

ÉVERTON TEIXEIRA RIBEIRO

**MANEJO DO PASTEJO DE CAPIM-MARANDU EM SISTEMA
SILVIPASTORIL NA ZONA DA MATA DE MINAS GERAIS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2016

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

R484m
2016

Ribeiro, Éverton Teixeira, 1986-
Manejo do pastejo de capim-marandu em sistema
silvipastoril na Zona da Mata de Minas Gerais / Éverton Teixeira
Ribeiro. – Viçosa, MG, 2016.
xiv, 75f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: Rasmô Garcia.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa. Inclui
bibliografia.

1. Pastagens - manejo - Zona da Mata (MG : Mesorregião).
2. Pastejo rotativo. 3. Agrossilvicultura. 4. Sequestro de carbono.
I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Zootecnia.
Programa de Pós-graduação em Zootecnia. II. Título.

CDD 22 ed. 633.2028151

ÉVERTON TEIXEIRA RIBEIRO

**MANEJO DO PASTEJO DE CAPIM-MARANDU EM SISTEMA
SILVIPASTORIL NA ZONA DA MATA DE MINAS GERAIS**

Tese apresentada à Universidade Federal
de Viçosa, como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em
Zootecnia, para obtenção do título de
Doctor Scientiae.

APROVADA: 30 de novembro de 2016.



João Carlos de Carvalho Almeida
(Coorientador)



Fernanda Helena Martins Chizzotti
(Coorientadora)



Domingos Savio Campos Paciullo



Emanuelle Mercês Barros Soares



Rasmão Garcia
(Orientador)

OFEREÇO

Aos meus pais, Nazinho e Sãozinha.

E a todos os meus familiares e amigos que direta ou indiretamente contribuíram para a conclusão de mais uma fase de minha vida.

DEDICO

À minha esposa Heliana e aos meus filhos, Luna e Théó, por serem a razão do meu viver.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por sempre iluminar meus caminhos.

Ao Programa de Pós Graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa pela oportunidade de continuidade aos meus estudos.

A CAPES, pela concessão da bolsa de estudos, dando-me suporte financeiro durante o curso.

Ao meu orientador Dr. Rasmio Garcia pelo apoio em todos os momentos, pela amizade, pela confiança e pelos valiosos ensinamentos de vida.

Ao meu Co-orientador Dr. João Carlos de Carvalho Almeida pelo apoio em todos os momentos, pela amizade, pela confiança e pelos valiosos ensinamentos de vida.

A minha Co-orientadora Dra. Fernanda Helena Martins Chizzotti pela confiança e pelos valiosos ensinamentos.

Ao Dr. Domingos Sávio Campos Paciullo por sempre está contribuindo com o nosso trabalho e pelos valiosos ensinamentos.

A Dra, Emanuelle Mercês Barros Soares por contribuir nas análises de carbono e pelos valiosos ensinamentos.

Aos educadores do Departamento de Zootecnia, em especial aos professores Dilermando Miranda da Fonseca, Edenio Detmann e Marcos Inácio Marcondes pelos ensinamentos.

Aos professores Sílvio Nolasco de Oliveira Neto e Lino Roberto Ferreira por sempre está contribuindo com o nosso trabalho e pelos valiosos ensinamentos.

Ao Dr. Domingos Savio Queiroz por sempre está contribuindo com o nosso trabalho e pelos valiosos ensinamentos.

Ao coordenador regional da EMATER – MG, Rogério Jacinto Gomes por ajudar na implantação e condução do experimento e pelo companheirismo e ensinamentos.

Aos meus pais, Ananias Vicente Ribeiro e Maria da Conceição Teixeira Ribeiro pelo amor, carinho e incentivo a mim dedicados durante toda a vida, a quem devo muito pela compreensão e ensinamentos de vida, cujos valores contribuíram a cada dia para a minha formação pessoal e profissional e principalmente nos inúmeros momentos difíceis. A vocês a minha eterna gratidão.

A Heliana Cristina de Souza pelo amor, amizade, carinho, dedicação, paciência, apoio incondicional e conforto em todos os momentos difíceis pelos quais passei.

Aos meus filhos Luna de Souza Ribeiro e Théó de Souza Ribeiro pelo amor, carinho e por me fazer feliz a cada sorriso.

As minhas irmãs Márcia Cristina Teixeira Ribeiro e Marcely Teixeira Ribeiro, pelo companheirismo, apoio, incentivo, carinho, paciência e por estarem sempre presentes na minha vida.

Aos meus avós Domingos (*in memorian*), Maria, Vicente (*in memorian*) e Erane (*in memorian*) pelo incentivo, carinho e apoio sempre que necessitei.

Ao Raul Cardoso Filho por disponibilizar a fazenda floresta para condução do experimento, pela amizade, companheirismo e ensinamentos.

Ao Marquinhos e ao Nelson e sua família que nos acolheram e ajudaram na condução do experimento e pela amizade, companheirismo e ensinamentos.

Ao Felipe, João Paulo, Roberson, Vitor e Rodrigo pela amizade e ajuda na condução do experimento e confecção da tese.

A todos que me auxiliaram na condução do experimento, em especial para Luiz Augusto e Samuel.

Aos amigos do Kamikase: Marcus, Henrique, Luiz Augusto, Wesley, Tomás, Fernando e Benjamim pela amizade, conselhos, convivência e que mesmo longe nunca me faltaram com a amizade, o respeito e com a torcida.

Aos amigos Juninho, Eduardo, Fatinha e Flavinha que me acolheram em sua casa e me deram atenção e amizade no início dessa jornada.

Aos amigos da Pós-graduação e graduação pela convivência alegre e constante troca de experiências e conhecimentos.

A todos os amigos de Paula Cândido - MG.

Enfim, a todos que sempre estiveram ao meu lado.

MUITO OBRIGADO!

BIOGRAFIA DO AUTOR

ÉVERTON TEIXEIRA RIBEIRO, filho de Ananias Vicente Ribeiro e Maria de Conceição Teixeira Ribeiro, nasceu em Viçosa-MG, no dia 25 de novembro de 1986.

Iniciou sua vida acadêmica na ESCOLA ESTADUAL CORONEL ANTÔNIO FAUSTINO DUARTE, Paula Cândido, MG.

Cursou o 2º Grau na ESCOLA ESTADUAL PROFESSOR SAMUEL JOÃO DE DEUS, Paula Cândido, MG.

No primeiro semestre de 2006, ingressou na UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO, onde cursou Zootecnia.

Durante sua graduação, fez estágio na área de forragicultura e pastagem participando de projetos e foi bolsista de iniciação científica pelo PIBIC/CNPq. Concluiu o curso de graduação com oito períodos, no segundo semestre de 2009.

Em março de 2010, ingressou no Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO, como bolsista da CAPES/REUNI.

Em novembro de 2012, ingressou no Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA, como bolsista da CAPES.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Sistema Silvipastoril, Fazenda Floresta, Visconde do Rio Branco, Minas Gerais. Unidade Demonstrativa coordenada pela EMATER Regional de Viçosa, MG.	15
Figura 2. Médias mensais de temperatura (°C) e precipitação pluviométrica (mm) medidas entre setembro de 2013 e junho de 2015 na Fazenda Floresta, Visconde do Rio Branco, MG.	16
Figura 3. Balanço hídrico mensal durante o período de setembro de 2013 a março de 2015.	16
Figura 4. Médias históricas de temperaturas (°C) e precipitação (mm) nos meses de janeiro a dezembro entre os anos 1982 e 2012.	51
Figura 5. Imagem aérea da área experimental, Fazenda Floresta, Zona da Mata Mineira, em Visconde do Rio Branco – MG. (<i>Fonte: Google Earth</i>).	52
Figura 6. Sistemas de uso e manejo do solo na região da Zona da Mata Mineira, em Visconde do Rio Branco – MG. MTN: mata nativa; SSP25: altura de manejo do pasto de 25 cm; SSP35: altura de manejo do pasto de 35 cm; SSP45: altura de manejo do pasto de 45 cm.	53
Figura 7. Densidade do solo (kg dm^{-3}) em profundidade nos diferentes sistemas de uso do solo na região da Zona da Mata, em Visconde do Rio Branco – MG. MTN: mata nativa; SSP25: altura de manejo do pasto de 25 cm; SSP35: altura de manejo do pasto de 35 cm; SSP45: altura de manejo do pasto de 45 cm.	60
Figura 8. Teores de carbono orgânico total do solo em profundidade nos diferentes sistemas de uso do solo na região da Zona da Mata, em Visconde do Rio Branco – MG. MTN: mata nativa SSP25: altura de manejo do pasto de 25 cm; SSP35: altura de manejo do pasto de 35 cm; SSP45: altura de manejo do pasto de 45 cm.	61
Figura 9. Teores de carbono lábil (g Kg^{-1}) (a) e não lábil (g Kg^{-1}) (b) do solo em profundidade nos diferentes sistemas de uso do solo na região da Zona da Mata, em Visconde do Rio Branco – MG. MTN: mata nativa SSP25: altura de manejo do pasto de 25 cm; SSP35: altura de manejo do pasto de 35 cm; SSP45: altura de manejo do pasto de 45 cm.	62
Figura 10. Teores da matéria orgânica particulada (g Kg^{-1}) (C-MOP) (a) e associada aos minerais da matéria orgânica (g Kg^{-1}) (C-MAM) (b) do solo em profundidade nos diferentes sistemas de uso do solo na região da Zona da Mata, em Visconde do Rio Branco – MG. MTN: mata nativa SSP25: altura de manejo do pasto de 25 cm; SSP35: altura de manejo do pasto de 35 cm; SSP45: altura de manejo do pasto de 45 cm. ..	63
Figura 11. Relação Carbono/Nitrogênio em profundidade nos diferentes sistemas de uso do solo na região da Zona da Mata, em Visconde do Rio Branco – MG.	63
Figura 12. Estoques de carbono total (Mg ha^{-1}) em profundidade nos diferentes sistemas de uso do solo na região da Zona da Mata, em Visconde do Rio Branco – MG.	64
Figura 13. Estoques carbono da matéria orgânica particulada (a) carbono associado aos minerais (b) (Mg ha^{-1}) em profundidade nos diferentes sistemas de uso do solo na região da Zona da Mata, em Visconde do Rio Branco – MG.	65

Figura 14. Estoques de carbono lábil (a) e não lábil (b) (Mg ha^{-1}) em profundidade nos diferentes sistemas de uso do solo na região da Zona da Mata, em Visconde do Rio Branco – MG.....	66
Figura 15 Estoque de carbono orgânico total na fração lábil e não lábil (a) na fração associada aos minerais e carbono da matéria orgânica particulada (b) (Mg ha^{-1}) na camada de 0-100 cm do solo em diferentes sistemas de uso do solo na região da Zona da Mata, em Visconde do Rio Branco – MG.....	68
Figura 16. Índice de manejo do solo (IMC) em profundidade (a) e médio (b) do solo em diferentes sistemas de uso do solo na região da Zona da Mata, em Visconde do Rio Branco – MG.....	69

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Resultados da análise química do solo na profundidade 0-20 cm da unidade demonstrativa antes da implantação do sistema silvipastoril.....	16
Tabela 2. Altura (cm) pré-pastejo e pós-pastejo e erro padrão da média do capim-Marandu em sistema silvipastoril nas alturas de pastejo de 25, 35 e 45 cm, nas estações primavera e verão de 2013-2014, outono 2014, primavera e verão de 2014-2015 e outono 2015.....	22
Tabela 3. Período de descanso e ciclo de pastejo do capim-Marandu em sistema silvipastoril nas alturas de pastejo de 25, 35 e 45 cm, nas estações primavera e verão de 2013-2014, outono 2014, primavera e verão de 2014-2015 e outono 2015.....	22
Tabela 4. Teor de carboidratos solúveis, massa de raiz nas profundidades de 0-10 e 10-20 de capim-Marandu em sistema silvipastoril nas alturas de pastejo de 25, 35 e 45 cm, nas estações primavera e verão de 2013-2014, outono 2014, primavera e verão de 2014-2015 e outono 2015.	23
Tabela 5. Densidade e massa de perfilho de capim-Marandu em sistema silvipastoril nas alturas de pastejo de 25 cm, 35 cm e 45 cm, nas estações de primavera e verão de 2013-2014, outono de 2014, primavera e verão de 2014-2015 e outono de 2015.....	25
Tabela 6. Índice de área foliar (IAF) pré-pastejo e pós-pastejo do capim-Marandu em sistema silvipastoril nas alturas de pastejo de 25 cm, 35 cm e 45 cm nas estações da primavera e verão de 2013-2014, outono de 2014, primavera e verão de 2014-2015 e outono de 2015.....	26
Tabela 7. Massa de lamina foliar, colmo e material senescênte pré-pastejo e pós-pastejo do capim-Marandu em sistema silvipastoril nas alturas de pastejo de 25, 35 e 45 cm nas estações de primavera e verão de 2013-2014, outono de 2014, primavera e verão de 2014-2015 e outono de 2015.	27
Tabela 8. Relação lamina foliar/colmo pré-pastejo e pós-pastejo de <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu em sistema silvipastoril nas alturas de pastejo de 25 cm, 35 cm e 45 cm nas estações de primavera e verão 2013 e 2014, outono 2014, primavera e verão 2014 e 2015 e outono 2015.	29
Tabela 9. Massa de Forragem pré-pastejo, pós-pastejo e acúmulo de forragem do capim-Marandu em sistema silvipastoril nas alturas de pastejo de 25 cm, 35 cm e 45 cm nas estações de primavera e verão 2013-2014, outono 2014, primavera 2014-2015 e outono 2015.....	30
Tabela 10. Teor de proteína bruta, fibra em detergente neutro corrigido para cinza e proteínas (FDNcp) e digestibilidade in vitro da matéria seca (DIVMS) do capim-Marandu em sistema silvipastoril nas alturas de pastejo de 25 cm, 35 cm e 45 cm nas estações de primavera e verão de 2013-2014, outono 2014, primavera e verão de 2014-2015 e outono 2015.....	31
Tabela 11. pH em água e granulometria (g kg ⁻¹) nas diferentes profundidades e sistemas de uso do solo na região da Zona da Mata, em Visconde do Rio Branco – MG.	55

RESUMO

RIBEIRO, Éverton Teixeira, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, novembro de 2016. **Manejo do pastejo de capim-Marandu em sistema silvipastoril na Zona da Mata de Minas Gerais.** Orientador: Rasmão Garcia. Coorientadores: João Carlos de Carvalho Almeida e Fernanda Helena Martins Chizzotti.

O objetivo do trabalho foi avaliar os carboidratos de reserva, sistema radicular, perfilhamento, produtividade e valor nutritivo do pasto do capim-Marandu, e o estoque de carbono do solo em diferentes frequências de pastejo, pelo método de lotação rotativa, em sistema silvipastoril. O estudo foi conduzido na Fazenda Floresta que é uma “Unidade Demonstrativa” coordenada pela EMATER Regional de Viçosa, MG. Para o manejo do pasto de capim-Marandu em sistema silvipastoril foi adotado o método de lotação rotativa com taxa de lotação variável e o critério para a definição do intervalo de desfolha foi diferentes alturas pré-pastejo do pasto. Assim as alturas pré-pastejo de manejo do pasto de 25, 35, e 45 cm, constituíram os tratamentos. O período de ocupação do piquete em uso correspondeu ao momento em que o pasto atingiu a meta pós-pastejo de 15 cm. Foi utilizado o delineamento de blocos completos casualizados, com três tratamentos e quatro repetições, totalizando doze unidades experimentais. O período experimental compreendeu as estações primavera e verão de 2013-2014, outono de 2014, primavera e verão de 2014-2015 e outono de 2015. No capítulo I, o objetivo foi avaliar os carboidratos de reserva, massa de raiz, perfilhamento, produtividade e valor nutritivo do capim-Marandu em sistema silvipastoril em diferentes alturas de pastejo submetido à lotação rotativa. O teor de carboidrato solúvel, massa de raiz de 10-20 cm de profundidade, massa de perfilhos, IAF pré-pastejo e massa de forragem pré-pastejo, de folha e colmo, acúmulo de forragem e fibra em detergente neutro foram maiores na altura pastejo de 45 cm em relação as alturas de pastejo de 25 e 35 cm. Já a produção total de raiz de 10-20 cm, densidade de perfilhos, relação folha colmo pré-pastejo e pós-pastejo, IAF pós-pastejo, massa de forragem pós-pastejo, proteína bruta e digestibilidade foram menores na altura de pastejo de 25 cm. Na altura de pastejo de 25 cm foi observado que a densidade de perfilho, massa de forragem pré-pastejo e pós-pastejo aumentou da primavera e verão de 2013 e 2014 para o outono 2014 e após esses períodos a densidade de perfilho diminuiu. Na altura de pastejo de 35 cm, os carboidratos de reserva, massa de colmo pré-pastejo, valor nutritivo e a persistência do capim-Marandu não foram comprometidos sendo indicada como critério de manejo do pasto. No capítulo II, o

objetivo foi avaliar os efeitos de frequências de pastejo do capim-Marandu em um sistema silvipastoril, sobre os teores e estoques de carbono do solo, em curto período. As amostras de solo foram coletadas durante os meses de setembro a novembro de 2015 nas profundidades 0-10, 10-20, 20-40, 40-60 e 60-100 cm. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com quatro repetições. Os tratamentos constituíram das alturas de pastejo de 25, 35 e 45 cm e foram comparadas com a mata nativa. Foram avaliados os teores de carbono nas diferentes frações da matéria orgânica do solo, lábil via permanganato de potássio, estoques de carbono nas diferentes frações do solo e índice de manejo do carbono. A densidade do solo foi menor na mata nativa. Já os teores de carbono total, carbono lábil, não lábil, associada aos minerais da matéria orgânica, relação C/N e estoque de carbono total foram maiores na mata nativa. A altura de pastejo de 25 cm aumentou o teor de carbono lábil, orgânico total e o estoque de carbono do solo na profundidade de 20-40 cm. A altura de pastejo de 45 cm contribuiu com a manutenção do carbono lábil de forma semelhante com a área referência e teve maior índice de manejo de carbono no solo em relação às outras alturas de manejo do pasto. A altura de pastejo de 35 cm poderá ser indicada para o manejo do pastejo de capim-Marandu em sistema silvipastoril com 35 % de sombreamento.

ABSTRACT

RIBEIRO, Éverton Teixeira, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, November, 2016. **Grazing management of marandu grass in a silvopastoral system in the Zona of Mata of Minas Gerais.** Adviser: Rasmio Garcia. Coadvisers: João Carlos de Carvalho Almeida and Fernanda Helena Martins Chizzotti.

