* L. e *Setaria anceps* L.), apresentam alta densidade de raízes, bem distribuídas nas camadas superficiais, exercendo maior efeito na estruturação do solo, promovendo a aproximação de partículas, pela constante absorção de água do perfil do solo e devido às periódicas renovações do sistema radicular e distribuição dos exsudatos no solo, que estimulam a atividade microbiana, cujos subprodutos atuam na formação e estabilização dos agregados.

As plantas através do sistema radicular são a principal força propulsora na manutenção da qualidade do solo. Através da fotossíntese são produzidos compostos primários, que são distribuídos entre a parte aérea, raízes e exsudatos. Depois da morte da planta, estes compostos associam-se com a matéria orgânica humificada do solo, formando agregados estáveis em água, onde permanecem menos acessíveis ao ataque de microrganismos decompositores e constituem a matéria orgânica do solo (Haynes e Beares, 1996; citados por Mielniczuk, 1999).

Um dos problemas causados pelo tempo de uso do solo, e por manejos inadequados é que este tende a se desagregar, adensando-se e encrostando-se de forma que muitas raízes não conseguem penetrar ou romper determinadas camadas do solo. O uso de determinadas forrageiras pode amenizar este problema, devido a um sistema radicular capaz de promover a descompactação do solo e contribuir para a formação de

agregados estáveis, através de resíduos orgânicos e da exsudação de substâncias orgânicas provenientes da ação dos microrganismos.

Os métodos de avaliação de produção e distribuição de raízes estão sendo melhorados consideravelmente. As estimativas efetuadas em trincheiras, perfis e retiradas de blocos de solo são ainda trabalhosas e demoradas (Goedert *et al.*, 1985; Corrêa *et al.*, 1999). Mesmo em situações de evidentes diferenças entre tratamentos ou manejos, as variações são bastante altas, com coeficientes de variação que oscilam entre 35 e 50%. Assim, normalmente é necessário grande número de amostras para compensar essas variações e detectar as reais diferenças entre tratamentos.

Através do Sistema Integrado para Análise de Raízes e Cobertura do Solo - SIARCS<sup>®</sup> (Jorge, 1996) pode-se avaliar qualitativa e quantitativamente a distribuição de raízes, eliminando-se em parte a subjetividade encontrada nos métodos de perfil e melhorando a precisão da análise. A partir de imagens digitalizadas dos perfis pode-se determinar o comprimento, a distribuição e a área ocupada pelas raízes. A aquisição da imagem é feita através da digitalização, que é a transformação da imagem de uma fotografia ou de um filme de vídeo em uma imagem digital (Jorge, 1999; Crestana *et al.*, 1994).

A integração do método de retirada de blocos e o SIARCS<sup>®</sup> também é uma possível forma para avaliação do sistema radicular. As raízes são separadas do solo através de lavagem em água corrente, classificadas em peneiras, e passadas em “scanner” para obtenção de imagens digitalizadas.

No Quadro 2 pode ser observado exemplo da estimativa em trabalho de Corrêa *et al.* (1999) que avaliaram a produção de raízes de cinco cultivares diferentes, tendo a *Brachiaria brizantha* cv. Marandu uma produção de biomassa radicular superior às demais nas três camadas de solo estudadas.

**Quadro 2.** Estimativa da distribuição de raízes, em três camadas de solo, por cinco forrageiras tropicais sob pastejo e submetidas a dois níveis de adubação em um solo Latossolo Vermelho distrófico

Forrageiras	Profundidade do solo (cm)		
	0-10	10-20	20-40
.....g raízes/ 100g solo seco.....			
<b>Nível baixo de fertilizante</b>			
<i>Brachiaria decumbens</i> cv. Basilisk	0,427 b	0,220 ab	0,065 b
<i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu	0,734 a	0,386 a	0,136 a
<i>Panicum maximum</i> cv. Tanzânia	0,415 b	0,158 b	0,088 b
<i>Panicum maximum</i> cv. Tobiata	0,301 b	0,159 b	0,071 b
<i>Andropogon gayanus</i> cv. Baeti	0,286 b	0,120 b	0,059 b
Média	0,432	0,208	0,084
DMS	0,294	0,170	0,045
<b>Nível alto de fertilizante</b>			
<i>Brachiaria decumbens</i> cv. Basilisk	0,663 ab	0,225 bc	0,122 ab
<i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu	0,881 a	0,464 a	0,186 a
<i>Panicum maximum</i> cv. Tanzânia	0,432 b	0,243 b	0,078 b
<i>Panicum maximum</i> cv. Tobiata	0,450 b	0,256 b	0,057 b
<i>Andropogon gayanus</i> cv. Baeti	0,408 b	0,141 c	0,084 b
Média	0,566	0,266	0,105
DMS	0,378	0,086	0,070

\* Valores seguidos de uma mesma letra na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

Fonte: Corrêa *et al.* (1999).

## 2.4 Atributos físicos do solo

Os atributos físicos do solo relacionados com a produtividade de culturas podem ser divididos em duas categorias: atributos diretamente relacionados com o desenvolvimento das plantas, tais como capacidade de retenção de água, oxigênio, resistência mecânica, temperatura; e atributos indiretamente relacionados como a textura do solo, a densidade do solo, a agregação e a porosidade (Silva *et al.*, 1997).

A porosidade do solo pode ser definida como sendo o espaço do solo não ocupado pela matéria sólida, ou seja, aquele ocupado pela água e ar. O número, o tamanho, a distribuição e a continuidade dos poros varia com o solo (Novelino, 2000).

Dentre os fatores que influenciam os atributos físicos do solo está a compactação, que é devido às pressões exercidas sobre o solo pelo pisoteio animal, acarretando no aumento da densidade, alteração da porosidade e dos agregados. Um solo compactado torna-se uma barreira ao crescimento radicular, além de limitar o transporte de água, oxigênio e nutrientes, limitando, conseqüentemente, o crescimento da planta (Silva *et al.*, 1997).

A distribuição do tamanho de poros é um dos principais atributos físicos que condicionam as taxas de infiltração e a capacidade de retenção de água e a difusão de oxigênio no solo. A alteração da estrutura do solo influencia a sua porosidade, trazendo conseqüências para as relações hídricas do solo, principalmente para a condutividade hidráulica, resultando num comportamento diferenciado quanto à infiltração e o movimento de água entre as camadas do solo (Libardi e Jong van Lier, 1999). Em estudo feito por Bertol *et al.* (1998) constatou-se que o aumento da densidade aparente do solo resultou em alteração da porosidade total, pela diminuição, primeiro, dos macroporos, que são responsáveis pela percolação da água no solo, seguido do aumento dos microporos, ocasionando uma diminuição do movimento da água no perfil do solo em tratamentos com baixa oferta de forragem.

O termo agregado refere-se ao “conjunto coerente de partículas primárias do solo com forma e tamanho definido, comportando-se, mecanicamente, como uma unidade estrutural” (Curi *et al.*, 1993), cuja formação atuam agentes “cimentantes”

provenientes de exsudatos de raízes, da matéria orgânica e dos microrganismos presentes no solo. O diâmetro dos agregados pode ser ordenado em classes que variam de 8 a 0,105 mm, dependendo do sistema de avaliação.

Segundo Tisdall e Oades (1982), citados por Silva e Mielniczuk (1997 b), em solos cultivados os agregados são expostos, freqüentemente, à desagregação física, tanto pelo rápido umedecimento como pelo impacto das gotas de chuva. A estabilidade de agregados com diâmetro superior a 2,00 mm é controlada pelas práticas agrícolas, estando, portanto, relacionada com o crescimento de raízes e hifas. Desta forma é de fundamental importância à manutenção da cobertura vegetal e uma vez que haja condições favoráveis ao desenvolvimento da forrageira, esta promove melhor agregação do solo, evitando que ocorra erosão na superfície.

Vários índices foram propostos para expressar a distribuição do tamanho dos agregados, destacando-se o diâmetro médio ponderado, que é baseado na pesagem das massas de agregados de diferentes classes de acordo com os tamanhos respectivos. Outro índice alternativo de distribuição de tamanho dos agregados é o diâmetro médio geométrico (Hillel, 1982).

Segundo Bertol *et al.* (1998) o diâmetro médio ponderado dos agregados aumenta com a elevação da oferta de forragem e menor pressão de pastejo, indicando possível aumento no volume de raízes, refletindo na estrutura do solo.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Centro Experimental do Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte, em Campo Grande – MS, em um Latossolo Vermelho distrófico e argiloso. As coordenadas geográficas do local são: latitude 20° 27' S, longitude 54° 37' W e altitude 530 m.

Este experimento foi instalado em uma área originalmente sob vegetação de Cerrado, onde a temperatura média nos últimos doze anos foi de 23°C. No Quadro 3 encontram-se alguns dados meteorológicos anuais desde a implantação inicial do experimento anterior.

**Quadro 3.** Dados meteorológicos observados na área experimental

Ano	Precipitação acumulada (mm)	Temp mínima média (C°)	Temp máxima média (C°)	Temp média mensal (C°)	Umidade relativa média do ar (%)	Temperatura média do solo (°C)			
						a 2 cm		a 10 cm	
						8:00 h	14:00 h	8:00 h	14:00 h
	Total	Média							
1995	1506,70	18,76	30,10	23,32	68	23,14	32,09	22,91	28,68
1996	1277,70	18,83	29,56	23,19	73	22,21	32,10	22,74	29,12
1997	1568,70	19,35	29,90	23,62	71	22,49	32,06	22,99	28,12
1998	1443,50	19,15	29,60	23,33	75	22,41	30,30	23,61	26,65
1999	1087,80	18,75	30,66	23,52	65	22,47	32,08	23,47	28,22
2000	1505,10	18,67	29,69	23,14	71	22,07	30,25	22,75	26,94

Fonte: Estação Climatológica da Embrapa Gado de Corte.

No mês de dezembro de 1999 a temperatura média foi de 25°C, a temperatura média do solo a 10 cm foi de 29°C e a precipitação acumulada foi de 131,10 mm. Em

janeiro e fevereiro de 2000 a temperatura média do ar foi de 26° e 24°C, e a temperatura do solo a 10 cm foi de 30° e 27°C. A precipitação acumulada em janeiro e fevereiro de 2000 foi de 168,50 e 236,60 mm, respectivamente.

O Quadro 4 apresenta os resultados da análise textural do solo da área experimental, coletado em diferentes profundidades.

**Quadro 4.** Análise textural do solo da área experimental em quatro profundidades do solo.

Profundidade cm	Argila	Silte	Areia
	-----dag kg <sup>-1</sup> -----		
00-10	29,4	9,8	60,9
10-20	27,5	12,4	60,2
20-30	29,1	11,1	59,9
30-40	32,3	10,2	57,5

Foram utilizados oito acessos (tratamentos) promissores de *Brachiaria brizantha* recentemente avaliados para a persistência ao pisoteio animal (Experimento *Brachiaria* - Fase 2) e tendo a cultivar Marandu como tratamento testemunha. A área encontrava-se cercada, dividida em piquetes de 20 x 50 m (1000 m<sup>2</sup>), em dois blocos, num total de 18 piquetes.

Os animais foram retirados das pastagens em 10 de janeiro de 2000, após uniformização da área sob pastejo. No dia 19/01 foi aplicado a lanço na superfície, 700 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 20-5-20, como correção da fertilidade do solo.

