

UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI
Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal

Ivana Pires de Sousa Baracho

**INFLUÊNCIA DA COMPACTAÇÃO DO SOLO E ADUBAÇÃO NITROGENADA NA
QUALIDADE DE GRAMÍNEAS FORRAGEIRAS E NOS ATRIBUTOS FÍSICOS DO
SOLO**

Diamantina
2016

Ivana Pires de Sousa Baracho

**INFLUÊNCIA DA COMPACTAÇÃO DO SOLO E ADUBAÇÃO NITROGENADA NA
QUALIDADE DE GRAMÍNEAS FORRAGEIRAS E NOS ATRIBUTOS FÍSICOS DO
SOLO**

**Diamantina
2016**

Ivana Pires de Sousa Baracho

**INFLUÊNCIA DA COMPACTAÇÃO DO SOLO E ADUBAÇÃO NITROGENADA NA
QUALIDADE DE GRAMÍNEAS FORRAGEIRAS E NOS ATRIBUTOS FÍSICOS DO
SOLO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, nível de Mestrado, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre.

Orientador
Prof.^a. Dra. Marcela Carlota Nery
Coorientador
Prof. Dr. Wellington Willian Rocha

**Diamantina
2016**

FICHA CATALOGRÁFICA

Ficha Catalográfica – Serviço de Bibliotecas/UFVJM
Bibliotecário Anderson César de Oliveira Silva, CRB6 – 2618.

B223i

Baracho, Ivana Pires de Sousa

Influência da compactação do solo e adubação nitrogenada na qualidade de gramíneas forrageiras e nos atributos físicos do solo / Ivana Pires de Sousa Baracho . – Diamantina, 2016.

59 p. : il.

Orientador: Marcela Carlota Nery

Coorientador: Wellington Willian Rocha

Dissertação (Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal) - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.

1. Resistência à penetração. 2. Forrageiras tropicais. 3. Composição bromatológica. I. Título. II. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.

CDD 631.4

Ivana Pires de Sousa Baracho

**INFLUÊNCIA DA COMPACTAÇÃO DO SOLO E ADUBAÇÃO NITROGENADA NA
QUALIDADE DE GRAMÍNEAS FORRAGEIRAS E NOS ATRIBUTOS FÍSICOS DO
SOLO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, nível de Mestrado, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof^a Dra. Marcela Carlota Nery

APROVADA em 29/04/2014

Prof^a. Dra. Rita de Cássia Ribeiro Carvalho
Núcleo de Engenharia – UEMG

Prof. Dr. Wellington Willian Rocha
Faculdade de Ciências Agrárias – UFVJM

Prof^a. Dra. Marcela Carlota Nery
Faculdade de Ciências Agrárias – UFVJM

Diamantina

OFEREÇO

A Deus, a Nossa Senhora Aparecida e a Nossa Senhora do Rosário por intercederem por mim, e por não me abandonarem nos momentos difíceis.

DEDICO

Aos meus pais, Geraldo e Eva pela confiança em mim depositada, pelo amparo, pelos conselhos e pelos incentivos. Ao meu marido Daniel e ao meu filho Paulo Henrique pelo amor, pela paciência, dedicação, auxiliando-m nas horas em que mais precisava, incentivando-me nos momentos de fraqueza e me fazendo enxergar que sempre estavam comigo. Aos meus sogros Ronaldo e Maria de Lourdes, pelas orações e pelo apoio de sempre.

AGRADECIMENTOS

A Deus, a Nossa Senhora Aparecida e a Nossa Senhora do Rosário, por sempre estarem presentes em minha vida, me fortalecendo, me guiando e abençoando, para que desse certo.

Aos meus pais Geraldo e Eva, por me incentivar a alcançar meus objetivos e mostrar que sou capaz.

Ao meu marido Daniel e filho Paulo Henrique, por estarem comigo nessa caminhada, não me abandonando, tendo paciência e compreensão.

Aos meus sogros Ronaldo e Maria de Lourdes, pelas orações e apoio.

À UFVJM pela oportunidade de realização do curso. À Fapemig pela concessão da bolsa de estudo.

À professora Dra. Marcela Carlota Nery, pela oportunidade, paciência, respeito, pela orientação e sugestões na confecção desta dissertação.

Ao professor Dr. Wellington Willian Rocha, pela amizade, pela oportunidade, pelo apoio, pelos ensinamentos, pela orientação, confiança, por me ajudar durante todo o curso e a concluir esta dissertação.

À professora Dra. Rita De Cássia Ribeiro Carvalho (UEMG), pelas sugestões e por ter prontamente atendido ao convite de participação da banca de defesa.

Ao professor Dr. Sebastião Cunha, que não mediu esforços em me ajudar na análise estatística.

Ao Múcio, pela sua amizade e confiança, pelos ensinamentos, companheirismo, por sempre me apoiar e me auxiliar em todo esse processo.

As queridíssimas AMIGAS e companheiras de todas as horas, Bárbara Cruz e Adriana Rocha, que me ajudaram desde a implantação do experimento até a coleta dos dados, que não me abandonaram em nenhum momento. Se não fosse por elas talvez não tivesse conseguido.

Ao técnico do laboratório de sementes, Fabiano, pela paciência, por sempre estar disposto a ajudar quando o procurava.

Ao técnico do Lipemvale, Abraão, pela paciência, por toda a ajuda e auxílio nas análises bromatológicas.

Ao Filipe, Sérgio, Fernando e o Rodrigo, que sempre que podiam me ajudavam. Ao Teodoro, pela assistência e apoio. Ao Uidemar e ao Luan, pelo auxílio nas análises de regressão e por esclarecer minhas dúvidas quando precisava.

A toda minha família pela torcida e incentivo.

RESUMO

SOUSA, I.P. **INFLUÊNCIA DA COMPACTAÇÃO DO SOLO E ADUBAÇÃO NITROGENADA NA QUALIDADE DE GRAMÍNEAS FORRAGEIRAS E NOS ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO.** 2016. 59p. (Dissertação-Mestrado em Produção Vegetal) Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2016.

Objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito da compactação do solo e diferentes doses de nitrogênio no desenvolvimento, produtividade e qualidade de espécies forrageiras e nos atributos físicos do solo. Foram montados três experimentos independentes em casa de vegetação com um delineamento em blocos casualizados, em um esquema fatorial duplo. Os experimentos foram com as três espécies forrageiras - *Bachiaria ruzizienses*, *Brachiaria brizantha* cv. MG-5 Vitória e *Panicum maximum* cv. mombaça; os tratamentos: quatro Graus de Compactação (GC) – 65%; 75%; 85% e 95% e quatro dose de adubo nitrogenado – 0; 200; 250 e 300 Kg de N ha⁻¹), com quatro repetições. O experimento foi conduzido em vasos em casa de vegetação localizada na UFVJM campus JK, em Diamantina-MG. No local de coleta do solo utilizado no experimento, foram coletadas amostras de aproximadamente 5 kg para a realização do ensaio de Proctor normal, determinando-se a Densidade do solo e a Umidade para cada corpo de prova. Uma vez estipulado o GC, conhecendo a Densidade máxima do solo e o volume do vaso, foi possível calcular a massa de solo a ser colocada dentro dos vasos referente a cada GC. As amostras foram coletadas 90 dias após semeadura, para realização das avaliações em laboratório. As variáveis analisadas nas plantas foram: produção de massa verde (MV) e massa seca (MS) da parte aérea, altura, volume da raiz, proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina. Para a realização do ensaio de Resistência do solo à penetração (RP), as amostras indeformadas foram trabalhadas e saturadas por um período de 48 h, em seguida deu-se início às leituras de RP. Realizou-se também a avaliação de RP em vasos contendo solo compactado com GC de 95%, antes da semeadura; a modelagem foi feita ajustando um modelo exponencial de RP x umidade e foram comparados estatisticamente por um teste de identidade de modelos. Concluiu-se que a MV, MS da parte aérea, a altura de plantas e o teor de proteína bruta aumentaram linearmente com a aplicação de nitrogênio em todas as forrageiras estudadas. À medida que se aumentam as doses de nitrogênio, os teores de FDN e FDA em todas as forrageiras estudadas diminuíram. Para o volume da raiz, a *Brachiaria brizantha* cv. MG-5 Vitória respondeu linearmente e positivamente às crescentes doses de nitrogênio no solo compactado. Na avaliação dos atributos físicos do solo, o solo cultivado com *Brachiaria*

ruzizensis foi o que apresentou uma maior RP na umidade na capacidade de campo no grau de compactação de 95%. As três espécies forrageiras têm capacidade de alívio da estrutura do solo compactado; porém, a *Brachiaria brizantha* cv. MG-5 Vitória demonstrou ser a mais eficiente.

Palavras-chave: resistência à penetração; forrageiras tropicais; composição bromatológica.

ABSTRACT

SOUSA, I.P. INFLUENCE OF SOIL COMPACTION AND NITROGEN FERTILIZATION ON THE GRASS FORAGE QUALITY AND IN PHYSICAL ATTRIBUTES OF THE SOIL. 2016. 59p. Dissertation (Master in Plant Production), Federal University of the Jequitinhonha and Mucuri Valley, Diamantina, 2016.

The objective of this study was to evaluate the effect of soil compaction and different doses of nitrogen, in the development, productivity and quality of forage species and in soil physical properties. Three independent experiments were performed in a greenhouse with a randomized block design, in a double factorial. The experiments were with three forage species *Bachiaria ruzizienses*, *Brachiaria brizantha* cv. MG-5 Vitória and *Panicum maximum* cv. mombaça: the treatments: Four Degrees of Compaction (GC) – 65%; 75%; 85% and 95% and four doses of nitrogen fertilizer– 0; 200; 250 e 300 Kg de N ha⁻¹), with four replications. The experiment was conducted in pots in a greenhouse located at UFVJM JK campus, Diamantina-MG. At the site of the soil sampling used in the experiment, samples of 5kg approximately were collected to perform the normal Proctor test, determining soil density and humidity for each specimen. Once stipulated the GC, knowing the maximum density of the soil and the pot volume, it was possible to calculate the mass of soil to be placed in the pots for each GC. The samples were collected 90 days after sowing, to carry out evaluations in the laboratory. The variables analyzed in plants were: green mass production (MV) and dry matter (MS) of the shoot, height, root volume, crude protein (PB), neutral detergent fiber (FDN), acid detergent fiber (FDA) and lignin. To carry out the soil penetration resistance test (RP), the undisturbed soil samples were worked and saturated for a period of 48 h, next we started the RP readings. It was also performed the evaluation of RP in pots containing compacted soil with a 95% GC, before sowing and the modeling was performed by adjusting an exponential model of RP x humidity and they were compared statistically by an identity test of models. It was concluded that the MV, MS of the shoot, height of plants and crude protein content increased linearly with the application of nitrogen in all the studied forages. As it increases the nitrogen levels, the levels of FDN and FDA in all studied forages decreased. For the root volume, the *Brachiaria brizantha* cv. MG-5 Vitória responded linearly and positively to increasing doses of nitrogen in compacted soil. In the evaluation of soil physical properties, the soil cultivated with *Brachiaria ruziziensis* was the one that presented a higher RP in humidity at field capacity in the degree of compaction of 95%. The three

forage species have relief capacity of the compacted soil structure, however, the *Brachiaria brizantha* cv. MG-5 Vitória proved to be the most efficient one.

Keywords: resistance to penetration; tropical forages; bromatologic composition.

LISTA DE FIGURAS

ARTIGO CIENTÍFICO I	Pág.
Figura 1- Valores médios de produção de massa verde de <i>Panicum maximum</i> cv. mombaça adubada com doses crescentes de N (0; 200; 250; 300 kg ha ⁻¹).....	16
Figura 2- Valores médios de produção de massa seca de <i>Panicum maximum</i> cv. mombaça adubada com doses crescentes de N (0; 200; 250; 300 kg ha ⁻¹).....	16
Figura 3- Valores médios da altura de <i>Panicum maximum</i> cv. mombaça adubada com doses crescentes de N (0; 200; 250; 300 kg ha ⁻¹).....	17
Figura 4- Valores médios do volume da raiz de <i>Panicum maximum</i> cv. mombaça adubada com doses crescentes de N (0; 200; 250; 300 kg ha ⁻¹).....	17
Figura 5- Teores médios de proteína bruta de <i>Panicum maximum</i> cv. mombaça adubada com doses crescentes de N (0; 200; 250; 300 kg ha ⁻¹).....	18
Figura 6- Teores médios fibra em detergente neutro de <i>Panicum maximum</i> cv. mombaça adubada com doses crescentes de N (0; 200; 250; 300 kg ha ⁻¹).....	19
Figura 7- Teores médios de fibra em detergente ácido de <i>Panicum maximum</i> cv. mombaça adubada com doses crescentes de N (0; 200; 250; 300 kg ha ⁻¹).....	19
Figura 8- Valores médios de produção de massa verde da <i>Brachiaria brizantha</i> cv. MG-5 Vitória adubada com doses crescentes de N (0; 200; 250; 300 kg ha ⁻¹).....	21
Figura 9- Valores médios de produção de massa seca da <i>Brachiaria brizantha</i> cv. MG-5 Vitória adubada com doses crescentes de N (0; 200; 250; 300 kg ha ⁻¹).....	21
Figura 10- Valores médios da altura de <i>Brachiaria brizantha</i> cv. MG-5 Vitória adubada com doses crescentes de N (0; 200; 250; 300 kg ha ⁻¹).....	21

- Figura 11- Valores médios do volume da raiz de *Brachiaria brizantha* cv. MG-5 Vitória adubada com doses crescentes de N (0; 200; 250; 300 kg ha⁻¹).....22
- Figura 12- Teores médios de proteína bruta da *Brachiaria brizantha* cv. MG-5 Vitória adubada com doses crescentes de N (0; 200; 250; 300 kg ha⁻¹).....23
- Figura 13- Teores médios de fibra em detergente neutro da *Brachiaria brizantha* cv. MG-5 Vitória adubada com doses crescentes de N(0; 200; 250; 300 kg ha⁻¹).....23
- Figura 14- Teores médios de fibra em detergente ácido da *Brachiaria brizantha* cv. MG-5 Vitória adubada com doses crescentes de N(0; 200; 250; 300 kg ha⁻¹).....23
- Figura 15- Valores médios de produção de massa verde da *Brachiaria ruziziensis* adubada com doses crescentes de N(0; 200; 250; 300 kg ha⁻¹).....25
- Figura 16- Valores médios de produção de massa seca da *Brachiaria ruziziensis* adubada com doses crescentes de N (0; 200; 250; 300 kg ha⁻¹)..... 25
- Figura 17- Valores médios do volume da raiz da *Brachiaria ruziziensis* adubada com doses crescentes de N (0; 200; 250; 300 kg ha⁻¹).....25
- Figura 18- Valores médios do volume da raiz da *Brachiaria ruziziensis* sob doses crescentes de N e diferentes GC.....26
- Figura 19- Teores médios de proteína bruta da *Brachiaria ruziziensis* adubada com doses crescentes de N (0; 200; 250; 300 kg ha⁻¹).....27
- Figura 20- Teores médios de fibra em detergente neutro da *Brachiaria ruziziensis* adubada com doses crescentes de N (0; 200; 250; 300 kg ha⁻¹).....28
- Figura 21- Teores médios de fibra em detergente ácido da *Brachiaria ruziziensis* adubada com doses crescentes de N (0; 200; 250; 300 kg ha⁻¹).....28

ARTIGO CIENTÍFICO II

Pág.

Figura 1-	Amostrador de Uhland esquematizado.....	39
Figura 2-	Modelagem da resistência do solo à penetração com a umidade do solo de um Latossolo vermelho-amarelo cultivado com gramínea forrageira <i>Brachiaria ruziziensis</i> na dose de 300 Kg de N ha ⁻¹ em diferentes graus de compactação.....	41
Figura 3-	Modelagem ajustada da resistência do solo à penetração com a umidade do solo de um Latossolo vermelho-amarelo cultivado com gramínea forrageira <i>Brachiaria ruziziensis</i> na dose de 300 kg de N ha ⁻¹ e em diferentes graus de compactação.....	42
Figura 4-	Modelagem da resistência do solo à penetração com a umidade do solo de um Latossolo vermelho-amarelo cultivado com gramínea forrageira <i>Panicum maximum</i> cv. mombaça na dose de 300 kg de N ha ⁻¹ e em diferentes graus de compactação.....	43
Figura 5-	Modelagem ajustada da resistência do solo à penetração com a umidade do solo de um Latossolo vermelho-amarelo cultivado com gramínea forrageira <i>Panicum maximum</i> cv. mombaça na dose de 300 kg de N ha ⁻¹ e em diferentes graus de compactação.....	44
Figura 6-	Modelagem da resistência do solo à penetração com a umidade do solo de um Latossolo vermelho-amarelo cultivado com gramínea forrageira <i>Brachiaria brizantha</i> cv. MG-5 Vitória, na dose de 300 kg de N ha ⁻¹ e em diferentes graus de compactação.....	46
Figura 7-	Modelagem ajustada da resistência do solo à penetração com a umidade do solo de um Latossolo vermelho-amarelo cultivado com gramínea forrageira <i>Brachiaria brizantha</i> cv. MG-5 Vitória dose de 300 kg de N ha ⁻¹ e em diferentes graus de compactação.....	47

LISTA DE TABELAS

ARTIGO CIENTÍFICO I

Pág.

Tabela 1-	Valores médios de massa verde (MS), massa seca (MS), altura (A), volume raiz (VR), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina (LIG) da <i>Panicum maximum</i> cv. mombaça sob as doses de nitrogênio (N) kg ha ⁻¹ . Diamantina, UFVJM, 2016.....	15
Tabela 2-	Valores médios de massa verde (MS), massa seca (MS), altura (A), volume raiz (VR), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina (LIG) da <i>Brachiaria brizantha</i> cv. MG-5 Vitória sob as doses de nitrogênio (N) kg ha ⁻¹ . Diamantina, UFVJM, 2016.....	20
Tabela 3-	Valores médios de massa verde (MS), massa seca (MS), altura (A), volume raiz (VR), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina (LIG) da <i>Brachiaria ruziziensis</i> sob as doses de nitrogênio (N) kg ha ⁻¹ . Diamantina, UFVJM, 2016.....	24
Tabela 4 -	Valores médios de volume da raiz da <i>Brachiaria ruziziensis</i> adubada com nitrogênio sob diferentes GC. Diamantina, UFVJM, 2016.....	27

ARTIGO CIENTÍFICO II

Pág.

Tabela 1 -	Caracterização física e matéria orgânica do Latossolo Vermelho-Amarelo (LVAd) Diamantina, UFVJM, 2016.....	40
Tabela 2 -	Teste de significância de acordo com Snedecor; Cochran (1989) entre as curvas de compactação de um Latossolo vermelho-amarelo nas diferentes umidades e graus de compactação para a gramínea forrageira <i>Braquiaria ruziziensis</i> . Diamantina, UFVJM, 2016.....	41

- Tabela 3 - Valores médios da Resistência do Solo à Penetração na capacidade de campo e na umidade ótima de compactação para o solo cultivado com a gramínea forrageira *Braquiaria ruziziensis*. Diamantina, UFVJM, 2016.....43
- Tabela 4 - Teste de significância de acordo com Snedecor; Cochran (1989) entre as curvas compactação de um Latossolo Vermelho-Amarelo nas diferentes umidades e graus de compactação para a gramínea forrageira *Panicum maximum* cv. mombaça. Diamantina, UFVJM, 2016.....44
- Tabela 5 - Valores médios da Resistência do Solo à Penetração na capacidade de campo e na umidade ótima de compactação para o solo cultivado com a gramínea forrageira *Panicum maximum* cv. mombaça. Diamantina, UFVJM, 2016.....45
- Tabela 6 - Teste de significância de acordo com Snedecor; Cochran (1989) entre as curvas compactação de um Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado com gramínea forrageira *Brachiaria brizantha* cv. MG-5 Vitória, nas diferentes umidades e graus de compactação. Diamantina, UFVJM, 2016.....46
- Tabela 7 - Valores médios da Resistência do Solo à Penetração na capacidade de campo e na umidade ótima de compactação para o solo cultivado com a gramínea forrageira *Brachiaria brizantha* cv. MG-5 Vitória. Diamantina, UFVJM, 2016.....47
- Tabela 8 - Modelagens da Resistência do Solo à Penetração no GC de 95% para as gramíneas forrageiras *Brachiaria ruziziensis*, *Panicum maximum* cv. mombaça e *Brachiaria brizantha* cv. MG-5 Vitória Diamantina, UFVJM, 2016.....48
- Tabela 9 - Modelagens da Resistência do Solo à Penetração no GC de 85% para as gramíneas forrageiras *Brachiaria ruziziensis*, *Panicum maximum* cv. mombaça e *Brachiaria brizantha* cv. MG-5 Vitória... Diamantina, UFVJM, 2016.....49

Tabela 10	Modelagens da Resistência do Solo à Penetração no GC de 75% e 65% para as gramíneas forrageiras <i>Brachiaria ruziziensis</i> , <i>Panicum maximum</i> cv. mombaça e <i>Brachiaria brizantha</i> cv. MG-5 Vitória Diamantina, UFVJM, 2016.....	49
-----------	--	----

SUMÁRIO

	Pág.
RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	iii
LISTA DE FIGURAS.....	v
LISTA DE TABELAS.....	viii
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	5
ARTIGO CIENTÍFICO I. Avaliação da produtividade e qualidade de gramíneas forrageiras submetidas a graus de compactação e doses de nitrogênio.....	8
1 Resumo.....	8
2 Abstract.....	9
3 Introdução.....	10
4 Material e métodos.....	12
5 Resultados e discussão.....	15
6 Conclusões.....	28
8 Referências bibliográficas.....	29
ARTIGO CIENTÍFICO II. Resistência do solo à penetração em diferentes graus de compactação de um latossolo cultivado com espécies forrageiras.....	33
1 Resumo.....	33
2 Abstract.....	34
3 Introdução.....	35
4 Material e métodos.....	37
5 Resultados e discussão.....	40
6 Conclusões.....	50
8 Referências bibliográficas.....	50
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	54
ANEXOS.....	55

INTRODUÇÃO GERAL

Ter a maior parte de seu rebanho criado a pasto é uma característica importante da pecuária brasileira (FERRAZ; FELÍCIO, 2010), sendo essa a forma mais econômica e prática para a produção e alimentação para os bovinos. Assim, é importante voltar toda a atenção para esse sistema, aumentando a utilização das forragens, melhorando seu consumo e disponibilidade de seus nutrientes (ZANINE; MACEDO Jr., 2006).