The objective of this work was to evaluate the reserve carbohydrates, root system, tillering, productivity and nutritive value of the Marandu grass pasture, and the soil carbon stock at different grazing frequencies using the rotational stocking method in a silvopastoral system. The study was conducted at Fazenda Floresta which is a "Demonstration Unit" coordinated by EMATER Regional de Viçosa, MG. For the management of the Marandu grass pasture in a silvopastoral system, the rotational stocking method with variable stocking rate was adopted and the criterion for defining the defoliation interval was different pre-grazing pasture heights. Thus, the pre-grazing pasture heights of 25, 35, and 45 cm were the treatments. The period of occupation of the picket in use corresponded to the moment when the pasture reached the post-grazing goal of 15 cm. A randomized complete block design with three treatments and four replications was used, totaling twelve experimental units. The experimental period comprised the spring and summer seasons of 2013-2014, fall of 2014, spring and summer of 2014-2015 and autumn of 2015. In chapter I, the objective was to evaluate the reserve carbohydrates, root mass, tillering, productivity And nutritive value of Marandu grass in a silvopastoral system at different grazing heights submitted to rotational stocking. The soluble carbohydrate content, root mass of 10-20 cm depth, tillers mass, pre-grazing LAI and pre-grazing forage mass, leaf and stem, forage accumulation and neutral detergent fiber were higher in height Grazing height of 45 cm in relation to grazing heights of 25 and 35 cm. The total root yield of 10-20 cm, tillers density, pre-grazing and post-grazing leaf ratio, post-grazing LAI, post-grazing forage mass, crude protein and digestibility were lower at grazing height. 25 cm. At grazing time of 25 cm it was observed that the density of tillering, pre-grazing and post-grazing forage mass increased from spring and summer of 2013 and 2014 to fall 2014 and after these periods the density of tillering decreased. At the time of management of the 35 cm grass, the reserve carbohydrates, pre-grazing stem mass, nutritive value and the persistence of the Marandu grass were not compromised, being indicated as grazing management criterion. In chapter II, the objective was to evaluate the effects of grazing frequencies of Marandu grass in a silvopastoral system, on soil

carbon contents and stocks, in a short period. Soil samples were collected during the months of September to November 2015 at depths 0-10, 10-20, 20-40, 40-60 and 60-100 cm. The experimental design was completely randomized, with four replications. The treatments consisted of grazing heights of 25, 35 and 45 cm and were compared with the native forest. The carbon contents in the different fractions of soil organic matter, potassium permanganate labile, carbon stocks in the different soil fractions and carbon management index were evaluated. Soil density was lower in the native forest. On the other hand, total carbon, labile, non-labile carbon, associated with organic matter minerals, C / N ratio and total carbon stock were higher in the native forest. The grass management height of 25 cm increased the total organic, labile carbon content and the soil carbon stock in the depth of 20-40 cm. The management height of the 45 cm grass contributed to the maintenance of the labile carbon in a similar way with the reference area and had a higher index of soil carbon management in relation to the other heights of pasture management. The grazing height of 35 cm may be indicated for grazing management of Marandu grass in a silvopastoral system with 35% shading

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	1
BIBLIOGRAFIA	7
CAPÍTULO 1	11
Manejo do pastejo de capim-Marandu em sistema silvipastoril	11
RESUMO	11
ABSTRACT	11
INTRODUÇÃO	13
MATERIAL E MÉTODOS	15
Área experimental	15
Histórico da área.....	16
Implantação do experimento	17
Tratamentos	17
Delineamento experimental.....	18
Avaliações	18
Teor de carboidratos solúveis	18
Sistema radicular.....	18
Massa de Forragem.....	19
Acúmulo de forragem	19
Densidade e massa de perfilhos	19
Componentes morfológicos da forrageira.....	20
Índice de área foliar (IAF)	20
Relação lamina foliar/colmo.....	20
Valor nutritivo.....	20
Análise Estatística.....	20
RESULTADOS.....	22
Altura do pasto	22
Período de descanso e ciclos de pastejo	22
Teor de carboidratos solúveis e massa de raízes	23
Densidade e Massa de Perfilhos	24
Índice de área foliar	25
Componentes morfológicos.....	26
Relação lamina foliar/Colmo.....	28
Massa e Acúmulo de Forragem.....	29
Valor Nutritivo	30

DISCUSSÃO	33
CONCLUSÃO	39
BIBLIOGRAFIA	40
CAPÍTULO 2	47
Estoque de carbono no solo do capim-marandu em sistema silvipastoril sob frequencias de pastejo	47
RESUMO	47
ABSTRACT	47
INTRODUÇÃO.....	49
MATERIAL E MÉTODOS.....	51
Área experimental	51
Histórico da área experimental.....	51
Amostragem e preparo do solo para análises	54
Análise física do solo	54
pH em água.....	55
Teores de carbono nas diferentes frações da matéria orgânica do solo.....	56
Teores de carbono lábil via permanganato de potássio	57
Estoques de carbono nas diferentes frações do solo.....	57
Índice de manejo do carbono utilizando o carbono lábil pela via permanganato de potássio.....	58
Análises estatísticas	59
RESULTADOS E DISCUSSÃO	60
Densidade do Solo.....	60
Teores de carbono do solo	61
Relação C/N	63
Estoques de Carbono	64
Índice de Manejo do Carbono (IMC)	68
CONCLUSÃO.....	70
BIBLIOGRAFIA.....	71

INTRODUÇÃO GERAL

Práticas inadequadas de manejo do solo e pastejo ocasionaram a degradação de extensas áreas em toda a região da Zona da Mata do Estado de Minas Gerais. As culturas do café e cana-de-açúcar sucederam às derrubadas da mata atlântica e a seguir surgiram as pastagens. Os efeitos do superpastejo, falta de adubação de manutenção e de repetidas queimadas contribuíram para que as pastagens fossem se degradando ao longo do tempo. As atividades agropecuárias em pequenas, médias e grandes propriedades da Zona da Mata de Minas Gerais, ainda vêm causando impactos ambientais, sociais e econômicos uma vez que práticas inadequadas de manejo do solo e do pastejo continuam sendo realizadas. Os sistemas de produção nessa região por apresentar topografia acidentada devem priorizar o aumento da eficiência do uso da terra e do sequestro de carbono no solo com o mínimo impacto ambiental.

Os Sistemas Agrossilvipastoris, vêm se tornando uma alternativa aos sistemas de produção convencionais sendo reconhecidos em inúmeros países do mundo, inclusive no Brasil, pelo novo código florestal brasileiro, como uma das melhores alternativas de recuperação de pastagens degradadas e conservação dos recursos naturais. O sistema silvipastoril, por ser uma técnica de uso da terra capaz de recuperar ecossistemas alterados pelo mau manejo, pela integração de atividades agrícolas, pecuárias e silviculturais, passa a representar uma tecnologia que confere maior sustentabilidade que os sistemas tradicionais, nos quais os monocultivos são predominantes (BERNARDINO e GARCIA, 2009).

A necessidade de manutenção do equilíbrio entre seus componentes (árvores, forrageiras e herbívoros), aliada ao grande número de interações possíveis entre estes e os fatores clima e solo, aumenta a necessidade de um planejamento rigoroso, incluindo mercado, produtos, espécies, espaçamento, arranjo e manejo, bem como as dificuldades gerenciais na condução da atividade (ANDRADE et al., 2003).

Um dos principais obstáculos no manejo de sistemas silvipastoris é a alteração do ambiente de crescimento das espécies que constituem o sub-bosque (GOBBI et al., 2011). O crescimento das espécies forrageiras em associação com árvores pode ser prejudicado ou favorecido, dependendo de fatores como a tolerância daquelas espécies à sombra, o grau de sombreamento proporcionado pelo componente arbóreo e a competição entre as plantas, com relação à água e nutrientes no solo (RIBASKI et al., 2001). O sucesso desses sistemas depende da escolha de espécies capazes de se adaptar

às condições impostas pelo ambiente e o nível de sombreamento que favoreça a maior produtividade do sub-bosque.

A redução da radiação fotossinteticamente ativa e da relação de espectro de luz (vermelho:vermelho extremo), pode modificar o microclima do sub-bosque, tornando a temperatura mais amena, aumentando a umidade do ar, reduzindo a taxa de evapotranspiração, aumentando a umidade do solo e promove alterações morfofisiológicas nas plantas do sub bosque (BERNARDINO e GARCIA, 2009). O uso de espécies forrageiras tolerantes ao sombreamento, apresentando adaptações que garantam sua sobrevivência e produção satisfatória nestes ambientes é essencial para perenidade do sistema silvipastoril. As adaptações às condições de radiação do ambiente ocorrem principalmente durante o crescimento e a diferenciação dos órgãos de assimilação, resultando em alterações morfológicas, histológicas, estruturais e bioquímicas, as quais condicionam o comportamento da planta forrageira (LAMBERS et al., 1998), em função da maior ou menor disponibilidade de radiação fotossinteticamente ativa (ANDRADE et al., 2003; PACIULLO et al., 2008; SOARES et al., 2009).

Entre as principais respostas, destacam-se o aumento da relação parte aérea/raiz, o alongamento de caules, pecíolos e entrenós, o alongamento da lâmina foliar em gramíneas, a redução da ramificação e do perfilhamento, o aumento da área foliar específica e as alterações na relação lamina foliar/caule e no ângulo de inclinação das folhas (GOBBI et al., 2009), influenciando os aspectos morfológicos e estruturais determinantes da produtividade e o valor nutritivo da forragem (VARELLA et al., 2001).

A melhoria do valor nutritivo da forragem sob sombreamento deve-se principalmente pelo aumento no teor de proteína bruta e digestibilidade e diminuição do teor de fibra em detergente neutro, o que reflete no melhor desempenho de animais (SOUSA et al., 2010; YAMAMOTO et al., 2007). A melhoria dos teores de proteína bruta e de minerais na forragem, tais como cálcio, fósforo e potássio (DEINUM et al., 1996; DURR e RANGEL, 2000) em comparação com monocultivo deve-se ao aumento da disponibilidade de vários nutrientes no solo (PACIULLO et al., 2007).

Como foi mencionado anteriormente, a quantidade e qualidade de radiação fotossinteticamente ativa disponível para o crescimento das forrageiras que compõem um sistema silvipastoril é um dos fatores que determina a produção de forragem, sendo importante para a sustentabilidade do sistema (ANDRADE et al., 2003). Entretanto,

algumas plantas forrageiras são mais tolerantes à sombra, sendo suas respostas as mais variadas possíveis podendo diminuir, manter ou aumentar a produtividade com a diminuição da intensidade e qualidade de luz.

O sombreamento intenso pode ser um fator limitante à produção de forragem. A maioria dos estudos com gramíneas tropicais tem mostrado uma redução na massa de forragem quando os níveis de sombra excedem 40% da radiação fotossintética incidente devido à diminuição na taxa fotossintética de gramíneas ciclo C₄ (DEVKOTA et al., 2009; GUENNI et al., 2008). Paciullo et al. (2007), ao avaliarem as características morfológicas de *Urochloa decumbens* em um sistema silvipastoril, observaram uma redução de 53% na massa de forragem do sub-bosque sob 65% de sombra e de 8% sob 35% de sombra.

Soares et al. (2009) ao avaliarem a massa de forragem de espécies forrageiras (*Urochloa decumbens* cv. Basilisk, *Urochloa brizantha* cv. Marandu, *Panicum maximum* cvs. Tanzânia, Aruana e Mombaça, *Hemarthria altissima* cv. Florida; *Paspalum notatum* cv. Pensacola, *Axonopus catharinensis*, *Cynodon* sp. híbrido Tifton-85; *Arachis pintoii* cvs. Alqueire e Amarillo) submetidas a diferentes níveis de luminosidade produzidos por árvores de *Pinus taeda* de 10 anos de idade e 12m de altura (monocultivo, 9x3m e 15x3m), na projeção da copa e no meio da entrelinha de árvores, observaram que a massa de forragem foi afetada negativamente pelo sombreamento. Sendo que, a massa de forragem de todas as espécies forrageiras no espaçamento 15x3m foi superior ao espaçamento 9x3m, tanto no meio da entrelinha quanto na projeção da copa das árvores.

Em condições de sombreamento moderado existem evidências da manutenção ou mesmo um aumento na produção de forragem, quando comparado às condições de monocultivo (BARUCH e GUENNI, 2007). Castro et al. (2009) avaliando as características agrônômicas de *Urochloa decumbens* em um sistema silvipastoril no verão, observaram um aumento de 16% na massa de forragem do sub-bosque sob 45% de sombra e um aumento de 22% sob 29% de sombra em relação ao monocultivo. A redução de luminosidade não interferiu na massa de forragem, o que pode ser atribuído à tolerância da braquiária ao sombreamento moderado (PACIULLO et al., 2007; GUENNI et al., 2008). Nas gramíneas do gênero *Urochloa*, sob sombreamento moderado à redução de 25 a 35% da radiação fotossinteticamente ativa, têm-se obtido massa de forragem semelhante ou maiores do que em monocultivo (PACIULLO et al., 2007; GUENNI et al., 2008; SOARES et al., 2009).

O nível de sombreamento do sistema silvipastoril podem ser manipuladas pelo espaçamento e arranjo de plantio, disposição das árvores em relação ao sol e ao relevo, bem como com técnicas silviculturais de manejo de copa (desbaste e desramas). Entretanto, o planejamento do sistema silvipastoril deve levar em consideração, aspectos como a finalidade do plantio, as características do relevo, dimensões do maquinário, manejo a ser adotado no sistema e conservação da água e do solo.

Muitos estudos foram conduzidos para definir espécies forrageiras tolerantes ao sombreamento (ANDRADE et al., 2004), nível de sombreamento utilizando sombrites (GOBBI et al., 2009) ou testando espaçamentos de plantio do componente arbóreo (OLIVEIRA et al., 2007), níveis de adubação (PACIULLO et al., 2012) e desempenho animal (PACIULLO et al., 2011) sempre comparando a planta forrageira em pleno sol e sob sombreamento. Sendo observado diversas alterações na planta forrageira (PACIULLO et al., 2007; YAMAMOTO et al., 2007), que influencia o valor nutritivo da forragem e os aspectos morfológicos e estruturais do pasto determinantes no manejo do pastejo. Esses sistemas já vêm sendo bastante divulgados e até mesmo implantados em algumas regiões do Brasil, mas há relativamente poucas informações disponíveis sobre as respostas da planta forrageira sob diferentes manejos do pasto em sistemas silvipastoril que necessitam de melhores definições.

Pesquisas sobre o manejo de plantas forrageiras, em pastagens com gramíneas de clima tropical, têm mostrado a existência de uma condição ideal para a interrupção do período de rebrotação dos pastos que, geralmente, está associada ao momento em que o dossel atinge uma determinada altura do pasto (CARNEVALLI et al., 2006; BARBOSA et al., 2007). Nesse momento o pasto apresenta maior proporção de folhas e menor proporção de colmos e material morto do que os pastos manejados além deste limite o que afeta diretamente o acúmulo de forragem e a estrutura do dossel forrageiro (ECHEVERRIA et al., 2016).

Quando a planta forrageira é pastejada, ocorre alteração no fluxo de carbono e nitrogênio da planta, ou seja, após a remoção da parte aérea, as plantas remobilizam reservas das raízes para rebrota das folhas e perfilhos recuperando assim sua capacidade fotossintética (JOHANSSON, 1993). As plantas forrageiras armazenam o excedente de fotoassimilados produzidos na parte aérea em órgãos de reserva para serem utilizados na constituição de nova parte aérea após o corte ou pastejo, no florescimento e formação de sementes (THORNTON et al., 1999). Os carboidratos solúveis encontrados na base do colmo e raízes estão associados com a manutenção da

respiração e o crescimento do sistema radicular e aéreo logo após a desfolha (AVICE et al., 1997). Deste modo, esses compostos são responsáveis por características produtivas e adaptativas das forragens ao ambiente de pastagem.

A remoção da parte aérea, por meio do pastejo de forma muito intensa e frequente, leva ao declínio da produção das plantas (CORSI e NASCIMENTO JR., 1994; CECATO et al., 2001). Desta forma, o conhecimento da dinâmica de acúmulo de biomassa em um pasto passa a ter importância para a preconização de práticas de manejo que possibilitem alta produtividade dos componentes planta e animal e que, concomitantemente, respeitem os limites ecofisiológicos das plantas forrageiras (OLIVEIRA et al., 2007). Em sistemas sombreados ocorrem alterações morfofisiológicas na planta forrageira que pode comprometer a sua produtividade e perenidade (PENA et al., 2009).

A pecuária utiliza extensas áreas de pastagens com grande impacto ambiental sendo responsável pela emissão dos gases de efeito estufa pela mudança de uso da terra. As pastagens manejadas intensivamente e os sistemas silvipastoris têm grande capacidade de sequestrar carbono da atmosfera que contribui para diminuir o efeito estufa. A matéria orgânica do solo é considerada o grande reservatório do carbono atmosférico, estocando-o no solo na forma de carbono orgânico do solo (COS). As raízes têm importância fundamental no acúmulo de COS, uma vez que em ecossistemas de pastagens a principal fonte de COS é oriunda da contínua produção, morte e decomposição da mesma. Rasse et al. (2005) concluíram que a contribuição relativa dos estoques de COS são em média 2,4 vezes superior no ambiente das raízes em relação a parte aérea.

Os estudos sobre o crescimento de raízes sob sombreamento são escassos na literatura quando comparados com aqueles relacionados com a parte aérea, sendo que a produtividade da parte aérea é reflexo do que acontece com o sistema radicular, pois ambos interagem (GIACOMINI et al., 2005). As pesquisas desenvolvidas sobre sistema radicular são importantes principalmente sob influência de sombreamento, para se definir parâmetros que assegurem a sustentabilidade das pastagens e aumento o sequestro de carbono no solo. Além disso, práticas de adubação, irrigação, sistemas consorciados e manejo do pastejo mostram enorme potencial para assegurar as pastagens como dreno de carbono.

O capim-Marandu tem sido a forrageira mais utilizada como pasto no Brasil. Em monocultivo seu manejo em lotação rotativa já está estabelecido, em que a

estratégia mais adequada corresponde às alturas de pré-pastejo de 25 cm e pós-pastejo de 15 cm. Contudo, é necessário verificar se essa meta de manejo também pode ser utilizada em sistemas sombreados a fim de se garantir a perenidade do capim-Marandu sob os efeitos do pastejo no decorrer dos anos. Em sistema silvipastoril diferentes alturas de manejo do pastejo resultam em diferentes respostas da planta forrageira.

Assim, o objetivo do trabalho, é avaliar as características estruturais, reservas orgânicas, produtividade e valor nutritivo do pasto do capim-Marandu, e o estoque de carbono do solo em diferentes frequências de pastejo, pelo método de lotação rotativa, em sistema silvipastoril.

BIBLIOGRAFIA

ANDRADE, C.M.S.; GARCIA, R.; COUTO, L.; PEREIRA, O.G.; SOUZA, A.L. Desempenho de Seis Gramíneas Solteiras ou Consorciadas com o *Stylosanthes guianensis* cv. Mineirão e Eucalipto em Sistema Silvopastoril. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p.1845-1850, 2003.

ANDRADE, C.M.S.; VALENTIM, J.F.; CARNEIRO, J.C.; VAZ, F.A. Crescimento de gramíneas e leguminosas forrageiras tropicais sob sombreamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.3, p.263-270, 2004.

AVICE, J.C.; OURRY, A.; LEMAIRE, G.; Root protein and vegetative storage protein are key organic nutrients for alfalfa shoot regrowth. *Crop Science*, v.37, p.1187-1193, 1997.

BARBOSA, R.A.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. do; EUCLIDES, V.P.B.; SILVA, S.C. da; ZIMMER, A.H.; TORRES JÚNIOR, R.A. de A. Capim-tanzânia submetido a combinações entre intensidade e frequência de pastejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p.329-340, 2007.

BARUCH, Z.; GUENNI, O. Irradiance and defoliation effects in three species of the forage grass *Urochloa*. **Tropical Grassland**. v.41, p.269-276, 2007.

BERNARDINO, F. S.; GARCIA, R. Sistemas Silvopastoris. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n.60, p.77-87, 2009.

CARNEVALLI, R.A.; SILVA, S.C. da; BUENO, A.A.O.; UEBELE, M.C.; HODGSON, J.; SILVA, G.N.; MORAIS, J.P.G. Herbage production and grazing losses in *Panicum maximum* cv. Mombaça under four grazing managements. **Tropical Grasslands**, v.40, p.165-176, 2006.

CASTRO, C.R.T.; PACIULLO, D.S.C.; GOMODE, C.A.M.; MULLER, M.D.; NASCIMENTO JR, E.R. Características agronômicas, massa de forragem e valor nutritivo de *Urochloa decumbens* em Sistema silvipastoril. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n.60, p. 19-25, 2009.