Os acessos de *Brachiaria brizantha* estudados foram: BRA 002844, BRA 004391, BRA 003450, BRA 003395, BRA 003719, BRA 003891, BRA 004308, BRA 003948 e a cultivar Marandu (BRA 000591) como testemunha, respectivamente chamadas de tratamento B1, B2, B3, B4, B5, B6, B8, B9 e a cultivar Marandu, B0.

As variáveis estudadas foram: produção de matéria seca da parte aérea, litter acumulado, concentração e extração de nutrientes pela parte aérea, litter e raízes, teor



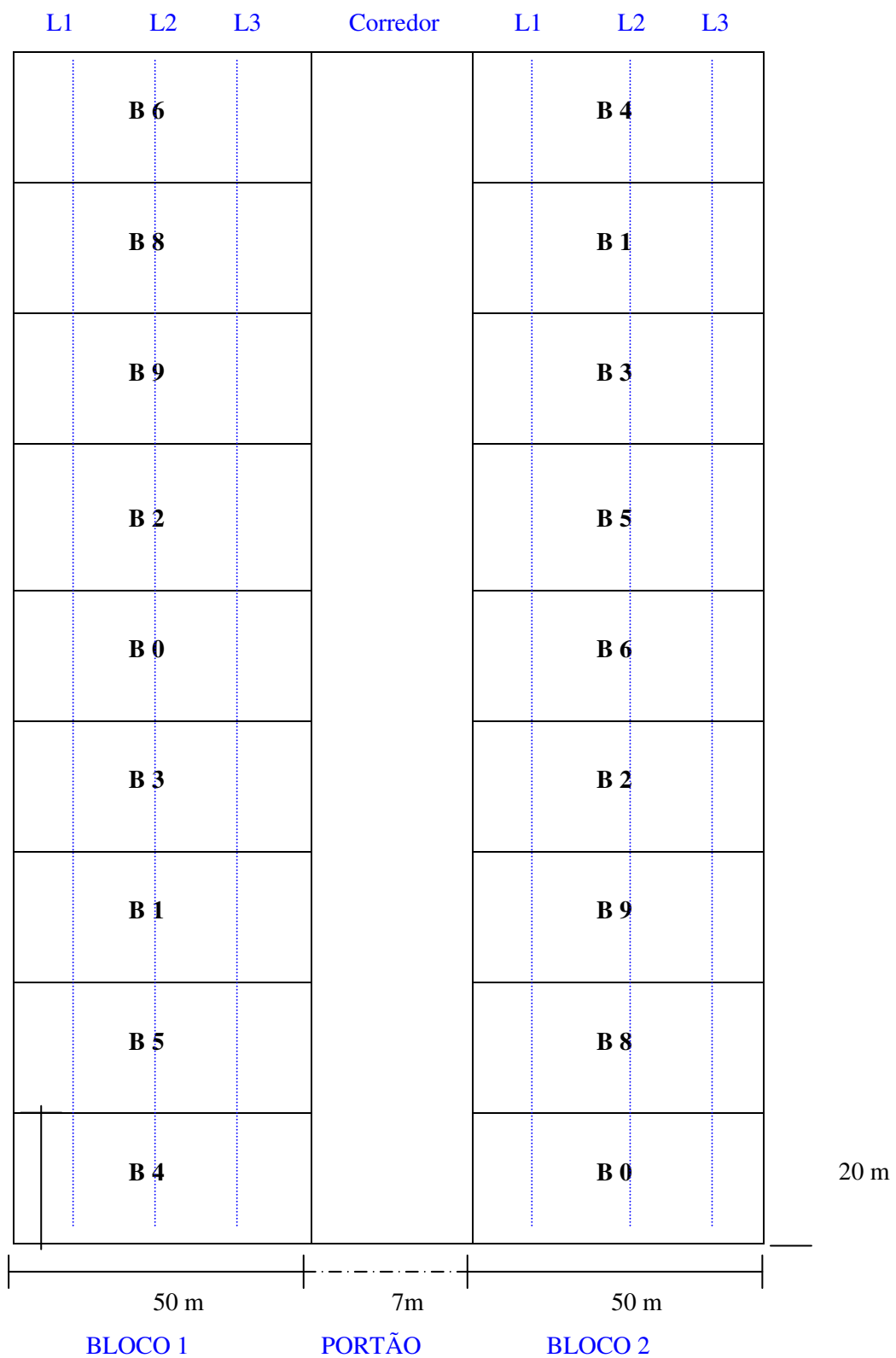
de matéria orgânica do solo, produção de raízes, área e comprimento de raízes, relação raiz: parte aérea, estabilidade de agregados em água, densidade e porosidade do solo.

O início das amostragens foi em 16 de fevereiro de 2000. A produção da matéria seca da parte aérea foi avaliada através de corte de toda a parte aérea da planta, coletando-se quatro amostras de 0,50 x 0,50 m, em 3 linhas imaginárias escolhidas aleatoriamente, em cada piquete, como mostra o croqui na Figura 1.

Cada amostra teve seu peso verde tomado individualmente e a média deste representou a produção da linha correspondente. Imediatamente após a pesagem das amostras de cada linha foi constituída uma amostra composta por sub-amostragem, que foi pesada e posteriormente separada em: folha (lâmina), colmo (+ bainha) e material morto. Cada piquete portanto, tinha três amostras representativas da produção da matéria seca total e da respectiva composição botânica, num total de seis repetições por acesso (três repetições internas/bloco).

O litter foi amostrado em cada uma das linhas em duas posições, sendo coletado todo o resíduo sobre a superfície, contido em um quadrado de 50 x 50 cm, com a média das amostras representando cada linha. Em laboratório, as amostras foram lavadas em água corrente para separar o solo aderido ao material vegetal. Para cada amostra foi determinado o peso do material verde e seco.

Os pesos de matéria seca da parte aérea e do litter foram determinados após secagem das amostras em estufa com circulação de ar a 65°C por 72 horas. As amostras da parte aérea e do litter, foram moídas para análise de concentração e extração de nutrientes. O nitrogênio foi analisado em um espectrofotômetro de infravermelho proximal (NIRS). O fósforo, o enxofre, o potássio, o cálcio e o magnésio foram extraídos por digestão nítrico perclórica, sendo determinados da seguinte forma: o fósforo e o enxofre colorimetricamente, potássio K por fotometria de chama, e o cálcio e o magnésio por absorção atômica (Haag, 1987).



**Figura 1.** Croqui da área experimental com a posição dos diferentes acessos de *Brachiaria brizantha* e linhas de amostragem.

A produção de raízes foi avaliada nas três linhas imaginárias pré-determinadas por piquete, abrindo-se uma trincheira de 50 x 50 x 50 cm/linha, coletando-se amostras de blocos de solo (10 x 10 x 20cm) a cada 10 cm até 40 cm de profundidade. As amostras foram pesadas e lavadas em água corrente sobre uma peneira de malha de 1mm e outra de 0,250 mm, para separar as raízes do solo. As raízes foram secas em estufa com circulação forçada de ar a 65°C, por 72 horas.

A relação raiz: parte aérea (MSR : MSPA) foi determinada pelo cociente entre a biomassa total de raiz pela biomassa total da parte aérea.

As determinações da área e do comprimento das raízes foram feitas por uma sub-amostragem, retirando-se uma amostra de solo com um anel de 100 cm<sup>3</sup> no centro do bloco de solo coletado. Estas foram lavadas em água corrente, também em peneiras de malha de 1 e 0,250 mm para separação e pesagem das raízes. As raízes foram coradas com azul de metileno para melhor definição de imagem e obtenção das estimativas de área e comprimento no “scaner”. Foi utilizado o programa SIARCS<sup>®</sup> (Crestana *et al.*, 1994), desenvolvido pela EMBRAPA Instrumentação Agropecuária para a determinação da área e do comprimento das raízes.

Para estimativa da densidade específica de raízes (Mg m<sup>-3</sup>) foi retirado, de cada tratamento, um bloco de solo de trincheira de 20 x 20 x 20 cm. Este foi lavado em água corrente, separando-se as raízes do solo. Para estimar a densidade específica das raízes foi utilizada uma proveta graduada com um volume de água conhecido, sobre uma balança analítica de precisão, onde foi mergulhada uma porção de raízes previamente pesadas e medidos os respectivos deslocamentos de água em termos volumétricos. A densidade específica das raízes foi avaliada com a finalidade de se estimar o volume de raízes em relação a uma determinada massa (peso). A partir dos resultados de volume e comprimento estimou-se o raio e respectivo diâmetro médio das raízes, admitindo-se, hipoteticamente, um formato cilíndrico para as raízes.

O teor de matéria orgânica e outros atributos da fertilidade do solo foram avaliados em três linhas diferentes (posições na parcela), amostrando-se um bloco de solo lateralmente aos blocos coletados para produção de raízes, nas mesmas profundidades até 40 cm. As “fatias” de bloco com a mesma profundidade foram colocadas em sacos

e misturadas formando uma amostra composta por piquete e profundidade, totalizando setenta e duas amostras. O teor de matéria orgânica e os demais atributos da fertilidade do solo foram determinados nas amostras compostas de acordo com Embrapa (1997).

A amostragem para determinação dos agregados estáveis em água seguiu o mesmo critério de amostragem para produção de raízes, retirando-se blocos de solo nas mesmas profundidades, mas tomados em duas linhas (1ª e 2ª linha). Após coleta dos blocos de solo, com umidade de campo, as amostras foram passadas em peneiras com malha de 8 mm e guardadas em sacos plásticos acondicionados dentro de tubos rígidos de PVC. Os tubos de PVC foram arranjados dentro de caixas de madeira, que mantiveram a estrutura dos agregados protegida, para análise posterior da estabilidade em água, em um agitador de peneiras. As amostras previamente preparadas foram pesadas em porções de 100 g e submersas em água por aproximadamente 10 minutos e agitadas em peneiras com malhas de 2, 1, 0,5, 0,21 e 0,106 mm, seguindo-se a metodologia utilizada para determinação de agregados de Kemper e Chepil (1965). As amostras contidas em cada peneira foram colocadas num recipiente de alumínio secadas em estufa a 105°C, para posterior obtenção do respectivo peso do material seco e cálculo da distribuição percentual dos agregados nas classes pré-estabelecidas.

O dados de diâmetro médio ponderado (DMP) e diâmetro médio geométrico (DMG) foram calculados a partir da distribuição média do tamanho dos agregados, utilizando-se as fórmulas propostas por Hillel (1982). O diâmetro médio ponderado foi definido pela seguinte equação  $X = \frac{\sum_{i=1}^n xiwi}{\sum_{i=1}^n wi}$ , onde  $xi$  é o diâmetro médio das partículas separadas por classes e  $wi$  é o peso dos agregados de determinado tamanho, variando com uma fração do peso seco total da amostra analisada.

O diâmetro médio geométrico foi calculado pela equação  $Y = \exp \left[ \frac{\left( \sum_{i=1}^n wi \log xi \right)}{\left( \sum_{i=1}^n wi \right)} \right]$ , segundo Mazurak (1950), citado por Hillel (1982), em que  $wi$  é o peso dos agregados em uma classe de tamanho  $xi$  de diâmetro comum, e  $\sum_{i=1}^n wi$  é o peso total da amostra. O DMP e o DMG foram calculados com a finalidade de se estimar globalmente o tamanho médio dos agregados nos diferentes tratamentos.