No Brasil, as pastagens ocupam aproximadamente 22% do território, onde somam 190 milhões de hectares, incluindo pastagens naturais e plantadas (ANUALPEC, 2013). Dentre as gramíneas que possuem participação expressiva nas pastagens da região do cerrado, encontram-se as gramíneas dos gêneros *Panicum* e *Brachiaria* (BRAZ et al., 2004; OLIVEIRA et al., 2007).

Na agropecuária brasileira, o gênero *Brachiaria* tem sido considerado um instrumento de inclusão do cerrado no processo produtivo, com o intuito de cultivar solos de baixa fertilidade que, devido a sua acidez, apresentam sérias restrições nutricionais às culturas (COSTA, 2006). Ainda, segundo este autor, devido à produtividade expressiva que várias espécies desse gênero apresentam, elas possuem uma contribuição positiva no progresso do setor pecuário brasileiro, aumentando a taxa de lotação por área, refletindo na produtividade animal.

Já os capins do gênero *Panicum* estão entre os mais importantes para a produção de bovinos nas regiões de clima tropical e subtropical. O uso e o interesse por plantas desse gênero têm crescido devido a seu grande potencial de produção de matéria seca por unidade de área, ampla adaptabilidade, boa qualidade de forragem e facilidade de estabelecimento (CORRÊA, 2003).

No entanto, a degradação das pastagens tem reduzido a eficiência desse sistema de produção. No cerrado do Brasil Central, que é responsável por 60 % da produção de carne nacional, estima-se que 80% dos 45 a 50 milhões de hectares de pastagens cultivadas apresentam algum grau de degradação com capacidade suporte inferior a 0,8 U.A. ha⁻¹ano⁻¹ (NOGUEIRA, 2014).

A degradação das pastagens pode ser definida como o processo evolutivo de perda de vigor, de produtividade e da capacidade de recuperação natural para sustentar economicamente os níveis de produção e de qualidade exigidos pelos animais (MACEDO et al., 2000).

As principais causas da degradação de pastagens estão relacionadas com a escolha inadequada da forrageira, o mau uso das práticas de conservação de solos, a ausência de

manutenção da fertilidade do solo e a alta taxa de lotação animal (LEÃO et al., 2004; PERON e EVANGELISTA, 2004; ZANINE et al., 2006; PIETOLA et al., 2005).

Para uma boa manutenção da produtividade e sustentabilidade dos sistemas agrícolas, a qualidade física do solo é um fator crucial (IMHOFF et al., 2000). Para um bom desenvolvimento do sistema radicular, as plantas exigem um solo com uma boa estrutura, refletindo na produção final (RESENDE et al., 2002).

Os impactos ocasionados nos atributos físicos do solo afetam a movimentação de água, ar, nutrientes e raízes no perfil do solo, bem como nos atributos químicos, sendo a fertilidade do solo indispensável para o desenvolvimento das plantas (CASALINHO; MARTINS, 2004).

Dentre os processos que provocam a degradação de solos sob pastagem, em geral, destacam-se o impacto gerado pelas atividades antrópica, que acarretam alteração nos atributos físicos, químicos e biológicos do solo (FERREIRA; ZANINI, 2007). Ainda segundo estes autores, a compactação do solo ocasionada pelo pisoteio animal e pelo tráfego de máquinas agrícolas são consideradas atividades antrópica, que levam ao impacto direto sobre os atributos físicos dos solos sob pastagens, tendo a degradação como consequência.

A compressão causada pela pata de um animal sobre o solo tem como resultado o aumento de sua densidade. Se essa compressão exceder os limites que o solo suporta, resultará num processo de compactação adicional (ROCHA et al., 2001). Estando o solo compactado, haverá perda dos espaços vazios, reduzindo a porosidade total, o que ocasiona o aumento da resistência mecânica (SANTANA, 2009).

Os efeitos negativos ocasionados no solo devido à compactação vêm proporcionando desafios para os pesquisadores descobrirem as técnicas mais precisas para avaliar, quantificar, controlar e evitar estes efeitos (ROCHA, 2003). A compactação do solo pode ser caracterizada pelo aumento da resistência mecânica do solo, seguida da redução de sua porosidade, na quais parâmetros como Grau de compactação (GC) ou Densidade relativa (DR) e resistência do solo à penetração são muito precisos neste diagnóstico (REICHERT et al., 2010). Rocha (2007) afirma que a resistência do solo à penetração é um parâmetro inovador e bem preciso utilizado para caracterizar uma camada compactada do solo.

A resistência do solo à penetração é a estimativa de uma barreira que o solo oferece ao desenvolvimento das raízes, sendo um dos fatores físicos que mais afetam o seu crescimento (SILVA et al., 2008).

Para Imhoff et al. (2000), a curva de resistência do solo é um parâmetro de avaliação da qualidade física do solo, pois permite identificar áreas com resistência mecânica potencialmente limitante ao crescimento das raízes. Por esta curva pode-se estabelecer, também, a umidade do solo crítica para o desenvolvimento das plantas.

Em meio a estudos sobre resistência do solo à penetração, o valor desta resistência crítica para o crescimento das plantas em diferentes sistemas de manejo é de 2 MPa na umidade correspondente à capacidade de campo (MEROTTO Jr. ; MUNDSTOCK, 1999).

No entanto, outra forma de se avaliar a compactação do solo em laboratório é através do ensaio de Proctor normal. Através do ensaio de compactação, é possível obter a correlação entre o teor de umidade e a densidade de um solo quando compactado com determinada energia (VARGAS, 1977). Segundo Santos et al. (2001), o GC tem sido aceito como indicativo da compactação dos solos e resposta das culturas em diferentes solos.

O GC ou DR é considerado indicador de qualidade física do solo. O GC ou DR é a razão entre a Densidade natural do solo no campo e a Densidade máxima que o solo pode atingir, obtida em laboratório pelo teste de Proctor normal. A diferença entre DR e GC é que este último deve ser multiplicado por 100 (NHANTUMBO; CAMBULE, 2006).

Carter (1990), em estudos de DR e produtividade de culturas, encontrou valores de 0,84 de DR, ou 84% de GC, como limitantes à produção de grão de trigo, pois a qualidade física do solo foi afetada acima deste valor, influenciando aspectos como infiltração de água, absorção de nutrientes e desenvolvimento radicular.

Compreender os processos e as causas da degradação das pastagens e elaborar soluções para a recuperação da produtividade dessas áreas é fundamental para o sucesso na competitividade no setor pecuário (DIAS-FILHO, 2007).

A utilização de plantas que apresentam o sistema radicular agressivo pode ser uma estratégia de manejo para aliviar a estrutura de solos compactados (JIMENEZ et al., 2008), devendo ter o conhecimento sobre sua adaptabilidade e eficácia de recuperação das camadas compactadas e da espécie a ser utilizada (HAMZA; ANDERSON, 2005).

O uso de fertilizantes nitrogenados em áreas de pastagem sob pastejo tem o objetivo de aumentar a sustentabilidade da produção animal por meio do aumento da resistência da pastagem (MYERS; ROBBINS, 1991; CADISCH et al., 1994).

As adubações, principalmente a nitrogenada, além de aumentarem a produção de massa seca, contribuem para a melhoria da qualidade da forrageira, elevando o seu teor de proteína bruta e, em alguns casos, diminuindo o teor de fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido (BURTON; MONSON, 1988). Pelo fato de a adubação nitrogenada

favorecer o desenvolvimento de tecidos novos, esses tecidos possuem menores teores de carboidratos na massa seca, podendo promover a redução da porcentagem de fibra em detergente neutro das plantas (CORSI, 1984).

A adubação nitrogenada é essencial para a manutenção da produtividade das gramíneas forrageiras, atuando na formação das proteínas, cloroplastos e outros compostos que participam ativamente na síntese dos compostos orgânicos constituintes da estrutura vegetal (WERNER, 1986). O nitrogênio tem a capacidade de promover diversas alterações fisiológicas em gramíneas forrageiras, como no número, tamanho, peso e taxa de aparecimento de perfilhos e folhas, e alongamento do colmo, beneficiando a produção de massa seca e a qualidade nutritiva da planta forrageira, resultando na elevação da produção de um rebanho (CORSI, 1994).

Para manter o sucesso da pecuária brasileira, mais produtores vêm buscando aprimorar a eficiência na produção animal a pasto. Tal eficiência tem sido alcançada por meio do aperfeiçoamento das técnicas de produção, visando ao aumento máximo de animais na área e da durabilidade das pastagens e, principalmente, da recuperação de pastos degradados (DIAS-FILHO, 2014).

Assim objetivou-se, com este trabalho, avaliar o efeito de doses de nitrogênio e graus de compactação na produção e qualidade de gramíneas forrageiras e nos atributos físicos do solo cultivado com essas espécies.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANUALPEC. *Anuário da pecuária brasileira*. Sao Paulo: Instituto FNP, 2013. 378p.
- BRAZ, A. J. B. P.; SILVEIRA, P. M.; KLIEMANN, H. J.; ZIMMERMANN, J. P. Acumulação de nutrientes em folhas de milheto e dos capins braquiária e mombaça. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.34, p.83-87, 2004.
- BURTON, G. W.; MONSON, W. G. Registration of ‘Tifton 78’ Bermudagrass. **Crop Science**, Madison, v. 28, n. 1, p. 187-188, Jan./Feb. 1988.
- CADISCH, G.; SCHUNKE, R. M.; GILLER, K.E. Nitrogen cycling in a pure grass pasture and a grass-legume mixture on a red latosol im Brazil. **Tropical Grasslands**, v. 28, p. 43-52, 1994.
- CARTER, M. R. Relative measures of soil bulk density to characterize compaction in tillage studies on fine sandy loams. **Canadian Journal of Soil Science**, v. 70, n. 3, p. 425-433, 1990.
- CASALINHO, H. D.; MARTINS, S.R. **Qualidade do solo como indicador de sustentabilidade em agroecossistemas: avaliações integrando os conhecimentos acadêmicos e não-acadêmicos**. Agroecologia: Conquistando a soberania alimentar. Porto Alegre, Emater/RS-Ascar; Pelotas, Embrapa Clima Temperado, p.212-225, 2004.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS – CFSEMG. **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. (5ª Aproximação). Viçosa, MG, 1999. 359p.
- CORRÊA, L.A. **Manejo e utilização de plantas forrageiras dos gêneros Panicum, Brachiaria e Cynodon / Luciano de Almeida Corrêa, Patricia Menezes Santos**. -- São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2003. 36p.
- CORSI, M. **Adubação nitrogenada das pastagens**. In: PEIXOTO, A. M.; MOURA, J. C. de; FARIA, V. P. de (Ed.). Pastagens: fundamentos da exploração racional. 2. ed. Piracicaba: FEALQ, 1994. p. 121-155.
- CORSI, M. **Effects of nitrogen rates and harvesting intervals on dry matter production, tillering and quality of the tropical grass *Panicum maximum***, JACQ. Thesis (Doctor of Philosophy) – The Ohio State University, Ohio, 1984 125p.
- COSTA, K .A. P. **Adubação nitrogenada para pastagens do gênero *Brachiaria* M em solos do Cerrado** / Kátia Aparecida de Pinho Costa, Itamar Pereira de Oliveira, Valdemar Faquin. – Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. 60 p.
- DIAS-FILHO, M.B. **Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação**. 3.ed. Belém: Embrapa Amazônia Oriental. 2007. 190p.
- DIAS-FILHO, Moacyr Bernardino. **Diagnóstico das pastagens no Brasil** / Moacyr Bernardino Dias-Filho. – Belém, PA : Embrapa Amazônia Oriental, 36p, 2014.
- FERRAZ, J. B. S.; FELÍCIO, P. E. D. **Production systems - an example from Brazil**. Meat Science, Barking, v.84, n.2, p. 238-243, fev. 2010.

FERREIRA, D. J.; ZANINI, A. M; Importância da pastagem cultivada na produção da pecuária de corte brasileira. **Revista electrónica de Veterinaria** 1695-7504. v. 8, nº 5, 2007.

HAMZA, M. A.; ANDERSON, W. K. Soil compaction in cropping systems: a review of the nature, causes and possible solutions. **Soil and Tillage Research**, v.82, n.2, p.121-145, 2005.

IMHOFF, S.; SILVA, A.P. da; TORMENA, C.A. Aplicações da curva de resistência no controle da qualidade física de um solo sob pastagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.7, p. 1493-1500, 2000.

JIMENEZ, R. L.; GONÇALVES, W. G.; ARAÚJO FILHO.J.V.; ASSIS, R. L.; PIRES, F. R.; SILVA, G. P. Crescimento de plantas de cobertura sob diferentes níveis de compactação em um Latossolo Vermelho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, n.2, p.116-121, 2008.

LEÃO, T. P.; SILVA, A. P.; MACEDO, M. C. M.; IMHOFF, S.; EUCLIDES, V. P. B. Intervalo hídrico ótimo na avaliação de sistemas de pastejo contínuo e rotacionado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.415-423, 2004.

MACEDO, M. C. M.; KICHEL, A. N.; ZIMMER, A. H. **Degradação e alternativas de recuperação e renovação de pastagens**. Campo Grande: EMBRAPACNPGC, 2000. 4 p. (Comunicado Técnico, 62).

MEROTTO JR., A.; MUNDSTOCK, C.M. Wheat root growth as affected by soil strength. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.23, n.2, p.197-202, 1999.

MYERS, R. J. K.; ROBBINS, G. B. Sustaining productive pastures in the tropics. 5. Maintaining productive sown Grass pastures. **Tropical Grasslands**, v. 25, p. 104-110, 1991.

NHANTUMBO, A B.J.C.; CAMBULE, A.H. Bulk density by proctor test as a function of texture for agricultural soils in Maputo province of Mozambique. **Soil & Tillage Research**, v.87; p.231-239, 2006.

NOGUEIRA, S. F; **A pecuária extensiva e o panorama da degradação de pastagens no Brasil**. Disponível em: www.diadecampo.com.br; Acesso em: 27 nov. 2014.

OLIVEIRA, T. K.; MACEDO, R. L. G.; SANTOS, I. P. A.; HIGASHIKAWA, E. M.; VENTURIN, N. Produtividade de *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf cv. marandu sob diferentes arranjos estruturais de sistema agrossilvipastoril com eucalipto. **Ciência e Agrotecnologia**, v.31, p.748-757, 2007.

PERON, A. J.; EVANGELISTA, A. R. Degradação de pastagens em regiões de cerrado. **Ciência e Agrotecnologia**, v.28, p.655- 661, 2004.

PIETOLA, L.; HORN, R.; YLI-HALLA, M. Effects of trampling by cattle on the hydraulic and mechanical properties of soil. **Soil & Tillage Research**, v.82, p.99-108, 2005.

REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; SUZUKI, L. E. A. S. et al. **Mecânica do solo**. In: VAN LIER, Q. de J. Física do Solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 2010. p. 30-102.

RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S. B. de; CORRÊA, G. F. **Pedologia: base para distinção de ambientes**. 4 ed. Viçosa, NEPUT, 2002. 338p.

ROCHA, W.W; DIAS JÚNIOR, M.S; LIMA, J.M. Shear strength as affected by soil mineralogy. In **Annual Meeting of society of agronomy in university**, 2001, North Caroline.

ROCHA, W.W. **Resistência ao cisalhamento e estabilidade de taludes de voçorocas em solos da região de Lavras**. (Tese de Doutorado) - Lavras, MG. Universidade Federal de Lavras, 2003. 101p.

ROCHA, W.W; BORGES, S. R; Victória, E P, Nunes, A.B. **Resistência ao cisalhamento do solo do ponto de vista ambiental**. In. Mauro. Editora Ciência Ambiental. 1ed. Belo Horizonte, MG. 2007.

SANTANA, S.C. **Indicadores físicos da qualidade de solos no monitoramento de pastagens degradadas na região sul do Tocantins**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Tocantins, Gurupi. 76p. 2009.

SANTOS G. A.; DIAS JUNIOR, M. S.; FURTINI NETO, A. E. ; GUIMARÃES, P. T. G.. Diferentes graus de compactação e fornecimento de fósforo influenciado no crescimento de plantas de milho (*Zea mays L.*) cultivadas em solos distintos. **Ciência Agropecuária**, v. 29, p. 740-752, 2001.

SILVA, A. P.; TORMENA, C. A.; FIFALSKI, J.; INHOFF, S. Funções de pedotransferência para as curvas de retenção de água e de resistência do solo à penetração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.1-10, 2008.

VARGAS, M. **Introdução à mecânica dos solos**. São Paulo, McGraw-Hill, 1977. 509p.

WERNER, J. C. **Adubação de pastagens**. Nova Odessa: Instituto de Zootecnia, 1986. 49 p. (Boletim Técnico, 18).

ZANINE, A.M.;MACEDO JUNIOR, G.;Importância do consumo da fibra para nutrição de ruminantes. **Revista Eletrônica de Veterinária**. v.7, n.4, p.1-12, 2006.

ARTIGO CIENTÍFICO I

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE GRAMÍNEAS FORRAGEIRAS SUBMETIDAS A GRAUS DE COMPACTAÇÃO E DOSES DE NITROGÊNIO

RESUMO

Objetivou-se com este trabalho avaliar a produtividade e a composição bromatológica das espécies forrageiras *Brachiaria brizantha* cv. MG-5 Vitória, *Brachiaria ruziziensis* e *Panicum maximum* cv. mombaça, submetidas aos graus de compactação (GC), 65%, 75%, 85% e 95% e a doses crescentes de adubação nitrogenada (0; 200; 250; 300 kg ha⁻¹ de N). O experimento foi conduzindo em vasos, em casa de vegetação, localizada na UFVJM campus JK, em Diamantina-MG. Para a realização do ensaio de Proctor normal foram coletadas amostras representativas, no local de coleta do solo utilizado no experimento, podendo-se determinar a Densidade e a Umidade do solo. Tendo conhecimento dos GC, da densidade máxima do solo e do volume do vaso, foi possível calcular a massa de solo, a ser colocada dentro dos vasos, referente a cada GC. Foram montados três experimentos independentes, o delineamento utilizado foi em blocos casualizados, em um esquema fatorial duplo 4x4, com quatro repetições. As variáveis analisadas nas plantas foram: produção de massa verde (MV) e massa seca (MS) da parte aérea, altura, volume da raiz, Proteína bruta (PB), Fibra em detergente neutro (FDN), Fibra em detergente ácido (FDA) e lignina. A aplicação de nitrogênio aumentou linearmente a produção de MV, PMS da parte aérea, a altura de plantas e o teor de proteína bruta das respectivas forrageiras. À medida que aumentaram as doses de nitrogênio, os teores de FDN e FDA diminuíram, nas três espécies estudadas. Para o volume da raiz, a cultivar que respondeu linearmente e positivamente às crescentes doses de nitrogênio no solo compactado foi a *Brachiaria brizantha* cv. MG-5 Vitória, mostrando ser mais eficiente em solos compactados que a *Brachiaria ruziziensis* e o *Panicum maximum* cv. mombaça.

Palavras-chave: alturas das plantas; volume da raiz; proteína bruta.

ABSTRACT

ASSESSMENT FORAGE GRASSES QUALITY SUBMITTED TO COMPACTION DEGREES AND NITROGEN DOSES

The objective of this study was to evaluate the productivity and bromatologic composition of forage species *Brachiaria brizantha* cv. MG-5 Vitória, *Brachiaria ruziziensis* and *Panicum maximum* cv. mombaça, submitted to degrees of compaction (GC), 65%, 75%, 85% e 95% and increasing doses of nitrogen fertilization (0; 200; 250; 300 kg ha⁻¹ of N). The experiment was conducted in pots in a greenhouse located at UFVJM JK campus, Diamantina-MG. To perform the normal Proctor test, representative samples were collected at the site of the soil sampling used in the experiment, being possible to determine the density and soil humidity. With knowledge of the GC, the maximum soil density and pot volume, it was possible to calculate the mass of soil to be placed in the pots, for each GC. Three independent experiments were assembled, the design utilized was in randomized blocks in a double factorial 4x4, with four replications. The variables analyzed in plants were: green mass production (MV) and dry matter (MS) of the shoot, height, root volume, crude protein (PB), neutral detergent fiber (FDN), acid detergent fiber (FDA) and lignin. The application of nitrogen linearly increased the production of MV, PMS of shoot, height of plants and crude protein content of the respective forages. As you increase nitrogen doses, the FDN and FDA contents decreased in the three studied species. For the root volume, the cultivar that responded linearly and positively to the increasing doses of nitrogen in the compacted soil, was the *Brachiaria brizantha* cv. MG-5 Vitória, showing to be more efficient in compacted soils than *Brachiaria ruziziensis* e o *Panicum maximum* cv. mombaça.