CECATO, U.; CANO, C. C. P.; BORTOLO, M.; HERLING, V. R.; CANTO, M. W.; CASTRO, C. R. C. Teores de carboidratos não-estruturais, nitrogênio total e peso de raízes em Coastacross-1 (*Cynodon dactylon* (L.) Pers) pastejado por ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 3, p. 644-650, 2001.

CORSI, M.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. Princípios de fisiologia e morfologia de plantas forrageiras aplicados no manejo de pastagens. In: PEIXOTO,

A. M.; MOURA, J. C.; FARIA, V. P. **Pastagens, fundamentos da exploração racional**. 2. ed. Piracicaba: FEALQ, 1994. p. 25-47.

DEINUM, B.; SULASTRI, R.D.; ZEINAB, M.H.J.; MAASSEN, A. Effects of light intensity on growth, anatomy and forage quality of two tropical grasses (*Urochloa brizantha* and *Panicum maximum* var. *Trichoglume*). **Netherlands Journal of Agricultural Science**, v.44, p.111-124, 1996.

DEVKOTA, N.R.; KEMP, P.D.; HODGSON, J.; VALENTINE, I.; JAYA, I.K.D. Relationship between tree canopy height and the production of pasture species in a silvopastoral system based on alder trees. **Agroforestry System**, 76, 363–374. 2009.

DURR, P.A.; RANGEL, J. The response of *Panicum maximum* to a simulated subcanopy environment. I. Soil x shade interaction. **Tropical Grasslands**, v.34, p.110-117, 2000.

ECHEVERRIA, J.R.; EUCLIDES, V.P.B.; SBRISSIA, A.F.; MONTAGNER, D.B; BARBOSA, R.A.; NANTES, N.N. Acúmulo de forragem e valor nutritivo do híbrido de *Urochloa* 'BRS RB331 Ipyporã' sob pastejo intermitente. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.51, n.7, p.880-889, 2016.

GIACOMINI, C. A. M.; MATTOS, W. T.; MATTOS, W. B.; WERNER, J. C.; CUNHA, E. A.; CARVALHO, D. D. Crescimento de raízes de capins Aruana e Tanzânia submetidos a duas doses de nitrogênio. **Anais. Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, 42. Goiânia: SBZ, CD-ROM, 2005.

GOBBI K. F.; GARCIA, R.; VENTRELLA, M.C.; GARCEZ NETO, A.F.; ROCHA, G.C. Área foliar específica e anatomia foliar quantitativa do capim-braquiária e do amendoim-forrageiro submetidos a sombreamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.7, p.1436-1444, 2011.

GOBBI, K. F.; GARCIA, R.; NETO A.F.G.; PEREIRA, O.G.; VENTRELLA, M.C.; ROCHA, G.C. Características morfológicas, estruturais e produtividade do capim-braquiária e do amendoim forrageiro submetidos ao sombreamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.9, p.1645-1654, 2009.

GUENNI, O.; SEITER, S.; FIGUEROA, R. Growth responses of three *Urochloa* species to light intensity and nitrogen supply. **Tropical Grasslands**, v.42, p.75–87, 2008.

JOHANSSON, G. Carbon distribution in grass (*Festuca arundinacea*) during regrowth after cutting – Utilization of stored and newly assimilated carbon. **Plant and Soil**, v.151, p.11-20, 1993.

LAMBERS, H.; CHAPIM III, F. S.; PONS, T. L. **Plant physiological ecology**. New York: Springer, p. 540. 1998.

OLIVEIRA, T.K.; MACEDO, R.L.G.; VENTURIN, N.; BOTELHO, S.A.; HIGASHIKAWA, E.M.; MAGALHÃES, W.M. Radiação solar no sub-bosque de sistema agrossilvipastoril com eucalipto em diferentes arranjos estruturais. **Cerne**, v.13, p.40-50, 2007.

PACIULLO, D. S. C., CAMPOS, N. R., GOMIDE, C. A. M., CASTRO, C. R. T., TAVELA, R. C., ROSSIELLO, R. O. P. Crescimento de capim-braquiária influenciado pelo grau de sombreamento e pela estação do ano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, n.7, p.917-923, 2008.

PACIULLO, D.S.C.; CARVALHO, C.A.B.; AROEIRA, L.J.M.; MORENZ, M.J.F.; LOPES, F.C.F.; ROSSIELLO, R.O.P. Morfofisiologia e valor nutritivo do capim-braquiária sob sombreamento natural e a sol pleno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p.573-579, 2007.

PACIULLO, D.S.C.; CASTRO, C.R.T.; GOMIDE, C.A.M., MAURÍCIO, R.M.; PIRES, M.F.Á.; MÜLLER, M.D.; XAVIER, D.F. Performance of dairy heifers in a silvopastoral system, **Livestock Science**, 2011.

PACIULLO, D.S.C., LOPES, C.L., ARAÚJO, S.A.C. et al. Composição morfológica e acúmulo de forragem de *Brachiaria decumbens* submetida à fertilização, em sistema silvipastoril ou monocultivo. IN: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 49., 2012. Brasília. **Anais...** Brasília: SBZ, 2012. CD ROM.

PENA, K. S.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; SILVA, S. C.; EUCLIDES, V. P. B.; ZANINE, A. M. Características morfogênicas, estruturais e acúmulo de forragem do capim tanzânia submetido a duas alturas e três intervalos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.11, p.2127-2136, 2009.

RASSE, D.P.; RUMPEL, C.; DIGNAC, M.O. Is soil carbon mostly root carbon Mechanisms for a speciûc stabilization. **Plant Soil**, v. 269, p.341-356, 2005.

RIBASKI, J., MONTOYA, L. J. V., RODIGHIERI, H. R. Sistemas agroflorestais: aspectos ambientais e sócio-econômicos. **Informe Agropecuário**, v.22, n.212, p.61-67, 2001.

SOARES, A.B.; SARTORE, L.R.; ADAMI, P.F.; VARELLA, A.C.; FONSECA, L.; MEZZALIRA, J.C. Influência da luminosidade no comportamento de onze espécies forrageiras perenes de verão. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.3, p.443-451, 2009.

SOUSA, L.F.; MAURÍCIO, R.M.; MOREIRA, G.R.; GONÇALVES, L.C.; BORGES, I.; PEREIRA, L.G.R. Nutritional evaluation of “Braquiarão” grass in association with “Aroeira” trees in a silvopastoral system. **Agroforestry Systems**, 79, 179–189, 2010.

THORNTON, B.; MILLARD, P.; BAUSENWEIN, U. Reserve formation and recycling of carbon and nitrogen during regrowth of defoliated plants. In: MORAES, A. et al. (ed.) **Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology**. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 95- 108. 1999.

VARELLA, A.C.; PERI, P.L.; LUCAS, R.J.; MOOT, D.J.; MCNEIL, D.L. 2001. **Dry matter production and nutritive value of alfalfa (*Medicago sativa* L.) and orchardgrass (*Dactylis glomerata* L.) under different light regimes**. p. 660–661. In J.A. Gomide et al. (ed.) Proc. XIX Int. Grassland Congr. FEALQ, Piracicaba.

YAMAMOTO, W.; DEWI, I.A.; IBRAHIM, M. Effects of silvopastoral areas on milk production at dual-purpose cattle farms at the semi-humid old agricultural frontier in central Nicaragua. **Agricultural Systems**, v.94, p. 368–375, 2007.

CAPÍTULO 1

Manejo do pastejo de capim-Marandu em sistema silvipastoril

Grazing management of Marandu grass in silvopastoral system

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar os carboidratos de reserva, massa de raiz, perfilhamento, produtividade e valor nutritivo do capim-Marandu em sistema silvipastoril em diferentes alturas de pastejo submetido à lotação rotativa. O estudo foi conduzido na Fazenda Floresta, Visconde do Rio Branco, MG. As alturas pré-pastejo de manejo do pasto de 25, 35, e 45 cm, constituíram os tratamentos. Foi utilizado o delineamento de blocos completos casualizados, com três tratamentos e quatro repetições. O período experimental compreendeu as estações primavera/verão 2013-2014, outono de 2014, inverno de 2014, primavera/verão 2014-2015 e outono de 2015. O teor de carboidrato solúvel, massa de raiz de 10-20 cm de profundidade, massa de perfilhos, IAF pré-pastejo e massa de forragem pré-pastejo, de folha e colmo, acúmulo de forragem e fibra em detergente neutro foram maiores na altura pastejo de 45 cm em relação as alturas de pastejo de 25 e 35 cm. Já a produção total de raiz de 10-20 cm, densidade de perfilhos, relação folha colmo pré-pastejo e pós-pastejo, IAF pós-pastejo, massa de forragem pós-pastejo, proteína bruta e digestibilidade foram menores na altura de pastejo de 25 cm. Na altura de pastejo de 25 cm foi observado que a densidade de perfilho, massa de forragem pré-pastejo e pós-pastejo aumentou da primavera e verão de 2013 e 2014 para o outono 2014 e após esses períodos a densidade de perfilho diminuiu. Na altura de pastejo de 35 cm, os carboidratos de reserva, massa de colmo pré-pastejo, valor nutritivo e a persistência do capim-Marandu não foram comprometidos sendo indicada como critério de manejo do pasto.

Palavras-Chaves: Altura do Pasto, Sombreamento, Produtividade, Valor Nutritivo.

ABSTRACT

The aim of this work was elaborated based on the data of reserve, root mass, tillering, productivity and nutritive value of Marandu grass in silvopastoral system at different times of grazing submitted to rotational stocking. The study was conducted at Fazenda Floresta, Visconde do Rio Branco, MG. As pre-grazing pasture heights of 25, 35, and

45 cm were the treatments. A randomized complete block design with three treatments and four replications was used. The experimental period comprised as spring / summer seasons 2013-2014, fall of 2014, winter of 2014, spring / summer 2014-2015 and autumn of 2015. The soluble carbohydrate content, root mass of 10-20 cm depth, mass from tiller, pre-grazing IAF and pre-pasted forage mass, leaf and stem, forage emulsion and neutral detergent fiber were higher at 45 cm height relative to grazing heights of 25 and 35 cm. On the other hand, a total radius of 10-20 cm, profile density, pre-paste and post-glue paste column, post-grazing IAF, post-grazing forage mass, crude protein and digestibility were lower at grazing height 25 cm. At grazing time of 25 cm it was observed that a density of tillering, pre-pasted and post-grazing forage mass increased from the spring and summer of 2013 and 2014 to the fall of 2014 and after these periods a density of tillering decreased. At the time of management of the 35 cm grass of reserve carbohydrates, pre-pasted collagen mass, nutritive value and persistence of Marandu grass were not compromised as indicated as pasture management criteria.

Keywords: Height of the pasture, Shading, Productivity, Nutritional Value.

INTRODUÇÃO

O sucesso do sistema de produção animal em pastagens depende, em especial, das eficiências de crescimento, utilização e conversão da planta forrageira em produto animal (HODGSON, 1990). Em sistema silvipastoril o sombreamento, imposto pelo componente arbóreo, promove alterações fisiológicas, anatômicas e morfológicas na planta forrageira (DEINUM, et al., 1996; LAMBERS, et al., 1998; BELESKY, 2005), que podem afetar positivamente ou negativamente a quantidade e a qualidade da forragem e a produção animal (LIN, et al., 2001; PERI, et al., 2007).

Para que a produção de forragem em sistema silvipastoril não seja afetada torna-se necessário escolher uma espécie forrageira tolerante ao sombreamento e planejar o sistema de forma que o nível de sombreamento não exceda 40% (PACIULLO, et al., 2008; GOBBI, et al., 2009). O foco da maioria dos trabalhos, conduzidos no país, desde décadas passadas até o presente, foi comparar o sistema silvipastoril ao monocultivo com relação à produção de forragem e animal (BERNARDINO e GARCIA, 2009; PACIULLO et al., 2007; GUENNI et al., 2008). A forragem promove alterações na morfologia (LIN et al., 2001), anatomia (ALLARD et al., 1991), composição bromatológica (YAMAMOTO et al., 2007) e no crescimento e produção das plantas das forrageiras (PACIULLO et al., 2011a). Nos animais, a presença do componente arbóreo consegue uma melhoria na condição e na produção do animal (PEZO et al., 1990, PEZO e IBRAHIM, 1999), no conforto térmico (TUCKER et al., 2008), serve de quebra-vento e abrigo (MOREIRA et al., 2009).

Não somente no monocultivo, mas também no sistema silvipastoril é necessário aumentar a eficiência de crescimento e utilização da forragem produzida e a conversão dos nutrientes, em produto animal. Todavia, para aumentar a eficiência é imprescindível definir as melhores frequências e intensidades de pastejo para cada espécie forrageira no sistema e ajustar a pressão de pastejo de acordo com a oferta de forragem. Assim, torna-se importante compreender a estrutura do pasto e sua relação com a forragem produzida e consumida pelos animais para fundamentar ações de manejo que possam ser racionais e sustentáveis (GONÇALVES et al., 2009).

O manejo do capim-Marandu em monocultivo está bem estabelecido tanto para lotação contínua como rotativa (HODGSON e DA SILVA, 2002), entretanto, as definições para sistema silvipastoril ainda precisam ser concretizadas. Alturas do dossel do capim-Marandu em monocultivo, de 25 cm de pré-pastejo, equivalente à uma interceptação de 95% da luz incidente, e 15 cm pós-pastejo, têm sido

recomendadas sob lotação rotativa (TRINDADE et al. 2007; GIACOMINI et al., 2009a, 2009b).

O capim-Marandu ocupa aproximadamente 50% das pastagens cultivadas no Brasil (VALE et al., 2011) e também tem sido a forrageira mais utilizada em sistemas silvipastoris (GARCIA e QUEIROZ, 2012) por apresentar boa tolerância e produtividade sob sombreamento moderado. No entanto, é necessário que práticas adequadas de manejo do pasto sejam aplicadas a fim de se garantir a perenidade do capim-Marandu no sistema silvipastoril sob os efeitos do pastejo no decorrer dos anos. O objetivo deste trabalho foi avaliar as reservas orgânicas, sistema radicular, perfilhamento, produtividade e o valor nutritivo do capim-Marandu em sistema silvipastoril em diferentes alturas de manejo do pasto sob lotação rotativa.

MATERIAL E MÉTODOS

Área experimental

O estudo foi conduzido na Fazenda Floresta que é uma “Unidade Demonstrativa” coordenada pela EMATER Regional de Viçosa, MG. A fazenda está localizada no município de Visconde do Rio Branco, Minas Gerais, situada à latitude de 20°58'25''S e longitude de 42°52'56''W e a 394 m de altitude. A unidade demonstrativa possui 3,4 ha formados em sistema silvipastoril (Figura 1).

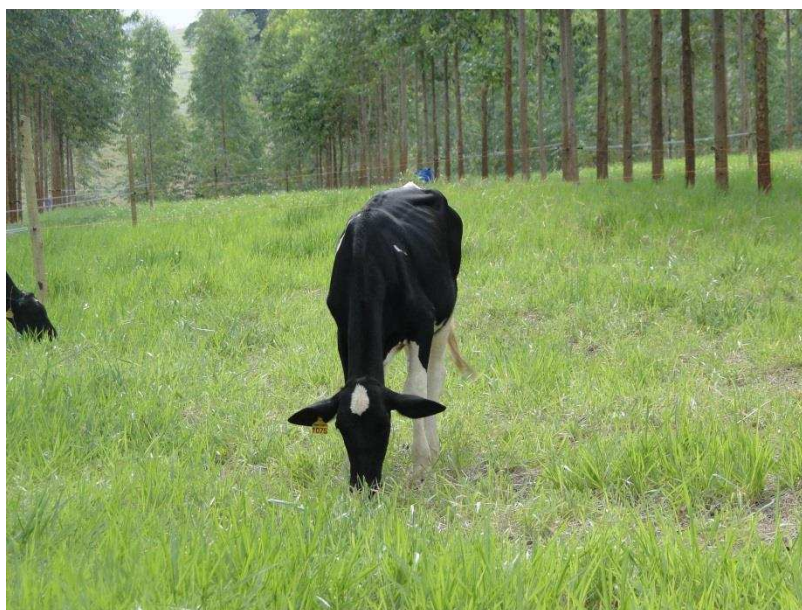


Figura 1. Sistema Silvipastoril, Fazenda Floresta, Visconde do Rio Branco, Minas Gerais. Unidade Demonstrativa coordenada pela EMATER Regional de Viçosa, MG.

O clima da região, conforme classificação de Köppen e Geiger (1928) é do tipo Cwa (tropical úmido com inverno seco e verão quente). O município possui temperatura anual média de 22,6 °C, com médias das máximas e mínimas de 31,9 e 16 °C, respectivamente (Figura 2). A precipitação média anual durante o período experimental foi de 887 mm, bem abaixo da média histórica de 1.272 mm. Os dados de temperatura e precipitação foram utilizados para o cálculo do balanço hídrico mensal (THORNTHWAITE e MATHER, 1955) durante o período experimental (Figura 3). O solo da região é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo (EMBRAPA-CNPS, 2006).

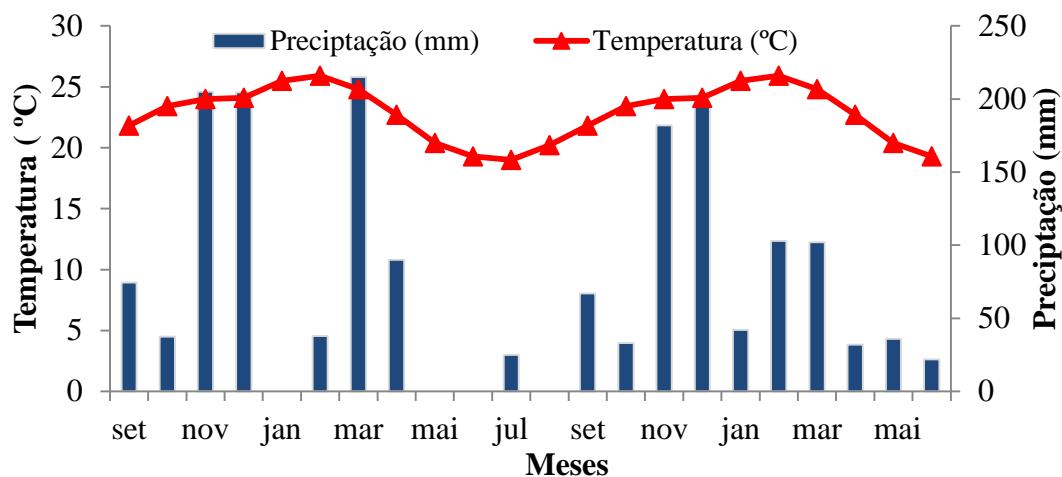


Figura 2. Médias mensais de temperatura (°C) e precipitação pluviométrica (mm) medidas entre setembro de 2013 e junho de 2015 na Fazenda Floresta, Visconde do Rio Branco, MG.