As amostras de solo para determinação de densidade aparente e porosidade foram obtidas através da coleta de amostras indeformadas, em anéis de 100 cm<sup>3</sup> retirados na linha central das parcelas a cada 10 cm, até 40 cm de profundidade e medidos de acordo com a metodologia descrita em Embrapa (1997).

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com duas repetições, sendo as variáveis estudadas repetidas duas ou três vezes internamente no bloco, conforme já descrito. As variáveis estudadas em amostras coletadas em profundidade no solo e partes da planta, foram analisadas como parcelas sub-divididas de acordo com recomendação de Vivaldi (1999). Neste caso, a parcela principal foi representada pelo tratamento: acessos de *Brachiaria* e as sub-parcelas pela profundidade do solo ou pela parte da planta.

Foram calculadas correlações lineares entre as médias de diferentes variáveis de solo e planta com o objetivo de se verificar as possíveis interações entre as mesmas ao nível de 5% de probabilidade.

As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Antecedentes

Os resultados obtidos neste trabalho são decorrência dos efeitos de manejo aplicado no experimento instalado por Euclides *et al.* (2001). Estes autores testaram os mesmos acessos de *Brachiaria brizantha* estudados neste trabalho, com o objetivo de avaliar a persistência ao pastejo e a taxa de lotação animal suportada nas estações chuvosa e seca por dois anos. Os animais eram introduzidos nos piquetes quando a oferta da forragem encontrava-se ao redor de 2 t ha<sup>-1</sup> de matéria seca (MS) e foram retirados quando a forragem diminuiu a 1 t ha<sup>-1</sup> de MS, aproximadamente. O número de animais e os dias pastejados eram ajustados à forragem em oferta, para cada acesso, individualmente.

Os valores para MS total disponível da forragem calculado por cortes amostrados em 25 quadrados (0,25 m<sup>2</sup>) apresentou semelhanças entre os acessos antes e depois do pastejo. Houve significativo declínio na MS total, com a disponibilidade amostrada antes do pastejo no 1º ano e no 2º ano: 2,7 a 1,6 t MS ha<sup>-1</sup>, respectivamente. A taxa de lotação, ajustada à forragem em oferta para cada acesso individual, e os intervalos no pastejo foram semelhantes durante os dois anos, o declínio na produção da forragem pode ser explicado pela falta de reposição dos nutrientes. Houve interação entre os acessos e a estação do ano para a taxa de lotação animal. Os períodos de descanso foram de 35 e 48 dias para as estações chuvosas e secas, nos dois anos, respectivamente. Durante a estação chuvosa, os acessos B1, B8, e B4 foram superiores, mas durante a estação seca, o B6 ultrapassou o B8, e o B1 foi semelhante ao B4, acumulando mais material foliar. Houve interação entre os acessos e as estações para o crescimento da área foliar. Os acessos B1, B4 e B8 apresentaram maior disponibilidade de folhas antes do pastejo, durante a estação chuvosa. Porém, durante a estação seca os acessos mais produtivos foram B1, B4 e B6. Ao longo

das estações chuvosas, as folhas da forragem em oferta foram abundantes permitindo um pastejo seletivo com exceção do acesso B5. O oposto ocorreu durante a estação seca, quando a forragem em oferta estava limitando a dieta de boa qualidade aos animais em pastejo. Não houve diferença significativa entre níveis de P, K, saturação por bases e matéria orgânica do solo em todos os piquetes, certificando que as diferenças entre os acessos estavam relacionadas ao efeito do genótipo.

Os acessos de *Brachiaria brizantha* B1, B4, B6 e B8 foram os que tiveram maior produtividade em relação à taxa de lotação animal e ao crescimento de área foliar durante o segundo ano sob pastejo, sendo os mesmos indicados para futuras avaliações de desempenho animal.

#### **4.2 Produção de matéria seca da parte aérea e do litter da forrageira**

Os resultados da produção de matéria seca total da parte aérea, das diferentes partes da planta e do litter dos tratamentos de *Brachiaria brizantha* são apresentados no Quadro 5.

Os resultados da produção de matéria seca total (folha + colmo + material morto), assim como a produção de matéria seca de folhas, colmo e material morto, apresentaram diferenças significativas ( $P < 0,01$ ) entre os tratamentos.

Quanto à matéria seca total, as produções acima de 6.500 kg ha<sup>-1</sup> foram dos tratamentos B8 com 7.513 kg ha<sup>-1</sup>, B6 com 6.801 kg ha<sup>-1</sup> e B3 com 6.593 kg ha<sup>-1</sup>, e a menor foi da testemunha B0, com 2.545 kg ha<sup>-1</sup>.

Costa e Paulino (1998) obtiveram para os genótipos B8 e B4 de *Brachiaria brizantha* rendimentos de 3.521 e 2.345 kg ha<sup>-1</sup> aos 42 dias e 2.949 e 2.014 kg ha<sup>-1</sup> aos 35 dias, após as uniformizações das parcelas, comparadas

com a cv Marandu que apresentou produção de 2.220 e 1.913 kg ha<sup>-1</sup> aos 35 e 42 dias, respectivamente, semelhante à produção observada por Gerdes et al. (1998) para a cv Marandu com 2.230 kg ha<sup>-1</sup> aos 35 dias.

**Quadro 5.** Média da produção da matéria seca total (MST), matéria seca de folhas (MSF), do colmo (MSC), do material morto (MSMM) e do litter (MSL) dos oito tratamentos de *Brachiaria brizantha* (kg ha<sup>-1</sup>) e da testemunha Marandu após 35 dias de crescimento

TRAT	MST	MSF	MSC	MSMM	MSL
B0	2.545 c	1.508 de	576 b	461 c	3.749 d
B1	6.223 a	2.881 ab	2.122 a	1.219 bc	15.167 ab
B2	5.723 ab	2.045 cd	1.785 a	1.892 ab	6.013 cd
B3	6.593 a	2.319 abc	2.124 a	2.150 ab	12.016 abc
B4	5.186 ab	2.553 abc	1.432 ab	1.200 bc	18.039 a
B5	3.498 bc	951 e	2.006 a	540 c	4.983 cd
B6	6.801 a	2.208 bcd	2.282 a	2.312 ab	8.689 bcd
B8	7.513 a	3.062 a	1.688 a	2.762 a	12.549 abc
B9	5.379 ab	2.140 bcd	1.930 a	1.308 bc	10.073 bcd
Média	5.495	2.185	1.772	1.538	10.142
DMS	2.564	791	994	1.241	7.606
CV (%)	25	19	30	43	40

Médias seguidas das mesmas letras, nas colunas, não diferem entre si ao nível de 5%, pelo teste de Tukey.

No Quadro 5 observamos que os tratamentos B8, B1 e B4 apresentam maior produção de matéria seca de folhas que os demais tratamentos, com 3.062, 2.881 e 2.553 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Para a matéria seca de colmo, as maiores produções



foram a dos tratamentos B6 com 2.282 kg ha<sup>-1</sup>, B3 com 2.124 kg ha<sup>-1</sup> e B1 com 2.122 kg ha<sup>-1</sup>, e para a produção de matéria seca de material morto os maiores valores foram observados nos tratamentos B8 com 2.762 kg ha<sup>-1</sup>, B6 com 2.312 kg ha<sup>-1</sup> e B3 com 2.150 kg ha<sup>-1</sup>.

O litter avaliado é resultante das produções acumuladas dos pastejos anteriores e função do manejo animal aplicado.

O litter diferiu significativamente ( $P < 0,01$ ) entre os tratamentos de *Brachiaria brizantha*. Os tratamentos B4, B1, B8 e B3 mostraram maior produção de litter, com 18.039, 15.167, 12.549 e 12.016 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, o que pode vir a ser de grande importância, pelo fato deste material atuar na reciclagem dos nutrientes e manter o solo coberto. O litter também contribui para a formação da matéria orgânica no solo e esta atua na gênese dos agregados do solo.

Segundo Cantarutti *et al.* (2001) a uniformidade de distribuição do litter é uma das principais vantagens da reciclagem dos nutrientes, possibilitando melhor sincronismo entre a liberação e a demanda de nutrientes, considerando que a decomposição destes resíduos é lenta.

### **4.3 Produção de matéria seca de raízes dos tratamentos de *Brachiaria brizantha***

Entre os tratamentos de *Brachiaria brizantha* não houve diferença significativa ( $P > 0,05$ ) para produção de matéria seca de raízes. O tratamento B3 apresentou a maior produção com 47.200 kg ha<sup>-1</sup> de raízes, seguido dos tratamentos B1, B4 e B5 com 47.189 kg ha<sup>-1</sup>, 42.645 kg ha<sup>-1</sup> e 40.580 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente. A menor produção de raízes foi do tratamento B9 com 28.165 kg ha<sup>-1</sup> (Quadro 6).

O tratamento B5, apesar de apresentar uma das menores produções de MS da parte aérea, teve alta produção de MS de raízes, sendo esta superior aos tratamentos B6 e B8 que se destacaram na produção de MS da parte aérea.

**Quadro 6.** Média da produção acumulada de raízes (kg ha<sup>-1</sup>) até 40 cm de profundidade do solo nos tratamentos de *Brachiaria brizantha*

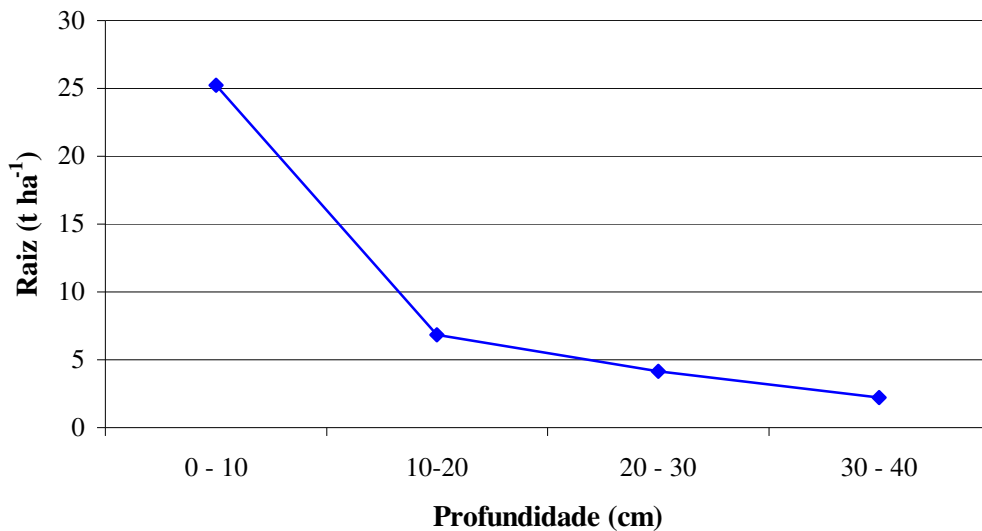
Tratamento	Raiz (kg ha <sup>-1</sup> )
B0	30.182 A
B1	47.189 A
B2	36.422 A
B3	47.200 A
B4	42.645 A
B5	40.580 A
B6	35.179 A
B8	38.462 A
B9	28.165 A
Média	38.447
CV (%)	32
Tukey	23.202

Médias seguidas das mesmas letras, na coluna, não diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

A produção média de MS de raízes diferiu significativamente ( $P < 0,01$ ) entre as quatro profundidades de solo estudadas (Figura 2). A média de raízes (g 100g<sup>-1</sup> solo) entre os tratamentos mostrou uma maior concentração de raízes nos primeiros 10cm da camada de solo, sendo esta concentração decrescente com a profundidade do solo. Corrêa *et al.* (1999) também obtiveram uma maior concentração de raízes de *Brachiaria brizantha* nos primeiros 10 cm do solo, assim como Miller *et al.* (2001) com *Panicum maximum* e *Andropogon gayanus*.