Keywords: heights of plants; root volume; crude protein.

INTRODUÇÃO

As pastagens têm um papel importante na produção de bovinos no Brasil devido, entre outros fatores, ao seu alto potencial produtivo e ao baixo custo de produção (SANTOS et al., 2009).

Apesar de o Brasil apresentar grandes áreas de pastagens cultivadas e grandes extensões de terras agricultáveis que podem contribuir para a ampliação das pastagens, grande parte dessas áreas encontra-se degradada (SANTANA, 2009).

Estudos mostram que consideráveis áreas de pastagens em biomas brasileiros importantes se encontram em algum estado de degradação ou até mesmo degradadas (DIAS-FILHO, 2007). A degradação das pastagens é um dos maiores problemas da pecuária brasileira devido a esta atividade econômica ser desenvolvida basicamente em pasto, afetando diretamente a sustentabilidade do sistema produtivo (KICHEL, 2011). A degradação dos solos sob pastagem afeta diretamente as propriedades físicas do solo, o que implica na diminuição da sua capacidade produtiva através do uso intensivo e indiscriminado dessa prática.

A compactação do solo é considerada uma das principais alterações físicas do solo que interfere na produtividade das pastagens. A compactação se dá pela diminuição do volume do solo não saturado quando uma determinada pressão externa, seja por pisoteio de animais, máquinas agrícolas, ou até mesmo por equipamentos, é aplicada (DIAS JUNIOR; PIERCE, 1996; LIMA, 2004). O grau de alteração estrutural que pode ocorrer no solo em sistemas de pastejo está associado com a pressão aplicada, a intensidade do pisoteio e/ou o tempo de permanência dos animais na área (CARVALHO et al. 2010).

Segundo Dias-Filho (2007), a degradação de pastagens é uma das principais limitações para a sustentabilidade no setor pecuário em regiões onde esta prática é intensa, refletindo na baixa produtividade, afetando também o meio ambiente. Conhecer os processos e o que ocasiona a degradação das áreas de pastagem, e buscar métodos para recuperar e alavancar a produtividade são fundamentais para manter o agronegócio bem visado e preservar o meio ambiente (SOUZA, 2012). A pastagem degradada ou em degradação necessita de diferentes estratégias para reverter essa situação.

A estrutura física e a fertilidade do solo são fatores consideráveis para boa formação e manutenção das pastagens. As mudanças ocasionadas nos atributos físicos do solo afetam o fluxo de água, de nutrientes e o desenvolvimento do sistema radicular no perfil do solo. Desta forma, fornecer nutrientes ao solo é vital para garantir uma maior produtividade (CASALINHO; MARTINS, 2004).

Segundo Souza (2012), o nitrogênio é o nutriente que tem maior e mais rápido efeito sobre o desenvolvimento vegetativo relacionado com o perfilhamento da parte aérea e o desenvolvimento do sistema radicular. Além disso, o nitrogênio é constituinte da estrutura das proteínas. Em razão de sua participação na molécula de clorofila, é um nutriente que atua diretamente no processo de fotossíntese. Sendo assim, é indispensável para a nutrição de plantas (ALEXANDRINO et al., 2010)

O nitrogênio é um nutriente relevante para a produção de massa verde e massa seca das forrageiras, e influencia também no seu valor nutricional (FRANÇA et al., 2007). A eficiência da utilização das plantas forrageiras pelos animais depende da quantidade e da qualidade da forrageira disponível para seu consumo (REIS; RODRIGUES, 1993).

Van Soest (1994) afirma que o nitrogênio promove um aumento na concentração de aminoácidos e proteínas que se acumulam no conteúdo celular, ocasionando uma diluição da parede celular e tornando a planta mais digestível.

Estudos têm demonstrado que a adubação nitrogenada promove um resultado favorável nas forrageiras tropicais (COWAN, 1995). Para Herrera et al. (1986), a adubação nitrogenada promove um aumento na produtividade da parte aérea das plantas e pode aumentar o teor de proteína bruta e a digestibilidade, resultando em um melhor consumo de forragem pelo animal em pastejo. Portanto, esse nutriente, enquanto disponível no solo, aumenta a eficiência do pasto na alimentação animal.

A qualidade de uma planta forrageira é a junção da composição bromatológica, da digestibilidade e do consumo voluntário pelo animal. Assim, é importante conhecer os teores de proteína bruta, de fibra em detergente neutro, de fibra em detergente ácido e da matéria seca para atingir os benefícios que uma forrageira de qualidade trará na alimentação do animal (GERDES, 2000).

Os capins do gênero *Brachiaria* estão cada vez mais em destaque na pecuária brasileira. Uma de suas características favoráveis é ser pouco exigente a condições edafoclimáticas, sendo considerados como suporte alimentar essencial na criação de gado destinado a corte ou a produção de leite (COSTA, 2006). No entanto, na alimentação animal, as plantas desse gênero apresentam deficiência em alguns nutrientes que são importantes para a alimentação dos bovinos, além de uma maior exigência nutricional. Assim que são disponibilizados esses nutrientes minerais ou orgânicos para as plantas, elas obtêm uma resposta rápida, aumentando a produtividade e melhorando a disponibilidade de nutrientes (SERAFIM, 2010).

As forrageiras da espécie *Panicum maximum* são consideradas muito importantes para a produção de bovinos em regiões de clima tropical e subtropical. O grande interesse na utilização de plantas do gênero *Panicum* tem crescido em virtude de sua alta produtividade de matéria seca, fácil adaptabilidade, boa qualidade e agilidade de estabelecimento (CORRÊA, 2003).

Para que se tenha uma boa capacidade produtiva e qualidade do produto final, deve-se levar em consideração o manejo do solo e a adubação. Um solo com uma boa estrutura fará com que o sistema radicular tenha um desenvolvimento significativo, com capacidade de retirar água e nutrientes do solo para um bom desempenho das forrageiras, e uma boa adubação ajudará no crescimento vegetativo das plantas.

Objetivou-se, com esse trabalho, avaliar o desenvolvimento e a qualidade de gramíneas forrageiras submetidas a diferentes graus de compactação associados a doses de adubos nitrogenados.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas sementes de três espécies de gramíneas forrageiras, sendo elas: *Brachiaria brizantha* cv. MG-5 Vitória, *Brachiaria ruzizienses* e *Panicum maximum* cv. mombaça, todas da safra 2013/2014 da região do Mato Grosso.

No Laboratório de Sementes do Departamento de Agronomia da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM) campus JK, foi realizada a caracterização do perfil dos lotes das sementes pelo teste de germinação.

O **teste de germinação** foi realizado utilizando-se quatro repetições de 50 sementes por espécie em substrato de papel germitest, umedecido com uma quantidade de água equivalente a 2,5 vezes o peso seco do substrato em caixa acrílica do tipo gerbox e acondicionados em germinador do tipo B.O.D. com temperatura alternada de 20 °C - 35 °C e fotoperíodo de 16 - 8 horas. As avaliações foram encerradas aos 21 dias após instalação para as espécies *Brachiaria brizantha* cv. MG-5 Vitória e *Brachiaria ruzizienses*, e aos 28 dias para a espécie *Panicum maximum* cv. mombaça. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais (BRASIL, 2009).

O experimento foi conduzido em casa de vegetação na UFVJM, localizada a 1365 metros de altitude na cidade de Diamantina - MG (18°12' S e 43°35' W). O clima da região é tipicamente tropical, Cwb na classificação de Koppen, caracterizado por verões brandos e úmidos (outubro a abril) e invernos mais frescos e secos (junho a agosto) (NEVES et al., 2005).

No local onde foi coletado o solo para o experimento, foram coletadas amostras de solo de aproximadamente 5 Kg para a realização do ensaio de Proctor normal. Para a obtenção da curva de compactação do solo, compactaram-se pelo menos cinco corpos de prova com umidades crescentes. A compactação dos corpos de prova se deu em três camadas, as quais receberam 25 golpes do martelo usado no ensaio de Proctor normal (STANCATI NOGUEIRA; VILLAR, 1981), pesando-se o corpo de prova com volume conhecido. Em cada corpo de prova foi coletado uma amostra para a determinação da umidade. Com os valores da umidade e da Densidade do solo, plotaram-se os pontos, obtendo, através do software Excel for Windows, as regressões que melhor se ajustaram a esses pontos determinados no ponto de máximo da função, obtendo a Densidade do solo máxima (DsMáx) e a Umidade ótima (UÓt) de compactação através das expressões $DsMáx = -B/2A$ e $UÓt = -(B^2-4AC)/4a$, em que A, B e C são os coeficientes de ajuste das equações.

O grau de compactação é a razão entre a Densidade natural do solo ou a desejada e a Densidade máxima, obtida pelo ensaio de Proctor normal, multiplicada por 100, ou seja:

$$GC = \frac{\text{Densidade do Solo no Campo} \times 100}{\text{Densidade Máxima do Proctor}}$$

Com a determinação da Densidade do solo e da umidade para cada corpo de prova, foi possível conhecer a Densidade máxima e a umidade ótima de compactação. Uma vez estipulado o grau de compactação, conhecendo a Densidade máxima do solo e o volume do vaso, foi possível calcular a massa de solo a ser colocada dentro dos vasos. Os vasos utilizados obtêm um volume conhecido de 8 Litros. Dentro desses vasos, colocou-se a quantidade de solo compactado referente a cada Grau de compactação. Após o enchimento dos vasos, compactando-se o solo até chegar ao peso para cada Grau de compactação, realizou-se a semeadura. A adubação foi realizada de acordo com a comissão (1999), convertendo-se para o volume do vaso de acordo com análise química do solo.

Foram montados três experimentos independentes com as respectivas forrageiras: *Brachiaria brizantha* cv. MG-5 Vitória; *Brachiaria ruzizienses* e *Panicum maximum* cv. mombaça. Os tratamentos em cada gramínea forrageira foram: quatro Graus de Compactação (GC) (65%, 75%, 85% e 95%) associados a quatro doses totais de Adubo nitrogenado (0; 200; 250 e 300 Kg ha⁻¹ de N), utilizando-se como fonte o sulfato de amônio. Essas doses foram escolhidas com base na comissão (1999), sendo doses comerciais. As doses foram aplicadas em cobertura aos 30 e 60 dias após o plantio. Realizou-se a semeadura, e após a emergência, efetuou-se o desbaste, deixando a plântula que mais se sobressaiu. A irrigação foi conduzida

de acordo com a umidade na capacidade de campo, considerando um potencial de retenção de água de 6 Kpa e foi manejada com o auxílio do medidor eletrônico de umidade do solo, da marca FALKER 2030, operado conforme as instruções do fabricante (FALKER, 2008).

Aos 90 dias após semeadura, mediu-se a altura da planta com o auxílio de uma trena de metal, realizando a medição da base até a curvatura das folhas de cada planta. Posteriormente, foram efetuados os cortes à altura de 20 cm do nível do solo com auxílio de uma tesoura. As amostras foram colocadas em sacos de papel identificados e encaminhadas para o Laboratório de Sementes no Departamento de Agronomia-UFVJM para a obtenção da massa verde e da massa seca da parte aérea.

No Laboratório, as amostras foram pesadas, obtendo-se o peso da massa verde. Em seguida, essas amostras foram levadas para a estufa de circulação forçada de ar a 55 °C até peso constante para determinação da matéria seca ao ar (ASA) e, em seguida, pesadas e moídas em moinho analítico modelo Q298A e armazenadas em potes plásticos vedados para análise da composição bromatológica.

A composição bromatológica consiste em caracterizar o valor nutritivo da planta e sua relação com o consumo pelo animal, sendo avaliada pelas frações de porcentagem de matéria seca, proteína bruta, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, matéria mineral, extrato etéreo e carboidratos não fibrosos.

A análise de proteína bruta (PB) foi realizada obtendo o teor de nitrogênio total (N) pelo analisador elementar. Com esse valor, fez-se o cálculo multiplicando o teor de N encontrado pelo fator 6,25 (SILVA; QUEIROZ, 2002).

A fibra em detergente neutro (FDN) foi obtida pela diferença de peso após a digestão com solução em detergente neutro em sacos de Tecido não tecido (TNT) levados a autoclave seguindo a metodologia descrita por Detmann et al. (2012). Após obter o valor de FDN, com as mesmas amostras obteve-se o teor de fibra em detergente ácido (FDA), que consistiu em colocar as amostras em solução de detergente ácido seguindo a metodologia descrita por Detmann et al. (2012). Pela diferença, encontrou-se o valor de FDA para os respectivos tratamentos. Após a determinação sequencial da fração FDN e FDA, os sacos de TNT contendo as amostras foram acondicionados em frascos de plásticos, onde foi adicionada solução de ácido sulfúrico 72% para a determinação do teor de lignina em detergente ácido seguindo metodologia descrita por Monzani (2014). Em seguida, os resultados de PB, FDN, FDA e lignina foram corrigidos para a base de matéria seca.

O volume da raiz (VR) foi obtido pelo deslocamento de volume de água em proveta graduada.

O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados em um esquema fatorial duplo (4x4), sendo testados quatro graus de compactação, quatro doses de adubo nitrogenado e quatro repetições.

Os dados foram submetidos a análise de variância e de regressão. As médias dos tratamentos foram comparadas através do teste Tukey a 5% de probabilidade. Não houve necessidade de realizar a transformação dos dados. As análises foram realizadas utilizando o programa estatístico SISVAR® (FERREIRA, 2010).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As sementes da forrageira *Brachiaria brizantha* apresentaram a porcentagem de germinação 73%, enquanto a *Brachiaria ruziziensis*, uma germinação de 56%, e a *Panicum maximum*, de 61%. Observa-se para a *Brachiaria brizantha* e para a *Panicum maximum*, uma porcentagem de germinação superior ao padrão mínimo recomendado para produção e comercialização de sementes de acordo com a IN nº 30/2008 e IN nº 33/2010, que corresponde a 60% para as Brachiarias e 50% para a Panicum. Já para a *Brachiaria ruziziensis*, a porcentagem de germinação foi inferior ao mínimo recomendado para as Brachiarias. Desta forma, teve-se uma atenção com essa cultivar no momento da semeadura, semeando uma quantidade de sementes ideal para assegurar um estande uniforme.

Foram observadas diferenças significativas quanto às doses de nitrogênio para as características avaliadas na espécie *Panicum maximum* cv. mombaça, exceto para a lignina (Tabela 1).

Tabela 1. Valores médios de massa verde (MS), massa seca (MS), altura (A), volume raiz (VR), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina (LIG) da *Panicum maximum* cv. mombaça sob as doses de nitrogênio (N) kg ha⁻¹. Diamantina, UFVJM, 2016.

Variáveis analisadas	Doses de N kg ha ⁻¹			
	0	200	250	300
MV (g pl ⁻¹)	7,51 b	26,84 a	27,19 a	28,83 a
MS (g pl ⁻¹)	1,79 b	5,53 a	5,45 a	5,65 a
A (cm)	66,76 b	91,53 a	89,74 a	94,71 a
VR (cm ³)	7,44 b	13,63 a	14,13 a	11,56 a
PB (% MS)	7,36 b	20,29 a	21,08 a	21,76 a
FDN (% MS)	73,72 a	66,21 b	64,07 b	64,13 b
FDA (% MS)	36,06 a	31,71 b	30,09 b	30,67 b
LIG (% MS)	4,50 a	3,96 a	3,08 a	3,17 a

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Observam-se, pela análise de regressão (Figuras 1 e 2), os valores médios de produção de MV e MS da parte aérea da forrageira *Panicum maximum* cv. mombaça em função das doses de N. Foi possível estabelecer uma relação linear e positiva dessas variáveis com as doses crescentes de adubo nitrogenado. À medida que aumentou a dose de N, a MV e a MS da parte aérea também aumentaram. Isso demonstra o efeito da adubação nitrogenada, que promove nas plantas forrageiras um crescimento acelerado, um aumento no número de perfilhos e na produção de folha, o que promove uma expansão da parte aérea da planta (FREITAS et al., 2005). Corroborando Rocha et al. (2002), as gramíneas do gênero *Panicum* têm respondido positivamente ao aumento da adubação nitrogenada no solo, refletindo em produções satisfatórias da massa seca da parte aérea.

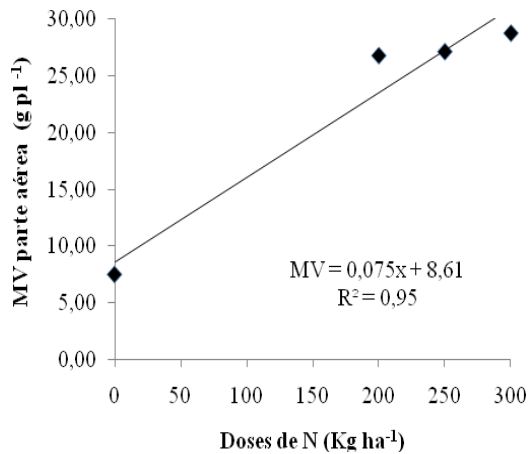


Figura 1. Valores médios de produção de MV de *Panicum maximum* cv. mombaça adubada com doses crescentes de N (0; 200; 250; 300 kg ha⁻¹).

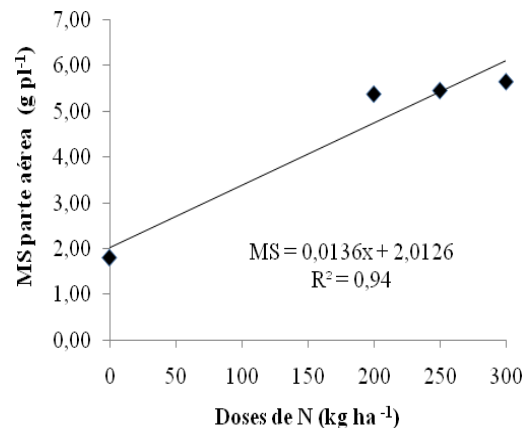


Figura 2. Valores médios de produção de MS de *Panicum maximum* cv. mombaça adubada com doses crescentes de N (0; 200; 250; 300 kg ha⁻¹).

Quanto à altura da espécie de *Panicum maximum*, o valor médio encontrado na ausência de adubação nitrogenada foi de 66,70 cm, enquanto para a dose mais elevada (300 kg ha⁻¹ de N) foi de 94,71cm. Na figura 3 observa-se que, à medida que aumenta a dose de N, aumenta a altura das plantas que está diretamente relacionada ao aumento da MV e MS da parte aérea.

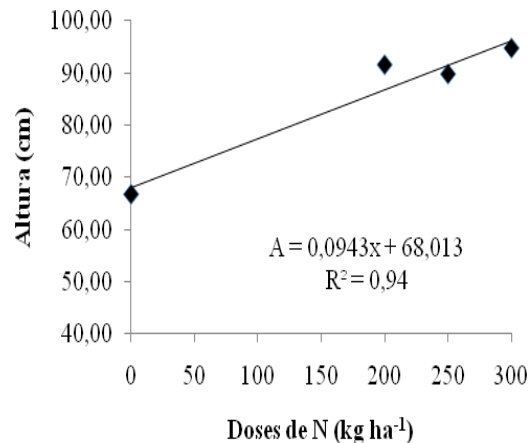


Figura 3. Valores médios de altura de *Panicum maximum* cv. mombaça adubada com doses crescentes de N (0; 200; 250; 300 kg ha⁻¹).

Observa-se, na figura 4, que o valor máximo do volume da raiz foi alcançado na aplicação da dose de 250 kg ha⁻¹ de adubo N, havendo um comportamento crescente do volume da raiz até esse ponto; e depois houve um decréscimo na dose mais elevada de 300 kg ha⁻¹. Para Marschner (1995), com a aplicação de N, a parte aérea das plantas responde mais significativamente que o sistema radicular. Sarmiento et al. (2008), avaliando o efeito de doses crescentes de nitrogênio (0, 150, 300 e 450 kg ha⁻¹) no sistema radicular do *Panicum maximum* submetido a lotação rotacionada, verificaram um decréscimo no comprimento das raízes de 3,3% com uma adubação nitrogenada próxima de 300 kg ha⁻¹. Giacomini et al. (2005), avaliando o crescimento de raiz das cultivares Aruana e Tanzânia sob doses de nitrogênio, observaram que a dose de 150 kg ha⁻¹ de N decorreu em maior comprimento do sistema radicular quando comparada à dose de 300 kg ha⁻¹ de N.