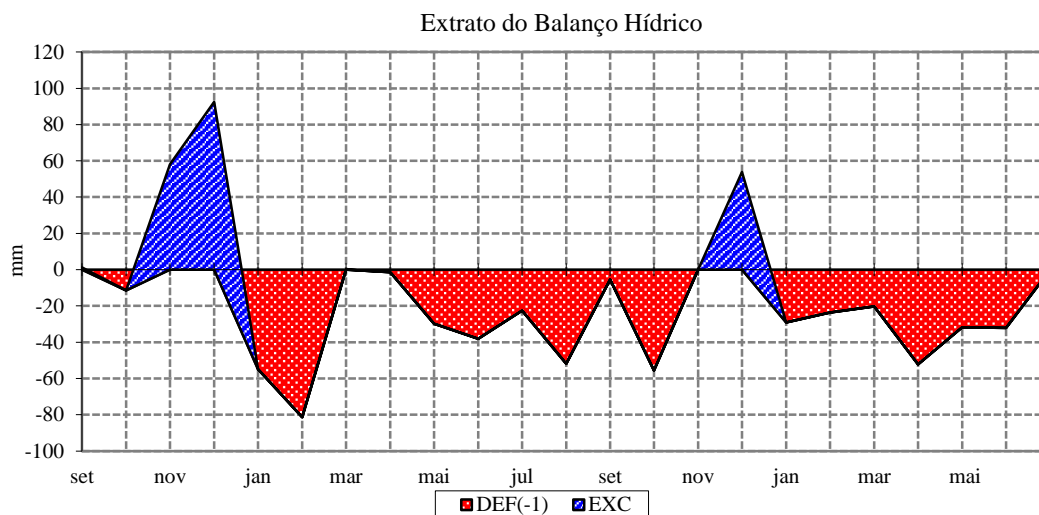


Figura 3. Balanço hídrico mensal durante o período de setembro de 2013 a março de 2015.

Histórico da área

Em toda a área, antes da implantação do sistema foi realizada a análise do solo sendo feita a correção do mesmo de acordo com os dados apresentados na Tabela 1. Duas toneladas de calcário foram aplicadas na superfície do solo e incorporadas.

Tabela 1. Resultados da análise química do solo na profundidade 0-20 cm da unidade demonstrativa antes da implantação do sistema silvipastoril.

Data	PH	P	K	Ca	Mg	Al	H + Al	SB	CTC t	CTC T	V	m	P rem
	CaCl ₂	mg/dm ³					mmolc/dm ³				%	%	mg/dm ³
09/2010	5,4	1,4	25	0,9	0,5	0,5	4,29	1,46	1,96	5,75	25,0	26,0	34,2
07/2013	5,1	0,9	19	0,6	0,3	0,5	4,95	0,95	1,45	5,90	16,0	34,0	24,7

O sistema agrossilvipastoril foi implantado em dezembro de 2010 em uma área degradada de braquiária decumbens (*Urochloa decumbens*). O eucalipto (clone GG100) foi estabelecido no espaçamento de plantio 10 x 3 m no sentido leste-oeste. Ainda em dezembro de 2010 e seguindo-se o plantio de eucalipto foi plantado o milho para produção de silagem. Em outubro-novembro de 2011 foi novamente plantado milho para produção de silagem e juntamente com o milho o capim-Marandu (*Urochloa brizanta* (Hochst. Bhp ex A. Rich) cv. Marandu).

A adubação do eucalipto no plantio foi de 200 g/cova de 6-30-6 e cobertura com 200 g/cova de 20-00-20, em duas aplicações. A adubação de plantio do milho foi 400 kg/ha do fertilizante 8-28-16 e cobertura com 400 kg/ha de 30-00-10. Ainda, foram realizadas duas desramas nas árvores de eucalipto em 05/13 e 08/14 conforme preconizado pelo manejo silvicultural.

Implantação do experimento

Em julho de 2013 amostras de solo de toda a área experimental foram coletadas para análises químicas (Tabela 1) e conforme os resultados foram realizadas calagem e adubação fosfatada, segundo Cantarutti et al. (1999). Para adubação de manutenção do pasto foram utilizados anualmente 100 e 80 kg/ha de N e K₂O, respectivamente, aplicadas em três coberturas. As unidades experimentais foram delimitadas por cerca elétrica e foram instalados bebedouros em todas as unidades experimentais. No início do período experimental o eucalipto apresentava-se com 12,4 m de altura e 12,95 cm de diâmetro a altura do peito. O nível de sombreamento médio proporcionado pelo componente arbóreo no pasto, medido de forma sistematizada a partir de 20 leituras por unidade experimental com aparelho Accupar LP-80, foi de 35%. No dia 01 de novembro de 2013, foi realizado o pastejo de uniformização em toda área experimental.

Tratamentos

Para manejo do pasto de capim-Marandu em sistema silvipastoril foi adotado o método de lotação rotativa com taxa de lotação variável e o critério para definir o intervalo de desfolhação foi baseado nas alturas do pasto pré-pastejo de 25, 35, e 45 cm. As alturas dos pastos foram monitoradas por meio de régua, com a qual foram realizadas 20 leituras em pontos sistematizados de cada unidade experimental. A altura

de cada ponto correspondeu à altura média do dossel em torno da régua, e a média dos 20 pontos correspondeu à altura média do pasto na unidade experimental.

O período de ocupação da unidade experimental em uso correspondeu ao momento que o pasto atingiu a meta pós-pastejo de 15 cm. À medida que os animais realizaram o pastejo, medições de alturas do pasto foram feitas até que o dossel atingisse a altura de 15 cm no pós-pastejo. Os animais utilizados foram bezerras Girolandas em fase de recria, com peso médio inicial de 200 kg. Todos os animais receberam água e mistura mineral completa à vontade, além de manejo sanitário.

Delineamento experimental

Foi utilizado o delineamento de blocos completos casualizados, com três tratamentos e quatro repetições, totalizando doze unidades experimentais. A área de cada unidade experimental foi de 250 m². O período experimental compreendeu as estações primavera e verão de 2013-2014, outono de 2014, primavera e verão de 2014-2015 e outono de 2015.

Avaliações

Teor de carboidratos solúveis

Para determinação dos teores carboidratos solúveis foram utilizados às amostras de base do colmo a 5 cm da superfície do solo. As amostras coletadas foram liofilizadas em nitrogênio líquido com a finalidade de paralisar os processos respiratórios e enzimáticos e depois colocada em estufa de ventilação forçada a 55°C até atingir massa constante. As amostras secas bases do colmo foram moídas em moinho de faca tipo Willey (peneira de 1 mm). As amostras foram levadas para o Laboratório de Forragicultura da Universidade Federal de Viçosa para a determinação dos carboidratos solúveis conforme os procedimentos descritos por Nelson (1944).

Sistema radicular

A escolha dos pontos de amostragem de raízes foi realizada de forma a representar a altura média do pasto no momento da avaliação. Foi utilizado um trado cilíndrico com 10 cm de diâmetro para coleta de raízes nas profundidades de 0 -10 e 10 - 20 cm. Antes da entrada dos animais, foram coletadas oito amostras de raízes em cada unidade experimental para avaliação da massa seca das raízes. Para determinação da matéria seca, as raízes foram lavadas e secas em estufas a 55°C até peso constante.

A massa de raiz foi calculada levando em consideração a profundidade de amostragem e a densidade do solo. A produção de raiz foi calculada pelo somatório das massas de raízes de todas as estações do ano.

Massa de Forragem

A determinação da massa de forragem nas condições de pré e de pós-pastejo foi realizada por meio de amostragens diretas, sendo colhidas quatro amostras (unidades de amostragem) do pasto por unidade experimental. As amostras foram colhidas no último dia do período de descanso (condição de pré-pastejo) e após o período de ocupação (condição pós-pastejo). A escolha dos pontos de amostragem foi realizada de forma a representar a altura média do pasto no momento da avaliação. Duas amostras foram coletadas à nível do solo e para isso foi utilizado um quadrado de 0,25 m² (0,5x0,5 m) colhendo todos os perfilhos contidos em seu interior. Outras duas amostras foram colhidas acima do resíduo (15 cm) para determinação do acúmulo de forragem e análises de valor nutritivo. As amostras foram pesadas, obtendo-se o peso verde, e posteriormente secas em estufa de circulação de ar forçada a 55°C até peso constante, para a determinação da massa de forragem pré e pós-pastejo (kg/ha de MS). A massa de forragem total foi calculada pelo somatório das massas de forragens pré-pastejo de todas as estações do ano.

Acúmulo de forragem

O acúmulo de forragem foi obtido utilizando os valores de massa de forragem estimados em uma moldura metálica de formato quadrado de 0,5x0,5m onde a forragem foi cortada a 15cm do nível do solo, pesada e encaminhada para estufa de circulação de ar forçada a 55°C por 72 horas para obtenção da matéria seca (MS). Os valores observados foram extrapolados para kg ha⁻¹ de MS. O acúmulo de forragem total foi calculado pelo somatório dos acúmulos de forragem de todas as estações do ano.

Densidade e massa de perfilhos

A densidade populacional de perfilhos foi obtida por meio da contagem do número de perfilhos das amostras coletadas à nível do solo. A massa do perfilho foi calculada dividindo a massa de forragem (g/m²) pelo número de perfilho/m².

Componentes morfológicos da forrageira

Para a avaliação dos componentes da forrageira, lâminas foliares, colmos (colmo+bainha) e material senescente, foi separada manualmente uma alíquota representativa das amostras coletadas à nível do solo. As amostras de cada componente foram secas 55°C até peso constante. O peso de cada componente foi utilizado para calcular sua porcentagem na massa total de forragem. Os valores de massa de forragem foram convertidos para kg MS/ha e os componentes morfológicos expressos como proporção (%) da massa de forragem.

Índice de área foliar (IAF)

Para determinação do IAF foi utilizado uma amostra representativa das lâminas foliares obtidas na separação morfológica. Essa amostra foi quantificada no medidor de área LICOR, modelo LI 3000 para determinação do IAF.

Relação lamina foliar/colmo

A relação lamina foliar:colmo foi calculada dividindo-se o valor de massa seca de lâminas foliares por massa seca de colmo + bainha.

Valor nutritivo

As amostras da forrageira pré-pastejo coletadas a 15 cm do solo foram moídas em moinho de facas tipo Willey, em peneira com malha de 1 mm, e submetidas às análises de proteína bruta, fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína seguindo recomendações de Detmann et al. (2012). A análise da digestibilidade *in vitro* da matéria seca foi realizada de acordo com as recomendações técnicas descritas por Tilley e Terry (1963), adaptada para a utilização do rúmen artificial (Daisy *in vitro* Incubator – ANKOM Technology), segundo Garman et al. (1997).

Análise Estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância utilizando-se o procedimento GLM (General Linear Models) do pacote estatístico SAS® (SAS Institute, 2004), versão 9.0 para Windows® para verificar se houve ou não interação entre tratamento e período. Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) com aplicação do teste F. As médias entre tratamentos foram estimadas utilizando-se o

“LSMEANS”, e a comparação entre elas foi realizada por meio da probabilidade da diferença (“DIFF”), a 5% de probabilidade.

RESULTADOS

Altura do pasto

As alturas de pastejo de 25, 35 e 45 cm apresentaram médias de 25,55, 35,61 e 45,90 cm, respectivamente (Tabela 2), sendo próximas das alturas pretendidas. A altura pós-pastejo de 15 cm foi alcançada, para as alturas de manejo do pasto de 25 e 35 cm, obteve-se médias de 15,09 e 15,14 cm, respectivamente. Entretanto, houve dificuldade para o rebaixamento dos pastos na altura pastejo de 45 cm, com média de 16,81cm.

Tabela 2. Altura (cm) pré-pastejo e pós-pastejo e erro padrão da média do capim-Marandu em sistema silvipastoril nas alturas de pastejo de 25, 35 e 45 cm, nas estações primavera e verão de 2013-2014, outono 2014, primavera e verão de 2014-2015 e outono 2015.

Estações	Pré-pastejo			Pós-pastejo		
	25	35	45	25	35	45
Primavera e verão de 2013-2014	25,7±4,4	36,3±9,3	46,8±8,8	15,6±3,1	14,6±3,9	15,2±4,9
Outono de 2014	24,7±3,5	34,8±9,6	45,3±10,	14,9±2,5	15,3±3,5	16,9±5,3
Primavera e verão de 2014-2015	25,2±5,0	35,4±6,5	45,2±13,	14,9±2,2	15,5±2,6	17,3±4,0
Outono de 2015	25,6±2,9	35,8±7,5	46,2±8,6	14,9±1,3	15,1±2,7	17,7±5,2
Média	25,3	35,6	45,9	15,0	15,1	16,8

Período de descanso e ciclos de pastejo

O período de descanso e ciclos de pastejo do capim-Marandu em sistema silvipastoril nas alturas de pastejo de 25, 35 e 45 cm estão apresentados na Tabela 3. Na média, o intervalo de pastejo foi de 53, 74 e 81 dias para as alturas de manejo de 25, 35 e 45 cm, respectivamente. Entretanto na primavera e verão de 2013-2014 esses valores foram de 23, 36 e 40 dias para as alturas de pastejo de 25, 35 e 45 cm, respectivamente, resultados semelhantes à literatura em condições de precipitação e temperaturas normais o que não ocorreu na primavera e verão de 2014-2015.

Tabela 3. Período de descanso e ciclo de pastejo do capim-Marandu em sistema silvipastoril nas alturas de pastejo de 25, 35 e 45 cm, nas estações primavera e verão de 2013-2014, outono 2014, primavera e verão de 2014-2015 e outono 2015.

Estações	Período de descanso (dias)			Ciclo de pastejo (n)		
	25	35	45	25	35	45
Primavera e verão de 2013-2014	23	36	40	2	2	1
Outono de 2014	104	109	111	1	1	1
Primavera e verão de 2014-2015	44	98	111	2	1	1
Outono de 2015	43	56	64	1	1	1
Média/Total	53	75	81	6	5	4

O total de ciclos de pastejo foi de seis, cinco e quatro ciclos para as alturas de pastejo de 25, 35 e 45 cm. Esses resultados se devem aos altos períodos de descanso observados, sendo que apenas a altura de pastejo de 25 cm teve dois ciclos dentro das duas estações de maior crescimento da planta (primavera/verão).

Teor de carboidratos solúveis e massa de raízes

O teor de carboidratos solúveis (CHOs) do capim-Marandu em sistema silvipastoril variou conforme as alturas de pastejo ($p < 0,0002$), estações do ano ($p < 0,0003$) e pela interação alturas de pastejo e estações do ano ($p < 0,0003$) (Tabela 4). O maior teor de CHOs foi encontrado nas alturas de 35 cm (4,12 %) e 45 cm (3,85 %) e menor na altura de 25 cm (2,80 %). Na primavera e verão de 2014-2015 o teor de CHOs, foi de 3,85 %, sendo maior que nas estações da primavera e verão de 2013-2014 e out de 2014.

Tabela 4. Teor de carboidratos solúveis, massa de raiz nas profundidades de 0-10 e 10-20 de capim-Marandu em sistema silvipastoril nas alturas de pastejo de 25, 35 e 45 cm, nas estações primavera e verão de 2013-2014, outono 2014, primavera e verão de 2014-2015 e outono 2015.

Estações	Altura do pasto (cm)			Média	EPM
	25	35	45		
Teor de carboidratos solúveis (%)					
Primavera e verão de 2013-2014	3,12Aa	3,66Ba	3,43Ba	3,40B	0,18
Out14	2,32Ab	3,88Ba	3,92ABa	3,38B	0,18
Primavera e verão de 2014-2015	2,92Ab	4,21ABa	4,16Aa	3,85A	0,18
Outono de 2015	2,84Bb	4,72Aa	3,64ABb	3,74AB	0,18
Média	2,80b	4,12a	3,85a		
Massa de raiz de 0-10 (kg/ha)					
Primavera e verão de 2013-2014	2.566Aa	2.527Aa	2.176Aa	2.423A	146,5
Out14	1.752Ba	1.921ABa	2.201Aa	1.958B	146,5
Primavera e verão de 2014-2015	1.536Ba	1.801Ba	1.699Aa	1.678BC	146,5
Outono de 2015	1.251Ba	1.801Ba	1.587Aa	1.546C	146,5
Média	1.776	2.012	1.916		
Total	7.107	8.050	7.664		
Massa de raiz 10-20 (kg/ha)					
Primavera e verão de 2013-2014	592Ab	701Aa	539Bb	611A	37,4
Out14	345Bc	503ABb	1.165Aa	671A	74,3
Primavera e verão de 2014-2015	475ABc	527ABb	598Ba	533AB	85,1
Outono de 2015	350Bb	385Bb	443Ba	393B	46,2
Média	440b	529b	686a		
Total	2.831	2.819	2.747		

Médias seguidas de letras iguais minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferem entre si pela probabilidade da diferença (“DIFF”), a 5% de probabilidade. EPM – Erro Padrão da Média.

No início do experimento (primavera e verão de 2013-2014) não foi observado diferença no teor de CHOs entre as alturas de pastejo de 25, 35 e 45 cm, com média

de 3,12, 3,66 e 3,43 %, respectivamente. O teor CHOs na altura de pastejo de 25 cm foi menor no outono de 2014 e primavera e verão de 2014-2015 em relação as alturas de pastejo de 23 e 45 cm e que o teor de CHOs diminuiu na altura de pastejo de 25 cm no outono de 2015 em relação as outras estações. Na altura de pastejo de 35 cm foi observado um maior teor de CHOs no outono de 2015 em relação as alturas de pastejo de 35 e 45 cm e que o teor de CHOs nessa altura aumentou nas estações da primavera e verão de 2014-2015 e outono de 2015.

A massa de raiz de 0-10 cm de profundidade do capim-Marandu em sistema silvipastoril foi significativamente influenciada pela estação do ano ($p < 0,0001$) e pela interação altura de pastejo e estação do ano ($p < 0,0500$) (Tabela 4). Na média a massa de raiz de 0-10 cm de profundidade foi de 1.717, 1.982 e 1.876 Kg/ha para as alturas de manejo do pasto de 25, 35 e 45 cm, respectivamente. Foi observado que a massa de raiz de 0-10 cm de profundidade na altura de pastejo de 25 cm diminuiu de 2.566 para 1.251 kg/ha do início para o final do período experimental. Já para altura pastejo de 35 cm, a massa de raiz de 0-10 cm de profundidade diminuiu de 2.176 para 1.587 kg/ha e para a altura de 45 cm não foi observado diferença na massa de raiz entre as estações do ano.

Para massa de raiz de 10-20 cm de profundidade do capim-Marandu em sistema silvipastoril, observou-se que, ocorreu efeito significativo para a altura de pastejo ($p < 0,0009$), estação do ano ($p < 0,0001$) e pela interação altura de pastejo e estações do ano ($p < 0,0001$) (Tabela 4). A massa de raiz de 10-20 cm de profundidade foi maior na altura de pastejo de 45 cm (651 kg/ha) do que nas alturas de 25 (453 kg/ha) e 35 cm (533 kg/ha). Para todas as alturas de pastejo a massa de raiz de 10-20 cm de profundidade diminuiu com as estações do ano, sendo os menores valores encontrados no outono de 2015. Na primavera e verão de 2013-2014 a massa de raiz de 10-20 cm de profundidade foi maior na altura de pastejo de 35 cm, em relação as alturas de pastejo de 25 e 35 cm. Nas demais estações do ano a altura de pastejo de 45 cm apresentou maior massa de raiz de 10-20 cm de profundidade.

Densidade e Massa de Perfilhos

A densidade de perfilho do capim-Marandu em sistema silvipastoril variou conforme a altura de pastejo ($p < 0,0067$), estação do ano ($p < 0,0001$) e pela interação altura de pastejo e estação ($p < 0,0001$) (Tabela 5). Nas três primeiras estações a densidade de perfilho foi menor na altura de pastejo de 45 cm, em relação as alturas

de pastejo de 25 e 35 cm. No outono de 2015 a maior densidade de perfilho foi na altura de 35 cm e não teve diferença entre a altura de pastejo de 45 e 25 cm. Esse resultado foi observado devido a densidade de perfilhos na altura de pastejo de 25 cm ter diminuído da primavera e verão de 2013-2014 para o outono de 2015.

Tabela 5. Densidade e massa de perfilho de capim-Marandu em sistema silvipastoril nas alturas de pastejo de 25 cm, 35 cm e 45 cm, nas estações de primavera e verão de 2013-2014, outono de 2014, primavera e verão de 2014-2015 e outono de 2015.