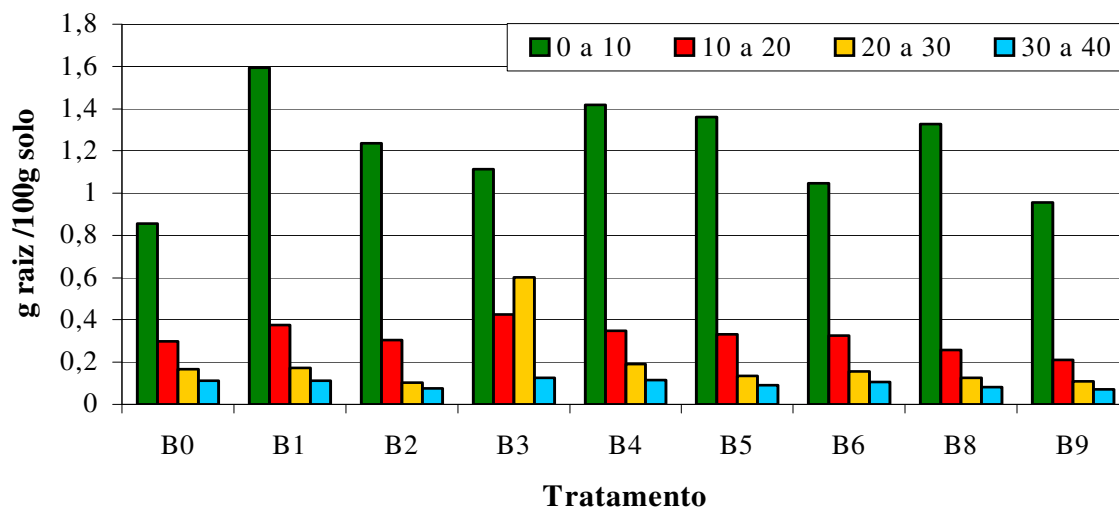
Houve interação significativa ( $P < 0,05$ ) entre tratamento (genótipo) x profundidade do solo. A camada de 0 – 10 cm do solo apresentou uma produção de mais de 60% do total das raízes encontradas. O decréscimo da produção de raízes nas demais camadas do solo em profundidade foi semelhante entre todos os tratamentos. A

porcentagem média de distribuição de raízes na camada de 0 – 10 cm foi de 66%, de 10 – 20 cm de 18%, de 20 – 30 cm de 11% e na camada de 30 – 40 cm de 5%.



**Figura 2.** Produção média de matéria seca de raízes de nove diferentes tratamentos de *Brachiaria brizantha*, em quatro profundidades do solo.

O genótipo B1 mostrou maior produção de raízes nas profundidades de 0 – 10 cm e 30 – 40 cm, enquanto o genótipo B3 nas profundidades de 10 – 20 cm e 20 – 30 cm (Figura 3), tendo este melhor capacidade de distribuição de raízes nas camadas mais profundas do solo, possibilitando maior superfície de contato das raízes com a água e os nutrientes.



**Figura 3.** Produção média de matéria seca de raízes dos tratamentos de *Brachiaria brizantha*, em quatro profundidades do solo.

#### 4.4 Relação raiz: parte aérea (MSR:MSPA)

No Quadro 7 são rerepresentados os resultados da produção de matéria seca total da parte aérea e matéria seca de raízes, bem como os resultados da relação MSR:MSPA, os quais não apresentam diferenças significativas ( $P > 0,05$ ) entre os tratamentos de *Brachiaria brizantha*.

Através da relação MSR:MSPA é possível observar que uma maior produção da parte aérea pode estar mais relacionada ao genótipo da planta do que a um sistema radicular mais volumoso, como acontece no acesso B8, que apresenta a maior produção na parte aérea, uma produção média de raízes e possui a menor relação MSR:MSPA.

O oposto ocorre com os acessos B0 e B5 que apresentam as menores produções de MST, porém apresentam a relação MSR:MSPA mais alta. Os tratamentos B0 e B5 apresentaram uma grande diferença na relação MSR:MSPA entre os blocos (repetições), onde a relação do tratamento B0 foi de 6,5 e 17,9 e do B5 foi de 14,3 e 8,8 nos blocos 1 e 2, respectivamente. Uma explicação para este fato pode ser a

ocorrência de maior concentração de percevejo castanho, praga de raiz, em determinados pontos dos respectivos blocos.

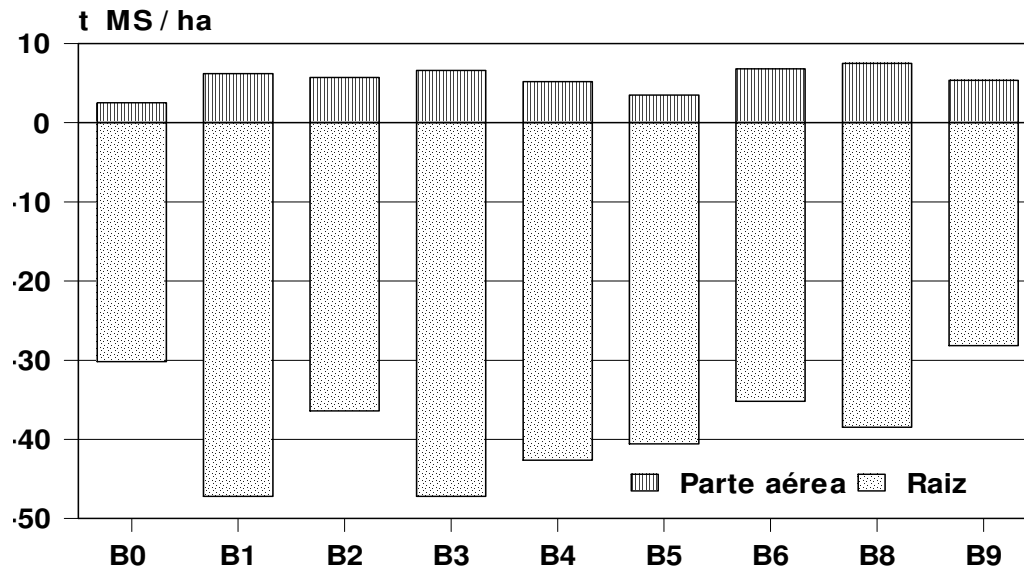
**Quadro 7.** Produções médias de matéria seca da parte aérea (MSPA) e de raízes (MSR) e média da relação MSR:MSPA dos tratamentos de *Brachiaria brizantha*

Tratamento	MSPA	MSR	MSR:MSPA
	----- Kg ha <sup>-1</sup> -----		
B0	2.545 c	30.182 a	12,22 a
B1	6.223 a	47.189 a	7,54 a
B2	5.723 ab	36.422 a	6,40 a
B3	6.593 a	47.200 a	7,16 a
B4	5.185 ab	42.645 a	8,44 a
B5	3.498 c	40.580 a	11,57 a
B6	6.802 a	35.179 a	5,34 a
B8	7.513 a	38.462 a	5,12 a
B9	5.379 ab	28.165 a	5,24 a
Média	5.495	38.447	7,67
DMS	2.564	23.202	13,62
CV (%)	25	32	44

Médias seguidas das mesmas letras, nas colunas, não diferem entre si ao nível de 5%, pelo teste de Tukey.

Examinado a Figura 4 constatou-se que as produções médias de matéria seca da parte aérea e de raízes não estão necessariamente relacionadas. Os tratamentos B8 e B6, apresentam valores de MSPA semelhante aos tratamentos B1 e B3, enquanto a produção de raízes dos tratamentos B8 e B6 são menores. Genótipos como o B4 e o B5 podem ser mais exigente na produção de matéria seca da parte aérea, apresentando desta forma uma maior produção do sistema radicular, comparados a outros

tratamentos que, com um sistema radicular menos volumoso, produz em maior quantidade de matéria seca da parte aérea.



**Figura 4.** Média da matéria seca total da parte aérea e das raízes dos tratamentos de *Brachiaria brizantha*.

#### 4.5 Concentração e extração de nutrientes pela parte aérea, litter e raízes nos tratamentos de *Brachiaria brizantha*

Para concentração de nutrientes na planta foram observadas diferenças significativas ( $P < 0,01$ ) tanto entre os tratamentos como entre as partes da planta. Apenas para o N e o P não houve interação entre tratamento e parte da planta mas, para os demais nutrientes, houve interação significativa ( $P < 0,01$ ) (Quadro 8).

**Quadro 8.** Média da concentração dos macronutrientes (g kg<sup>-1</sup>) nos diferentes tratamentos (toda a planta) e em cada parte da planta de *Brachiaria brizantha*

Por tratamento	N	P	K	Ca	Mg	S
B0	8,83 abc	0,91 a	10,54 ab	2,44 a	1,84 ab	1,50 ab
B1	8,72 abc	0,77 b	9,96 bc	1,79 b	1,69 abc	1,50 ab
B2	8,66 abc	0,75 b	8,75 bcd	2,05 b	1,77 ab	1,49 ab
B3	7,68 c	0,73 b	7,68 d	1,72 b	1,60 bc	1,25 c
B4	9,23 ab	0,80 ab	12,46 a	1,76 b	1,96 a	1,53 ab
B5	9,72 a	0,83 ab	8,69 bcd	2,50 a	1,64 bc	1,69 a
B6	8,12 bc	0,74 b	8,05 cd	1,82 b	1,79 ab	1,52 ab
B8	7,94 bc	0,71 b	10,10 bc	1,84 b	1,81 ab	1,33 bc
B9	9,17 abc	0,76 b	10,54 ab	1,76 b	1,45 c	1,42 bc
Média	8,67	0,78	9,64	1,96	1,73	1,47
DMS	1,49	0,13	2,04	0,37	0,28	0,25
CV (%)	12	11	14	13	11	11
Por parte da planta						
Folha	18,1 a	1,4 a	18,6 b	2,6 b	3,4 a	2,0 a
Colmo	11,1 b	1,3 b	26,2 a	1,2 d	2,3 b	2,0 a
M. Morto	4,3 d	0,3 d	1,6 c	2,0 c	1,3 c	1,0 c
Litter	6,1 c	0,5 c	0,8 c	2,9 a	1,0 d	1,2 b
Raiz	3,8 d	0,4 c	1,0 c	1,0 d	0,6 c	1,1 bc
Média	8,67	0,78	9,64	1,96	1,73	1,47
DMS	0,97	0,08	1,33	0,24	0,18	0,16
CV (%)	12	11	14	13	11	11

Médias seguidas das mesmas letras, nas colunas, não diferem entre si ao nível de 5%, pelo teste de Tukey.