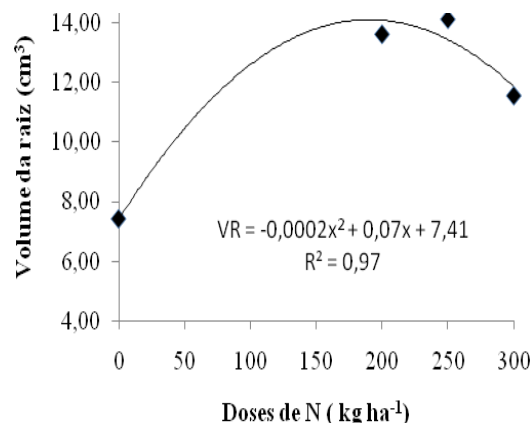


Figura 4. Valores médios do volume da raiz de *Panicum maximum* cv. mombaça adubada com doses crescentes de N (0; 200; 250; 300 kg ha⁻¹).

Pela figura 5, observam-se os teores médios de proteína bruta (PB) para a *Panicum maxim* cv. mombaça sob doses crescentes de adubo nitrogenado. Observa-se que os teores médios de PB se ajustaram à equação linear em relação às doses crescentes de nitrogênio. À medida que aumenta a dose de nitrogênio, aumenta o valor de PB. Esse resultado corrobora Rocha et al. (2002) que, ao avaliarem gramíneas do gênero *Panicum* submetidas a doses crescentes de adubação nitrogenada, observaram resposta positiva nos teores de PB. Os valores médios encontrados para a PB variaram entre 7,36 a 21,76%, mostrando que, mesmo na testemunha (dose zero), essa cultivar obteve um valor de PB superior ao considerado crítico. Machado et al. (1998) afirmam que teores de PB inferiores a 7% limitam a ingestão de massa seca e reduzem a digestibilidade da planta, fazendo com que os animais consumam menos alimento. Segundo Van Soest (1994), a redução no consumo e na digestão da forragem com baixo teor de PB ocorre devido a inadequados níveis de nitrogênio para os microorganismos do rúmen, o que faz com que a população dos microorganismos diminua e, como resposta, ocorra a redução da digestibilidade e da ingestão da massa seca. De acordo com Dias et al. (1998), a elevação de teores de PB com a adubação nitrogenada resulta no aumento de ganho de peso vivo dos animais.

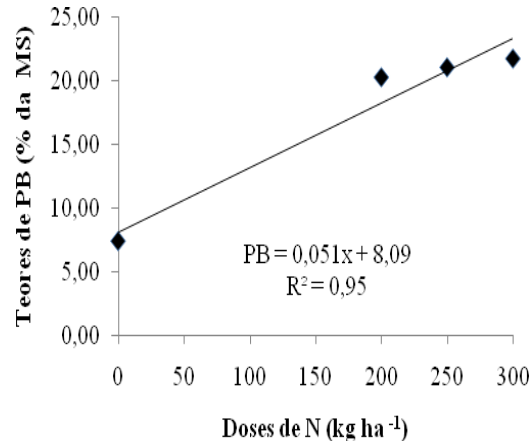


Figura 5. Teores médios de proteína bruta de *Panicum maximum* cv. mombaça adubada com doses crescentes de N (0; 200; 250; 300 kg ha⁻¹).

Nas figuras 6 e 7 está apresentada a análise de regressão para os teores de Fibra em detergente neutro (FDN) e Fibra em detergente ácido (FDA), respectivamente, para a *Panicum maximum* cv. mombaça sob doses crescentes de adubo nitrogenado. Observa-se uma redução dos teores FDN e FDA quando utilizadas doses maiores de N, mostrando que os dados se ajustaram à equação linear decrescente.

Gargantini (2005), estudando campim-tanzânia irrigado e adubado com nitrogênio, observou que, em média, os valores de FDN reduziram com o aumento das doses de nitrogênio. Castagnara et al. (2011), trabalhando com as gramíneas forrageiras tropicais (*Panicum maximum* cv. mombaça e tanzânia, e *Brachiaria sp.* cv. mulato) e quatro doses de nitrogênio, observaram que a crescente dose de nitrogênio influenciou significativamente os teores de FDN.

Os teores de FDA estão correlacionados com a digestibilidade da planta. Van Soest (1994) afirma que teores de FDA encontrados nas gramíneas forrageiras acima de 40% são considerados limitantes para a digestibilidade. Na figura 7 observa-se que, com a aplicação crescente das doses de nitrogênio no solo, foram encontrados valores médios de FDA abaixo de 40% para essa forrageira. Assim, pode-se afirmar que a *Panicum maximum* cv. mombaça se mostrou uma forragem de boa composição bromatológica em FDA, mostrando ser uma planta com uma boa digestibilidade.

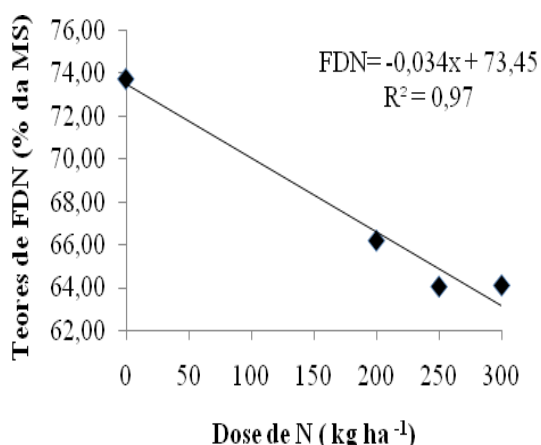


Figura 6. Teores médios de fibra em detergente neutro de *Panicum maximum* cv. mombaça adubada com doses crescentes de N (0; 200; 250; 300 kg ha⁻¹).

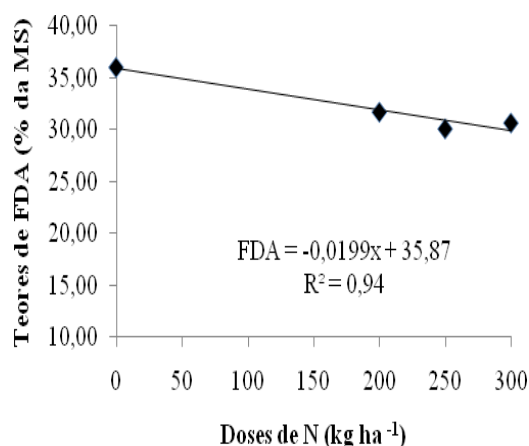


Figura 7. Teores médios de fibra em detergente ácido de *Panicum maximum* cv. mombaça adubada com doses crescentes de N (0; 200; 250; 300 kg ha⁻¹).

Não foi observada diferença significativa entre os teores de produção de massa verde e massa seca da parte aérea, altura, volume da raiz, proteína bruta, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido e lignina para diferentes graus de compactação e para a interação adubação nitrogenada e grau de compactação para a forrageira *Panicum maximum* cv. mombaça.

Para a espécie *Brachiaria brizantha* MG-5 Vitória, foram observadas diferenças significativas quanto às doses de nitrogênio para as características avaliadas, exceto para a lignina (Tabela 2).

Tabela 2. Valores médios de massa verde (MS), massa seca (MS), altura (A), volume raiz (VR), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina (LIG) da *Brachiaria brizantha* cv. MG-5 Vitória sob as doses de nitrogênio (N) kg ha⁻¹. Diamantina, UFVJM, 2016.

Variáveis analisadas	Doses de N kg ha ⁻¹			
	0	200	250	300
MV (g pl ⁻¹)	10,79 b	35,79 a	38,09 a	38,46 a
MS (g pl ⁻¹)	2,59 b	7,83 a	8,26 a	8,51 a
A (cm)	76,16 b	103,68 a	91,36 a	101,17 a
VR (cm ³)	9,31 b	16,56 a	17,25 a	17,75 a
PB (% MS)	4,73 c	17,40 b	18,93 ab	21,29 a
FDN (% MS)	75,18 a	67,41 b	64,56 b	64,34 b
FDA (% MS)	36,59 a	32,97 b	30,58 b	30,81 b
LIG (% MS)	3,11 a	4,61 a	3,51 a	5,29 a

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Observa-se, pela análise de regressão dos valores médios de produção de MV e MS da parte aérea para a forrageira *Brachiaria brizantha* cv. MG-5 Vitória em função das doses de nitrogênio (Figuras 8 e 9), que foi possível estabelecer uma relação linear e positiva dessas variáveis com as doses crescentes de adubo nitrogenado. À medida que aumenta a dose de nitrogênio, a produção de MV e MS da parte aérea apresentam um resultado crescente. Assim, podemos afirmar que a crescente dose de nitrogênio promoveu um aumento na produção da massa verde e massa seca da parte aérea da cultivar estudada. Isso ocorreu provavelmente por esse nutriente influenciar positivamente na produção de perfilhos das plantas. Desta forma, nota-se a importância que o adequado fornecimento de nitrogênio, vindo da adubação química, tem sobre a produção de massa das forrageiras. Mesquita et al. (2004), trabalhando com cultivares de *Brachiaria brizantha*, observaram que, com a aplicação de doses de nitrogênio, houve um aumento na produção de massa seca. Rodrigues et al. (2007), avaliando doses crescentes de N em três cultivares de *Brachiaria* (Marandu, MG-4 e MG-5), também obtiveram resposta linear crescente com o incremento da adubação nitrogenada.

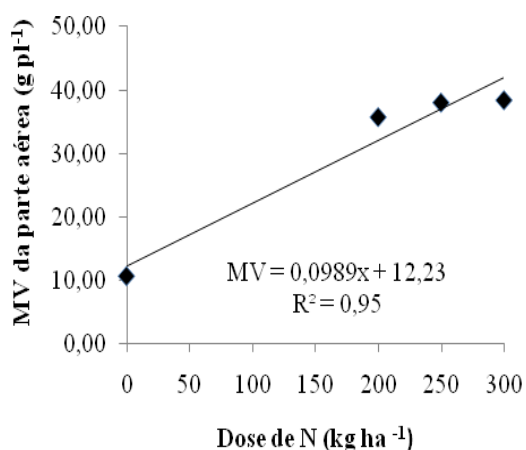


Figura 8. Valores médios de produção de massa verde de *Brachiaria brizantha* cv. MG-5 Vitória adubada com doses crescentes de N (0; 200; 250; 300 kg ha⁻¹).

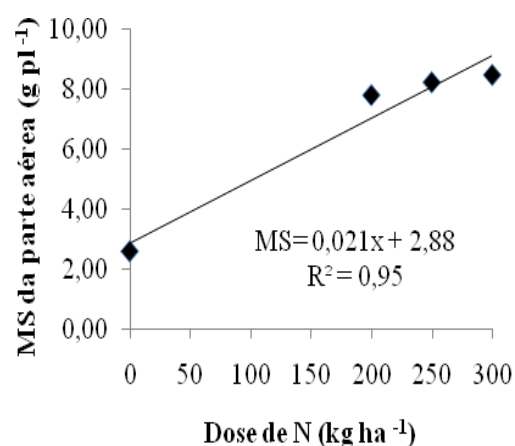


Figura 9. Valores médios de produção de massa seca de *Brachiaria brizantha* cv. MG-5 Vitória adubada com doses crescentes de N (0; 200; 250; 300 kg ha⁻¹).

Para a variável altura da planta, foi observado um efeito linear positivo com relação às doses de nitrogênio (figura 10), ou seja, o aumento da adubação nitrogenada proporcionou um aumento na altura da planta. Esse comportamento demonstra que a disponibilidade do nitrogênio no solo e sua absorção pela planta refletem no crescimento das gramíneas. Assim, com o uso de adubos nitrogenados nas pastagens pode ser adotado períodos de repouso da área mais breves ou o aumento de regularidade de pastejo (Oliveira et al., 2015).

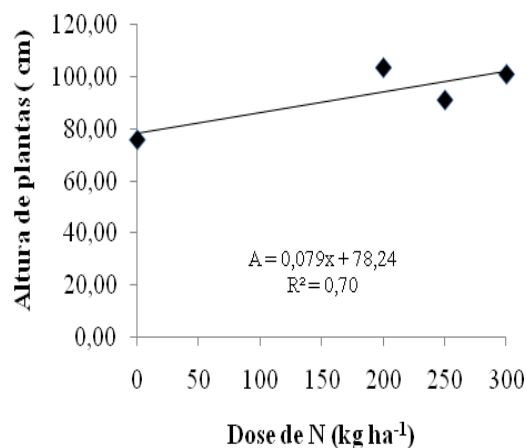


Figura 10. Valores médios da altura da *Brachiaria brizantha* cv. MG-5 Vitória adubada com doses crescentes de N (0; 200; 250; 300 kg ha⁻¹).

Na figura 11 está apresentada a regressão para o volume da raiz em relação às doses de nitrogênio aplicadas. Observa-se que houve uma relação linear positiva para o volume da raiz sob as doses crescentes de N. Segundo Giacomini et al. (2005), quando as plantas não estão utilizando os compostos de reserva para o crescimento da parte aérea, eles podem ser usados pelo sistema radicular, favorecendo o seu crescimento.

Mesmo não havendo diferença significativa no volume da raiz em relação aos graus de compactação, o comportamento dessa forrageira demonstra a tendência de que, mesmo o solo estando compactado, o volume da raiz aumente com o aumento da dose de nitrogênio.

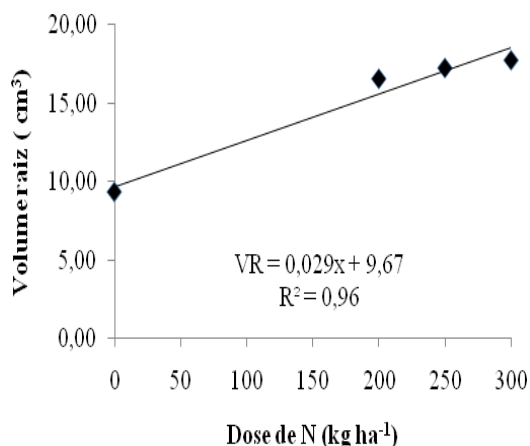


Figura 11. Valores médios do volume da raiz de *Brachiaria brizantha* cv. MG-5 Vitória adubada com doses crescentes de N (0; 200; 250; 300 kg ha⁻¹).

Na figura 12, observa-se que a cultivar apresentou um aumento no teor de proteína bruta à medida que aumentaram as doses de N. Obteve-se, na testemunha (dose zero), um teor de proteína bruta de 4,73%. Já para as demais doses, esse valor alcançado foi superior a 7%, chegando a atingir 21,29% quando se aplicou a dose de 300 kg ha⁻¹. Isso pode ser explicado pelo fato de que o principal constituinte da proteína é o nitrogênio e ele participa ativamente na síntese de compostos orgânicos necessários ao metabolismo vegetal (RODRIGUES et al., 2007).

MARANHÃO et al. (2009), avaliando a produção e composição bromatológica de cultivares de *Brachiaria*, observaram que os teores PB aumentaram com o aumento das doses de N.

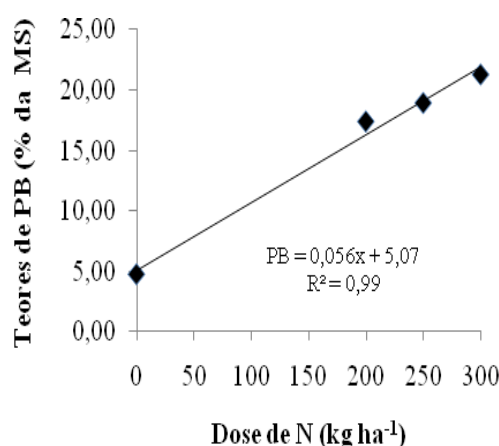


Figura 12. Teores médios de proteína bruta da *Brachiaria brizantha* cv. MG-5 Vitória adubada com doses crescentes de N (0; 200; 250; 300 kg ha⁻¹).

Nas figuras 13 e 14, está apresentada a análise de regressão para os teores de FDN e FDA, respectivamente, para a *Brachiaria brizantha* cv. MG-5 Vitória sob doses crescentes de adubo nitrogenado. Observa-se uma redução dos teores FDN e FDA quando utilizadas doses crescentes de N, mostrando que os dados se ajustaram a equação linear decrescente.

A adubação nitrogenada, além de aumentar a produção de massa seca e massa verde da parte aérea, aumenta o teor de proteína bruta e, às vezes, pode diminuir os teores de FDN e FDA na forrageira, ocasionando uma melhoria na qualidade dessas plantas (BURTON, 1998). Observa-se que, mesmo com o decréscimo nos teores de FDN com o aumento das doses, esses valores foram superiores a 60%. De acordo com Van Soest (1994), teores de FDN superiores a 60% de massa seca dificultam o consumo voluntário da forrageira pelo animal.

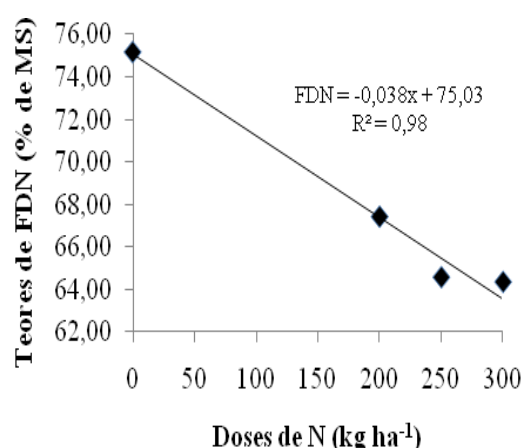


Figura 13. Teores médios de fibra em detergente neutro de *Brachiaria brizantha* cv. MG-5 Vitória adubada com doses crescentes de N (0; 200; 250; 300 kg ha⁻¹).

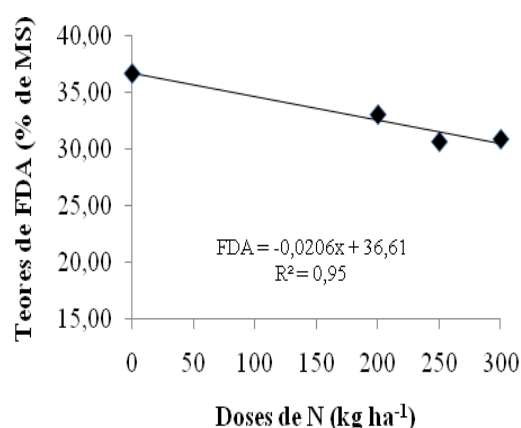


Figura 14. Teores médios de fibra em detergente ácido de *Brachiaria brizantha* cv. MG-5 Vitória adubada com doses crescentes de N (0; 200; 250; 300 kg ha⁻¹).

Não foi observada diferença significativa entre os teores de produção de massa verde e massa seca da parte aérea, altura, volume da raiz, proteína bruta, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido e lignina para os diferentes graus de compactação e para a interação adubação nitrogenada e grau de compactação para a forrageira *Brachiaria brizantha* cv. MG-5 Vitória.

Para a espécie *Brachiaria ruziziensis*, foram observadas diferenças significativas quanto às doses de nitrogênio para as características avaliadas, exceto para a altura e para lignina (Tabela 3).

Tabela 3. Valores médios de massa verde (MS), massa seca (MS), altura (A), volume raiz (VR), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina (LIG) da *Brachiaria ruziziensis* sob as doses de nitrogênio (N) kg ha⁻¹. Diamantina, UFVJM, 2016.

Variáveis analisadas	Doses de N kg ha ⁻¹			
	0	200	250	300
MV (g pl ⁻¹)	10,53 c	32,21 b	33,80 b	41,71 a
MS (g pl ⁻¹)	2,09 c	6,53 b	6,69 b	8,35 a
A (cm)	62,81 a	72,63 a	70,71 a	74,06 a
VR (cm ³)	6,69 b	16,50 b	14,13 b	15,50 a
PB (% MS)	6,23 c	23,14 b	25,14 ab	26,45 a
FDN (% MS)	66,55 a	55,32 b	55,75 b	56,56 b
FDA (% MS)	31,36 a	24,37 b	24,07 b	25,22 b
LIG (% MS)	2,70 a	3,01 a	2,67 a	3,08 a

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Observa-se, pela análise de regressão dos valores médios de produção de MV e MS da parte aérea para a *Brachiaria ruziziensis* em função das doses de nitrogênio (Figuras 15 e 16), que foi possível estabelecer uma relação linear e positiva dessas variáveis com as doses crescentes de adubo nitrogenado. Isso se deve à influência positiva que esse nutriente apresenta sobre as gramíneas forrageiras. O nitrogênio promove um rápido efeito sobre o desenvolvimento das plantas. Com o aumento da adubação nitrogenada, tem-se um incremento do perfilhamento da parte aérea, que resulta em um eficiente desenvolvimento vegetativo (SOUSA, 2012).

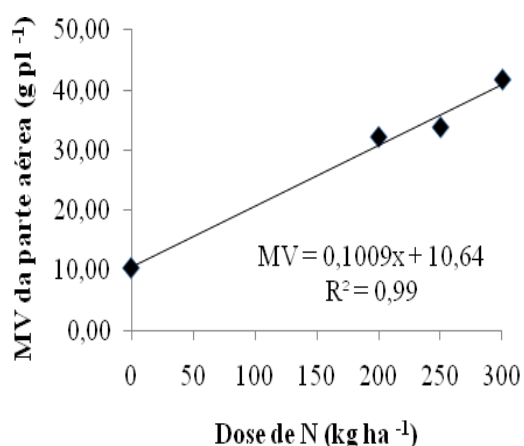


Figura 15. Valores médios de produção de massa verde de *Brachiaria ruziziensis* adubada com doses crescentes de N (0; 200; 250; 300 kg ha⁻¹).