Estações	Altura do pasto (cm)			Média	EPM
	25	35	45		
Densidade de perfilho (perfilho/m²)					
Primavera e verão de 2013-2014	588Ba	596Aa	454Ab	546A	10,52
Out14	755Aa	497ABb	526Ab	592A	37,28
Primavera e verão de 2014-2015	430Ca	431Ba	356Bb	406B	16,56
Outono de 2015	375Cb	445Ba	397ABb	405B	27,14
Média	537a	492ab	433.75b		
Massa de perfilho (g)					
Primavera e verão de 2013-2014	1,76	2,13	2,68	2,19B	0,13
Out14	1,66	2,18	3,18	2,34AB	0,13
Primavera e verão de 2014-2015	1,85	2,39	3,53	2,59A	0,13
Outono de 2015	1,83	2,30	3,17	2,43AB	0,13
Média	1,77c	2,25b	3,17a		

Médias seguidas de letras iguais minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferem entre si pela probabilidade da diferença (“DIFF”), a 5% de probabilidade. EPM – Erro Padrão da Média.

Para massa de perfilho do capim-Marandu em sistema silvipastoril, observou-se que, ocorreu efeito significativo para a altura de pastejo ($p < 0,0001$), estação do ano ($p < 0,0104$) (Tabela 5). As massas de perfilho foi maior na altura de pastejo de 45, seguida pela altura de pastejo de 35 e 25 cm, que foram de 2,77, 2,10 e 1,17 g/perfilho, respectivamente. Apesar do número de perfilhos ter diminuído na altura de pastejo de 25 cm não foi observada diferença na sua massa de perfilho em função das estações do ano.

Índice de área foliar

O índice de área foliar (IAF) pré-pastejo do capim-Marandu em sistema silvipastoril foi influenciado pela altura de pastejo ($p < 0,0013$), estação do ano ($p < 0,0008$) e pela interação altura de pastejo e estação do ano ($p < 0,0405$) (Tabela 6). O IAF pré-pastejo na altura pastejo de 45 cm na diferiu da altura de pastejo de 35 cm e foi 41 % maior em relação às alturas de pastejo de 25cm no outono de 2015, já para as outras estações não foi observado esse efeito. Nas alturas de pastejo de 35 e 45 cm não foram observadas diferenças no IAF pré-pastejo em relação às estações dos anos.

Entretanto, para a altura de pastejo de 25 cm o IAF pré-pastejo foi menor no outono de 2015.

O IAF pós-pastejo do capim-Marandu em sistema silvipastoril foi significativamente influenciado pela altura de pastejo ($p < 0,0160$) e estação do ano ($p < 0,0083$) (Tabela 6). O IAF pós-pastejo na altura de pastejo de 45 cm não diferiu da altura de pastejo de 35 cm e foi 66 % menor em relação às alturas de 25 cm. Também foi observado que o IAF pós-pastejo diminuiu de 0,57 na primavera e verão de 2013-2014 para 0,36 no outono de 2015.

Tabela 6. Índice de área foliar (IAF) pré-pastejo e pós-pastejo do capim-Marandu em sistema silvipastoril nas alturas de pastejo de 25 cm, 35 cm e 45 cm nas estações da primavera e verão de 2013-2014, outono de 2014, primavera e verão de 2014-2015 e outono de 2015.

Estações	Altura do pasto (cm)			Média	EPM
	25	35	45		
IAF pré-pastejo					
Primavera e verão de 2013-2014	2,81ABa	3,71Aa	3,35Aa	3,29AB	0,20
Out14	3,38Aa	3,40Aa	4,10Aa	3,63A	0,20
Primavera e verão de 2014-2015	2,58ABa	3,35Aa	3,50Aa	3,14B	0,20
Outono de 2015	2,14Bb	2,81Aab	3,67Aa	2,88B	0,20
Média	2,73b	3,32a	3,65a		
IAF pós-pastejo					
Primavera e verão de 2013-2014	0,85	0,52	0,33	0,57A	0,09
Out14	0,92	0,47	0,47	0,62A	0,09
Primavera e verão de 2014-2015	0,48	0,31	0,29	0,47AB	0,09
Outono de 2015	0,43	0,41	0,23	0,36B	0,09
Média	0,75a	0,43b	0,33b		

Médias seguidas de letras iguais minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferem entre si pela probabilidade da diferença ("DIFF"), a 5% de probabilidade. EPM – Erro Padrão da Média.

Componentes morfológicos

A massa de lâminas foliares pré-pastejo e pós-pastejo do capim-Marandu em sistema silvipastoril variaram conforme a altura de pastejo, estação do ano e interação alturas de pastejo e estação do ano (Tabela 7). As menores massa de lâminas foliares pré-pastejo foi observado na altura de pastejo de 25 cm em relação às alturas de pastejo de 35 e 45 cm em todas as estações do ano. Na altura de pastejo de 25 e 35 cm os menores valores de massa de lâminas foliares pré-pastejo foram encontrados no outono de 2015, já para altura de pastejo de 45 cm não teve diferença entre as estações. Entretanto, a massa de lâminas foliares pós-pastejo foi maior na altura de pastejo de 25 cm em todas as estações do ano, seguida de altura de pastejo de 35 e 45 cm, apresentando valor médio de 332,77, 235,53 e 148,05 kg de MS ha⁻¹, respectivamente.

Tabela 7. Massa de lamina foliar, colmo e material senescente pré-pastejo e pós-pastejo do capim-Marandu em sistema silvipastoril nas alturas de pastejo de 25, 35 e 45 cm nas estações de primavera e verão de 2013-2014, outono de 2014, primavera e verão de 2014-2015 e outono de 2015.

Estações	Altura do pasto (cm)			Média	EPM
	25	35	45		
Pré-Pastejo					
Massa de lamina foliar (kg de MS/ha⁻¹)					
Primavera e verão de 2013-2014	1.589Ac	1.825Ab	2.001Aa	1.805A	109
Out14	1.318ABb	1.534ABa	1.517Aa	1.456BC	109
Primavera e verão de 2014-2015	1.168ABb	1.794ABa	1.720Aa	1.561B	109
Outono de 2015	942Bc	1.288Bb	1.657Aa	1.296C	109
Média	1.254b	1.610a	1.724a		
Massa de colmo (kg de MS/ha⁻¹)					
Primavera e verão de 2013-2014	1.010	1.371	1.783	1.388A	66
Out14	932	921	1.886	1.246AB	124
Primavera e verão de 2014-2015	644	1.117	1.360	1.040B	107
Outono de 2015	596	1.113	1.490	1.067B	137
Média	795c	1.131b	1.630a		
Massa de material senescente (kg de MS/ha⁻¹)					
Primavera e verão de 2013-2014	208	299	437	315	65
Out14	498	383	462	447	145
Primavera e verão de 2014-2015	208	192	204	201	95
Outono de 2015	221	344	316	293	77
Média	284	304	355		
Pós-Pastejo					
Massa de lâmina foliar (kg de MS/ha⁻¹)					
Primavera e verão de 2013-2014	446Aa	327Ab	128Ab	300A	36
Out14	391ABa	178Ab	204Ab	258AB	36
Primavera e verão de 2014-2015	230Ba	191Ab	167Ab	196B	36
Outono de 2015	262Ba	244Aa	91Ab	199B	36
Média	332a	235b	148b		
Massa de Colmo (kg de MS/ha⁻¹)					
Primavera e verão de 2013-2014	894Ab	847ABb	1.022Aa	921A	50
Out14	863Aa	558Bb	828Aa	750B	56
Primavera e verão de 2014-2015	739Aa	811ABa	758Aa	769AB	78
Outono de 2015	503Ac	1260Aa	794Ab	852AB	195
Média	750	869	851		
Massa de material senescente (kg de MS/ha⁻¹)					
Primavera e verão de 2013-2014	227Bb	283Ab	450Aa	320AB	69
Out14	792Aa	295Ab	338ABb	475A	140
Primavera e verão de 2014-2015	184BCb	280Aa	283ABa	249BC	78
Outono de 2015	54Cb	324Aa	245Ba	208C	61
Média	314	295	329		

Médias seguidas de letras iguais minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferem entre si pela probabilidade da diferença ("DIFF"), a 5% de probabilidade. EPM – Erro Padrão da Média.

A massa de colmo pré-pastejo do capim-Marandu em sistema silvipastoril foi significativamente influenciada pela altura de pastejo ($p < 0,0001$) e estação do ano ($p < 0,0001$) (Tabela 7). O capim-Marandu na altura de pastejo de 45 cm apresentou maior massa de colmo pré-pastejo em relação as alturas de pastejo de 35 e 25 cm. Em relação as estações do ano a massa de colmo pré-pastejo diminuiu de 1.388 Kg de MS ha⁻¹ na primavera e verão de 2013-2014 para 1.067 Kg de MS ha⁻¹ no outono de 2015.

A massa de colmo pós-pastejo do capim-Marandu em sistema silvipastoril variou conforme a estação do ano ($p < 0,0039$) e interação altura de pastejo e estação do ano ($p < 0,0030$) (Tabela 7). A massa de colmo pós-pastejo na primavera e verão de 2013-2014 não diferiu da primavera e verão de 2014-2015 e outono de 2015, no entanto, foi maior que no outono de 2014. Nas estações primavera e verão de 2013-2014, outono de 2014 e primavera e verão de 2014-2015 foi observado maior massa de colmo pós-pastejo.

Não foi observado efeito de altura de pastejo, estação do ano e interação altura e estação para a massa de senescência pré-pastejo do capim-Marandu em sistema silvipastoril sendo que sua massa foi na média de 413, 393 e 414 kg de MS ha⁻¹ para as alturas de pastejo de 25, 35 e 45 cm, respectivamente (Tabela 7). A massa de senescência pós-pastejo do capim-Marandu em sistema silvipastoril variou conforme a estação do ano ($p < 0,0005$) e pela interação altura de pastejo e estação do ano ($p < 0,0006$) (Tabela 7). Na primavera e verão de 2013-2014 a maior massa de senescência pós-pastejo foi observada na altura de pastejo de 45 cm e não observou diferença na altura de pastejo de 25 e 35 cm. A massa de senescência pós-pastejo nas estações da primavera e verão de 2014-2015 e outono de 2015 ano foi maior na altura de pastejo de 45 cm. Apenas no outono de 2014 que a altura de pastejo de 25 cm apresentou a maior massa de senescência pós-pastejo.

Relação lamina foliar/Colmo

A relação lamina foliar/colmo pré-pastejo e pós-pastejo do capim-Marandu em sistema silvipastoril variou conforme a altura de pastejo, estação do ano e pela interação altura de pastejo e estação do ano (Tabela 8). A relação lamina foliar/colmo pré-pastejo foi maior na altura de pastejo de 25 cm que a altura de pastejo 45 e 35 cm nas estações do primavera e verão de 2013-2014 e outono de 2015, e nas estações outono de 2014 e primavera e verão de 2014-2015 não diferiu da altura de pastejo de 35 cm. Para a altura de pastejo de 25 e 45 cm não houve diferença entre as estações do ano. No pós-pastejo a relação lamina foliar/colmo na altura de pastejo de 45cm foi a menor em todas as estações do ano. No outono de 2014 e primavera e verão de 2014-2015 a relação lamina foliar/colmo foi menor na altura de pastejo de 45 cm. Entretanto, na primavera e verão de 2013-2014 e outono de 2015 a maior relação lamina foliar/colmo foi observada na altura de pastejo de 25 cm e não houve diferença entre as alturas de pastejo de 35 e 45 cm.

Tabela 8. Relação lamina foliar/colmo pré-pastejo e pós-pastejo de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em sistema silvipastoril nas alturas de pastejo de 25 cm, 35 cm e 45 cm nas estações de primavera e verão 2013 e 2014, outono 2014, primavera e verão 2014 e 2015 e outono 2015.

Estação	Altura de pastejo (cm)			Média	EPM
	25	35	45		
Pré-pastejo					
Primavera e verão de 2013-2014	1,61Aa	1,34ABb	1,12Ab	1,35AB	0,05
Out14	1,45Aa	1,66Aa	0,82Ab	1,31AB	0,07
Primavera e verão de 2014-2015	1,84Aa	1,60ABa	1,40Ab	1,61A	0,16
Outono de 2015	1,59Aa	1,15Bb	1,12Ab	1,29B	0,04
Média	1,62a	1,43a	1,12b		
Pós -pastejo					
Primavera e verão de 2013-2014	0,54Aa	0,38Aab	0,12Ab	0,35A	0,05
Out14	0,48Aa	0,32Aa	0,25Ab	0,35A	0,05
Primavera e verão de 2014-2015	0,32Aa	0,23Aa	0,20Ab	0,25A	0,03
Outono de 2015	0,53Aa	0,24Ab	0,11Ab	0,29A	0,05
Média	0,47a	0,29b	0,17c		

Médias seguidas de letras iguais minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferem entre si pela probabilidade da diferença (“DIFF”), a 5% de probabilidade. EPM – Erro Padrão da Média.

Massa e Acúmulo de Forragem

A massa de forragem pré-pastejo e acúmulo de forragem do capim-braquiária variaram conforme a altura de pastejo, estação do ano e pela interação altura de pastejo e estação do ano (Tabela 9). A maior massa de forragem foi observada na altura de pastejo de 45 cm, intermedia na altura de 35 e menor na altura de 25 cm, com 3.151, 2.672 e 1.867 Kg de MS ha⁻¹, respectivamente. Na primavera e verão de 2013-2014, outono de 2014 e primavera e verão de 2014-2015 não foi observado diferença na massa de forragem entre a altura de pastejo de 35 e 45 cm, sendo as duas maiores que a altura de 25 cm.

O acúmulo de forragem total do capim-Marandu em sistema silvipastoril na altura de pastejo de 45 cm foi 45 e 13 % maior em relação às alturas de 25 e 35 cm, respectivamente. O acúmulo de forragem médio do capim-Marandu na altura de pastejo de 45 cm foi maior em relação as alturas de pastejo de 35 e 25 cm. A primavera e verão de 2013-2014 apresentou maior acúmulo de forragem que as outras estações do ano. Na primavera e verão de 2013-2014, primavera e verão de 2014-2015 e outono de 2015 foi observado diferença de acúmulo de forragem do capim-Marandu entre as alturas de pastejo, sendo que o maior valor foi encontrado na altura de pastejo de 45 cm, intermediário na de 35 cm e menor na de 25 cm. Apenas no outono de 2014 não foi observado diferença entre a altura de pastejo de 35 e 45 cm sendo ambas maiores que a altura de pastejo de 25 cm.

Tabela 9. Massa de Forragem pré-pastejo, pós-pastejo e acúmulo de forragem do capim-Marandu em sistema silvipastoril nas alturas de pastejo de 25 cm, 35 cm e 45 cm nas estações de primavera e verão 2013-2014, outono 2014, primavera 2014-2015 e outono 2015.

Estações	Altura de pastejo (cm)			Média	EPM
	25	35	45		
Pré-pastejo (kg de MS/ha⁻¹)					
Primavera e verão de 2013-2014	2.414Ab	2.756Aab	3.274ABa	2.815A	151
Out14	2.015ABb	2.724Aa	2.784Ba	2.508AB	151
Primavera e verão de 2014-2015	1.631Bb	2.614Aa	3.012ABa	2.419B	151
Outono de 2015	1.407Bc	2.593Ab	3.534Aa	2.511AB	151
Média	1.867c	2.672b	3.151a		
Total	13.188	14.175	15.060		
Pós-pastejo (kg de MS/ha⁻¹)					
Primavera e verão de 2013-2014	1.217Aa	1.031Aa	1.085Aa	1.111A	79
Out14	1.314Aa	1.248Aa	980Aa	1.181A	79
Primavera e verão de 2014-2015	844Ba	1.046Aa	823Aa	904B	79
Outono de 2015	458Cb	909Aa	891Aa	753B	79
Média	958	1059	945,16		
Acúmulo de forragem (kg de MS/ha⁻¹)					
Primavera e verão de 2013-2014	841Ac	1.378Ab	2.968Aa	1.729A	92
Out14	737Ab	1.448Aa	1.567Ca	1.251B	70
Primavera e verão de 2014-2015	708Ac	1.280Ab	1.788BCa	1.259B	88
Outono de 2015	716Ac	1.467Ab	2.050Ba	1.411B	97
Média	751c	1.393b	2.093a		
Total	5.110b	8.102a	9.284a		

Médias seguidas de letras iguais minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferem entre si pela probabilidade da diferença ("DIFF"), a 5% de probabilidade. EPM – Erro Padrão da Média.

A massa de forragem pós-pastejo do capim-braquiária em sistema silvipastoril variou conforme a estação do ano ($p < 0,0001$) e pela interação altura de pastejo e estação do ano ($p < 0,0003$) (Tabela 9). As maiores massas de forragem pós-pastejo foram encontradas nas estações primavera e verão de 2013-2014 e outono de 2014 em relação a primavera e verão de 2014-2015 e outono de 2015. No outono de 2015 a massa de forragem pós-pastejo na altura de pastejo de 25 cm foi de 458 kg de MS/ha⁻¹, sendo menor que as alturas de pastejo de 35 e 45 cm que foram de 909 e 891 Kg de MS/ha⁻¹, respectivamente. A massa de forragem pós-pastejo na altura de pastejo de 25 cm diminuiu nas últimas estações (primavera e verão de 2014-2015 e outono de 2015) o que não foi observado nas alturas de manejo do pasto de 35 cm e 45 cm.

Valor Nutritivo

O teor de proteína bruta (PB), teor de fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp) e a digestibilidade in vitro da matéria seca (DIVMS) do capim-braquiária em sistema silvipastoril variaram conforme a altura de pastejo,

estação do ano e pela interação altura de pastejo e estação do ano (Tabela 10). Na média o maior teor de PB foi observado na altura de pastejo de 25 cm, sendo 24 e 47 % maior em relação as alturas de pastejo de 35 e 45 cm, respectivamente. O maior valor de PB foi encontrado no outono de 2014, que foi de 9,89 %. Apenas na primavera e verão de 2013-2014 as alturas de pastejo de 25 e 35 cm apresentaram teor de PB semelhantes, nas outras estações o maior teor PB foi observado na altura de 25, intermediários na altura de 35 cm e menores na de 45 cm.

Tabela 10. Teor de proteína bruta, fibra em detergente neutro corrigido para cinza e proteínas (FDNcp) e digestibilidade in vitro da matéria seca (DIVMS) do capim-Marandu em sistema silvipastoril nas alturas de pastejo de 25 cm, 35 cm e 45 cm nas estações de primavera e verão de 2013-2014, outono 2014, primavera e verão de 2014-2015 e outono 2015.

Estações	Altura de pastejo			Média	EPM
	25	35	45		
PB					
Primavera e verão de 2013-2014	8,47Ca	8,10Aa	5,08ABb	7,21C	0,40
Out14	13,22Aa	9,63Ab	6,82Ac	9,89A	0,40
Primavera e verão de 2014-2015	9,58BCa	6,20Bb	4,35Bc	6,71C	0,40
Outono de 2015	11,10Ba	8,22ABb	6,05ABc	8,46B	0,40
Média	10,59a	8,03b	5,58c		
FDNcp					
Primavera e verão de 2013-2014	62,38Ab	64,50Ab	68,06Aa	64,98A	0,51
Out14	59,97ABb	64,30ABa	62,84ABa	62,37AB	1,65
Primavera e verão de 2014-2015	60,96ABb	64,02ABa	68,19ABa	64,39AB	1,45
Outono de 2015	58,38Bb	60,93Bb	65,09Ba	61,47B	0,77
Média	60,42b	63,44a	66,04a		
DIVMS					
Primavera e verão de 2013-2014	72,75Ba	71,88Aa	66,13Bb	70,25B	1,16
Out14	81,22Aa	74,57Aa	78,89Aa	78,23A	2,68
Primavera e verão de 2014-2015	79,13Aa	73,85Ab	72,22Ab	75,07A	0,91
Outono de 2015	78,41Aa	76,23Aa	73,77Ab	76,13A	2,55
Média	77,88a	74,14b	72,75b		

Médias seguidas de letras iguais minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferem entre si pela probabilidade da diferença (“DIFF”), a 5% de probabilidade. EPM – Erro Padrão da Média.