**Quadro 9.** Média da extração dos macronutrientes (kg ha<sup>-1</sup>) nos diferentes tratamentos (toda a planta) e em cada parte da planta de *Brachiaria brizantha*

Por tratamento	N	P	K	Ca	Mg	S
B0	152,38 a	16,46 a	79,99 a	38,92 a	23,47 b	34,77 a
B1	239,34 a	26,90 a	161,41 a	54,55 a	43,11 ab	69,96 a
B2	205,61 a	20,41 a	113,93 a	54,03 a	31,99 ab	45,95 a
B3	238,24 a	25,46 a	142,58 a	62,21 a	45,34 a	60,01 a
B4	242,22 a	21,71 a	150,89 a	51,96 a	38,03 ab	57,53 a
B5	221,18 a	25,81 a	100,30 a	51,44 a	28,67 ab	57,48 a
B6	209,56 a	22,05 a	118,65 a	48,29 a	38,73 ab	52,07 a
B8	215,36 a	23,78 a	140,94 a	43,11 a	39,21 ab	56,63 a
B9	171,97 a	17,86 a	127,38 a	38,13 a	25,20 b	36,09 a
Média	210,65	21,72	126,23	49,18	34,86	52,28
DMS	190,57	19,77	104,06	48,23	20,07	59,23
CV (%)	22	22	20	24	14	28
Por parte da planta						
Folha	39,47 bc	3,04 bc	40,66 ab	5,62 c	7,48 c	4,43 c
Colmo	19,66 cd	2,24 cd	45,34 a	2,19 c	4,07 d	3,57 c
M.morto	6,12 d	0,43 d	2,16 c	2,96 c	1,90 d	1,49 c
Litter	62,82 b	4,76 b	7,60 c	27,82 b	10,67 b	11,48 b
Raiz	145,40 a	16,00 a	38,08 b	38,41 a	21,41 a	42,79 a
Média	54,69	5,30	26,77	15,40	9,11	12,75
DMS	24,07	2,04	7,23	5,93	2,72	5,91
CV (%)	46	41	28	40	31	49

Médias seguidas das mesmas letras, nas colunas, não diferem entre si ao nível de 5%, pelo teste de Tukey.



Quanto à extração dos nutrientes (Quadro 9) apenas o Mg apresentou diferença significativa ( $P < 0,05$ ) entre os tratamentos. Para todos os nutrientes estudados houve diferença significativa ( $P < 0,01$ ) em relação à extração pelas diferentes partes da planta, caracterizando uma distribuição diferenciada dos nutrientes pela planta.

#### 4.6 Fertilidade do solo

A fertilidade do solo da área experimental estava bastante uniforme, não havendo diferenças significativas ( $P > 0,05$ ) para estas variáveis entre os diferentes tratamentos. Houve diferença significativa ( $P < 0,01$ ) para essas variáveis quanto a profundidade do solo (Quadro 10).

Verificou-se que para a matéria orgânica não houve diferença significativa entre os tratamentos de *Brachiaria brizantha* ( $P > 0,05$ ), tendo seus valores variando de 3,30  $\text{dag kg}^{-1}$  a 3,02  $\text{dag kg}^{-1}$ .

A matéria orgânica apresentou-se relativamente bem distribuída nas quatro profundidades do solo, diferindo significativamente ( $P < 0,01$ ) entre as profundidades. Não houve interação significativa entre tratamento x profundidade ( $P > 0,05$ ) para os teores de matéria orgânica do solo.

Segundo Testa *et al.* (1992), citados por Bayer e Mielniczuk (1997), o carbono orgânico, principal constituinte da matéria orgânica do solo, ocorre no início do estabelecimento da cultura, em solo não revolvido, principalmente nas camadas superficiais, com o tempo aumenta para as camadas mais profundas, possivelmente como reflexo do desenvolvimento radicular das culturas e da atividade da fauna do solo.

**Quadro 10.** Resultado da análise química nas quatro profundidades do solo nos tratamentos de *Brachiaria brizantha* (média de 4 profundidades).

Prof	cm	00 - 10	10 - 20	20 - 30	30 - 40	Média	CV (%)
PH	CaCl <sub>2</sub>	4,67	4,57	4,45	4,47	4,54	2
Ca <sup>++</sup>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	1,45	0,94	0,41	0,28	0,77	29
Mg <sup>++</sup>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	0,79	0,37	0,17	0,12	0,36	37
Al <sup>+3</sup>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	0,25	0,34	0,38	0,31	0,32	20
CTC	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	7,77	6,31	5,40	4,68	6,04	6
SAT Al	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	10,0	23,50	39,60	43,05	29,04	26
H+Al	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	5,38	4,94	4,78	4,25	4,84	6
V	%	30,59	21,11	11,27	9,11	18,02	23
M	%	10,0	23,50	40,00	43,05	29,04	26
P Mel	mg dm <sup>-3</sup>	3,23	1,81	0,77	0,75	1,64	63
P Res	mg dm <sup>-3</sup>	5,30	2,75	1,67	1,92	2,91	33
K <sup>+</sup>	mg dm <sup>-3</sup>	0,15	0,06	0,04	0,03	0,07	35
MO	dag kg <sup>-1</sup>	4,13	3,27	2,76	2,55	3,18	5,61

#### 4.7 Características do sistema radicular dos tratamentos de *Brachiaria brizantha*

Os resultados da porcentagem de matéria seca das raízes de *Brachiaria brizantha* e a densidade específica das raízes até 20 cm de profundidade, estão apresentados no Quadro 11.

Os valores obtidos para a densidade específica de raízes variaram de 0,980 a 1,083 Mg m<sup>-3</sup>, não diferindo significativamente entre os tratamentos. Valores próximos a 1 Mg m<sup>-3</sup>, foram propostos por Hallmark e Barber (1999) para calcular o volume de raízes, uma vez obtido os valores do comprimento.

**Quadro 11.** Porcentagem total da matéria seca das raízes de *Brachiaria brizantha* (PMS); densidade da amostra total de raiz (DST); densidade da parte superior da amostra de raiz (DPS); densidade da parte inferior da amostra de raiz (DPI)

Tratamento	PMS %	DST -----	DPS (Mg m <sup>-3</sup> ) -----	DPI
B0	22,6	0,980	0,957	0,921
B1	28,5	1,083	0,938	0,961
B2	24,6	0,997	0,980	0,946
B3	26,0	1,020	0,980	0,989
B4	24,8	1,012	0,992	0,949
B5	23,7	1,010	0,902	1,009
B6	26,8	1,028	1,028	0,946
B8	24,9	0,987	0,981	0,994
B9	24,8	0,995	0,950	0,959
Média	25,2	1,012	0,968	0,964
DMS	0,101	0,104	0,296	0,171
CV. (%)	10	2	7	4

Médias seguidas das mesmas letras, nas colunas, não diferem entre si ao nível de 5%, pelo teste de Tukey.

#### 4.7.1 Peso, área, comprimento e diâmetro das raízes de *Brachiaria brizantha*

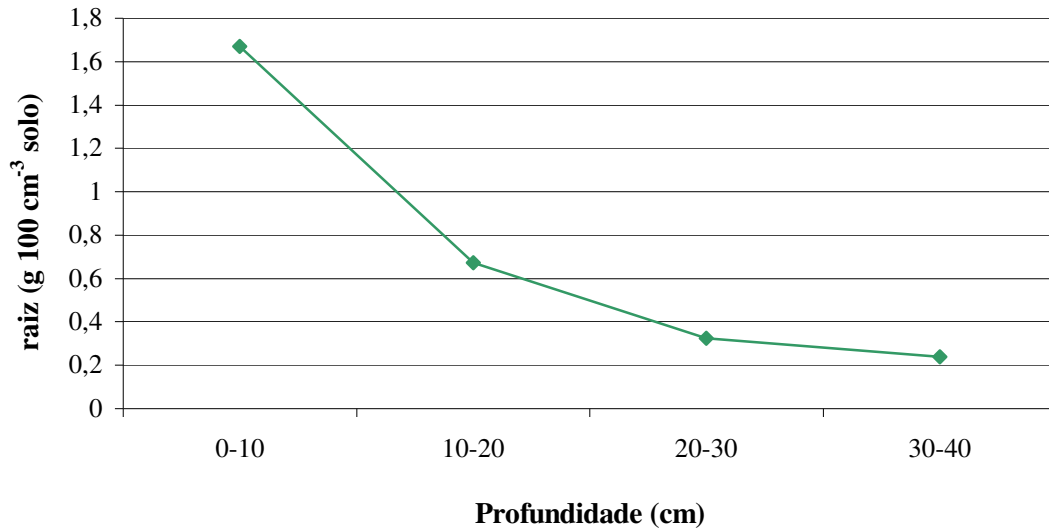
As análises feitas em sub-amostras coletadas em anéis de 100 cm<sup>-3</sup> de solo, evidenciaram que o peso de raízes não diferiu significativamente ( $P > 0,01$ ) entre os tratamentos. O maior peso de raízes foi do tratamento B8 (1,022 g raiz/ 100 cm<sup>-3</sup> solo) (Quadro 12).

**Quadro 12.** Média de peso, área, comprimento e diâmetro das raízes dos tratamentos com *Brachiaria brizantha*, em sub-amostras de 100 cm<sup>-3</sup> de solo.

Tratamento	Peso (g)	Área (cm <sup>2</sup> )	Comprimento (m)	Diâmetro (mm)
B0	0,576 a	29,326 b	8,532 b	0,895 a
B1	0,731 a	33,453 b	10,432 b	0,809 a
B2	0,648 a	37,510 b	10,093 b	0,914 a
B3	0,857 a	34,704 b	9,618 b	1,031 a
B4	0,469 a	35,374 b	11,276 ab	0,703 a
B5	0,655 a	30,070 b	9,112 b	0,941 a
B6	0,820 a	36,440 b	9,625 b	1,076 a
B8	1,022 a	56,772 a	16,452 a	0,881 a
B9	0,759 a	35,552 b	11,226 ab	0,979 a
Média	0,727	36,578	10,707	0,914
DMS	0,753	16,295	5,736	0,537
CV (%)	81	54	50	30

Médias seguidas das mesmas letras, nas colunas, não diferem entre si ao nível de 5%, pelo teste de Tukey.

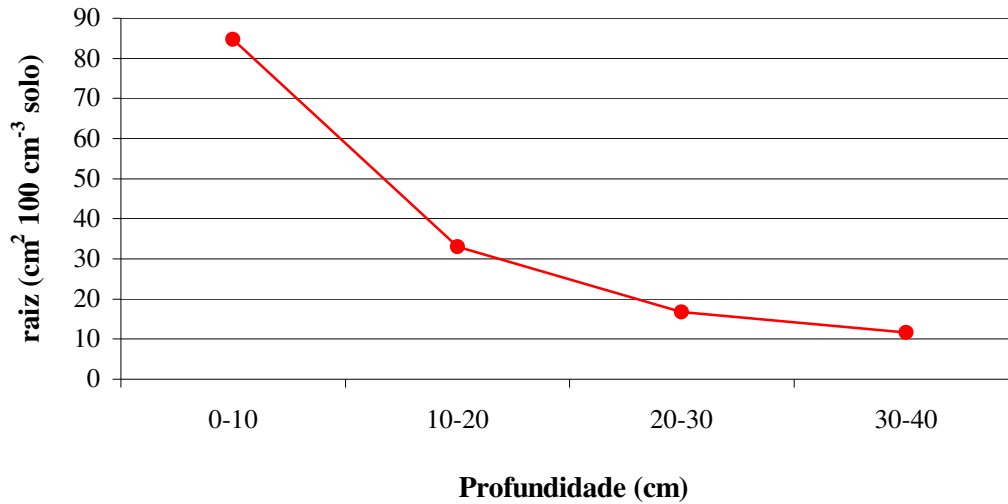
Em relação ao peso de raízes em profundidade, os resultados nas sub-amostras dos anéis mostraram diferenças significativas ( $P < 0,01$ ), sendo também a maior concentração de raízes foi observada na camada de 0 – 10 cm de solo, com valores diminuindo com a profundidade do solo (Figura 5).