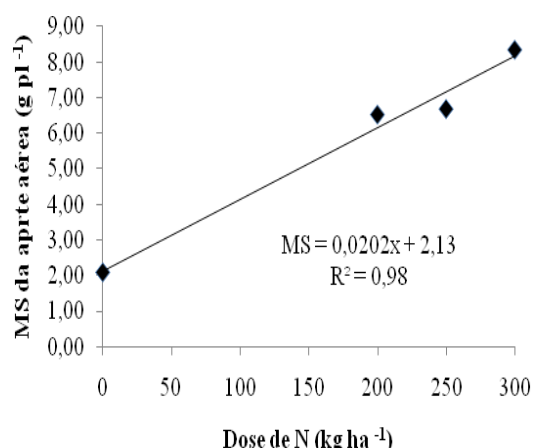


Figura 16. Valores médios de produção de massa seca de *Brachiaria ruziziensis* adubada com doses crescentes de N (0; 200; 250; 300 kg ha⁻¹).

Observa-se um efeito significativo no volume da raiz com a aplicação das doses crescentes de N (Tabela 3). Nota-se, pela figura 17, que o valor máximo do volume da raiz foi alcançado na aplicação da dose de adubo nitrogenado de 200 kg ha⁻¹, havendo um comportamento crescente do volume da raiz até esse ponto e depois houve um decréscimo na dose de 250 kg ha⁻¹ de N.

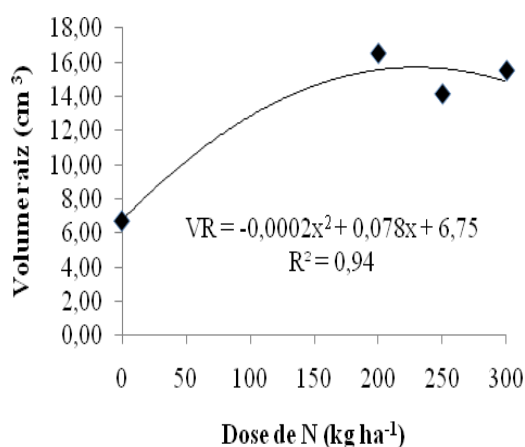


Figura 17. Valores médios do volume da raiz de *Brachiaria ruziziensis* adubada com doses crescentes de N (0; 200; 250; 300 kg ha⁻¹).

Está demonstrada, na figura 18, a interação dose de nitrogênio e grau de compactação no volume da raiz da *Brachiaria ruziziensis*. Observa-se que houve efeito significativo entre as doses de nitrogênio e os graus de compactação no volume da raiz. Para o grau de compactação de 65%, observa-se um efeito linear das doses de nitrogênio, ou seja, à medida que aumenta a dose de nitrogênio, o volume da raiz aumenta consideravelmente. Isso se deve à estrutura do solo estar mais solta, proporcionando um melhor desenvolvimento do sistema radicular com as doses crescentes de nitrogênio. Já para o grau de compactação de 75% e 95%, observa-se que há um aumento no volume da raiz na dose de 250 kg ha⁻¹ de N, e

na dose de 300 kg ha⁻¹ de N esse valor diminui. No grau de compactação de 85%, há um decréscimo do volume da raiz na dose de 250 kg ha⁻¹ de N. Sarmento et al. (2003) encontraram efeito semelhante estudando as características físicas do solo em pastagem de *Panicum* adubada com nitrogênio, quando detectaram uma diminuição da macroporosidade do solo com o aumento de doses de nitrogênio de 0 a 450 kg ha⁻¹ em solo com pisoteio animal. O sistema radicular das plantas necessita de grande quantidade de oxigênio devido a sua alta taxa de respiração. Com a diminuição dos espaços porosos entre as partículas de solo, haverá uma redução na respiração desse sistema, prejudicando seu desenvolvimento (MARSCHNER, 1995).

Para que a adubação nitrogenada seja eficiente para a planta, ela necessita de grandes volumes da água, o que favorece a produção das raízes, promovendo a absorção dos nutrientes (LOPES, 2010). Estando o solo compactado, há diminuição da macro e da microporosidade, o que dificulta a infiltração de água e de nutrientes no perfil do solo, limitando a sua disponibilidade para a planta, resultando no baixo desenvolvimento do sistema radicular, o que reflete na produção da parte aérea.

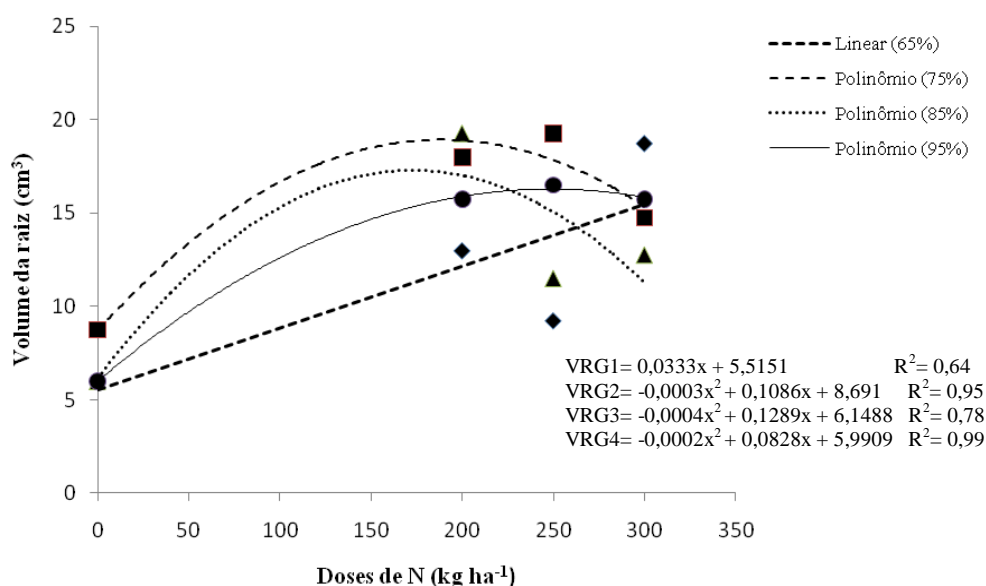


Figura 18. Valores médios volume da raiz da *Brachiaria ruziziensis* sob doses crescentes de N e diferentes GC. G1= 65%; G2= 75%; G3= 85% e G4= 95%.

Os valores médios de volume da raiz da *Brachiaria ruziziensis* adubada com doses crescentes de nitrogênio sob diferentes graus de compactação estão apresentados na tabela 4. Observa-se que as médias diferiram entre si apenas na dose de 250 kg ha⁻¹ de N nos respectivos graus de compactação, mostrando que na dose de 250 kg ha⁻¹ no GC de 75% foi onde a planta obteve a maior média de volume da raiz.

Tabela 4. Valores médios de volume da raiz da *Brachiaria ruziziensis* adubada com nitrogênio (N) sob diferentes graus de compactação (GC). Diamantina, UFVJM, 2016.

GC (%)	Doses de N (kg ha ⁻¹)			
	0	200	250	300
65	6,0 a	13,0 a	9,3 b	18,8 a
75	8,8 a	18,0 a	19,3 a	14,8 a
85	6,0 a	19,3 a	11,5 ab	12,8 a
95	6,0 a	15,8 a	16,5 ab	15,8 a

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A figura 19 demonstra o efeito das doses de nitrogênio sob os teores de proteína bruta. Observa-se que a cultivar apresentou um incremento linear à medida que aumentaram as doses de N, chegando a atingir 26,45% quando se aplicou a dose de 300 kg ha⁻¹ de N, mostrando o potencial protéico que essa cultivar apresenta com elevadas doses de nitrogênio.

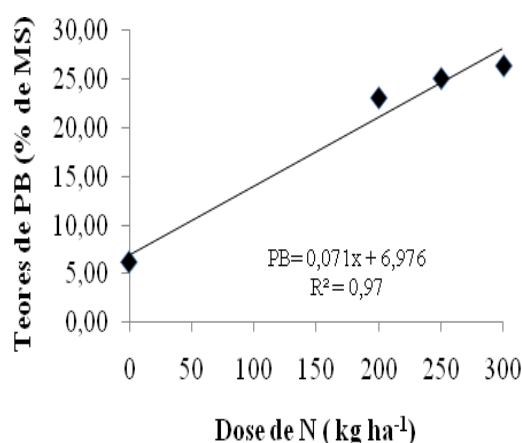


Figura 19. Teores médios de proteína bruta de *Brachiaria ruziziensis* adubada com doses crescentes de N (0; 200; 250; 300 kg ha⁻¹).

Nas figuras 20 e 21, está apresentada a análise de regressão para os teores de FDN e FDA, respectivamente, para a *Brachiaria ruziziensis* sob doses crescentes de adubo nitrogenado. Observa-se, para esta cultivar, que à medida que aumenta a dose de nitrogênio, os teores de FDN e FDA diminuem. Na testemunha (dose zero), obteve-se um valor de 66,55% de FDN. Já para as demais doses, os valores encontrados variaram de 55,32% a 56,56%, evidenciando-se menor que o valor crítico, mostrando ser uma forrageira de boa qualidade, tendo um favorecimento voluntário no seu consumo. De acordo com Van Soest (1994), valores de FDN superiores a 60 % de massa seca diminuem o consumo da forragem.

Pela figura 21 observa-se que, com o aumento das doses nitrogênio, tem-se um decréscimo no teor de FDA. Todos os valores encontrados, inclusive na testemunha (dose

zero), foram inferiores a 40%, mostrando que essa forrageira apresenta uma boa digestibilidade.

De acordo com Lana (2005), a FDA apresenta correlação com a digestibilidade por apresentar em sua composição lignina e celulose. Assim, quanto menor o teor de FDA da forrageira, maior será a digestibilidade. Já a FDN tem ligação com o consumo: quanto menor o teor de FDN da forrageira, maior será o consumo.

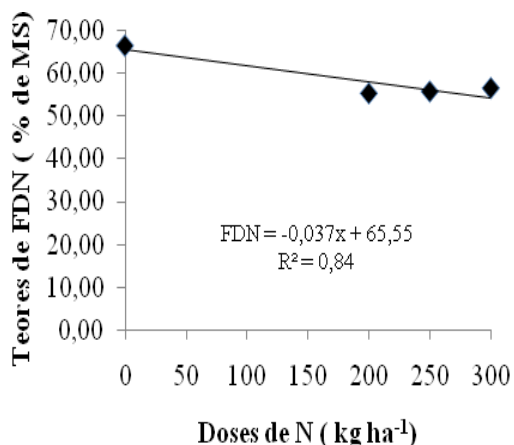


Figura 20. Teores médios de fibra em detergente neutro de *Brachiaria ruziziensis* adubada com doses crescentes de N (0; 200; 250; 300 kg ha⁻¹).

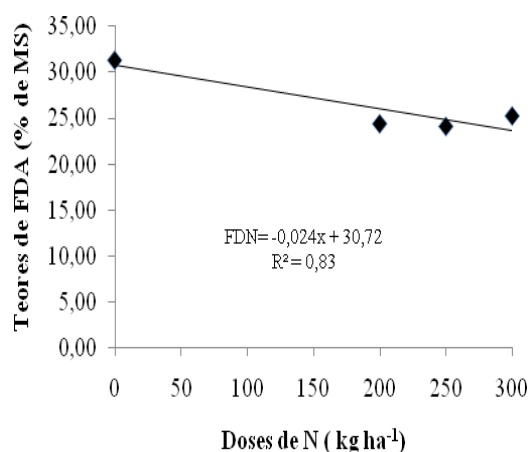


Figura 21. Teores médios de fibra em detergente ácido de *Brachiaria ruziziensis* adubada com doses crescentes de N (0; 200; 250; 300 kg ha⁻¹).

Não foi observada diferença significativa entre os teores de produção de massa verde e massa seca da parte aérea, altura, volume da raiz, proteína bruta, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido e lignina para diferentes graus de compactação. Para a interação adubação nitrogenada e grau de compactação, não houve diferença significativa para teores de produção de massa verde e massa seca da parte aérea, altura, proteína bruta, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido e lignina para a forrageira *Brachiaria ruziziensis*.

CONCLUSÕES

Foi observado, nas três espécies, que à medida que aumentam as doses de nitrogênio, a produção de massa verde e massa seca da parte aérea, a altura, os teores de Proteína bruta aumentam e os teores de fibra em detergente neutro e detergente ácido diminuem.

Para as espécies *Panicum maximum* cv. mombaça e *Brachiaria ruziziensis*, o volume da raiz obteve uma resposta crescente até a dose 250 kg ha⁻¹. Já a *Brachiaria brizantha* cv. MG-5 Vitória apresentou um resultado crescente com o aumento da dose de nitrogênio, mesmo em solo compactado.

A *Brachiaria ruziziensis* obteve um maior volume de raiz na dose de nitrogênio de 250 kg ha⁻¹ de N no grau de compactação de 75%.

Não houve diferença nos teores de lignina nos tratamentos para as três espécies de forrageiras estudadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEXANDRINO, E. ; VAZI, R.G.M.V. ; SANTOS, A.C. **Características da brachiaria brizantha cv. marandu durante o seu estabelecimento submetida a diferentes doses de nitrogênio.** Biosci. J., Uberlândia, v. 26, n. 6, p. 886-893, Nov./Dez. 2010.

BURTON, G. W. Registration of Tifton 78 Bermuda grass. **Crop Science**, Madison, v. 28, n. 2, p. 187-188, 1998.

BRASIL. Ministerio da Agricultura, Pecuaria e Abastecimento. **Regras para análise de sementes.** Ministerio da Agricultura, Pecuaria e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuaria. Brasilia, DF: Mapa/ACS, 2009. 395p.

CARVALHO R.C.R., ROCHA W.W., PINTO J.C., DIAS JUNIOR M.S. and PIRES B.S. (2010) Soil shear strength under of oxisoils non-irrigated and irrigated short duration grazing systems. **Revista Brasileira de Ciências do Solo** (impresso) v.34, p.213 -238.

CASALINHO, H. D.; MARTINS, S.R. **Qualidade do solo como indicador de sustentabilidade em agroecossistemas: avaliações integrando os conhecimentos acadêmicos e não-acadêmicos.** Agroecologia: Conquistando a soberania alimentar. Porto Alegre, Emater/RS-Ascar; Pelotas, Embrapa Clima Temperado, p.212-225, 2004.

CASTAGNARA, D. D.; MESQUITA, E. E.; NERES, M. A.; OLIVEIRA, P. S. R.; DEMINICIS, B. B.; BAMBERG, R. Valor nutricional e características estruturais de gramíneas tropicais sob adubação nitrogenada. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v. 60, n. 232, p. 1-12, 2011.

CORRÊA, Luciano de Almeida. **Manejo e utilização de plantas forrageiras dos gêneros Panicum, Brachiaria e Cynodon** / Luciano de Almeida Corrêa, Patricia Menezes Santos. -- São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2003. 36p.; 21 cm. __ (Embrapa Pecuária Sudeste. Documentos 34).

COSTA, Kátia Aparecida de Pinho. **Adubação nitrogenada para pastagens do gênero Brachiaria em solos do Cerrado** / Kátia Aparecida de Pinho Costa, Itamar Pereira de Oliveira, Valdemar Faquin. – Santo Antônio de Goiás : Embrapa Arroz e Feijão, 2006. 60 p. : il. – (Documentos / Embrapa Arroz e Feijão, ISSN 1678-9644 ; 192)

COWAN, R.T. Milk production from grazing systems in northern Australia. In: Simpósio internacional o futuro dos sistemas de produção de leite no BRASIL Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: EMBRAPA -CNPGL, 1995. p.41-54.

DETMANN... [et al.]. **Métodos para análise de alimentos**. Visconde do Rio Branco, MG: Suprema, 2012. 214p.

DIAS FILHO, M. B. **Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação**. 3. ed. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 190p., 2007.

DIAS JUNIOR, M.S. **Compression of three soils under long-term tillage and wheel traffic**. East Lansing: Michigan State University, 1994. 114p. (Ph.D. - Dissertation).

DIAS JUNIOR, M. S.; PIERCE, F. J. O processo de compactação do solo e sua modelagem. **Revista Brasileira de Ciências do solo**, v. 20, n. 1, p. 175-182, 1996.

DIAS, P. F. et al. Produtividade e qualidade de gramíneas forrageiras tropicais sob adubação nitrogenada no final do período das águas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, n. 7, p. 1191-1197, 1998.

FALKER AUTOMAÇÃO AGRÍCOLA Ltda. **Manual do medidor eletrônico de teorclorofila** (ClorofiLOG / CFL 1030). Porto Alegre, Falker Automação Agrícola. Rev. B. 2008. 33p.

FERREIRA, D. F. **SISVAR** – Sistema de análise de variância. Versão 5.3. Lavras-MG: UFLA, 2010.

FRANÇA, A. F. S.; BORJAS, A. L. R.; OLIVEIRA, E. R.; SOARES, T. V.; MIYAGI, E. S.; SOUSA, V. R. Parâmetros nutricionais do capim-tanzânia sob doses crescentes de nitrogênio em diferentes idades de corte. **Ciência Animal Brasileira**, v. 8, n. 4, p. 695-703, out./dez. 2007.

FREITAS, K. R.; ROSA, B. RUGGIERO, J. A.; NASCIMENTO, J. L.; HEINEMAM, A. B.; FERREIRA, P. H.; MACEDO, R. Avaliação do capim mombaça (*Panicum maximum* Jacq.) submetido a diferentes doses de nitrogênio. **Acta Scientiarum**. Agronomy. Maringá, v. 27, no. 1, p. 83-89, Jan./March, 2005.

GARGANTINI, P. E. **Irrigação e adubação nitrogenada em capim-mombaça (*Panicum maximum* Jacq.) na região oeste do estado de São Paulo**. 2005. 85 f. Dissertação (Mestre em Agronomia, Sistemas de Produção) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista-UNESP, Campus de Ilha Solteira, Ilha Solteira, 2005.

GERDES, L.; WERNER, J. C.; COLOZZA, M. T. et al. Avaliação de características de valor nutritivo das gramíneas forrageiras marandu, setária e tanzânia nas estações do Ano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 4, p.955-963, 2000.

GIACOMINI, A. A.; MATTOS, W. T.; MATTOS, H.B.; WERNER, J. C.; CUNHA, E. A.; CARVALHO, D.D. Crescimento de raízes dos capins Aruana e Tanzânia submetidos a duas doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 4, p. 1109-1120, 2005.

HERRERA, R. S.; RAMOS, N.; HERNANDÉZ, Y. Respuesta de la bermuda cruzada a la fertilización nitrogenada y edad de rebrote. V. Rendimientos de materia seca, hojas, proteína bruta y eficiencia de utilización del nitrógeno. **Revista Cubana Ciencia Agrícola**, San José de las Lajas, v. 20, p.193-201, 1986.

KICHEL, ARMINDO NEIVO **Diagnóstico para o planejamento da propriedade /** Armindo Neivo Kichel... [et al.]. — Dados eletrônicos. — Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2011. 38 p.

LANA, R. P. **Nutrição e alimentação animal (mitos e realidades)**. Viçosa: UFV, 2005, 334p.

LIMA, C. L. R. **Compressibilidade de solos versus intensidade de tráfego em um pomar de laranja e pisoteio animal em pastagem irrigada**. Tese (Doutorado em Agronomia) – Curso de pós-graduação em Agronomia. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2004, 60p.

LOPES, Wenderson Brito. **Níveis de água disponível no solo e adubação nitrogenada sobre as características morfológicas e estruturais da brachiaria brizantha cv. Mg-5**. Wenderson Brito Lopes. – Itapetinga-BA: UESB, 2010. 55p. Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB - *Campus* de Itapetinga.

MACHADO, A. O.; CECATO, U.; MIRA, R. T.; PEREIRA, L. A. F.; DAMASCENO, J. C. Avaliação da composição química e digestibilidade in vitro da matéria seca de cultivares e acessos de *Panicum maximum* Jacq sob duas alturas de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 27, n. 5, p. 1057-1063, out. 1998.

MARANHÃO, C.M.A.; SILVA, C.C. da; BONOMO, P.; PIRES, A.J.V. Produção e composição químicobromatológica de duas cultivares de braquiária adubadas com nitrogênio e sua relação com o índice SPAD. **Acta Scientiarum**. Animal Sciences, Maringá, v.31, n.2, p.117-122, 2009.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2.ed. London: Academic Press, 1995. 889p.

MESQUITA, E. E.; NERES, M. A.; FUJII, P. R. H.; ZSCHORNACK, R.; CARARD, M.; PETRY, L. Produção de matéria seca e composição mineral de cultivares de *Brachiaria brizantha*, na estação seca, com e sem aplicação de nitrogênio. In: Reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia, 41. Campo Grande, 2004. **Anais...** Campo Grande: SBZ, 2004.

MONZANI, EUKIRA ENILDE. **Padronização de método analítico de fibra em alimentos volumosos/** Eukira Enilde Monzani.- São José dos Campos: SP/UNICASTELO, 2014.

NEVES, S. C.; ABREU, P. A. A.; FRAGA, L.M. S. Fisiografia. In: SILVA, A. C.; PEDREIRA, L. C. V. S. F.; ABREU, P. A. A. **Serra do Espinhaço Meridional, Paisagens e Ambientes**. Belo Horizonte: O Lutador, 2005. Capítulo 2, 272 p.