Em média o teor de FDNcp foi de 60,42, 63,44 e 66,04 % para as alturas de pastejo de 25, 35 e 45 cm, respectivamente, sendo a altura de pastejo de 25 significativamente menor em relação as outras alturas de pastejo. Esse comportamento também foi encontrado no outono de 2014 e primavera e verão de 2014-2015. Na primavera e verão de 2013-2014 e outono de 2015 o maior valor de FDNcp foi na altura de 45 cm em relação as alturas de pastejo de 35 e 25 cm. A maior DIVMS foi observada na altura de pastejo de 25 cm e a menor na primavera e verão de 2013-2014. No outono de 2014 a DIVMS não diferiu entre as alturas de pastejo entretanto na primavera e verão de 2013-2014 e outono de 2015 a altura de pastejo de 45 cm foi a

menor. Na primavera e verão de 2014-2015 a DIVMS foi maior na altura de pastejo de 25 cm, sendo 6,6 e 8,8 % maior em relação as altura de pastejo de 35 e 45 cm, respectivamente.

DISCUSSÃO

O pastejo promove alterações nos teores de carboidratos solúveis e massa de raízes das plantas forrageiras proporcionalmente à intensidade e à frequência de desfolhação, promovendo mudanças no seu crescimento, distribuição e morte (CORSI et al., 2001; DONAGHY e FULKERSON, 2002). De modo geral, as desfolhações mais frequentes e intensas causam diminuição dos teores de carboidratos solúveis e paralisação do crescimento radicular e diminuição da massa de raízes (HUMPHREYS, 1991). No caso de pastejo mais frequentes (altura de pastejo 25 cm), a planta forrageira pode não recuperar o nível de reservas anteriormente armazenado e a massa de raiz diminui com o passar do ciclo de pastejo. Já para maiores intensidades de pastejo há um menor índice de área foliar pós-pastejo, como foi observado na altura de pastejo de 45 cm, para captura da radiação fotosinteticamente ativa reduzindo as reservas de nutrientes da planta, promovendo mudanças na alocação de energia e nutrientes da raiz para a parte aérea e degradando o pasto.

O índice de área foliar é considerado o principal componente estrutural do pasto sensível a diferentes frequências e intensidades de pastejo em pastagens submetidas à lotação rotativa, pois influencia a interceptação de luz e a dinâmica de rebrota da planta forrageira (CHAPMAN e LEMAIRE, 1993); sendo essencial para a compreensão do processo de acúmulo de forragem e planejamento das práticas de manejo do pasto (Da SILVA e NASCIMENTO Jr., 2007). Na altura de pastejo de 25 cm foi observado o maior IAF pós-pastejo, o que assegura rápida rebrota inicial após desfolhação, em decorrência da maior interceptação luminosa (PEDREIRA, et al., 2009), desde que não exista outro fator limitante como por exemplo água e nutrientes.

Na maioria dos estudos sobre os efeitos da intensidade de pastejo na massa de raiz, foi observado que quanto maior a intensidade menor a massa de raiz. Entretanto nesse estudo foi observado que na menor intensidade, ou seja, 25/15 cm ou 40%, a massa de raiz 0-10 foi diminuindo com as estações do ano e o teor de carboidratos solúveis foi menor que as outras alturas de manejo do pasto. Já nas maiores intensidades 57 e 66 % para as alturas de manejo do pasto 35/15 e 45/15, respectivamente, o teor de carboidratos solúveis e massa de raiz não diminuíram com o passar dos ciclos. Assim, a frequência de pastejo pode ser considerada mais importante que a intensidade para a perenidade do pasto.

Para pastos de capim-Marandu manejados em lotação intermitente em pleno sol já está bem estabelecido a altura pré-pastejo de 25 cm e pós-pastejo de 15 cm

(GIACOMINI, et al., 2009a), entretanto sob sombreamento a massa de raiz foi diminuindo com o passar dos ciclos de pastejo comprometendo a perenidade do pasto. Em condições de sombreamento, ocorre redução no seu crescimento e diminuição da habilidade dessas raízes em captar água e nutrientes para a planta (LANGER, 1979), havendo, evidentemente, consequências diretas sobre a massa de raiz. Ao avaliar o grau de tolerância de espécies de braquiária ao sombreamento, Martuscello et al. (2009) observaram diminuição da produção de raiz de *U. decumbens* e *U. brizantha* cvs. Marandu e Xaraés a partir dos 45 % de sombreamento.

Mais da metade da massa de raízes de espécies de braquiária concentra-se na camada de 0–10 cm do solo (SARMENTO, et al., 2008). Entretanto, não foi observado diferença na massa de raiz 0-10 cm entre as alturas de manejo do pasto. A massa de raiz de 10-20 cm foi superior na maior frequência de pastejo, ou seja, na altura de pastejo de 45 cm, intermediária na altura de 35 e menor 25 cm. A maior frequência é proporcional ao tempo necessário para a planta recuperar os compostos de reserva e expansão do sistema radicular em maiores profundidades. Uma vez que a raiz garante a persistência das plantas ao longo do tempo e as plantas forrageiras são culturas perenes, a altura de pastejo de 35 cm é a mais indicada para condições de sombreamento, por ter apresentado menor percentual de redução na produção de raízes e a um equilíbrio entre frequência e intensidade sob condições de sombreamento.

A resposta do pasto de capim-Marandu em sistema silvipastoril ao manejo para densidade de perfilho foi semelhante ao em monocultivo, onde há um acréscimo na população de perfilho à medida que os pastos são mantidos mais baixos (BIRCHAM e HODGSON, 1983). A menor densidade de perfilhos em pastos mantidos mais altos está relacionada com a menor quantidade de radiação que penetra no dossel forrageiro e chega na base do relvado, uma vez que está promove a ativação de gemas axilares e basais para formação de novos perfilhos (BERNADINO e GARCIA, 2009). Giacomini, et al. (2009b) avaliando o manejo do pasto de capim-Marandu em monocultivo utilizando como critério de frequência de pastejo 95 e 100 % de interceptação luminosa, que correspondeu à altura do pasto de 25 cm e 35 cm, respectivamente, observou que pastos manejados a 25 cm apresentaram maior densidade de perfilho (1000 perfilho/m²) que pastos a 35 cm (896 perfilho/m²).

Com passar dos ciclos de pastejo o IAF e a densidade de perfilho na altura de pastejo de 25 cm diminuiu, o que não tem sido observado em monocultivo e não foi notado para as alturas de manejo do pasto de 35 e 45 cm. O IAF pós-pastejo da altura

de pastejo de 45 foi de 0,33, sendo 66% menor que na altura de pastejo de 25 cm, valor considerado muito baixo quando comparado ao mesmo capim e manejo em monocultor observado por Giacomini et al. (2009a) que foi de 0,6. O menor IAF pós-pastejo provavelmente se deve a maior taxa de alongamento do colmo em condições sombreadas, tendo maiores proporções do IAF nas regiões intermediária e superior do dossel (RHODES, 1973), o que retarda a rebrota. A redução da densidade de perfilhos com o tempo pode ser indicativo de que a combinação de alta frequência de pastejo e sombreamento trazem efeitos nocivos ao capim-Marandu manejado a 25 cm de altura como é recomendado em monocultivo. Quando ocorre restrição em algum fator de crescimento, como luz, água, ou disponibilidade de nutrientes, e as plantas forrageiras ainda são submetidas a desfolhações severas, a produção de perfilhos é comprometida (PORTELA et al., 2011).

Também foi verificado a relação inversa entre densidade e massa de perfilho em comunidades de plantas forrageiras submetidas a desfolhação para pastos de capim-Marandu em sistema silvipastoril que é observado em monocultivo (BIRCHAM e HODGSON, 1983; SBRISIA e DA SILVA 2008), demonstrando, assim, a grande plasticidade fenotípica e flexibilidade de manejo dessa planta forrageira (CALVANO et al., 2011). Na altura de pastejo de 45 cm essa forrageira apresentou maior massa e menor densidade de perfilho, mesmo com a altura pós-pastejo (15 cm) semelhante às alturas de pastejo de 25 e 35 cm. Também foi observado que a massa de perfilho na altura de pastejo de 25 cm não alterou, mesmo diminuindo a densidade de perfilho com o tempo, demonstrando que a planta não respondeu ao manejo, pois suas reservas (carboidratos solúveis) estavam comprometidas.

A variação na massa de perfilho do capim-Marandu em sistema silvipastoril parece estar relacionada à interação do sombreamento com o estágio de maturidade da planta. Em condições de sombreamento, as plantas tendem a estiolar com o avanço da maturidade, o suprimento reduzido de foto assimilados é alocado, preferencialmente, para os perfilhos existentes, em detrimento das gemas axilares, inibindo a produção de novos (BAHMANI et al., 2000). O estiolamento é uma estratégia da planta no qual há o aumento da sua estatura em busca por luminosidade, e esse aumento normalmente ocorre pelo alongamento do colmo (ARAUJO et al., 2016), de forma que as folhas sejam projetadas em pontos cada vez mais altos, com o objetivo de alcançar a luz incidente no topo do dossel (ECHEVERRIA et al., 2016), o que pode ser agravado em sistemas sombreados. No geral, pastos de capim-Marandu em sistema silvipastoril

manejados a 25 e 35 cm apresentaram menores massas de folha, colmo e senescência em relação aos manejados a 45 cm, entretanto com maior proporção de lâmina foliar e menor de colmo. Paciullo et al. (2011), avaliando diferentes níveis de sombreamento dessa planta forrageira, observaram que a sombra estimulou uma maior taxa de alongamento do colmo.

Este resultado mostra que a altura de pastejo é uma variável chave para o controle efetivo de alongamento do colmo, que é o principal componente morfológico que compromete a estrutura do dossel (Da SILVA et al., 2009) prejudicando o consumo de forragem (Da SILVA e CARVALHO, 2005) e a produção animal, problema comumente verificado em pastos de capim-Marandu. Assim para controlar o alongamento do colmo, favorecer o acúmulo de lamina foliares e facilitar o manejo é indicado interromper o crescimento dessa planta forrageira quando os pastos estão com 35 cm de altura, já que a altura de pastejo de 25 cm não foi sustentável ao longo do tempo.

As metas de altura de pastejo foram alcançadas para todas as alturas pastejo pré-pastejo, já no pós-pastejo a meta de 15 cm, não foi atingida na altura de pastejo de 45 cm nas últimas estações do período experimental. A maior proporção de colmo do resíduo mostra a diferença observada entre as metas pós-pastejo. Em pastejos realizados menos frequentemente, caso dos pastos manejados com 45 cm de altura, ocorre acentuado alongamento do colmo no final do período de rebrotação (CARNEVALLI et al., 2006), o que impõe dificuldades adicionais aos animais para rebaixar os pastos, uma vez que, segundo Orr et al. (2004), animais em pastejo preferem consumir folhas em detrimento de colmos, fazendo com que esses se acumulem ao longo dos ciclos, o que acaba por aumentar as alturas de resíduo.

Segundo Trindade et al. (2007), o pastejo altera a estrutura do dossel e determina, próximo ao final do período de ocupação, um dossel composto por muitos perfilhos tipo vareta, caracterizados pela ausência quase total de lâminas foliares, restando apenas colmos, estruturas de maior resistência à colheita e que dificultam o rebaixamento do pasto o que foi observado na altura de pastejo de 45 cm. Esse resultado mostra a importância de se encontrar a melhor frequência de pastejo com base em parâmetros estruturais do dossel (por exemplo, altura), como forma de manter um consumo elevado de lâminas foliares e uma dieta de alto valor nutritivo.

Também foi observada uma alta variação na altura do pasto principalmente na altura de pastejo de 45 cm no pré-pastejo e pós-pastejo. O nível de sombreamento não

é homogêneo nas entres linhas do componente arbóreo, sendo que o sombreamento muda em função das distâncias da linha de plantio. Debaixo da copa das arvores ocorre um sombreamento mais intenso e à medida que se distancia das arvores esse sombreamento diminui (PACIULLO et al., 2011a; RIBEIRO, 2012). Paciullo et al. (2011b) avaliando braquiária decumbens conforme a distância ao renque de árvores em um sistema silvipastoril com espaçamento entre renque de 30 m, observaram que na região do pasto localizada entre 7 e 10 m de distância do renque arborizado, é onde ocorre melhor aproveitamento dos efeitos benéficos da sombra moderada sobre a densidade de perfilhos, a massa de forragem e os acúmulos de matéria seca e de proteína bruta.

Deste modo, em uma mesma unidade experimental temos plantas submetidas a diferentes graus de sombreamento e alturas do pasto. Essa característica do sistema silvipastoril torna seu manejo mais complexo, sendo uma limitação de todos os sistemas avaliados. Portanto, é necessário compreender a variação do pasto dentro de cada unidade experimental, para que se represente um todo. Nesse trabalho foi possível manter as metas de alturas de manejo do pasto no pré-pastejo e pós-pastejo nas alturas de pastejo de 25 e 35 cm mesmo com essa variação.

A massa de forragem pré-pastejo do capim-Marandu em sistema silvipastoril aumentou com o acréscimo nas alturas de manejo do pasto, esse comportamento era esperado pelo maior período de descanso da altura de pastejo de 35 e 45 cm em relação à altura de 25 cm. Entretanto, a massa de forragem na altura de pastejo de 25 cm foi diminuindo com o passar dos ciclos de pastejos. Como a remoção da parte aérea foi muito frequente para condição de sombreamento, a planta forrageira não conseguiu recuperar as suas reservas, o que levou a degradação do pasto de capim-Marandu em sistema silvipastoril na altura de pastejo de 25 cm.

No início do período experimental (outubro de 2014), a massa de forragem pós-pastejo diminuiu com o aumento da altura do pasto. Esse resultado está de acordo com os obtidos por Trindade et al. (2007), que trabalhando com pastos de capim-Marandu com altura pré-pastejo de 25 cm rebaixados por bovinos até a altura de resíduo de 15 cm apresentam maior percentagem de folhas e menor percentagem de colmos e de material morto, particularmente no final do período de pastejo.

O acúmulo de forragem do capim-Marandu em sistema silvipastoril também aumentou com a altura de pastejo. Apesar da massa de forragem pré-pastejo e pós-pastejo da altura de pastejo de 25 cm terem diminuído em função do período

experimental, esse comportamento não foi verificado para o acúmulo de forragem. Provavelmente, a massa de forragem pré-pastejo na altura de pastejo de 25 cm foi diminuindo em função da menor massa de forragem pós-pastejo com o passar das estações do ano. A altura de pastejo de 35 cm manteve uma harmonia de acúmulo de forragem, massa de lamina foliares e persistência. Os valores médios de acúmulo de forragem obtidos nesse trabalho foram de 712,04, 1344,88 e 1856,85 Kg/ha para as alturas de pastejo de 25, 35 e 45 cm, sendo semelhantes aos encontrados na literatura. Marcelino et al. (2006), avaliaram três frequências de pastejo (5, 7 e 9 folhas/perfilho) do capim-Marandu em monocultivo na Zona da Mata de Minas Gerais e observaram que o acúmulo de forragem médio foi de 894 Kg/ha.

A melhoria do valor nutritivo da forragem deve-se principalmente pelo aumento do teor de proteína bruta e digestibilidade e diminuição do teor de fibra em detergente neutro, o que reflete no melhor desempenho de animais (SOUSA et al., 2010; YAMAMOTO et al., 2007). Maiores teores de proteína bruta e digestibilidade em vitro da matéria seca do capim-Marandu e menores de fibra em detergente neutro foram observadas na altura de pastejo de 25 e 35 em comparação com 45 cm e podem ser atribuídas a maior intensidade de massas de lamina foliar e a menor de massas de colmo nessas alturas. Vários outros autores observaram redução nos teores de proteína com o aumento no intervalo entre cortes de forrageiras (DRUDI e FAVORETTO, 1985; COSTA et al., 2007).

A redução no valor nutritivo é explicada pelo maior envelhecimento da forragem disponível, associado à maior fração de forragem senescente e maior proporção de colmos com considerável desenvolvimento de tecidos estruturais (MACARI et al., 2006). Os valores médios encontrados na altura pastejo de 25 e 35 cm estão acima dos valores recomendados de 7% em todas as épocas do ano. No entanto, para a altura de 45 cm em todas as estações, o teor de PB foi menor o que pode comprometer o desempenho animal. No presente trabalho, obteve-se maior valor nutritivo caracterizado por maiores valores de PB e digestibilidade, e menores valores de FDN, nos pastos manejados com altura de 25 e 35 cm.

CONCLUSÃO

O teor de carboidratos solúveis, a massa de raiz, o número de perfilhos e o índice de área foliar pós-pastejo do capim-Marandu em sistema silvipastoril diminuiu com o passar dos ciclos de pastejo na altura de pastejo de 25 cm.

Na altura de pastejo de 45 cm a massa de colmo pré-pastejo aumentou e o índice de área foliar e a relação lamina foliar/colmo pós-pastejo diminuiu, comprometendo o valor nutritivo e a altura do resíduo.

Na altura de pastejo de 35 cm os carboidratos solúveis, a massa de colmo, produtividade, valor nutritivo e sua persistência não foram comprometidos. Para o capim-Marandu em sistema silvipastoril com 35 % de sombreamento e indicado a altura pastejo de 35 cm.

BIBLIOGRAFIA

ALLARD, G.; NELSON, C.J.; PALLARDY, S.G. Shade effects on growth of tall fescue: leaf anatomy and dry matter partitioning. **Crop Science**, v.31, p.163-167, 1991.

ARAÚJO, R. A.; RODRIGUES, R. C.; COSTA, C. S.; SANTOS, F. N. S.; COSTA, F. O.; LIMA, A. J. T.; SILVA, I. R.; RODRIGUES, M. M. Composição química-bromatológica e degradabilidade in situ de capim- Marandu em sistemas silvipastoris formados por babaçu e em monocultivo. **Revista Brasileira Saúde Produção Animal**, v.17, n.3, p.401-412, 2016.

BAHMANI, I.; HARZARD, L.; VARLET-GRANCHER, C.; BETIN, M.; LEMAIRE, G.; MATTHEW, C.; THOM, E. R. Differences in tillering of long- and short-leaved Perennial Ryegrass genetic lines under full light and shade treatments. **Crop Science**, v.40, p.1095-1102, 2000.

BELESKY, D.P. Growth of *Dactylis glomerata* along a light gradient in the central Appalachian region of the eastern USA: II. Mechanisms of leaf dry matter production. **Agroforestry Systems**, v.65, p.91-98, 2005.

BERNARDINO, F.S.; GARCIA, R. Sistemas Silvipastoris. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n.60, p.77-87, 2009.

BIRCHAM, J.S.; HODGSON, J. The influence of sward condition on rates of herbage growth and senescence in mixed swards under continuous stocking management. **Grass and Forage Science**, v.38, n.4, p.323-331, 1983.

CALVANO, M.P.C.A.; EUCLIDES, V.P.B.; MONTAGNER, D.B.; LEMPP, B.; DIFANTE, G. dos S.; FLORES, R.S.; GALBEIRO, S. Tillering and forage accumulation in Marandu grass under different grazing intensities. **Revista Ceres**, v.58, p.781-789, 2011.