**Figura 5.** Média do peso (g 100cm<sup>-3</sup> solo) de raízes de *Brachiaria brizantha*, em quatro profundidades do solo.

Quanto à área das raízes dos tratamentos de *Brachiaria brizantha* evidenciou-se diferenças significativas ( $P < 0,01$ ) entre os tratamentos. O tratamento B8 com 56,77 cm<sup>2</sup> destacou-se dos demais, que apresentaram valores semelhantes (Quadro 12).

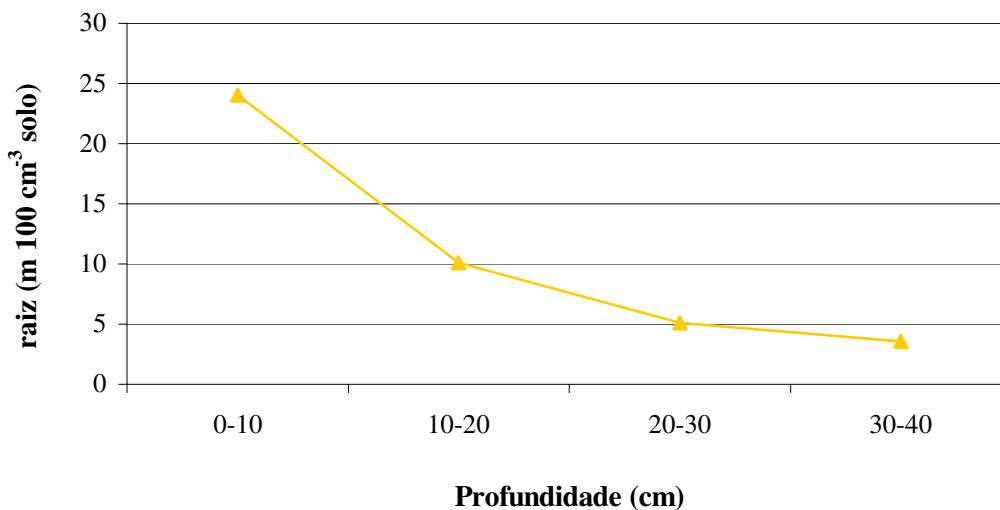
A área de raízes também apresentou diferenças significativas ( $P < 0,01$ ) quanto à profundidade do solo e na interação tratamento x profundidade. A camada 0 - 10 cm se destaca das demais camadas do solo por apresentar a maior área de raízes (Figura 6).



**Figura 6.** Área média (cm<sup>2</sup> 100cm<sup>-3</sup> solo) de raízes dos tratamentos de *Brachiaria brizantha*, em quatro profundidades do solo.

O comprimento das raízes apresentou diferenças significativas ( $P < 0,01$ ) entre os tratamentos, profundidade e interação tratamento x profundidade, sendo que o tratamento B8 se destacou com comprimento médio de 16,452 m, enquanto os demais tratamentos variaram de 8,532 m a 11,276 m.

Devido a maior concentração de raízes nos primeiros 10 cm de solo o maior comprimento de raízes também foi observado nesta camada (Figura 7).

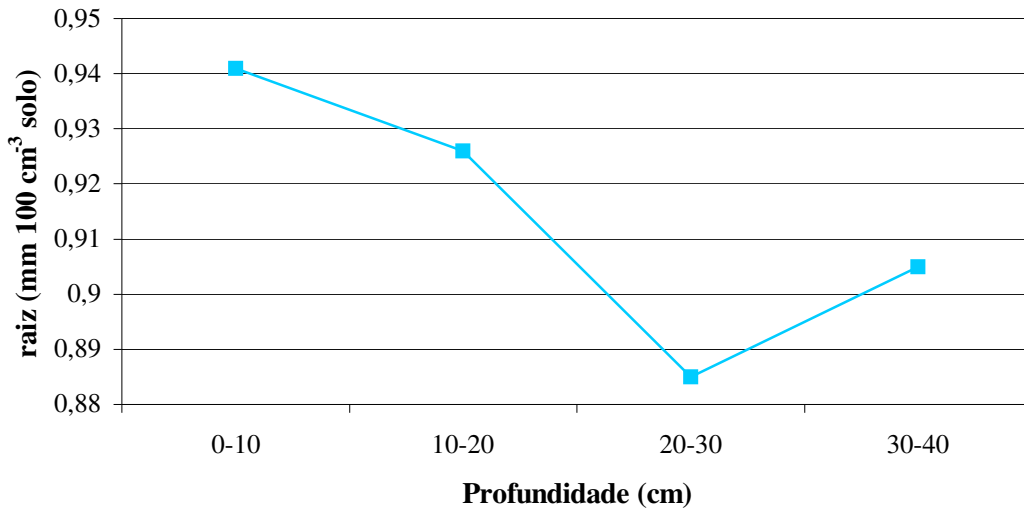


**Figura 7.** Comprimento médio (m 100cm<sup>-3</sup> solo) das raízes de *Brachiaria brizantha*, em quatro profundidades do solo.

Segundo Corsi *et al.* (2001), o comprimento específico do sistema radicular ( $\text{cm g}^{-1}$ ), área específica ( $\text{cm cm}^{-2}$ ) ou o comprimento de raízes seriam atributos mais robustos na caracterização de raízes e com maior probabilidade de explicar ou se correlacionar com a absorção de água e nutrientes pelo sistema radicular de plantas forrageiras.

O diâmetro médio das raízes, calculado a partir da densidade específica e peso de raízes não apresentaram diferenças significativas ( $P > 0,01$ ) entre os tratamentos (Quadro 12).

Quanto à profundidade do solo o diâmetro das raízes, também, não apresentou diferenças significativas ( $P > 0,01$ ). Isto se explica pelo fato de que as raízes não foram separadas em diferentes grupos de diâmetros durante a digitalização das imagens, dadas as dificuldades operacionais. Sem essa estratificação das amostras obteve-se um diâmetro médio semelhante, na média das profundidades do solo (Figura 8).



**Figura 8.** Diâmetro médio ( $\text{mm } 100\text{cm}^{-3}$  solo) das raízes de *Brachiaria brizantha*, em quatro profundidades do solo.

## 4.8 Atributos físicos do solo dos tratamentos de *Brachiaria brizantha*

### 4.8.1 Porosidade e densidade do solo

O solo sob diferentes tratamentos de *Brachiaria brizantha* apresentou porosidade total, macro e microporosidade e densidade do solo semelhantes (Quadro 13), não diferindo entre os tratamentos ( $P > 0,05$ ).

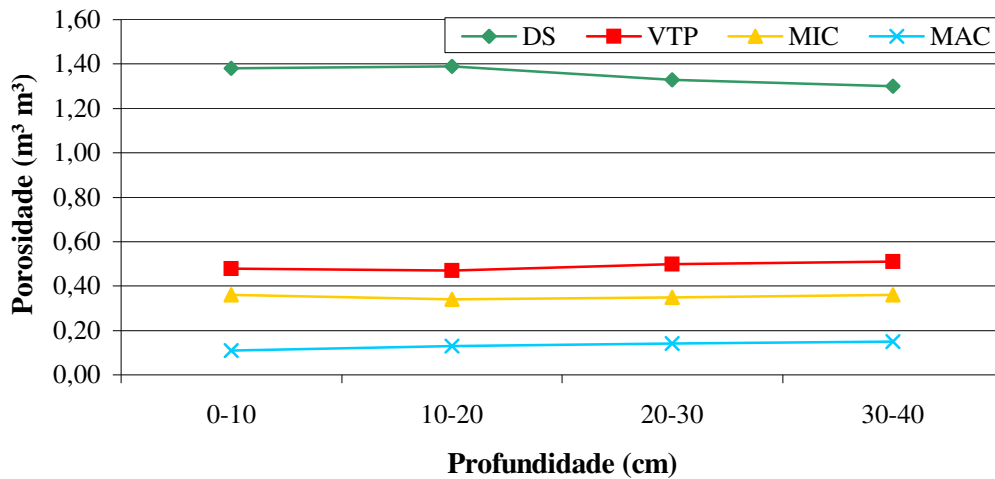
**Quadro 13.** Valores médios de densidade do solo (DS); volume total de poros (VTP); microporos (MIC); macroporos (MAC) dos tratamentos com *Brachiaria brizantha*

Tratamento	DS	VTP	MIC	MAC
	(g dm <sup>3</sup> )	----- (m m <sup>-3</sup> ) -----		
B0	1,36 a	0,48 a	0,35 a	0,14 a
B1	1,35 a	0,49 a	0,36 a	0,13 a
B2	1,36 a	0,48 a	0,34 a	0,14 a
B3	1,36 a	0,49 a	0,36 a	0,13 a
B4	1,36 a	0,49a	0,36 a	0,13 a
B5	1,39 a	0,48 a	0,36 a	0,12 a
B6	1,31 a	0,51 a	0,37 a	0,14 a
B8	1,32 a	0,50 a	0,35 a	0,15 a
B9	1,38 a	0,48 a	0,33 a	0,14 a
Média	1,35	0,49	0,35	0,13
DMS	0,17	6,41	5,67	3,92
CV (%)	3	4	4	10

Média seguidas das mesmas letras, nas colunas, não diferem entre si ao nível de 5%, pelo teste de Tukey.



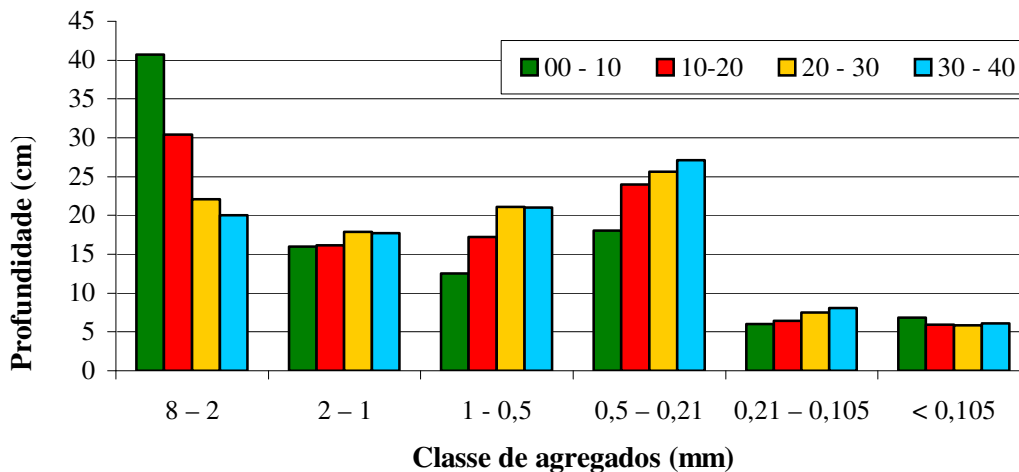
Ocorreram diferenças significativas ( $P < 0,01$ ) quanto à distribuição da porosidade em profundidade (Figura 9), com condições favoráveis para o desenvolvimento do sistema radicular, pois apresentou uma porcentagem satisfatória de poros ( $> 45\%$ ), indicando boa aeração, o que resulta em melhores condições para assimilação dos nutrientes pelas plantas.