OLIVEIRA, A. B. B.; ANDRADE, A. C.; MAGALHÃES, J. A.; RODRIGUES, B. H. N.; MEHL, H. U.; SANTOS, F. J. S.; SILVA, E. M.; COSTA, C. A. A.; COSTA, N. L. Produtividade do capim-digitária (*Digitaria* spp.) sob diferentes doses de nitrogênio. **Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 9, n. 2, pág. 70-75, Fev., 2015.

REIS, R. A.; RODRIGUES, L. R. A. **Valor nutritivo de plantas forrageiras**. Jaboticabal, FCAVJ-UNESP/FUNEP, 1993. 26 p.

ROCHA, P. G. et al. Adubação nitrogenada em gramíneas do Gênero *Cynodon*. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 3, n. 1, p. 1-10, mai. 2002.

RODRIGUES, R. B.; COSTA, K. A. P.; OLIVEIRA, I. P.; SOUZA, M. R. F.; OLIVEIRA, M. A.; RODRIGUES, C. P. F.; OLIVEIRA, A.; MELO, E. M. F. **Efeito da adubação nitrogenada na produção de massa seca e composição bromatológica de cultivares de *brachiaria brizantha***. Universidade Estadual de Goiás, UEG. 2007.

SANTANA, S.C. **Indicadores físicos da qualidade de solos no monitoramento de pastagens degradadas na região sul do Tocantins**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Tocantins, Gurupi. 76p. 2009.

SANTOS, M.E.R.; FONSECA, D.M.; EUCLIDES, V.P.B. et al. Produção de bovinos em pastagens de capim-braquiária diferidas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.4, p.635-642. 2009a.

SARMENTO, P.; RODRIGUES, L.R.A.; LUGÃO, S.M.B. et al. Características físicas do solo em pastagem de *Panicum maximum* Jacq. (acesso BRA-006998) adubada com nitrogênio. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36., 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: Sociedade Brasileira de Zootecnia/Infovia, (2003).

SARMENTO, P.; RODRIGUES, L. R. A.; LUGÃO, S.M. B.; FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P.; CAMPOS, F. P.; OLIVEIRA, R. F. Sistema radicular do *Panicum maximum* Jacq. cv. IPR-86 Milênio adubado com nitrogênio e submetido à lotação rotacionada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 1, p. 27-34, 2008.

SERAFIM, Renata Soares. **Produção e composição química da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu adubada com água residuária de suinocultura** / Renata Soares Serafim. Jaboticabal, 2010 xiii, 96 f. ; 28 cm Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2010.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análises de alimentos (métodos químicos e biológicos)**. 3.ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2002. 235p.

SOUZA, Igor Alexandre de. **Avaliação do capim-braquiária e dos atributos físicos do solo sob doses de nitrogênio** / Igor Alexandre de Souza. – Diamantina: UFVJM, 2012. 53p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, MG.

STANCATI, G.; NOGUEIRA, J.B. ; VILLAR, O.M. Compactação do solo. In: **Ensaio de laboratório em mecânica do solos**. São Paulo, USP, 1981. p. 81-93.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. Ithaca: Cornell University, 1994. 476 p.

ARTIGO CIENTÍFICO II

RESISTÊNCIA DO SOLO À PENETRAÇÃO EM DIFERENTES GRAUS DE COMPACTAÇÃO DE UM LATOSSOLO CULTIVADO COM ESPÉCIES FORRAGEIRAS

RESUMO

Objetivou-se com este trabalho avaliar a resistência do solo à penetração de um Latossolo cultivado com as gramíneas forrageiras *Bachiaria ruzizienses*, *Brachiaria brizantha* cv. MG-5 Vitória e *Panicum maximum* cv. mombaça, submetidas aos graus de compactação (95%, 85%, 75% e 65%) e adubação nitrogenada e avaliar também a capacidade dessas espécies em aliviar a estrutura do solo e a sua susceptibilidade. O experimento foi conduzido em vasos em casa de vegetação localizada na UFVJM campus JK, em Diamantina-MG. As amostras indeformadas foram coletadas em três experimentos independentes após 90 dias. Após a coleta das amostras, essas foram encaminhadas para o laboratório, onde foram trabalhadas e saturadas por um período de 48 h, para assim dar início ao ensaio de Resistência do solo à penetração (RP). Realizou-se também a avaliação de RP em Vasos contendo solo compactado com GC de 95%, antes da semeadura, e a modelagem foi feita ajustando um modelo exponencial de RP x umidade e foram comparados estatisticamente por um teste de identidade de modelos. Com os valores de RP antes e após a semeadura, foi possível avaliar o alívio sofrido pelo solo imposto pelo manejo adotado. Foram coletadas também amostras indeformadas para a realização da umidade na capacidade de campo e amostras deformadas para realização da caracterização do solo e teor de matéria orgânica. Para as três gramíneas forrageiras os modelos matemáticos da RP foram estatisticamente diferentes entre si exceto para os graus de compactação de 65% e 75%. A *Brachiaria ruziziensis* proporcionou uma redução da RP de 11% em comparação à compactação inicial, enquanto a *Brachiaria brizantha* cv. MG-5 Vitória e o *Panicum maximum* cv. mombaça, apresentaram valores de redução da RP de 24% e 18% respectivamente. A gramínea forrageira *Brachiaria ruziziensis* foi a que apresentou uma maior RP na umidade na capacidade de campo no grau de compactação de 95%. As três espécies forrageiras têm capacidade de alívio da estrutura do solo compactado, porém, a que apresentou maior eficiência foi a *Brachiaria brizantha* cv. MG-5 Vitória.

Palavras-chave: compactação do solo; *Bachiaria ruzizienses*; *Brachiaria brizantha* cv.

MG-5 Vitória; *Panicum maximum* cv. mombaça; atributos físicos do solo.

ABSTRACT

THE PENETRATION RESISTANCE IN DIFFERENT SOIL COMPACTION DEGREES OF OXISOL WITH FORAGE SPECIES

The objective of this study was to evaluate the soil resistance to penetration of a Oxisol cultivated with forage grasses *Bachiaria ruzizienses*, *Brachiaria brizantha* cv. MG-5 Victory and *Panicum maximum* cv. mombasa, subject to the degree of compression (95%, 85%, 75% and 65%) and nitrogen fertilization and evaluate Also the ability of these species in alleviating the soil structure and its susceptibility. The experiment was conducted in pots in a greenhouse located on the campus UFVJM JK, Diamantina-MG. Undisturbed soil samples were collected in three independent experiments after 90 days. After collecting the samples, these were sent to the laboratory, where they worked and saturated for a period of 48 h, so as to start up the soil resistance test will penetration (RP). also performed the evaluation of RP in vessels containing compacted soil with 95% GC, before sowing and modeling was done by adjusting an exponential model $RP \times$ and humidity were compared statistically by a unique test identity. With the RP values before and after sowing, it was possible to assess the relief experienced by the soil imposed by the adopted management. They were also collected soil samples for holding moisture at field capacity and deformed samples for soil characterization and organic matter content. For the three grasses mathematical models of RP were statistically different from each other except for the degree of compaction of 65% and 75%. The *Brachiaria ruziziensis* provides a reduction in PR 11% compared to the initial compression, while *Brachiaria brizantha* cv. MG-5 Victory and *Panicum maximum* cv. mombasa, decreased values of RP 24% and 18% respectively. The forage grass *Brachiaria ruziziensis* was the one with a higher PR in moisture at field capacity in the degree of compression of 95%. The three forage species have relief capacity of the compacted soil structure, however, with the highest efficiency was *Brachiaria brizantha* cv. MG-5 victory.

Keywords: soil compaction; *Brachiaria ruziziensis*, *Brachiaria brizantha* cv. MG-5 victory, *Panicum maximum* cv. mombasa; soil physical attributes.

INTRODUÇÃO

O sistema de produção agrícola vem sendo praticado de maneira intensiva e sem o monitoramento correto das práticas de cultivo, o que leva a uma alteração na estrutura física do solo. Isso ocasiona a compactação do solo, que resulta em limitação do desenvolvimento do sistema radicular das plantas, implicando na diminuição da sua capacidade produtiva.

A produção animal sob sistema de pastagens é considerada uma atividade agrícola de maior competição e rentabilidade da pecuária brasileira, entretanto, a degradação das pastagens cultivadas tem representado uma ameaça à sustentabilidade econômica desse sistema de produção (SANTOS et al., 2010). Então, há necessidade de contornar esse problema, tomando-se a decisão pela reforma ou a recuperação dos pastos degradados (OLIVEIRA; CORSI, 2005).

Avaliações têm demonstrado que boa parte das pastagens em biomas importantes como a Amazônia e o Cerrado brasileiro se encontra em algum estado de degradação ou até mesmo degradada (DIAS-FILHO, 2007). A degradação dos solos sob pastagem afeta diretamente as propriedades físicas do solo, o que implica na diminuição da sua capacidade produtiva através do uso intensivo e indiscriminado dessa prática.

Áreas de cultivo em que há um intenso tráfego de máquinas e, ou, pisoteio de animais apresentam uma grande alteração nos atributos físicos do solo, proporcionando um adensamento das camadas de solo, havendo uma redução dos espaços porosos, promovendo a compactação desse solo (MOSADDGHI et al., 2007), o que acarreta a diminuição da produtividade das culturas. Em função disso, a compactação do solo tem proporcionado a perda da produtividade agrícola, levando o solo a um estado de degradação (SILVA et al., 2000).

O pisoteio animal favorece a compactação da camada superficial do solo, que é evidenciada pelo aumento da densidade do solo e da resistência do solo à penetração e pela diminuição da macroporosidade, da porosidade total e da condutividade hidráulica. Isto leva à redução da taxa de infiltração, expondo o solo à erosão (AZEVEDO; SVERZUT, 2007).

O manejo inadequado do solo causado principalmente pelo preparo mecânico ou pisoteio de animais em condições de umidade inadequada, além da superlotação de animais na área de pastejo, contribuíram para o aumento de áreas compactadas no Brasil. Isso vem proporcionando desafios para os pesquisadores descobrirem as técnicas mais precisas para avaliar, quantificar, controlar e evitar este efeito de compactação (ROCHA, 2003).

Para evitar maiores adensamentos da camada superficial do solo, é possível a quantificação e monitoramento dessas ações que impedem o desenvolvimento do sistema radicular das culturas.

A resistência do solo à penetração (RP) é um dos parâmetros mais utilizados para identificar uma camada compactada do solo (ROCHA, 2007). Segundo Neiva Jr et al. (2015), a resistência do solo aumenta com o aumento do grau de compactação, ocasionando danos ao sistema radicular, refletindo na dinâmica de água e nutrientes no solo.

Segundo Merotto Jr.; Mundstock (1999), o valor da RP considerado crítico para o crescimento das plantas em diferentes sistemas de manejo é de 2 MPa na umidade correspondente à capacidade de campo.

Costa et al. (2012), trabalhando com *Panicum maximum* Jacq. cv. IPR-86 Milênio, observaram que, com o incremento de resistência do solo à penetração, houve uma redução na produção de raízes dessa espécie.

Outra forma para avaliar a suscetibilidade do solo à compactação em laboratório é através do ensaio de Proctor normal. Nesse ensaio, para uma mesma energia de compactação, a densidade com a qual o solo é compactado vai depender da umidade em que o solo se encontra quando ocorrer a compactação (VARGAS, 1977). Através deste ensaio, define-se o ponto ótimo para compactação do solo. Assim, é possível saber a umidade ótima de compactação, ou seja, o momento em que o solo se encontra em uma umidade que ocasionará sua compactação com alguma prática agrícola (PROCTOR, 1933).

O grau de compactação (GC) é a relação entre a densidade natural de um solo em algum estado padrão ou de compactação máxima, quando a compactação máxima ou densidade máxima pode ser obtida através do ensaio de Proctor normal (CARTER, 1990; HAKANSSON, 1990; LIPIEC ET AL., 1991; SILVA ET AL., 1997). A Densidade relativa (DR) também é um indicativo da qualidade física do solo. Ela é obtida pela razão da densidade do solo natural e a densidade resultante da máxima compactação (DMS) pelo teste de Proctor (NHANTUMBO; CAMBULE, 2006). A diferença entre GC e DR é que o GC deve ser multiplicado por 100.

O grau de compactação (GC) ou densidade relativa (DR) é um parâmetro de fácil medição que indica mudanças nos parâmetros físicos do solo como macroporosidade, condutividade hidráulica, permeabilidade ao ar e resistência à penetração do solo (CARTER, 1990). Segundo Castagnara et al. (2012); Carter (1990), o valor crítico de DR para o bom desenvolvimento das gramíneas é de 0,84 ou 84% de GC.

Dentre as gramíneas forrageiras mais importantes no estabelecimento de pastagens estão as do gênero *Brachiaria*, que ganham destaque pela sua contribuição no avanço da pecuária brasileira, rompendo barreiras de adaptação e batendo recordes de produção, permitindo ganhos expressivos na taxa de lotação, no desempenho e na produtividade animal (COSTA, 2006). E também as do gênero *Panicum*, devido a seu grande potencial de produção de matéria seca por unidade de área, ampla adaptabilidade, boa qualidade de forragem e facilidade de estabelecimento (CORRÊA, 2003).

Objetivou-se com esse trabalho avaliar a resistência do solo à penetração em um Latossolo Vermelho Amarelo cultivado com gramíneas forrageiras submetidas a diferentes graus de compactação.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em vasos na casa de vegetação da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM em Diamantina- MG. Os tratamentos foram: três espécies de forrageiras (*Brachiaria brizantha* cv. MG-5 Vitória, *Brachiaria ruzizienses* e *Panicum maximum* cv. mombaça, quatro Graus de compactação (65%, 75%, 85% e 95%) e uma dose de adubo nitrogenado (300 Kg de N/ha) aplicada em cobertura aos 30 e 60 dias após a emergência (COMISSÃO, 1999).

A irrigação foi conduzida de acordo com a umidade na capacidade de campo ajustada para 60% da capacidade de retenção de água, e foi manejado com o auxílio do medidor eletrônico de umidade do solo, da marca FALKER 2030, operado conforme as instruções do fabricante (FALKER, 2008).

Realizaram-se os ensaios de Proctor normal de acordo com a norma NBR 7182/86 em amostras deformadas para a obtenção da Densidade máxima e Umidade ótima de compactação.

Para a obtenção da curva de compactação do solo, compactaram-se pelo menos cinco corpos de prova com umidades crescentes. A compactação dos corpos de prova se deu em três camadas, as quais receberam 25 golpes do martelo usado no ensaio de Proctor normal (STANCATI et al. 1981), determinando-se, a seguir, a densidade do solo. Para cada camada, uma amostra de solo foi coletada para a determinação da umidade. Com os valores da umidade e da Densidade do solo plotaram-se os pontos, obtendo, através do software Excel for Windows, as regressões que melhor se ajustaram a esses pontos determinados no ponto de máximo da função, obtendo a Densidade do solo máxima (DsMáx) e a Umidade ótima (UOt)

de compactação através das expressões $DsMáx = -B/2A$ e $UÓt = -(B^2-4AC)/4a$, em que A, B e C são os coeficientes de ajuste das equações.

O grau de compactação é a razão entre a densidade natural do solo ou a desejada e a densidade máxima obtida pelo ensaio de Proctor normal, multiplicada por 100, ou seja:

$$GC = \frac{\text{Densidade do Solo no Campo} \times 100}{\text{Densidade Máxima do Proctor}}$$

A densidade natural do solo foi obtida pelo método do anel volumétrico descrito em Blake; Hartge (1986).

Uma vez estipulado o grau de compactação, conhecendo a densidade máxima do solo e o volume do vaso, foi possível calcular a massa de solo a ser colocada dentro dos vasos. Foram utilizados vasos de 8 Litros. Dentro desses vasos foi colocada a quantidade de solo compactado referente a cada grau de compactação.

Para os ensaios de Resistência do solo à penetração (RP), foram coletadas amostras indeformadas de solo em anéis de 2,2 cm de altura e 6,0 cm de diâmetro com auxílio do amostrador do tipo Uhland (Figura 1) em cada vaso nas profundidades de 0 a 10 cm. Essas amostras foram acondicionadas em plástico filme, parafinadas e identificadas. A utilização do plástico filme e da parafina garante que a estrutura da amostra seja preservada até a realização do ensaio de RP. Posteriormente, essas amostras foram encaminhadas para o laboratório de Mecânica e física do solo (MEFIS) no departamento de Agronomia da UFVJM para a realização desse ensaio.

Realizou-se o ensaio de RP utilizando um penetrômetro de molas da marca ELE International, penetrômetro portátil de avaliação de perfis de solos. Esse equipamento é de fácil manuseio e obtém rápidos resultados (DEXTER et al., 2007); permite identificar, no perfil do solo, barreiras que impeçam o crescimento do sistema radicular, garantindo um desenvolvimento significativo (MAGALHAES et al., 2009).

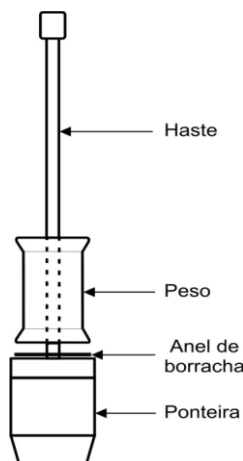


Figura 1. Amostrador de Uhland esquematizado.

Fonte: “Adaptado de **Kondo, 1998**”.

Em laboratório, as amostras foram trabalhadas para que seu volume coincidissem com o volume do anel, facilitando o cálculo de densidade do solo e o manuseio dessas amostras. O volume da amostra deve ser correspondente ao volume do anel, sendo necessário, para o seu preparo, retirar as partes excedentes das superfícies.

Após o preparo das amostras indeformadas de solo, essas foram saturadas com água destilada por um período de até 48 horas, mantendo-se o nível d’água 2/3 da sua altura. Após esse procedimento, iniciaram-se as avaliações de RP, que consistiram em medir a resistência do solo dentro do anel com o auxílio do penetrômetro já descrito acima, e posterior pesagem dos monólitos. Esse procedimento foi repetido até que o solo se encontrasse com um valor tal de umidade que não permitisse mais a leitura da RP. No final do ensaio, as amostras foram levadas para a estufa a 105°C por 24h para secagem. Com os valores das massas dos solos úmidos e secos, calcularam-se as umidades correspondentes aos valores das determinações da RP. De posse das informações de RP versus umidade, puderam ser obtidos os modelos matemáticos que auxiliaram no entendimento da compactação ou não dos manejos estudados. Os modelos gerados são exponenciais e foram comparados estatisticamente segundo procedimentos descritos por Snedecor; Cochran (1989).

A comparação das modelagens de RP, para as diferentes espécies e graus de compactação, considerou também o solo com GC de 95% antes da semeadura; e com os valores de RP na capacidade de campo, foi possível quantificar a redução de RP devido ao desenvolvimento da cultura após os 90 dias. A redução da RP foi obtida através da razão da RP no GC 95% antes da semeadura e a RP no GC 95% após a colheita. Esta redução de RP reflete o alívio da estrutura do solo provocado pela cultura. As identificações das modelagens são: RPa = resistência à penetração no grau de compactação de 95% antes da semeadura; RP95 = resistência à penetração no grau de compactação de 95% após a colheita; RP85 =

resistência à penetração no grau de compactação de 85% após a colheita; RP75 = resistência à penetração no grau de compactação de 75% após a colheita e RP65 = resistência à penetração no grau de compactação de 65% após a colheita.

Para o ensaio da umidade na capacidade de campo, foram coletadas amostras indeformadas. Essas amostras foram preparadas retirando-se o excesso de solo para que seu volume igualasse com o volume do anel. Posteriormente, essas amostras foram saturadas por um período de 48 h e equilibradas na tensão de -6kpa, correspondente à capacidade de campo para este solo. Utilizou-se, para isto, uma mesa de tensão construída na UFVJM e calibrada com a unidade de sucção da UFVJM.

Coletaram-se também amostras deformadas de solos para uma caracterização do solo, consistindo em análise granulométrica pelo método da pipeta (DAY, 1965; EMBRAPA, 1997) e teor de matéria orgânica (RAIJ; QUAGGIO, 1983) (Tabela 1).

Tabela 1. Caracterização física e matéria orgânica do Latossolo Vermelho-Amarelo (LVAd). Diamantina, UFVJM, 2016.

Umidade na capacidade de campo (%)	Areia (%)	Argila (%)	Silte (%)	M.O.(dag/kg)
38	34,2	54,3	11,5	0,7

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A figura 2 mostra a modelagem matemática da resistência do solo à penetração com a umidade e o grau de compactação para a espécie forrageira *Brachiaria ruziziensis*. Pelo teste de Snedecor; Cochran (1989) (Tabela 2) observa-se que os modelos diferiram entre si, exceto os modelos para Graus de compactação de 65% e 75%. Assim, uma nova modelagem foi realizada agrupando estes dois modelos (Figura 3).