CANTARUTTI, R. B.; MARTINS, C. E.; CARVALHO, M.M. et al. Pastagens. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. (Eds.) **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5ª aproximação**. Viçosa, M G: 1999. p. 332 - 341.

CARNEVALLI, R.A.; SILVA, S.C. da; BUENO, A.A.O.; UEBELE, M.C.; BUENO, F.O.; SILVA, G.N.; MORAES, J.P. Herbage production and grazing losses in *Panicum maximum* cv. Mombaça under four grazing managements. **Tropical Grasslands**, v.40, p.165- 176, 2006.

CHAPMAN, D. F.; LEMAIRE, G. Morphogenic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. In: BAKER, M. J. (Ed.). **Grasslands for our world**. Wellington: SIR, 1993. cap. 3. p. 55-64.

CORSI, M.; MARTHA JUNIOR, G. B.; PAGOTTO, D. S. Sistema radicular: dinâmica e resposta a regimes de desfolha. In: MATTOS, W.R.S.; FARIA, V. P.; SILVA, S.C.; NUSSIO, L. G.; MOURA, J. C. (Ed). **A produção animal na visão dos brasileiros**. Piracicaba: FEALQ, 2001. p.838-852.

COSTA, K. A. de P.; OLIVEIRA, I.P.; FAQUINI, V. et al. Intervalo de corte na produção de massa seca e composição químico-bromatológica da *Brachiaria brizantha* cv. MG-5. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 4, p. 1197-1202, 2007.

Da SILVA, S. C.; BUENO, A. A. O.; CARNEVALLI, R. A.; UBELE, M.C.; BUENO, F. O.; HODGSON, J.; MORAIS, J. P. G.; Sward structural characteristics and herbage accumulation of *Panicum maximum* cv. Mombaça subjected to rotational stocking managements. **Scientia Agricola**, v. 66, p. 8-19, 2009.

Da SILVA, S. C.; CARVALHO, P. C. F. Foraging behaviour and herbage intake in the favourable tropics/subtropics. In: McGilloway DA (Ed.) **Grassland: a global resource**. Wageningen, Wageningen Academic Publishers. p.81-95. 2005.

Da SILVA, S. C.; NASCIMENTO Jr., D. Avanços na pesquisa com plantas forrageiras tropicais em pastagens: características morfofisiológicas e manejo do pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n. 0, 2007.

DEINUM, B.; SULASTRI, R.D.; ZEINAB, M.H.J. et al. Effects of light intensity on growth, anatomy and forage quality of two tropical grasses (*Brachiaria* and *Panicum maximum* var. *Trichoglume*). **Netherlands journal of Agriculture Science**, v.44, p.111-124, 1996.

DETMANN, E.; SOUZA, M. A.; VALADARES FILHO, S. C.; QUEIROZ, A. C.; BERCHIELLI, T. T.; SALIBA, E. O. S.; CABRAL, L. S.; PINA, D. S.; LADEIRA, M. M.; AZEVEDO, J. A. G. (Ed.). **Métodos para análise de alimentos**. Visconde do Rio Branco: INCT-Ciência Animal, 2012. 214 p.

DONAGHY, D.J.; FULKERSON, W.J. The impact of defoliation frequency and nitrogen fertilizer application in spring on summer survival of perennial ryegrass under grazing in subtropical Australia. **Grass and Forage Science**, v.57, p.351-359, 2002.

DRUDI, A.; FAVORETTO, V. Influência da frequência, época e altura do corte na produção e na composição química do capim-andropógon. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 22, p. 1287-1292, 1987.

ECHEVERRIA, J. R.; EUCLIDES, V. P. B.; SBRISSIA, A. F.; MONTAGNER, D. B.; BARBOSA, R. A.; NANTES, N. N. Acúmulo de forragem e valor nutritivo do híbrido de *Urochloa* 'BRS RB331 Ipyporã' sob pastejo intermitente. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.51, n.7, p.880-889, jul. 2016.

GARCIA, R.; QUEIROZ, D. S. Manejo do rebanho em Sistema Silvopastoris. **Informe Agropecuário**, v. 33, p. 92, 2012.

GARMAN, C. L.; HOLDEN, L. A.; KANE, H. A. Comparison of in vitro dry matter digestibility of nine feedstuffs using three methods of analysis. **Journal Dairy Science**, v. 80, p. 260, 1997.

GIACOMINI, A. A.; Da SILVA, S. C.; SARMENTO, D. O. de L.; ZEFERINO, C. V.; SOUZA JÚNIOR, S. J.; TRINDADE, J. K. da; GUARDA, V. del'A.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. do. Growth of marandu palisadegrass subjected to strategies of intermitente stocking. **Scientia Agricola**, v.66, p.733-741, 2009a.

GIACOMINI, A. A.; DA SILVA, S. C.; SARMENTO, D. O. de L.; ZEFERINO, C. V.; TRINDADE, J. K. da; SOUZA JÚNIOR, S. J.; GUARDA, V. del'A.; SBRISSIA, A. F.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. do. Components of the leaf area index of marandu palisadegrass swards subjected to strategies of intermittent stocking. **Scientia Agricola**, v.66, p.721-732, 2009b.

GOBBI, K. F.; GARCIA, R.; NETO A. F. G.; PEREIRA, O. G.; VENTRELLA, M. C.; ROCHA, G. C. Características morfológicas, estruturais e produtividade do capim-braquiária e do amendoim forrageiro submetidos ao sombreamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.9, p.1645-1654, 2009.

GONÇALVES, E. N.; CARVALHO, P. C. F.; DEVINCENZI, T.; LOPES, M. L. T.; FREITAS, F. K.; JACQUES, A. V. A. Relações planta-animal em ambiente pastoril heterogêneo: padrões de deslocamento e uso de estações alimentares. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 38, p. 2121-2126, 2009.

GUENNI, O.; SEITER, S.; FIGUEROA, R. Growth responses of three *Urochloa* species to light intensity and nitrogen supply. **Tropical Grasslands**, v.42, p.75-87, 2008.

HODGSON, J. **Grazing management**: science into practice. New York: John Wiley; Longman Scientific and Technical, 1990. 203p.

HODGSON, J.; Da SILVA, S. C. Options in tropical pasture management. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. **A produção animal e a sociedade brasileira: anais**. Recife: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2002. p.180-202.

HUMPHREYS, L.R. Effects of defoliation on the growth of tropical pastures. In: HUMPHREYS, L.R. (Ed.) **Tropical pasture utilization**. Cambridge: Cambridge University Press, p.46-65, 1991.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928. Wall-map 150cmx200cm.

LAMBERS, H.; CHAPIM III, F. S.; PONS, T. L. **Plant physiological ecology**. New York: Springer, p. 540. 1998.

LANGER, R. H. M. **How grasses grow**. London. 60p (Studies in Biology, 34). 1972.

LIN, C. H.; MCGRAW, R. L.; GEORGE, M. F.; et al. Nutritive quality and morphological development under partial shade of some forages species with agroforestry potential. **Agroforestry Systems**, v.59, p.269-281, 2001.

LIN, C.H.; MCGRAW, R.L.; GEORGE, M.F.; GARRET, H.E. Nutritive quality and morphological development under partial shade of some forage species with agroforestry potential. **Agroforestry Systems**, v.53, p.269–281, 2001.

MACARI, S.; ROCHA, M. G.; RESTLE, J. et al. Avaliação da mistura de cultivares de aveia preta (*Avena strigosa*) com azevém (*Lolium multiflorum*) sob pastejo. **Ciência Rural**, v.36, n.2, p.910-915, 2006.

MARCELINO, K. R. A.; NASCIMENTO JR D.; DA SILVA, S. C.; EUCLIDES, V. P. B.; FONSECA, D. M.; Características morfogênicas e estruturais e produção de forragem do capim-Marandu submetido a intensidades e frequências de desfolhação. **Revista Brasileiras de Zootecnia**, v.35, p.2243-2252, 2006

MARTUSCELLO, J. A.; JANK, L.; GONTIJO NETO, M. M.; LAURA, V. A.; CUNHA, D. N. F. V. R. Produção de gramíneas do gênero *Urochloa* sob níveis de sombreamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.1183-1190, 2009.

MOREIRA, G.R.; SALIBA, E.O.S.; MAURÍCIO, R.M.; SOUSA, L.F.; FIGUEIREDO, M.P.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUEZ, N.M. Avaliação da

Urochloa brizantha cv. marandu em sistemas silvipastoris. **Arquivo Brasileiro Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.61, n.3, p.706-713, 2009.

NELSON, N. J. Somogyi-Nelson method for determination of reducing sugars. Found in chapter by T.M. **Biological Chemistry**, 153, p. 376, 1944.

ORR, R. J.; RUTTER, S. M.; YARROW, N. H.; CHAMPION, R. A.; ROOK, A. J. Changes in ingestive behaviour of yearling dairy heifers due to changes in sward state during grazing down of rotationally stocked ryegrass or white clover pastures. **Applied Animal Behaviour Science**, v.87, p.205-222, 2004.

PACIULLO, D. S. C., CAMPOS, N. R., GOMIDE, C. A. M., CASTRO, C. R. T., TAVELA, R. C., ROSSIELLO, R. O. P. Crescimento de capim-braquiária influenciado pelo grau de sombreamento e pela estação do ano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, n.7, p.917-923, 2008.

PACIULLO, D. S. C.; CARVALHO, C. A. B.; AROEIRA, L. J. M.; MORENZ, M. J. F.; LOPES, F. C. F.; ROSSIELLO, R. O. P. Morfofisiologia e valor nutritivo do capim-braquiária sob sombreamento natural e a sol pleno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p.573-579, 2007.

PACIULLO, D. S. C.; CASTRO, C. R. T.; GOMIDE, C. A. M., MAURÍCIO, R. M.; PIRES, M. F. Á.; MÜLLER, M. D.; XAVIER, D. F. Performance of dairy heifers in a silvopastoral system, **Livestock Science**, 2011a.

PACIULLO, D. S. C.; GOMIDE, C. A. M.; CASTRO, C. R. T. de; FERNANDES, P. B.; MÜLLER, M. D.; PIRES, M. de F. Á.; FERNANDES, E. N.; XAVIER, D. F. Características produtivas e nutricionais do pasto em sistema agrossilvipastoril, conforme a distância das árvores. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, p.1176-1183, 2011b.

PEDREIRA, B. C.; PEDREIRA, C. G. S.; DA SILVA, S. C. Acúmulo de forragem durante a rebrotação de capim-xaraés submetido a três estratégias de desfolhação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.618-625, 2009.

PERI, P. L.; LUCAS, R. J.; MOOT, D. J. Dry matter production, morphology and nutritive value of *Dactylis glomerata* growing under different light regimes. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v.70, p.63-79, 2007.

PEZO, D., IBRAHIM, M. **Sistema Silvopastoriles**. Modulo de Ensenanza. No. 2. CATIE, Turrialba, 1999.

PEZO, D.; KASS, M.; BENAVIDES, J.; ROMERO, F.; CHAVES, C. Potential of legume tree fodders as animal feed in Central America. In: Shrubs and Tree fodders

for farm animals, 1990, **Proceedings of a Workshop in Denpasar**, Indonesia. IDRC, Ottawa, 1990.

PORTELA, J. N.; PEDREIRA, C. G. S.; BRAGA, G. J. Demografia e densidade de perfilhos de capim-braquiária sob pastejo em lotação intermitente. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, p.315-322, 2011.

RHODES, I. Relationships between canopy structure and productivity in herbage grasses and its implication for plant breeding. **Herbage Abstracts**, v.43, p.129-133, 1973.

RIBEIRO, E. T. **Características produtivas e qualitativas de sistemas silvipastoris na região dos Campos das Vertentes, MG**. 2012. 71p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Instituto de Zootecnia, Departamento de Nutrição Animal e Pastagens, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2012.

SARMENTO, P.; RODRIGUES, L. R. A.; CRUZ, M. C. P.; LUGÃO, S. M. B.; CAMPOS, F. P.; CENTURION, J. F.; FERREIRA, M. E. Atributos químicos e físicos de um Argissolo cultivado com *Panicum maximum* Jacq. cv. IPR-86 Milênio, sob lotação rotacionada e adubado com nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 183-193, 2008.

SAS INSTITUTE. **SAS user's guide**: release 6.03. Cary: Statistical Analysis System Institute, 1988. 1028p.

SBRISSIA, A. F.; DA SILVA, S. C. Compensação tamanho/ densidade populacional de perfilhos em pastos de capim-Marandu. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.35-47, 2008.

SOLOS, Embrapa. Manual de métodos de análise de solo. **Rio de Janeiro: Embrapa Solos**, 1997.

SOUSA, L. F.; MAURÍCIO, R. M.; MOREIRA, G. R.; GONÇALVES, L. C.; BORGES, I.; PEREIRA, L. G. R. Nutritional evaluation of “Braquiaraão” grass in association with “Aroeira” trees in a silvopastoral system. **Agroforestry Systems**, v. 79, p. 179–189, 2010.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. **The water balance**. Centerton, NJ: Drexel Institute of Technology - Laboratory of Climatology, (Publications in Climatology, vol. VIII, n.1), 104p., 1955.

TILLEY, J.M.A.; TERRY, R.A. A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops.. **Journal of the British Grassland Society**, v.18, p.104-111, 1963.

TRINDADE, J. K. da; Da SILVA, S. C.; SOUZA Jr, S. J. de; GIACOMINI, A. A.; ZEFERINO, C. V.; GUARDA, V. del'A.; CARVALHO, P. C. F. de. Composição morfológica da forragem consumida por bovinos de corte durante o rebaixamento do capim-Marandu submetido a estratégias de pastejo rotativo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p.883-890, 2007.

TUCKER, C.B., ROGERS, A.R., SHÜTZ, K.E. Effect of solar radiation on dairy cattle behaviour, use of shade and body temperature in a pasture-based system. **Applied Animal Behaviour Science**, v.109, p.141–154, 2008.

YAMAMOTO, W.; DEWI, I.A.; IBRAHIM, M. Effects of silvopastoral areas on milk production at dual-purpose cattle farms at the semi-humid old agricultural frontier in central Nicaragua. **Agricultural Systems**, v.94, p. 368–375, 2007.

CAPÍTULO 2

Estoque de carbono no solo do capim-marandu em sistema silvipastoril sob frequencias de pastejo

Soil carbon content of marandu grass in a silvopastoral system under grazing frequencies

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos das alturas de pastejo do capim-Marandu em sistema silvipastoril, sobre os teores e estoques de carbono do solo. O estudo foi conduzido na Fazenda Floresta, Visconde do Rio Branco, MG. As amostras de solo foram coletadas durante os meses de setembro a novembro de 2015, nas profundidades 0-10, 10-20, 20-40, 40-60 e 60-100 cm. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com quatro repetições. Os tratamentos constituíram das alturas de pastejo de 25, 35 e 45 cm e foram comparadas com a mata nativa. Foram avaliados os teores de carbono nas diferentes frações da matéria orgânica do solo, lábil via permanganato de potássio e calculado o estoque de carbono nas diferentes frações do solo e índice de manejo do carbono. A densidade do solo foi menor na mata nativa. Já os teores de carbono total, carbono lábil, não lábil, associada aos minerais da matéria orgânica, relação C/N e estoque de carbono total foram maiores na mata nativa. A altura de pastejo de 25 cm aumentou o teor de carbono lábil, orgânico total e o estoque de carbono do solo na profundidade de 20-40 cm. A altura de pastejo de 45 cm contribuiu com a manutenção do carbono lábil de forma semelhante à área referência e aumentou o índice de manejo do carbono em relação às outras alturas de pastejo.

Palavras-Chave: Altura do pasto, Manejo de pasto, Índice de manejo do solo

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the effects of Marandu grass collisions on silvopastoral systems, on soil carbon contents and stocks. The study was conducted at Fazenda Floresta, Visconde do Rio Branco, MG. As soil samples were collected during the months of september to november 2015, at depths 0-10, 10-20, 20-40, 40-60 and 60-100 cm. The experimental design was completely randomized, with four replications. The treatments constituted grazing heights of 25, 35 and 45 cm were

compared to the native forest. The carbon contents in the different fractions of soil organic matter were evaluated through potassium permanganate and the carbon stock was calculated in the different soil fractions and carbon management index. Soil density was lower in the native forest. However, total carbon, labile, non-labile carbon, associated with organic matter minerals, C / N ratio and total carbon stock were higher in the native forest. The grass management height of 25 cm increased the total organic, labile carbon content or the soil carbon stock in the depth of 20-40 cm. The management height of the 45 cm grass contributes to a maintenance of the labile carbon forming reference area and increases the carbon management index in relation to other grazing heights.

Key words: Grass height, Grassland management, Soil management index.

INTRODUÇÃO

Transformações de ecossistemas naturais em monocultivos, agrícolas ou pecuários, têm trazido ao longo de muitas décadas e até o presente, graves distúrbios ambientais. As modificações no uso do solo podem conduzir às consequências negativas, como a degradação do solo, perda de biodiversidade (WEIL e MAGDOFF, 2004) e emissões de gases do efeito estufa (GEE) (CONANT et al., 2000; SCHUMAN et al., 2001). Globalmente, as mudanças do uso da terra são responsáveis por 25% das emissões de GEE (WEYANT et al., 2006).

O manejo de solos agropecuários pode desempenhar um papel positivo na redução das emissões de GEE, principalmente o CO₂, através da diminuição das perdas ou aumentando dos teores de material orgânico no solo, ou essas duas formas em conjunto (FOLLETT et al., 2001; PENMAN et al., 2003). A matéria orgânica do solo é considerada o grande reservatório do carbono atmosférico, estocando-o no solo na forma de carbono orgânico do solo (COS). O sequestro de carbono é definido como o processo de remoção do carbono da atmosfera e seu estoque nas partes das plantas e no solo, por longo período de tempo (NAIR et al., 2009). Práticas de manejo que aumentam a produção primária líquida e/ou retornam uma grande proporção da biomassa para o solo têm o potencial de aumentar o estoque de COS.

Os sistemas agroflorestais têm o potencial de aumentar o sequestro de carbono no solo em comparação com outros sistemas agropecuários (MONTAGNINI e NAIR, 2004). O sistema silvipastoril, é uma modalidade do sistema agroflorestal, que combina árvores com pasto e produção animal, e recentemente ganhou destaque como uma abordagem ecologicamente sustentável e ambientalmente desejável no manejo de pastagens degradadas (HAILE et al., 2008; TONNUCCI et al., 2011). Potencialmente, com o passar do tempo, os sistemas silvipastoris podem acrescentar mais carbono no solo do que as pastagens ou as culturas anuais, porque apresentam duas vias de sequestro ativas, tanto do componente arbóreo quanto das gramíneas ou cultura inseridas no sub-bosque (SHARROW et al., 1996). O componente arbóreo pode ser considerado um depósito de carbono devido às elevadas quantidades de carbono e seu armazenamento a longo prazo, em especial no sistema de radicular profundo (HAILE et al., 2010).

As raízes têm importância fundamental no acúmulo de COS, uma vez que em ecossistemas de pastagens a principal fonte de COS é oriunda da contínua produção, morte e decomposição das mesmas. Rasse et al. (2005) concluíram que a contribuição

relativa das raízes pode ser em média 2,4 vezes superior em relação a parte aérea para COS. As gramíneas geralmente desenvolvem sistemas radiculares superficiais, mas algumas raízes podem atingir maiores profundidades (HAILE et al., 2010). Já o componente arbóreo concentra as raízes nas camadas mais profundas (DON et al., 2011; SHI et al., 2013). A introdução de pinus em pastagem de grama batatais resultou em aumentos de COS em uma forma mais estável, ou seja, carbono associado à silte (+) argila em horizontes mais profundos (HAILE et al., 2010).