**Figura 9.** Porosidade do solo dos tratamentos de *Brachiaria brizantha*, em quatro profundidades do solo.

#### 4.8.2 Agregados do solo dos tratamentos de *Brachiaria brizantha*

A distribuição de agregados do solo estáveis em água apresentou o mesmo padrão de distribuição, não havendo diferenças significativas ( $P > 0,05$ ) entre os tratamentos (Quadro 14). A interação tratamento x profundidade também não foi significativa em nenhuma das classes de agregados, porém os agregados do solo diferiram significativamente ( $P < 0,05$ ) nas quatro profundidades do solo estudadas (Figura 10).



**Figura 10.** Distribuição média das classes de agregados (mm) obtida por via úmida em quatro profundidades do solo nos tratamentos de *Brachiaria brizantha*.

Nos primeiros 10 cm de solo, onde há maior volume do sistema radicular e de matéria orgânica, a concentração de agregados da classe de 8 - 2 mm foi mais freqüente, principalmente para os tratamentos B0, B5, B8 e B9, que apresentaram uma maior distribuição de agregados na classe de 8 - 2 mm, seguida das classes 0,5 - 0,21 mm. Guedes *et al.* (1996) encontraram maior freqüência de agregados nas classes > 2 mm, em sistemas de pastagem, assim como Silva e Mielniczuk (1997 a), em gramíneas perenes (*Digitaria decumbens* L. e *Setaria anceps* L.). Silva e Mielniczuk (1997 b), citam Tisdall e Oades (1982), que explicam que agregados > 2 mm de diâmetro estáveis em água consistem em agregados e partículas mantidos juntos, principalmente pela rede fina de raízes e hifas e pela longa e contínua atuação da pastagem (Paladini e Mielniczuk, 1991).

A distribuição de agregados de maior diâmetro diminuiu com a profundidade, sendo estes resultados provenientes de uma menor distribuição do sistema radicular nas camadas inferiores do solo e a conseqüente diminuição da matéria orgânica.

**Quadro 14.** Distribuição percentual de tamanho de agregados dos tratamentos de *Brachiaria brizantha* obtido por via úmida.

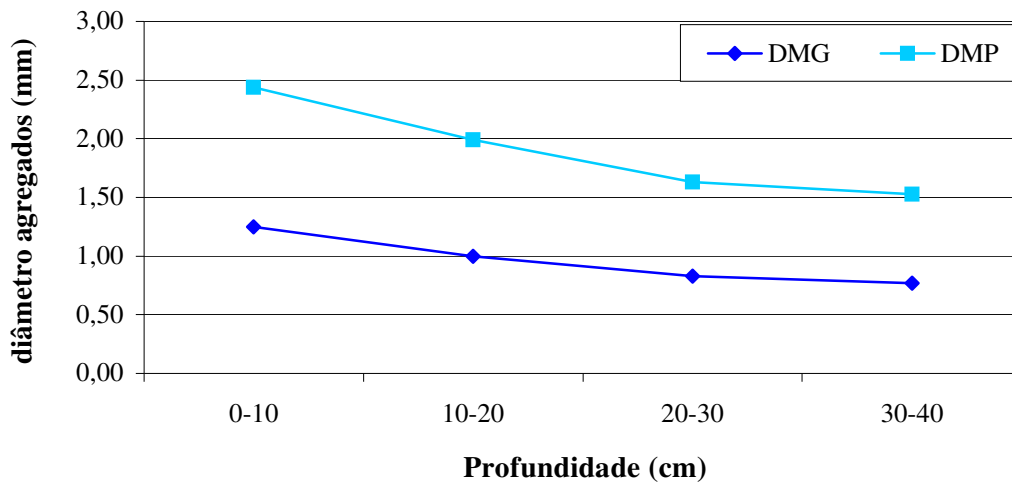
Tratamento	Classe de agregados (mm)					
	8 - 2	2 - 1	1 - 0,5	0,5 - 0,21	0,21 - 0,105	< 0,105
B0	35,76 a	16,17 a	15,70 a	19,87 a	6,03 a	6,47 a
B1	29,60 a	17,02 a	17,79 a	22,87 a	6,47 a	6,24 a
B2	23,17 a	15,31 a	19,80 a	28,07 a	7,69 a	5,97 a
B3	26,21 a	17,28 a	17,63 a	24,57 a	7,00 a	7,30 a
B4	20,48 a	19,88 a	19,96 a	26,46 a	7,37 a	5,85 a
B5	27,88 a	18,44 a	18,35 a	21,02 a	8,57 a	5,74 a
B6	25,82 a	16,38 a	18,82 a	25,33 a	7,28 a	6,37 a
B8	33,64 a	16,72 a	16,14 a	21,85 a	6,00 a	5,64 a
B9	32,11 a	15,26 a	17,32 a	23,01 a	6,50 a	5,80 a
Média	28,30	16,94	17,94	23,67	7,00	6,15
DMS	21,71	7,28	6,39	9,23	4,48	5,64
CV (%)	28	20	18	21	26	27

Médias seguidas das mesmas letras, nas colunas, não diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

#### 4.8.3 Diâmetro médio ponderado e diâmetro médio geométrico dos agregados do solo dos tratamentos de *Brachiaria brizantha*

Tanto o diâmetro médio ponderado (DMP) como o diâmetro médio geométrico (DMG), apresentou diferenças significativas ( $P < 0,01$ ) em relação à profundidade (Figura 11), porém, entre os tratamentos, não houve diferença significativa.

Silva e Mielniczuk (1997 b), encontraram valores para o diâmetro médio ponderado de 1,37 para pastagem nativa e 2,06 para pastagem plantada, nos primeiros 15 cm de um Latossolo Vermelho distrófico.



**Figura 11.** Distribuição do diâmetro médio geométrico e diâmetro médio ponderado dos agregados, em quatro profundidades do solo.

#### 4.9 Correlação entre as variáveis estudadas

O resultado das correlações lineares entre as variáveis matéria orgânica do solo (MO), matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca de litter (MSL), matéria seca de raiz (MSR), relação raiz: parte aérea (MSR:MSPA), densidade de raiz (DR), peso (PRA), área (AREA), comprimento (COMP) e diâmetro de raiz da sub-amostra do anel (DIAM), densidade aparente do solo (DAP), volume total de poros (VTP) e diâmetro médio ponderado (DMP), ao nível de 5% de probabilidade, são apresentados no Quadro 15.

Observou-se que quanto maior o teor de matéria orgânica do solo (MO) menor a densidade aparente do solo (DAP) e maior o volume total de poros (VTP); não foi observada correlação direta e significativa entre a matéria orgânica do solo (MO) e a produção de massa de raízes (MSR); a correlação entre o peso da sub-amostra de massa de raízes (PRA) do anel não foi significativa quando comparada com a massa de raízes da amostra coletada em blocos de solo (MSR), provavelmente devido às falhas do método de sub-amostragem, houve uma correlação significativa ( $P < 0,05$ ) entre área superficial de raízes (AREA) e o volume total de poros do solo (VTP),

demonstrando que quanto maior a porosidade maior a área das raízes; a densidade do solo (DAP) foi inversamente correlacionada com a área superficial das raízes (AREA).



## 5 CONCLUSÕES

Os acessos de *Brachiaria brizantha*, estudados sob as mesmas condições de manejo, apresentam diferenças significativas para a produção de matéria seca da parte aérea e do litter, mas não para a produção de raízes. Algumas características da raiz, como área superficial e comprimento, também podem ser diferentes entre os acessos. Tanto a produção de massa de raízes, como sua área e comprimento variam significativamente com a profundidade do solo.

A matéria orgânica do solo não diferiu quando o solo é cultivado por diferentes acessos de *Brachiaria brizantha* sob as mesmas condições de manejo e produção de massa radicular, porém os teores de matéria orgânica decrescem em profundidade no solo, independentemente dos genótipos.

Atributos físicos do solo como densidade, porosidade total, macro e micro porosidade não são alterados significativamente por diferentes acessos de *Brachiaria*, variando também de forma decrescente com a profundidade. Agregados estáveis em água, separados em seis diferentes classes, também não são influenciados significativamente por diferentes genótipos de *Brachiaria brizantha*, assim como o diâmetro médio ponderado e geométrico dos agregados. Estes só sofrem alteração com a profundidade do solo.

A relação raiz: parte aérea de diferentes acessos sugere que a produção de matéria seca da parte aérea não estaria diretamente relacionada ao desenvolvimento de um sistema radicular vigoroso, e que esta produção pode estar mais relacionada ao genótipo da planta, ou outros fatores aqui não estudados.

Embora não tenham ocorrido diferenças significativas em muitas das variáveis do solo por influência direta dos tratamentos estudados, os resultados obtidos

confirmam a importância do sistema radicular das gramíneas como mecanismo importante de estruturação do solo e melhoria de algumas propriedades físicas.



## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEGRE, J.C.; LARA, P.D. Efecto de los animales en pastoreo sobre las propiedades físicas de suelos de la región tropical húmeda de Perú. **Pasturas Tropicales**, v.13, n.1, p. 18-23, 1991.

ANGHINONI, I.; MEURER, E.J. Eficiência de absorção de nutrientes pelas raízes. In: FERNANDES, M.F.; TAVARES, E.D.; LEAL, M. de L. da S. WORKSHOP SOBRE SISTEMA RADICULAR: METODOLOGIAS E ESTUDOS DE CASOS. **Anais...**, Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 1999, p. 57-87.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de cultura. **Revista brasileira de Ciência do Solo**, v.21, n.1, p.105-112, 1997.

BERTOL, I.; GOMES, K.E.; DENARDIN, R.B.N.; MACHADO, L.A.Z.; MARASCHIN, G.E. Propriedades físicas do solo relacionadas a diferentes níveis de oferta de forragem numa pastagem natural. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.33, n.5, p.779-786, 1998.

BRADY, N.C. **Natureza e propriedades dos solos**. The nature and properties of soils. Tradução de FIGUEIREDO FILHO, A.B.N. 7ª ed. Rio de Janeiro, Freitas Bastos, 1974. 878 p.

CANTARUTTI, R.B.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. do; COSTA, O.V. Impacto do animal sobre o solo: compactação e reciclagem de nutrientes. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38. **Anais...**, Piracicaba:FEALQ, 2001, p 826-837.

CORRÊA, M.R.; KANNO, T.; MACEDO, M.C.M.; EUCLIDES, V.P.B.; BERETTA, L.G.R.; SANTOS JÚNIOR, J.D.G.; BONO, J.A.M. Produção de raízes em cinco forrageiras tropicais sob pastejo na região dos cerrados. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36, 1999 Porto Alegre. **Anais...**, CD-ROM, Forragicultura, FOR-131.

CORSI, M.; MARTHA Jr., G.B.; PAGOTTO, D.S. Sistema Radicular: dinâmica e resposta a regimes de desfolha. Sociedade Brasileira de Zootecnia. **In:** MATTOS, W.R.S. e outros. (Ed.). Sociedade Brasileira de Zootecnia. Piracicaba:FEALQ, 2001. p. 838-852.