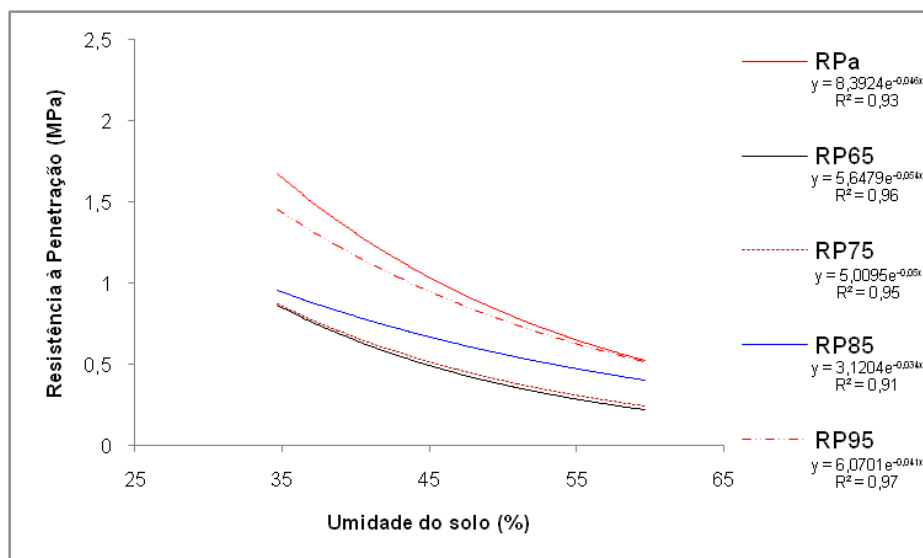


Figura 2. Modelagem da resistência do solo à penetração com a umidade do solo de um Latossolo vermelho-amarelo cultivado com gramínea forrageira *Brachiaria ruziziensis* na dose de 300 Kg de N/ha em diferentes graus de compactação.

Tabela 2. Teste de significância de acordo com Snedecor; Cochran (1989) entre as curvas de compactação de um Latossolo vermelho-amarelo nas diferentes umidades e graus de compactação para a gramínea forrageira *Braquiaria ruziziensis*. RPa = resistência à penetração no grau de compactação de 95% antes da semeadura; RP95 = resistência à penetração no grau de compactação de 95% após a colheita; RP85 = resistência à penetração no grau de compactação de 85% após a colheita; RP75 = resistência à penetração no grau de compactação de 75% após a colheita e RP65 = resistência à penetração no grau de compactação de 65% após a colheita. Diamantina, UFVJM, 2016.

Graus de compactação	F	
	Coefficiente angular, b	Coefficiente linear, a
RPa vs RP95	NS	*
RPa vs RP85	*	*
RPa vs RP75	*	*
RPa vs RP65	*	*
RP95 vs RP85	*	*
RP95 vs RP75	*	*
RP95 vs RP65	*	*
RP85 vs RP75	*	*
RP85 vs RP65	*	*
RP75 vs Rp 65	Ns	Ns

F: testa a homogeneidade dos dados; b coeficiente angular da regressão linearizada; a intercepto da regressão linearizada; H: homogêneo; NH: não homogêneo; ns: não significativo; * significativo a 5% de probabilidade.

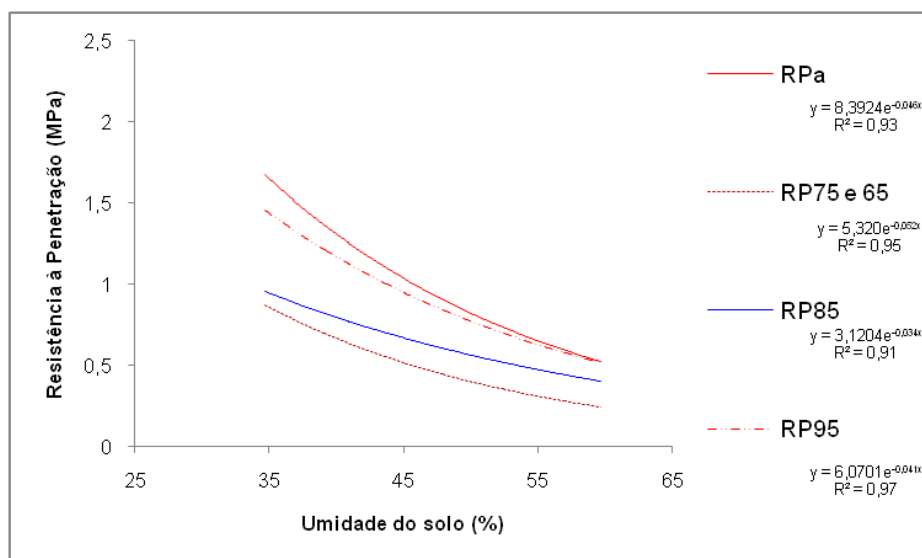


Figura 3. Modelagem ajustada da resistência do solo à penetração com a umidade do solo de um Latossolo vermelho-amarelo cultivado com gramínea forrageira *Brachiaria ruziziensis* na dose de 300 kg de N/ha e em diferentes graus de compactação.

Observa-se que o solo antes do plantio apresentou maiores valores de Resistência do solo à penetração (RP) em comparação aos demais solos, fato este explicado pela maior compactação deste solo em função do tratamento, pois 95% para grau de compactação nos mostram que este solo está apenas com uma diferença de 5% da densidade máxima que ele pode chegar quando sujeito à aplicação de pressões externas (NHANTUMBO; CAMBULE, 2006). Pode-se observar, pela figura 2, que a ordem decrescente de RP com GC foi $RP_a > RP_{95\%} > RP_{85\%} > RP_{75\%}$ e $RP_{65\%}$. A modelagem então reforça que a resistência do solo aumenta com o grau de compactação, o que pode causar danos ao sistema radicular e toda a dinâmica de água e nutrientes no solo, afetando diretamente o desenvolvimento e produtividade das plantas (CARTER, 1990; NEIVA JÚNIOR et al., 2015). A não diferença entre os modelos para 75% e 65% se deve ao fato de que a compactação neste grau não chega a afetar significativamente o desenvolvimento radicular da gramínea, uma vez que, segundo Carter (1990), este valor pode chegar a 84% sem muitos prejuízos a essas culturas. Nesta condição, o solo pode apresentar uma boa porosidade, o que permite a adequada infiltração de água e o transporte dos nutrientes, permitindo que a planta tenha um bom desenvolvimento radicular, tendo resposta significativa na sua produção e, no caso do GC de 75%, o solo sofrerá um alívio, igualando-o ao solo com GC de 65%.

Na tabela 3, observam-se os valores de RP na capacidade de campo para o solo cultivado com a *Braquiaria ruziziensis*. Segundo Merotto Jr.; Mundstock (1999), valores de RP na capacidade de campo acima de 2MPa indicam compactação do solo. Nenhum dos tratamentos apresentou valores acima do limite estabelecido, indicando que não há

compactação relacionada a estes tratamentos. Ao se calcular a redução de RP, com base no GC de 95%, comparando-se antes da semeadura e após a colheita, observa-se que este valor foi de 11%. Isto mede a eficiência da planta em aliviar a estrutura do solo nestas condições de umidade e nutrição.

Tabela 3. Valores médios da Resistência do Solo à Penetração na capacidade de campo e na umidade ótima de compactação para o solo cultivado com a gramínea forrageira *Braquiária ruziziensis*. Diamantina, UFVJM, 2016.

Grau de compactação	RP (MPa) na Umidade de capacidade de campo	Redução de RP
Antes da semeadura	1,46 a	11%
95%	1,30 b	
85%	0,85 c	
75 e 65%	0,73 d	

Valores seguidos da mesma letra na vertical, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Snedecor; Cochran (1989) com 5% de significância.

Na figura 4 estão apresentadas as modelagens de RP com diferentes umidades e graus de compactação para a gramínea forrageira *Panicum maximum* cv. mombaça. O teste de identidade de modelos sugerido por Snedecor; Cochran (1989) está apresentado na tabela 4. Observa-se que, de maneira semelhante à *Brachiaria ruziziensis*, os solos sob os graus de compactação 65% e 75%, após a colheita da gramínea forrageira, não diferiram entre si, assim, uma nova modelagem foi realizada agrupando os dois tratamentos (Figura 5).

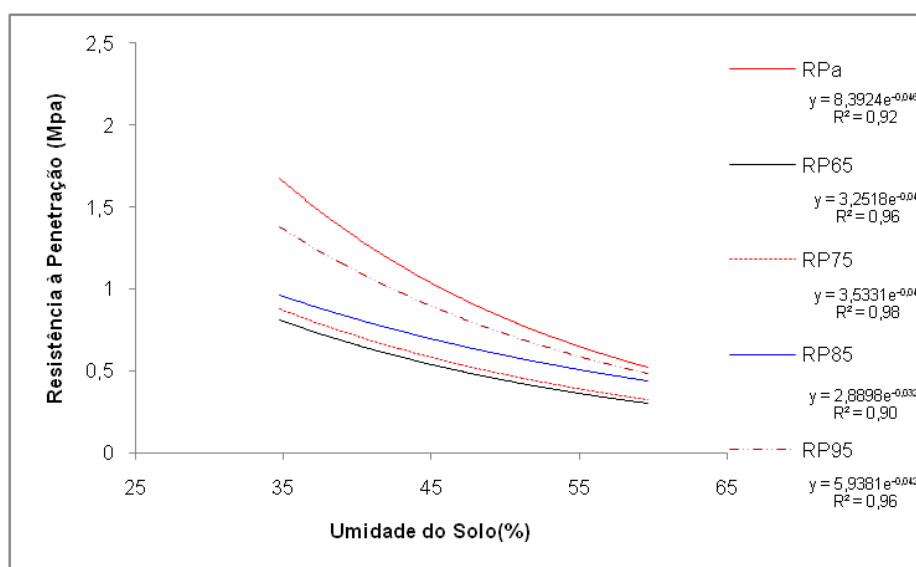


Figura 4. Modelagem da resistência do solo à penetração com a umidade do solo de um Latossolo vermelho-amarelo cultivado com gramínea forrageira *Panicum maximum* cv. mombaça na dose de 300 kg de N/ha e em diferentes graus de compactação.

Tabela 4. Teste de significância de acordo com Snedecor; Cochran (1989) entre as curvas compactação de um Latossolo Vermelho-Amarelo nas diferentes umidades e graus de compactação para a gramínea forrageira *Panicum maximum* cv. mombaça. RPa = resistência à penetração no grau de compactação de 95% antes da semeadura; RP95 = resistência à penetração no grau de compactação de 95% após a colheita; RP85 = resistência à penetração no grau de compactação de 85% após a colheita; RP75 = resistência à penetração no grau de compactação de 75% após a colheita e RP65 = resistência à penetração no grau de compactação de 65% após a colheita. Diamantina, UFVJM, 2016.

Graus de compactação	F	
	Coefficiente angular, b	Coefficiente linear, a
RPa vs RP95	Ns	*
RPa vs RP85	*	*
RPa vs RP75	*	*
RPa vs RP65	*	*
RP95 vs RP85	*	*
RP95 vs RP75	Ns	*
RP95 vs RP65	Ns	*
RP85 vs RP75	*	*
RP85 vs RP65	*	*
RP75 vs Rp 65	Ns	Ns

F: testa a homogeneidade dos dados; b = coeficiente angular da regressão linearizada; a = intercepto da regressão linearizada; H: homogêneo; NH: não homogêneo; ns: não significativo; * significativo a 5% de probabilidade.

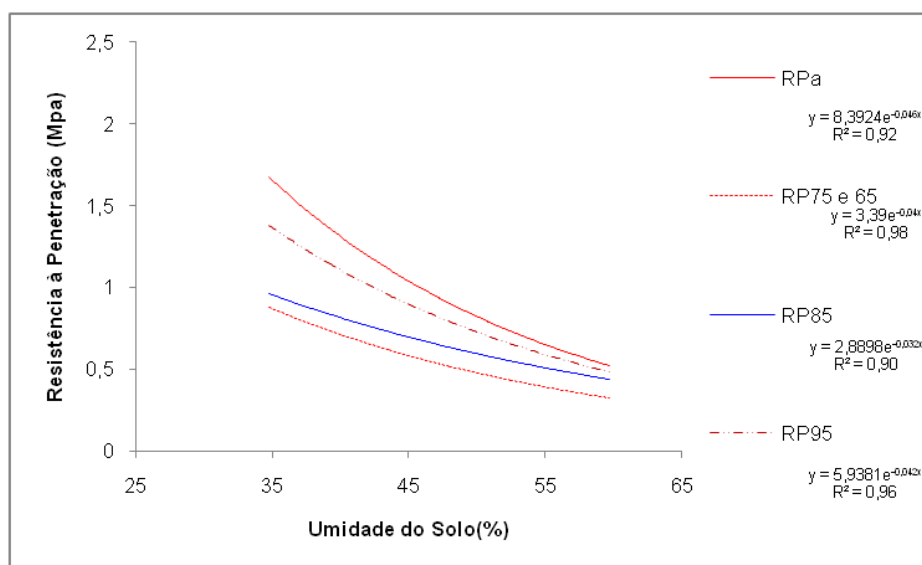


Figura 5. Modelagem ajustada da resistência do solo à penetração com a umidade do solo de um Latossolo vermelho-amarelo cultivado com gramínea forrageira *Panicum maximum* cv. mombaça na dose de 300 kg de N/ha e em diferentes graus de compactação.

Analogamente ao observado para a *Braquiaria ruziziensis*, também, o que se observa na figura 4 é que maiores GC conferem maiores valores de RP, com maior destaque ao GC de 95% conferido ao solo antes da semeadura.

Na tabela 5, observam-se os valores de RP obtidos na umidade correspondente à capacidade de campo para o solo cultivado com a gramínea forrageira *Panicum maximum* cv. mombaça.

Tabela 5. Valores médios da Resistência do Solo à Penetração na capacidade de campo e na umidade ótima de compactação para o solo cultivado com a gramínea forrageira *Panicum maximum* cv. mombaça. Diamantina, UFVJM, 2016.

Grau de compactação	RP (MPa) na Umidade de capacidade de campo	Redução de RP
Antes da sementeira	1,46 a	18%
95%	1,20 b	
85%	0,86 c	
75 e 65%	0,75 d	

Valores seguidos da mesma letra na vertical, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Snedecor; Cochran (1989) com 5% de significância.

Observa-se que nenhum dos tratamentos conferiu valores de RP na capacidade de campo iguais ou superiores a 2MPa. A redução de RP observada para a gramínea forrageira em questão, quando se comparam os GC de 95% antes da sementeira e após a colheita, foi de 18%, o que torna esta planta mais eficiente em aliviar a estrutura do solo em comparação com a *Braquiaria ruziziensis*, que conferiu apenas 11% de alívio na estrutura do solo, fato este também relatado por Castagnara et al. (2012), que encontraram menores resultados de Resistência do solo à penetração para áreas com capim mombaça sob pasjeto em comparação à *Braquiaria ruziziensis*. Segundo Bonelli et al. (2011), o sistema radicular da gramínea forrageira *Panicum maximum* cv. mombaça funciona como um dreno, tendo a capacidade de direcionar os fotoassimilados para esta região, permitindo que essa planta tenha o desenvolvimento das raízes sob diferentes níveis de compactação do solo, proporcionando assim uma eficiência no alívio da estrutura do solo. A *Panicum maximum* cv. mombaça apresenta boa adaptabilidade, facilidade de estabelecimento e boa resistência (COSTA et al., 2004). Bonelli et al. (2011), ao avaliar espécies de forrageiras sob diversos níveis de compactação, observaram que a *Panicum maximum* cv. mombaça tem um bom desenvolvimento em solos compactados. Com mais estudos, talvez essa forrageira possa até ser utilizada como uma planta descompactadora de solo, já que a compactação não afetou muito o seu desenvolvimento.

A figura 6 apresenta a modelagem de RP nas diferentes umidades e diferentes GC para a gramínea forrageira *Braquiaria brizantha* cv. MG-5 Vitória. O teste de identidade de modelos está apresentado na tabela 6. Também, para esta forrageira, os valores de RP correspondentes aos GCs de 65% e 75% após a colheita não difeririam entre si pelo teste de

Snedecor; Cochran (1989). Com base nesse resultado, uma nova modelagem foi realizada agrupando os valores de RP correspondentes a 65% e 75% (Figura 7).

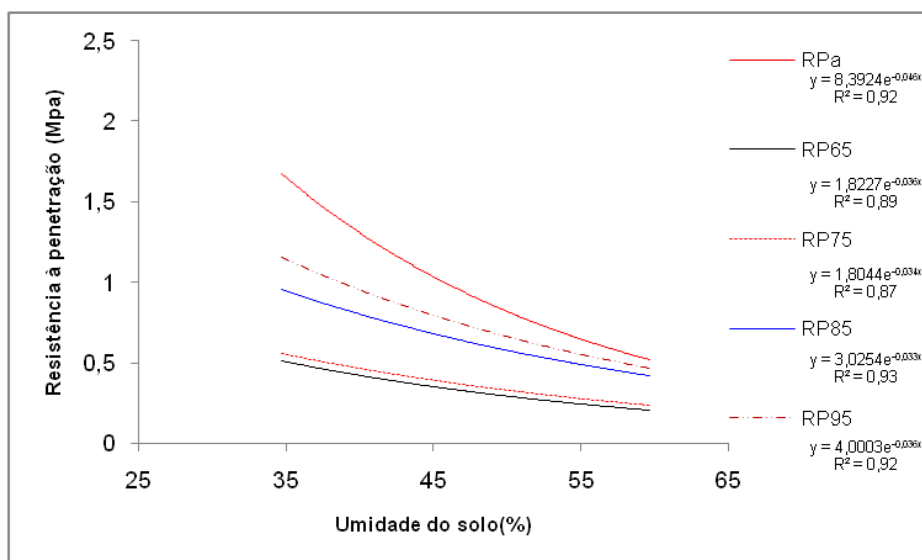


Figura 6. Modelagem da resistência do solo à penetração com a umidade do solo de um Latossolo vermelho-amarelo cultivado com gramínea forrageira *Brachiaria brizantha* cv. MG-5 Vitória, na dose de 300 kg de N/ha e em diferentes graus de compactação.

Tabela 6. Teste de significância de acordo com Snedecor; Cochran (1989) entre as curvas compactação de um Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado com gramínea forrageira *Brachiaria brizantha* cv. MG-5 Vitória, nas diferentes umidades e graus de compactação. RPa = resistência à penetração no grau de compactação de 95% antes da semeadura; RP95 = resistência à penetração no grau de compactação de 95% após a colheita; RP85 = resistência à penetração no grau de compactação de 85% após a colheita; RP75 = resistência à penetração no grau de compactação de 75% após a colheita e RP65 = resistência à penetração no grau de compactação de 65% após a colheita. Diamantina, UFVJM, 2016.

Graus de compactação	F	
	Coefficiente angular, b	Coefficiente linear, a
RPa vs RP95	*	*
RPa vs RP85	*	*
RPa vs RP75	*	*
RPa vs RP65	*	*
RP95 vs RP85	*	*
RP95 vs RP75	Ns	*
RP95 vs RP65	Ns	*
RP85 vs RP75	*	*
RP85 vs RP65	*	*
RP75 vs Rp 65	Ns	Ns

F: testa a homogeneidade dos dados; b = coeficiente angular da regressão linearizada; a = intercepto da regressão linearizada; H: homogêneo; NH: não homogêneo; ns: não significativo; * significativo a 5% de probabilidade respectivamente.

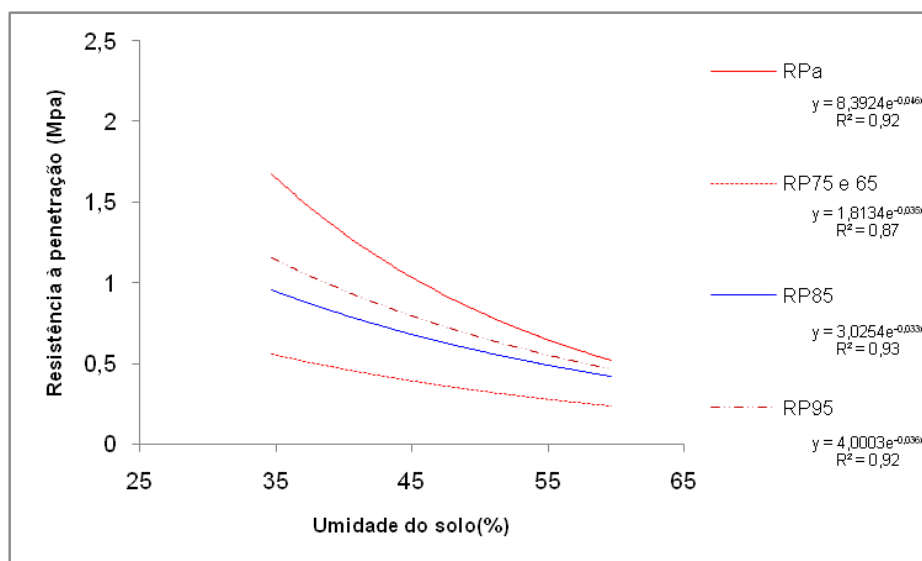


Figura 7. Modelagem ajustada da resistência do solo à penetração com a umidade do solo de um Latossolo vermelho-amarelo cultivado com gramínea forrageira *Brachiaria brizantha* cv. MG-5 Vitória dose de 300 kg de N/ha e em diferentes graus de compactação.

A não diferença entre os GC de 75% e 65% foi provocada, provavelmente, pelo desenvolvimento do sistema radicular no solo com GC de 75%, deixando a estrutura deste solo mais solta.

A gramínea forrageira *Brachiária Brizantha* cv. MG-5 Vitória é mais rústica e se adapta com facilidade a condições de seca prolongada, em solos ácidos e de baixa fertilidade de textura arenosa ou argilosa (MATSUDA SEMENTES, 2016). Há de se destacar que solos secos se contraem, aumentando a resistência mecânica (ROCHA, et al., 2007). Sendo assim, ela pode tolerar condições de solo inadequadas, inclusive um solo compactado.

Destaca-se, entre os valores apresentados na tabela 7, a redução de RP quando se comparam os tratamentos com 95% de GC antes da semeadura e depois da colheita. Fica claro que esta cultura é mais eficiente que as demais em aliviar a estrutura do solo, o que pode ser explicado pela maior rusticidade desta forrageira e sua capacidade de se adaptar às condições de solo e tipos de manejos a serem desenvolvidos (SOUZA et al., 1996).

Tabela 7. Valores médios da Resistência do Solo à Penetração na capacidade de campo e na umidade ótima de compactação para o solo cultivado com a gramínea forrageira *Brachiaria brizantha* cv. MG-5 Vitória. Diamantina, UFVJM, 2016.

Grau de compactação	RP (MPa) na Umidade de capacidade de campo	Redução de RP
Antes da semeadura	1,46 a	24%
95%	1,11 b	
85%	0,86 c	
75 e 65%	0,48 d	

Valores seguidos da mesma letra na vertical, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Snedecor; Cochran (1989) com 5% de significância.

Na tabela 8, estão apresentadas as equações referentes às modelagens dos valores de RP nas diferentes umidades e para o GC de 95% após a colheita.

Tabela 8. Modelagens da Resistência do Solo à Penetração no GC de 95% para as gramíneas forrageiras *Brachiaria ruziziensis*, *Panicum maximum* cv. mombaça e *Brachiaria brizantha* cv. MG-5 Vitória. Diamantina, UFVJM, 2016.

Forageira	Modelagem	RP na umidade na capacidade de campo (MPa)
Ruziziensis	$RP = 6,0701e^{-0,041U} R^2 = 0,97$ (a)	1,30 a
Mombaça	$RP = 5,9381e^{-0,042U} R^2 = 0,96$ (b)	1,20 b
MG -5 Vitória	$RP = 4,0003e^{-0,036U} R^2 = 0,92$ (c)	1,11 c

Valores seguidos da mesma letra na vertical, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Snedecor; Cochran (1989) com 5% de significância.

Observa-se que as gramíneas forrageiras apresentam comportamentos diferentes com relação à resistência do solo à penetração, sendo que a *Brachiaria ruziziensis* é mais susceptível, pois o sistema em que ela está inserida apresentou o maior valor de RP em relação às outras gramíneas forrageiras. Isso demonstra que esta forrageira é menos eficiente em promover a descompactação do solo em situações em que o solo apresentar uma compactação elevada quando comparado com as gramíneas forrageiras *Brachiaria brizantha* cv. MG-5 vitória e a *Panicum maximum* cv. mombaça. Castagnara et al. (2012), estudando a qualidade física do solo plantado com forrageiras em sistema de pastejo e pousio, também encontraram maiores valores de resistência do solo à penetração para o sistema cultivado com a gramínea forrageira *Brachiaria ruziziensis*. Já Botrel et al. (1999) concluíram, em estudos na época seca, que a *Brachiaria ruziziensis*, dentre as *Braquiarias*, foi a que menos produziu. Mesmo sendo de melhor palatabilidade, essa forrageira apresenta menor adaptabilidade às condições extremas de seca e fertilidade. A gramínea forrageira *Barchiária brizantha* cv. MG-5 Vitória apresentou o menor valor de RP, mostrando ser a forrageira que melhor proporcionou a redução dos valores de RP.

A tabela 9 apresenta as modelagens referentes à RP nas diferentes umidades e no grau de compactação de 85%. Observa-se que não foram detectadas diferenças entre os valores de RP pelo teste de Snedecor; Cochran (1989). Este fato comprova que o grau de compactação de 85% não ofereceu condições bruscas que impedissem o alívio da estrutura do solo pelas três forrageiras, corroborando Castagnara et al. (2012) e Carter (1990), que relata o valor crítico de 84% de GC para gramíneas. Porém, Carvalho et al. (2010) encontraram gramíneas se desenvolvendo bem onde o grau de compactação medido era de 88%.

Tabela 9. Modelagens da Resistência do Solo à Penetração no GC de 85% para as gramíneas forrageiras *Brachiaria ruziziensis*, *Panicum maximum* cv. mombaça e *Brachiaria brizantha* cv. MG-5 Vitória. Diamantina, UFVJM, 2016.

Forrageira	Modelagem	RP na umidade na capacidade de campo (MPa)
Ruziziensis	RP = 3,1204e ^{-0,034U} R ² = 0,91(a)	0,85 a
Mombaça	RP = 2,8898e ^{-0,032U} R ² = 0,90(b)	0,86 a
MG -5 Vitória	RP = 3,0254e ^{-0,033U} R ² = 0,93(c)	0,86 a

Valores seguidos da mesma letra na vertical, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Snedecor; Cochran (1989) com 5% de significância.

Na tabela 10 são mostradas as modelagens e os valores de RP referentes aos tratamentos de 65% e 75%. Estes foram juntados, pois, de acordo com os testes de identidade de modelos apresentados nas tabelas 2, 4 e 6, para a mesma forrageira, e os valores de RP não apresentaram diferenças. Na tabela 10 procedeu-se a comparação, também pelo teste de Snedecor; Cochran (1989), entre as forrageiras. Observa-se que, para estes graus de compactação mais brandos, todos os valores de RP diferiram entre si, sendo que a *Braquiaria brizantha* cv. MG-5 Vitória apresentou o menor valor de RP, seguida pelo *Brachiaria ruziziensis* e, por fim, pela *Panicum maximum* cv. mombaça. Com a estrutura do solo mais solta, prevalece o tipo de crescimento radicular da cultura e sua adaptação ao sistema. A *Braquiaria brizantha* cv. MG-5 vitória, em solo mais solto, conseguiu, através de seu desenvolvimento radicular, aliviar mais a estrutura deste solo em comparação às outras forrageiras.

Tabela 10. Modelagens da Resistência do Solo à Penetração no GC de 75% e 65% para as gramíneas forrageiras *Brachiaria ruziziensis*, *Panicum maximum* cv. mombaça e *Brachiaria brizantha* cv. MG-5 Vitória. Diamantina, UFVJM, 2016.

Forrageira	Modelagem	RP na capacidade de campo (MPa)
Ruziziensis	RP = 5,320e ^{-0,052U} R ² = 0,91(a)	0,73b
Mombaça	RP = 3,39e ^{-0,043U} R ² = 0,90(b)	0,75 a
MG -5 Vitória	RP = 1,8134e ^{-0,035U} R ² = 0,93(c)	0,48c

Valores seguidos da mesma letra na vertical, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Snedecor; Cochran (1989) com 5% de significância.

CONCLUSÕES

A ordem decrescente de Resistência do solo à penetração em relação ao grau de compactação foi: RPa > RP95% > RP85% > RP75% e RP65%.

A *Brachiaria brizantha* cv. MG-5 vitória foi a que apresentou um maior valor de redução da RP comparado ao GC de 95% antes da semeadura e após a colheita, seguida da *Panicum maximum* cv. Mombaça, que demonstrou desenvolver-se bem em solos compactados.

A *Brachiaria brizantha* cv. MG-5 vitória foi a que apresentou um menor valor de RP na umidade na capacidade de campo comparado nos GC de 75% e 65% após a colheita.

A *Brachiaria ruziziensis* foi a que apresentou uma maior RP na umidade na capacidade de campo no grau de compactação de 95% após a colheita, mostrando ser a forrageira mais susceptível a esse grau de compactação.

No grau de compactação de 85%, as três gramíneas forrageiras obtiveram valores de resistência do solo à penetração na umidade na capacidade de campo bem abaixo do considerado o limite para o desenvolvimento das culturas, que é de 2,0 MPa, o que demonstra que essas gramíneas forrageiras promoveram um alívio na estrutura do solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Ensaio normal de compactação**, método brasileiro, NBR 7182, 1982.

AZEVEDO, E. C.; SVERZUT, C. B. Alterações dos atributos físicos e químicos do solo sob pastagem no sudoeste do estado de Mato Grosso. **Revista Agricultura Tropical**, v.9, p.1-17, 2007.

BLAKE, G.R. & HARTGE, K.H. Bulk density. In: KLUTE, A., ed. **Methods of soil analysis**. 2.ed. Madison, ASA/SSSA. 1986a. Part 1. p.363-375.

BONELLI, E. A.; BONBFIM-SILVA, E. M.; CABRAL, C. E. A.; CAMPOS, J. J. SCARAMUZZA, W. L. M. P.; POLIZEL, A. C. Compactação do solo: efeitos nas características produtiva e morfológicas dos capins Piatã e Mombaça. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola**. Ambiental, v.15, n.3, p.264–269, 2011.

BOTREL, M.A.; ALVIM, M. J.; XAVIER, D.F. Avaliação de gramíneas forrageiras na região sul de Minas Gerais. **Pesquisa agropecuária brasileira**. Brasília, v.34, n.4, p.683-689, abr. 1999.

CARVALHO R.C.R., ROCHA W.W., PINTO J.C., DIAS JUNIOR M.S. and PIRES B.S. (2010) Soil shear strength under of oxisoils non-irrigated and irrigated short duration grazing systems. **Revista Brasileira de Ciências do Solo** (impresso) v.34, p.213 -238.

CARTER, M. R. Relative measures of soil bulk density to characterize compaction in tillage studies on fine sandy loams. **Canadian Journal of Soil Science**, v. 70, n. 3, p. 425-433, 1990.

CASTAGNARA, D. D.; KARWATTE JÚNIOR, N.; ZOZ, T.; PIANO, T. ROSSOL, C.D.; OLIVEIRA, P.S.R.; SEIDEL, E.P. Atributos físicos de latossolo vermelho sob pousio ou cultivado com forrageiras tropicais sob pastejo. **Bioscience Journal**. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia (UFU), v. 28, n. 1, p. 150-158, 2012.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS – CFSEMG. **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. (5ª Aproximação). Viçosa, MG, 1999. 359p.

CORRÊA, L. A. **Manejo e utilização de plantas forrageiras dos gêneros Panicum, Brachiaria e Cynodon** / Luciano de Almeida Corrêa, Patricia Menezes Santos. -- São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2003. 36p.

COSTA, K .A. P. **Adubação nitrogenada para pastagens do gênero *Brachiaria* M em solos do Cerrado** / Kátia Aparecida de Pinho Costa, Itamar Pereira de Oliveira, Valdemar Faquin. – Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. 60 p.

COSTA, K. A. P.; ROSA, B.; OLIVEIRA, I.P.; CUSTÓDIO, D.P.; SILVA, D.C.E. Efeito da estacionalidade na produção de matéria seca e composição bromatológica da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. **Ciência Animal Brasileira** (UFG), v.6, n.3, p.187-193, 2004.

COSTA, M. A. T.; TORMENA, C. A.; LUGÃO, S.M.B; FIDALSKI, J.; NASCIMENTO, W.G.; MEDEIROS, F. M. **Resistência do Solo à Penetração e Produção de Raízes e de Forragem em Diferentes Níveis de Intensificação do Pastejo**. Parte da Tese de Doutorado. R. Bras. Ci. Solo, 36:993-1004, 2012.

DAY, P.R. Particle fractionation and particle-size analysis. In: BLACK, C.A. (Ed.). *Methods of soil analysis: physical and mineralogical properties, including statistics of measurement and sampling*. Madison : **American Society of Agronomy**, 1965. p. 545-566.

DEXTER, A. R.; CZYZ, E. A.; GATE, O. P. A method for prediction of soil penetration resistance. **Soil & Tillage Research**, v.93, p.412–419, 2007.

DIAS-FILHO, M. B. **Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação**. 3. ed. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 190p., 2007.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análises de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p. (Documentos 1).

FALKER AUTOMAÇÃO AGRÍCOLA Ltda. **Manual do medidor eletrônico de teorclorofila** (ClorofiLOG / CFL 1030). Porto Alegre, Falker Automação Agrícola. Rev. B. 2008. 33p.

HAKANSSON, I. A method for characterizing the state of compactness of the plough layer. **Soil & Tillage Research**, v.16, p.105-120, 1990.

- LIPIEC, J.; HAKANSSON, I.; TARKIEWICZ, S.; KOSSOWSKI, J.; Soil physical properties and growth of spring barley related to the degree of compactness of two soils. **Soil & tillage Research**, v.19, p.307-317, 1991.
- MAGALHAES, W.A.; CREMON, C.; MAPELI, N. C.; SILVA, W.M.; CARVALHO, J. M.;MOTA, M.S.; Determinação da resistência do solo a penetração sob diferentes sistemas de cultivo em um Latossolo sob Bioma Pantanal. **Revista Agrarian**, v.2, n.6, p.21-32, out./dez. 2009.
- MATSUDA SEMENTES. **Gramíneas**. Disponível em: <HTTP://www.matsuda.com.br/site/sementes/gramineas/gramines.asp. Acesso em: 22 março 2016.
- MEROTTO JR., A.; MUNDSTOCK, C.M. Wheat root growth as affected by soil strength. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.23, n.2, p.197-202, 1999.
- MOSADDEGHI, M. R.; KOOLEN, A. J.; HEMMAT, A.; HAJABBASI, M. A.; LERINK, P. Comparisons on different procedures of pre-compaction stress determination on weakly structure soils. **Journal of Terramechanics**, v.44, n.1, p.53-63, 2007.
- NEIVA JÚNIOR, E., ROCHA, W.W.;PIRES, B.S.;FARNEZI, M.M.M.;DIAS JUNIOR, M. S.; FREITAS, D.F.B.; SILVA, E. B.; CARVALHO, G. A.O. Compressibility and penetrability of latossolo vermelho-amarelo distrófico (oxisol) under varied management systems and land uses. **Revista Brasasileira de Ciências do Solo**, 39:86-93, 2015.
- NHANTUMBO, A B.J.C.; CAMBULE, A.H. Bulk density by proctor test as a function of texture for agricultural soils in Maputo province of Mozambique. **Soil & Tillage Research**, v.87; p.231-239, 2006.
- OLIVEIRA, P.P.A.; CORSI, M. **Recuperação de pastagens degradadas para sistemas intensivos de produção de bovinos**. Circular técnica 38. São Carlos, SP, março de 2005.
- PROCTOR, R. R. **Fundamental principles of soil compaction**. Engineering News Record, ago/set 1933.).
- RAIJ, B. V.; QUAGGIO, J.A. Métodos de análise de solo para fins de fertilidade. Campinas: **IAC**, 1983. 31p. (IAC. Boletim técnico, 81).
- ROCHA, W.W. **Resistência ao cisalhamento e estabilidade de taludes de voçorocas em solos da região de Lavras**. (Tese de Doutorado) - Lavras, MG. Universidade Federal de Lavras, 2003. 101p.
- ROCHA, W.W; BORGES, S. R; Victória, E P, Nunes, A.B. **Resistência ao cisalhamento do solo do ponto de vista ambiental**. In. Mauro. Editora Ciência Ambiental. 1ed.Belo Horizonte, MG. 2007.
- SANTOS, J. T.; ANDRADE, A. P.; SILVA, I. F.; SILVA, D. S.; SANTOS, E. M.; SILVA, A. P. G. Atributos físicos e químicos do solo de áreas sob pastejo na micro região do Brejo Paraibano. **Revista Ciência Rural**, v. 40, n. 12, dez, 2010.
- SILVA, A.P.; KAY, B.D.; PERFECT, E. Management versus inherent soil properties effects on bulk density and relative compaction. **Soil & Tillage Research**, v.44, p.81-93, 1997.

SILVA, V. R.; REINERT, D. J. REICHERT, J. M. Suscetibilidade à compactação de um Latossolo vermelho-escuro e de um Podzólico Vermelho-amarelo. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 24, p. 239-249, 2000.

SNEDECOR, G.W. & COCHRAN, W.G. **Statistical methods**. 8.ed. Ames, Iowa State University, 1989. 503p.

SOUZA, A.G.; SOARES FILHO, C.V.; MELLA, S.C. **Espécies forrageiras recomendadas para o Paraná**. In: MONTEIRO, A.L.G.; MORAES, A.; CORRÊA, E.A.S. et al. (Eds.). Forragicultura no Paraná. Londrina: CPAF. 1996. p.196-205.

STANCATI, G.; NOGUEIRA, J.B.; VILLAR, O.M. **Compactação do solo**. In: **Ensaio de laboratório em mecânica do solo**. São Paulo, USP, 1981. P. 83-83.

VARGAS, M. **Introdução à mecânica dos solos**. São Paulo, McGraw-Hill, 1977. 509p.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

No final deste estudo, considera-se que o fornecimento do adubo nitrogenado para as gramíneas forrageiras é um fator crucial para que se tenha sucesso nos campos de pastagens. Esse nutriente promove um aumento na produção da massa verde e massa seca da parte aérea, na altura da planta e nos teores de proteína bruta e diminui os teores de fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido, melhorando o consumo e a digestibilidade das forrageiras.

As espécies forrageiras estudadas promoveram um alívio na estrutura do solo, ou seja, a estrutura física do solo teve uma melhora com a introdução dessas espécies.

ANEXOS

Tabela 1A. Resumo da análise de variância para os teores médios de produção de massa verde (MV) e massa seca (MS) da parte aérea, altura, volume da raiz, proteína bruta, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido e lignina para a *Panicum maximum* cv. mombaça. Diamantina, UFVJM, 2016.

Pr > Fc									
FV	GL	MV (%)	MS (%)	A (cm)	VR (cm ³)	PB (%MS)	FDN (%MS)	FDA (%MS)	LIG (%MS)
Bloco	3	0,03*	0,054 ^{ns}	0,48 ^{ns}	0,89 ^{ns}	0,00*	0,29 ^{ns}	0,37 ^{ns}	0,23 ^{ns}
D	3	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*	0,18 ^{ns}
GC	3	0,64 ^{ns}	0,38 ^{ns}	0,74 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,66 ^{ns}	0,60 ^{ns}	0,58 ^{ns}	0,90 ^{ns}
D x GC	9	0,45 ^{ns}	0,59 ^{ns}	0,82 ^{ns}	0,46 ^{ns}	0,33 ^{ns}	0,91 ^{ns}	0,59 ^{ns}	0,25 ^{ns}
Resíduos	45								

* significativo e ns: não significativo a 5% de probabilidade respectivamente. D = Dose; GC = Grau de compactação.

Tabela 2A. Resumo da análise de variância para os teores médios de produção de massa verde (MV) e massa seca (MS) da parte aérea, altura, volume da raiz, proteína bruta, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido e lignina para a *Brachiaria brizantha* cv. MG-5 Vitória. Diamantina, UFVJM, 2016.

Pr > Fc									
FV	GL	MV (%)	MS (%)	A (cm)	VR (cm ³)	PB (%MS)	FDN (%MS)	FDA (%MS)	LIG (%MS)
Bloco	3	0,32 ^{ns}	0,70 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,81 ^{ns}	0,00*	0,84 ^{ns}	0,80 ^{ns}	0,45 ^{ns}
D	3	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*	0,23 ^{ns}
GC	3	0,49 ^{ns}	0,26 ^{ns}	0,72 ^{ns}	0,56 ^{ns}	0,31 ^{ns}	0,69 ^{ns}	0,78 ^{ns}	0,97 ^{ns}
D x GC	9	0,46 ^{ns}	0,26 ^{ns}	0,76 ^{ns}	0,63 ^{ns}	0,77 ^{ns}	0,31 ^{ns}	0,45 ^{ns}	0,38 ^{ns}
Resíduos	45								

* significativo e ns: não significativo a 5% de probabilidade respectivamente. D = Dose; GC = Grau de compactação.

Tabela 3A. Resumo da análise de variância para os teores médios de produção de massa verde (MV) e massa seca (MS) da parte aérea, altura, volume da raiz, proteína bruta, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido e lignina para a *Brachiaria ruziziensis*. Diamantina, UFVJM, 2016.

Pr > Fc									
FV	GL	MV (%)	MS (%)	A (cm)	VR (cm ³)	PB (%MS)	FDN (%MS)	FDA (%MS)	LIG (%MS)
Bloco	3	0,56 ^{ns}	0,36 ^{ns}	0,83 ^{ns}	0,64 ^{ns}	0,02*	0,64 ^{ns}	0,85 ^{ns}	0,82 ^{ns}
D	3	0,00*	0,00*	0,23 ^{ns}	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*	0,88 ^{ns}
GC	3	0,76 ^{ns}	0,22 ^{ns}	0,71 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,52 ^{ns}	0,63 ^{ns}	0,35 ^{ns}	0,33 ^{ns}
D x GC	9	0,34 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,95 ^{ns}	0,04*	0,63 ^{ns}	0,66 ^{ns}	0,55 ^{ns}	0,55 ^{ns}
Resíduos	45								

* significativo e ns: não significativo a 5% de probabilidade respectivamente. D = Dose; GC = Grau de compactação.