CORSI, M.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. Princípios de fisiologia e morfologia de plantas forrageiras aplicadas no manejo das pastagens. In: PEIXOTO, A.M.; MOURA, J.C.; FARIA, V.P. ed. **Pastagens: fundamentos da exploração racional**. 2 ed. Piracicaba: FEALQ, 1994. p. 15-47.

COSTA, N. de L.; PAULINO, V.T. Avaliação agronômica de genótipos de *Brachiaria brizantha* em diferentes idades de corte. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35. **Anais...**, Botucatu: SBZ, 1998, V.2, p. 614-616.

COSTA, N. de L.; THUNG, M.; TOWNSEND, C. R.; MOREIRA, P.; LEÔNIDAS, F. das C. Quantificação das características físico-químicas do solo sob pastagens. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35, 1998, Botucatu. **Anais...**, Botucatu: SBZ, 1998, p. 167-169.

COSTA, C.V; BORGES, L.C.V. Simpósio sobre manejo e conservação do solo no Cerrado, Goiânia: **Anais...**, Goiânia, 1992, 167 p.

CRESTANA, S.; GUIMARÃES, M.F.; JORGE, L.A.C.; RLISCH, R.; TOZZI, C.L.; TORRE, A. E VAZ, C.M.P. Avaliação da distribuição de raízes no solo auxiliada por processamento de imagens digitais. **Revista brasileira de Ciência do Solo**, v.18, n.3, p. 365-371, 1994.

CURI, N; LARACH, J.O.I.; KÄMPPF, N.; MONIZ, A.C.; FONTES, F.E.F. **Vocabulário de Ciência do Solo**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Campinas, 1993, 90 p.

DE MARIA, I.C.; CASTRO, O.M.; SOUZA DIAS, H. Atributos físicos do solo e crescimento radicular de soja em Latossolo Roxo sob diferentes métodos de preparo do solo. **Revista brasileira de Ciência do Solo**, v.23, n.3, p. 703-709, 1999.

EMPRESA AGROPECUÁRIA BRASILEIRA. **Manual de métodos de análise do solo**. 2 ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997, 212 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 p.

EUCLIDES, V.P.B.; VALLE, C. B. do; MACEDO, M.C.M.; OLIVEIRA, M.P. Evaluation of *Brachiaria brizantha* ecotypes under grazing in small plots. In: International Grassland Congress, 19. **Anais...**, São Pedro: SBZ, 2001, p. 535-536.

FURTINI NETO, A.E.; VALE, F.R.do; RESENDE, A.V. de; GUILHERME, L.R.G.; GUEDES, G. A. de A. **Fertilidade do solo**. Lavras: UFLA/ FAEPE, 2001, 252 p.

GERDES, L.; WERNER, J.C.; FERREIRA, T.A.; ALCÂNTARA, P.B. e BEISMAN, D.A.. Produção de matéria seca e algumas características morfológicas de três capins em três idades de corte. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35, **Anais...**, Botucatu: SBZ, 1998, v.2, p. 263-265.

GOEDERT, W.J.; RITCHEY, K.D.; SANZONOWICZ, C. Desenvolvimento radicular do capim-andropogon e sua relação com o teor de cálcio no perfil do solo. **Revista brasileira de Ciência do Solo**, v. 9, n.1, p. 89-91, 1985.

GUEDES, H.M.; RESCK, D.V.S.; PEREIRA, I.S.; SILVA, J.E.; CASTRO, L.H.R. Caracterização da distribuição do tamanho de agregados de diferentes sistemas de manejo e seu conteúdo de carbono em Latossolo Vermelho-escuro na região dos cerrados, Brasil. In: PEREIRA, R.C.; NASSER, L.C.B. (Eds.) SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 8. **Anais...**, Brasília: EMBRAPA-CPAC, 1996. p.329-333.

HAAG, H.P. A nutrição mineral e o ecossistema. In: CASTRO, P.R.C.; FERREIRA, S.O.; YAMADA, T. (Ed.). **Ecofisiologia da produção agrícola**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo, 1987. p.49-69.

HALLMARK, W.B.; BARBER, S.A. Root growth and morphology, nutrient uptake, and nutrient status of early growth of soybeans affected by soil P and K. **Agronomy Journal**, v.76, n.2, p.209-212, 1984.

HILLEL, D. **Introduction to Soil Physics**. Academic Press, Inc., London, 1982. 365p.

JORGE, L.A.C. Descrição detalhada do método de trincheira com produção de imagens para uso do SIARCS<sup>®</sup>. In: WORKSHOP SOBRE SISTEMA RADICULAR: METODOLOGIAS E ESTUDOS DE CASOS, 1999, **Anais...**, Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 1999. p. 255-268.

JORGE, L.A.C. Descrição detalhada do método de trincheira com produção de imagens para uso do SIARCS<sup>®</sup>. Embrapa Instrumentação Agrícola, São Carlos, não paginado. 1996 (**Circular Técnico, 01**).

KEMPER, W.D.; CHEPIL, W.S. Size distribution of aggregates. In: BLACK C.A. (Ed.). **Methods of Soil Analysis**, Local: ASA, 1965, v.9, p.499-510.

LIBARDI, P.L.; LIER, Q.J. de. Atuação dos fatores físicos do solo no desenvolvimento do sistema radicular. In: WORKSHOP SOBRE SISTEMA RADICULAR: METODOLOGIAS E ESTUDOS DE CASOS, 1999, **Anais...**, Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 1999. p 47-56.

MACEDO, M.C.M. Adubação e calagem para pastagens cultivadas na região dos Cerrados. Campo Grande: Embrapa-Gado de Corte, 2001. 15p. **Apostila**.

MARQUES, J.J.G.S.; CURTI, N.; FAQUIN, V.; TEIXEIRA, W.G.; EVANGELISTA, A.R.; SANTOS, D. e CARVALHO, M.M. Limitações nutricionais para gramíneas forrageiras em Cambissolo álico da microrregião Câmpus da Mantiqueira-MG, Brasil. 1. Produção de matéria seca e perfilhamento. **Pasturas Tropicais**, v.17, n.3, p. 12-16, 1995.

MARUN, F. Propriedades físicas e biológicas de um Latossolo Vermelho-Escuro do arenito Caiuá sob pastagem e culturas anuais. **Pesquisa agropecuária brasileira**. v.31, n.8, p. 593-597, 1996.

MATTA, F.M. da. Mecanismos fisiológicos associados ao desenvolvimento do sistema radicular das plantas. In: WORKSHOP SOBRE SISTEMA RADICULAR: METODOLOGIAS E ESTUDOS DE CASOS, 1999, **Anais...** Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 1999. p. 19-45.

MIELNICZUK, J. Importância do estudo de raízes no desenvolvimento de sistemas agrícolas sustentáveis. In: WORKSHOP SOBRE SISTEMA RADICULAR: METODOLOGIAS E ESTUDOS DE CASOS, **Anais...** Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, p. 13-17, 1999.

MORAES, A. de. Pastagens como fator de recuperação de áreas degradadas. In: SIMPÓSIO SOBRE ECOSSISTEMA DE PASTAGENS, 2, 1993, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: FUNEP, 1993. p. 191-215.

MULLER, M.M.L.; GUIMARÃES, M. De F.; DESJARDINS, T.; MARTINS, P.F. da S.. Degradação de pastagens na Região Amazônica: propriedades físicas do solo e crescimento de raízes. **Pesquisa agropecuária brasileira**. v.36, n.11, p. 1409-1418, 2001.

NOVELINO, J.O. Aspectos de pedologia. Dourados: DCA/CEUD/UFMS, 2000. **Apostila**.

PALADINI, F.L.S.; MIELNICZUK, J. Distribuição de tamanho de agregados de um solo Podzólico Vermelho-Escuro afetado por sistema de culturas. **Revista brasileira de Ciência do Solo**, v.15, n.2, p. 135-140, 1991.

PEREIRA, L.A.F; CECATO, U.; MACHADO, A.O.; SANTOS, G.T.dos. Influência da adubação nitrogenada e fosfatada sobre a produção e rebrota do capim- Marandu (*Brachiaria brizantha* Stapf cv. Marandu). In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34. **Anais...**, Juiz de Fora local: SBZ, 1997. p. 151-153.

PINZÓN, A.; AMÉZQUITA, E. Compactación de suelos por el pisoteo de animales en pastoreo en el piedemonte amazónico de Colombia. **Pasturas Tropicales**, v.13, n.2, p. 21-26, 1991.

RODRIGUES, A.C. da G.; CADIMA-ZEVALLOS, A. Efeito da Intensidade de pastejo sobre o sistema radicular de pastagem. **Pesquisa agropecuária brasileira.**, v.26, n.3, p. 439-445, 1991.

RODRIGUES, L.R. de A.; RODRIGUES, T. de J.D. Ecofisiologia de plantas forrageiras. In: CASTRO, P.R.C.; FERREIRA, S.O. YAMADA, T. (Ed.). **Ecofisiologia da produção agrícola.** Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1987. p.203-230.

RODRIGUES, L. R. de A. Espécies forrageiras para pastagens: gramíneas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PASTAGENS, 8., SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 8. **Anais...**, Piracicaba: FEALQ, 1986. p. 375-387.

SANTOS, D.; CURI, N.; FERREIRA, M.M.; EVANGELISTA, A.R.; CRUZ FILHO, A.B. e TEIXEIRA, W.G. Perdas de solo e produtividade de pastagens nativas melhoradas sob diferentes práticas de manejo. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.33, n.2, p. 183-189, 1998.

SILVA, I.F. da ; MIELNICZUK, J. Ação do sistema radicular de plantas na formação e estabilização de agregados do solo. **Revista brasileira de Ciência do Solo**, v.21, n.1, p. 113-117, 1997 a.

SILVA, I.F. da; MIELNICZUK, J. Avaliação do estado de agregação do solo afetado pelo uso agrícola. **Revista brasileira de Ciência do Solo**, v.21, n.2, p. 313-319, 1997 b.

SILVA, J.E.; RESCK, D.V.S. Matéria orgânica do solo. VARGAS, M.A.T.; HUNGRIA, M. (Ed.). **Biologia dos solos dos Cerrados.** Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1997. 524 p.

SILVA, A.P.; TORMENA, C.A.; MAZZA, J.A. Manejo físico de solos sob pastagem. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 14, 1997, Piracicaba. **Anais...**, Piracicaba: FEALQ, 1997. p. 25-37.

TSAI, S.M.; BARAIBAR, A.V.L.; ROMANI, V.L.M. Efeito de fatores do solo. In: CARDOSO, E.J.B.N.; NEVES, T.M.C.P. (Ed.). **Microbiologia do solo**. Piracicaba: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; 1992. p 59-72.

VARGAS, M.A.T.; HUNGRIA, M., ed. **Biologia dos solos dos Cerrados**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1997. 524 p.

VIVALDI, L. Análise de experimentos com dados repetidos ao longo do tempo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 27, 1999, Brasília. **Anais...**, Brasília: CPAC, 1999. 26 p. (minicurso 6).

ZIMMER, A. H.; EUCLIDES, V. P. B.; MACEDO, M. C. M. Manejo de plantas forrageiras do gênero *Brachiaria*. In: PEIXOTO, A.M. **Plantas forrageiras de pastagens**. Piracicaba: FEALQ, 1995. p. 101-143.