O pastejo é um dos fatores que pode influenciar o teor de COS. Estudos têm demonstrado que o pastejo pode modificar a dinâmica de deposição de carbono acima e abaixo do solo (FRANZLUEBBERS e STUEDEMANN, 2009; PRINGLE et al., 2014). Derner et al. (2006) avaliando diferentes intensidades de pastejo, observaram um aumento na razão raiz/parte aérea e biomassa total de raízes finas no pastejo moderado, o que levou a um aumento de 31% no estoque de COS. A intensificação do pastejo de curta duração pode favorecer o acúmulo de carbono lábil no solo e em vez de estoques mais estáveis (BUYANOVSKY e WAGNER, 1995), limitando assim o potencial de sequestro de COS e a mitigação das alterações climáticas. Nesse contexto, o objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos de frequências de pastejo do capim-Marandu em um sistema silvipastoril, sobre os teores e estoques de carbono do solo, em curto período.

MATERIAL E MÉTODOS

Área experimental

O estudo foi conduzido na Fazenda Floresta que é uma “Unidade Demonstrativa” coordenada pela EMATER Regional de Viçosa, MG. A fazenda está localizada no município de Visconde do Rio Branco, Minas Gerais, situada à latitude de 20°58'25''S e longitude de 42°52'56''W e a 394 m de altitude. O clima da região é Clima tropical com estação seca com temperatura média de 22.6 °C (Figura 4). A média anual de pluviosidade é de 1248 mm. Os dados climáticos vêm de um modelo climático disponível no site <http://pt.climate-data.org/> que utiliza dados coletados em estações meteorológicas próximas ao local entre os anos 1982 e 2012.

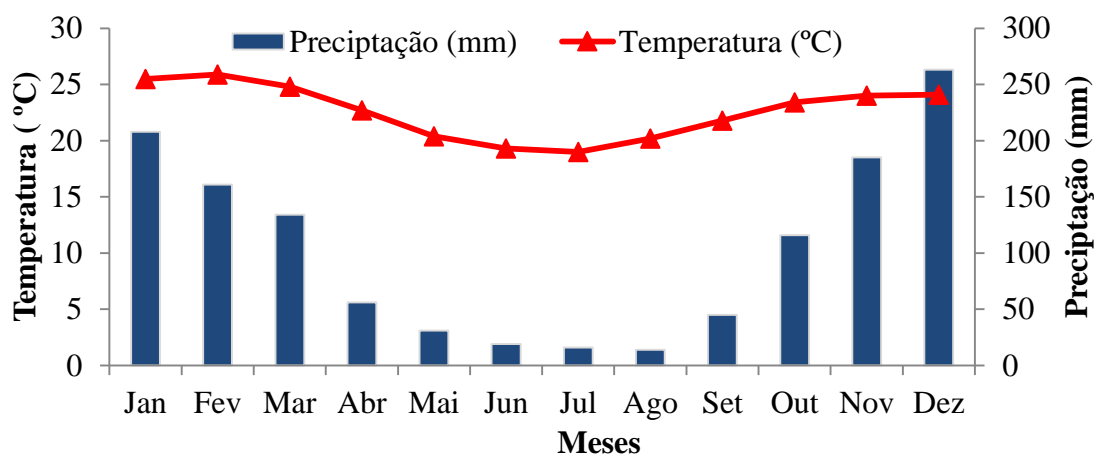


Figura 4. Médias históricas de temperaturas (°C) e precipitação (mm) nos meses de janeiro a dezembro entre os anos 1982 e 2012.

Histórico da área experimental

A Mata Nativa foi considerada referência, caracterizada por densa cobertura florestal, típico de floresta tropical do bioma Mata Atlântica em suas condições originais (Figura 5). A área de mata nativa é representada por uma reserva legal onde provavelmente não se teve exploração ou interferência antrópica como queimadas.



Figura 5. Imagem aérea da área experimental, Fazenda Floresta, Zona da Mata Mineira, em Visconde do Rio Branco – MG. (Fonte: Google Earth). MTN: mata nativa; SSP: sistema silvipastoril.

Sistema silvipastoril, essa área deixou de ser Mata Nativa aproximadamente em 1915 (Figura 5). Após o desmatamento até 1965 foram cultivados milho e fumo sem muita tecnologia. Entre os anos 1965 e 2009 a área foi utilizada para o plantio de cana-de-açúcar manejada de forma tradicional. No ano 2009 foi estabelecida uma pastagem de braquiária decumbens e em dezembro de 2010 foi implantado o sistema silvipastoril. Durante os dois primeiros anos, o sistema silvipastoril foi estabelecido com o modelo de integração Lavoura, Pecuária e Silvicultura Floresta (ILPS). A espécie arbórea utilizada na integração foi o eucalipto (clone GG100), estabelecido no espaçamento de plantio 10 x 3 m no sentido Leste-Oeste (Figura 2). Ainda em dezembro de 2010, e seguindo-se o plantio de eucalipto, foi plantado milho (*Zea mays*) para produção de silagem. De outubro a novembro de 2011 foi novamente plantado milho para produção de silagem e capim-braquiarião (*Urochloa brizanta* cv. Marandu) e após a colheita do milho, introduziram-se bovinos no sistema. A adubação do eucalipto no plantio foi de 200 g/cova de NPK 6-30-6 e cobertura com 200 g/cova de 20-00-20 em duas aplicações. A adubação de plantio do milho foi 400 kg/ha do fertilizante 8-28-16 e cobertura com 400 kg/ha de 30-00-10. Ainda, foram feitas duas desramas nas árvores de eucalipto conforme preconizado pelo manejo silvicultural. Em toda a área, antes da implantação do sistema foi realizada a análise do solo sendo aplicadas duas toneladas de calcário por hectare na superfície do solo e incorporado mecanicamente. Em agosto de 2012, foram colocados bovinos no sistema silvipastoril, com lotação intermitente, até a data de coleta das amostras em 2015.

Para manejo do pasto de capim-Marandu em sistema silvipastoril foi adotado o método de lotação rotativa com taxa de lotação variável e o critério para definir o intervalo de desfolhação foram adotadas três alturas pré-pastejo do pasto, sendo de 25, 35, e 45 cm (Figura 6). As alturas dos pastos foram monitoradas por meio de régua, com a qual foram realizadas 20 leituras em pontos aleatórios de cada unidade experimental. A altura de cada ponto correspondeu à altura média do dossel em torno da régua, e a média dos 20 pontos correspondeu à altura média do pasto na unidade experimental.

O período de ocupação do piquete em uso correspondeu ao momento em que o pasto atingiu a meta pós-pastejo de 15 cm. À medida que os animais realizavam o pastejo, medições de alturas do pasto foram feitas até que o dossel atingisse a altura de pós-pastejo. Os animais utilizados foram novilhas Girolandas em fase de recria, com peso médio inicial de 200 kg. Todos os animais receberam água e mistura mineral completa à vontade, além de manejo sanitário.



Figura 6. Sistemas de uso e manejo do solo na região da Zona da Mata Mineira, em Visconde do Rio Branco – MG. MTN: mata nativa; SSP25: altura de pastejo de 25 cm; SSP35: altura de pastejo de 35 cm; SSP45: altura de pastejo de 45 cm.

Amostragem e preparo do solo para análises

As amostras de solo foram coletadas durante os meses de setembro a novembro de 2015. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com quatro repetições. Para cada tratamento foram retiradas quatro repetições em diferentes profundidades oriundas de 6 amostras simples, sendo que cada amostra composta constituiu uma repetição. As amostragens de solo foram efetuadas em cada unidade experimental, em cinco profundidades diferentes (0-10, 10-20, 20-40, 40-60 e 60-100 cm), para análises de granulometria, pH, teores de carbono orgânico total, carbono lábil e fracionamento físico da MOS.

Com o objetivo de coletar amostras indeformadas de solo para estimar densidade e realizar cálculos dos estoques de carbono dos sistemas, em cada unidade experimental foram abertas duas mini trincheiras por repetição nas mesmas profundidades com o auxílio de cilindro metálico com volume interno de 99,00 cm³.

As amostras foram armazenadas em sacos plásticos, sendo protegidas da luz e transportadas para o laboratório, para posterior secagem ao ar e passadas em peneira de 2,0 mm para subseqüentes análises de características físicas e químicas, conforme recomendações da EMBRAPA (1997).

Análise física do solo

A análise textural foi realizada pelo método da pipeta, descrito no manual da EMBRAPA (1997). Para esse procedimento foram pesados 10 g de solo e adicionados 10 ml de NaOH (mol/l) e 200 ml de água destilada. Em seguida, o solo foi submetido à rotação de 25–30 rpm durante aproximadamente 16 horas para dispersar suas partículas. A amostra dispersa foi colocada em peneira de 0,053 mm, onde ficou retida a fração areia. A porção silte + argila que passou através dessa peneira foi em seguida, separada por diferença de sedimentação de suas partículas, de acordo com a Lei de Stokes.

A determinação da densidade do solo foi feita segundo a metodologia descrita no manual da EMBRAPA (1997), por meio do uso de anéis cilíndricos de volume conhecido. A densidade aparente do solo foi definida pela razão entre a massa da amostra seca a 105–110 °C por 24 h e o volume do anel.

pH em água

A medição eletrônica do potencial hidrogeniônico foi efetuada por meio de eletrodo combinado imerso em suspensão solo: líquido (água) como descrito no manual EMBRAPA (1997). Esta medição consiste em colocar 10ml de solo em copo plástico de 100ml, adicionar 25ml de líquido, agitar a amostra com bastão de vidro e deixar em repouso por uma hora. Finalmente, cada amostra foi agitada com bastão de vidro e mergulhados os eletrodos na suspensão previamente homogeneizada para fazer a leitura do pH.

A análise de textura e pH foram efetuadas para caracterizar as propriedades físicas do solo e auxiliar na interpretação dos resultados de carbono no solo, portanto, os dados (Tabela 11) para essa variável são apresentados de maneira descritiva.

Tabela 11. pH em água e granulometria (g kg^{-1}) nas diferentes profundidades e sistemas de uso do solo na região da Zona da Mata, em Visconde do Rio Branco – MG.

Profundidade (cm)	Sistemas de uso da terra	pH	Areia (g kg^{-1})	Silte (g kg^{-1})	Argila (g kg^{-1})
0-10	MTN	4,75	424	75	501
	SSP25	5,80	585	61	353
	SSP35	5,38	585	66	349
	SSP45	6,39	570	69	361
10-20	MTN	4,71	402	86	512
	SSP25	5,09	505	76	419
	SSP35	4,85	562	49	389
	SSP45	5,07	537	63	399
20-40	MTN	4,74	415	76	509
	SSP25	5,26	450	47	503
	SSP35	4,95	426	48	526
	SSP45	5,08	470	49	481
40-60	MTN	4,84	323	76	602
	SSP25	5,32	415	52	533
	SSP35	5,24	387	55	558
	SSP45	5,24	435	55	510
60-100	MTN	5,04	329	88	583
	SSP25	5,30	376	69	555
	SSP35	5,26	366	58	576
	SSP45	5,38	392	47	561

MTN: mata nativa; SSP25: altura de pastejo de 25 cm; SSP35: altura de pastejo de 35 cm; SSP45: altura de pastejo de 45 cm.

As granulometrias do solo de todas as áreas foram próximas entre si permitindo evidenciar os efeitos do uso e manejo nas variáveis analisadas (Tabela 11). Nos estudos para avaliar a influência do manejo e da cobertura vegetal no carbono orgânico do solo é importante dissociar os efeitos de textura, uma vez que existe relação positiva entre os teores de silte e argila e o teor de carbono em Latossolos (ZINN et al., 2005). Nesses solos mais argilosos, a flocculação de argila e a formação de agregados estáveis são favorecidas conferindo maior proteção natural da MOS. Observa-se, de modo geral, que o solo sob MTN apresentou valor de pH menor em relação aos outros sistemas de uso da terra, para todas as profundidades avaliadas.

Teores de carbono nas diferentes frações da matéria orgânica do solo

O fracionamento físico granulométrico do carbono orgânico foi realizado conforme os procedimentos descritos por Cambardella e Elliott (1992). Para isto, foram utilizados 10 g de solo seco e 30 ml de hexametáfosfato de sódio (5 g L^{-1}), com agitação da suspensão por 15 horas em agitador horizontal ($150 \text{ oscilações min}^{-1}$). A suspensão foi lavada com jato de água em peneira (53 mesh), sendo que a fração retida na peneira correspondera à matéria orgânica particulada (MOP) e a porção restante, denominada matéria associada, aos minerais (MAM). A água em suspensão foi evaporada em estufa de ar forçado a $50 \text{ }^\circ\text{C}$.

Em seguida, a fração MAM e as amostras do solo foram trituradas com almofariz e pilão para posteriormente serem passadas através de peneiras com malha de 100 mesh ($0,150 \text{ mm}$). A estimativa do carbono da MOP foi obtida por diferença entre os teores de carbono total e carbono da MAM. Para a análise de carbono orgânico do solo foi utilizado o método por combustão seca. Para isto, amostra de aproximadamente 25 g de solo seco foi moída até que passasse totalmente em peneira de 100 mesh . Da amostra peneirada, foram pesados de 3 a 5 mg em folhas de estanho embrulhadas e, em seguida, acondicionada em analisador elementar Vario EL III no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa. Este método baseia-se na oxidação da amostra na presença de $\text{Cr}_2\text{O}_7^{-2}$ e $\text{CO}_3\text{O}_4/\text{Ag}$ à temperatura de $1.200\text{--}1.500 \text{ }^\circ\text{C}$ com adição de O_2 sob pressão de 30 kPa. Nesse processo as moléculas orgânicas são oxidadas até CO_2 , H_2O e O_2 e, posteriormente esses compostos foram carreados na forma de gás para um forno de redução, sob fluxo de hélio. Na etapa final, o CO_2 foi separado em coluna cromatográfica e determinado em detector acoplado ao aparelho.

Teores de carbono lábil via permanganato de potássio

A quantificação do carbono oxidável via permanganato de potássio (C lábil) em amostras de solo foi realizada segundo o método “do carbono ativo” descrito por Weil et al. (2003) com modificações feitas pelos laboratórios Glover (Land Institute) e Barbercheck (Universidade Estadual da Pensilvânia) e descrito por Culman et al. (2012). Para tal fim foram identificados dois tubos de centrífuga de 50 ml para cada amostra, pesados 0,8 gramas de solo fino seco ao ar (100 mesh) em um dos tubos e adicionados 18,0 ml de água deionizada em cada um dos tubos de centrífuga contendo o solo. Utilizando a pipeta de 1,0 -10,0 ml foram adicionados 2,0 ml da solução estoque 0,33 mol L⁻¹ de KmnO₄ em cada tubo. Para a preparação do “branco” foram adicionados 18,0 ml de água deionizada e 2,0 ml de solução de KmnO₄. Os tubos foram tampados imediatamente e agitados manualmente de forma vigorosa por 2 segundos para assegurar a dispersão de partículas dentro da solução.

Posteriormente os tubos foram colocados sob agitação a 140 rpm durante 30 minutos. Após isto, as amostras foram agitadas manualmente evitando que o solo ficasse aderido na parede ou na tampa do tubo. Neste ponto, foram retiradas as tampas dos tubos para evitar a perturbação adicional do solo após sedimentação.

As amostras foram deixadas em repouso por 10 min (para decantação), posteriormente sendo adicionados 49,5 ml de água deionizada no segundo conjunto de tubos de centrifugação. Após a decantação, foram transferidos 0,5 ml do sobrenadante para o segundo tubo contendo 49,5 ml de água. Foi feito o mesmo procedimento com o “branco” e com os quatro pontos da curva de calibração. Finalmente, foi realizada uma leitura em espectrofotômetro de absorção atômica com um comprimento de onda de 565 nm no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa. O carbono não lábil foi determinado pela diferença entre o carbono orgânico total e o carbono lábil.

Estoques de carbono nas diferentes frações do solo

Com o fim de verificar como pode interferir na interpretação dos resultados foram calculados alguns estoques sem correção da massa do solo considerando nesse cálculo as alterações na densidade aparente e a espessura da camada estudada, sendo os resultados expressos por unidade de área C em Mg ha⁻¹ (AGUILAR et al., 1988; TIESSSEN et al., 1982). Foram, então, calculados da seguinte forma:

$$\text{Estoque} = DS \times A \times e$$

onde:

Estoque = estoque de carbono em determinada profundidade (Mg ha⁻¹)

DS = densidade do solo na profundidade amostrada na área dos tratamentos (Kg/dm³).

A = teor de carbono na profundidade amostrada (g kg⁻¹)

e = espessura da camada considerada (cm)

Para estimar os estoques de carbono e carbono lábil do solo levou-se em consideração a correção por camada equivalente de solo, conforme as recomendações propostas por Carvalho et al. (2009). Essa correção é realizada para minimizar os erros de cálculos dos estoques, oriundos da compactação do solo nos sistemas modificados pela ação do homem, para que amostras de camadas compactadas possam ser comparáveis com as da mata nativa na mesma profundidade.

$$\text{ESTOQUE} = \frac{A \times DS_{\text{tratamento}} \times \left(\frac{DS_{\text{mata nativa}}}{DS_{\text{tratamento}}} \times e \right)}{10}$$

onde:

Estoque = estoque de carbono em determinada profundidade (Mg ha⁻¹)

A = teor de carbono na profundidade amostrada (g kg⁻¹)

DS_{tratamento} = densidade do solo na profundidade amostrada na área dos tratamentos (Kg m⁻³).

DS_{mata nativa} = densidade do solo para profundidade amostrada na área de referência (Kg m⁻³).

e = espessura da camada considerada (cm)

Índice de manejo do carbono utilizando o carbono lábil pela via permanganato de potássio

O Índice de Manejo de carbono (IMC) foi calculado para cada sistema e para cada profundidade, pelo método proposto por Blair et al. (1995), utilizando os teores de carbono orgânico total de carbono lábil.

Os cálculos para a estimativa do Índice de Manejo de Carbono foram realizados considerando a mata nativa próxima aos outros sistemas de uso da terra como referência (IMC=100). Para estimar o IMC é necessário obter o índice de comportamento do carbono (ICC), labilidade (L) e índice de labilidade (IL) que foram obtidas através das seguintes fórmulas:

$$\text{CNL} = \text{COT} - \text{CL}$$

$$\text{ICC} = \text{COT do tratamento} / \text{COT Ref.}$$

$$\text{L} = \text{CL} / \text{CNL}$$

$$\text{IL} = \text{L do tratamento} / \text{L Ref.}$$

Em que:

CNL = teor de carbono não lábil (g kg^{-1}); COT = teor de carbono orgânico total (g kg^{-1}); CL = teor de carbono lábil (g kg^{-1}); ICC = índice de comportamento do carbono; COT do tratamento = teor de carbono no solo do tratamento (g kg^{-1}); COT Ref. = teor de carbono no solo do sistema referência (g kg^{-1}); L = labilidade do carbono; IL = índice de labilidade do carbono no solo; L = labilidade do carbono no solo no tratamento e L Ref = labilidade do carbono no solo no sistema referência. A partir do ICC e IL, foi calculado o IMC.

$$\text{IMC} = \text{ICC} \times \text{IL} \times 100$$

Análises estatísticas

Os resultados foram submetidos à análise de variância, separadamente por profundidades, ao nível de significância de 5% de probabilidade, comparando as médias pelo teste de Tukey para caracterizar as diferenças entre os diferentes sistemas de uso e manejo do solo. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do aplicativo computacional SAS[®] (SAS Institute, 2004) e as figuras por meio do programa Excel[®].

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Densidade do Solo

A densidade do solo foi significativamente ($p < 0,05$) menor na mata nativa (MTN), quando comparada com as alturas de manejo do pasto de 25, 35 e 45 cm do capim-Marandu em sistema silvipastoril, SSP25, SSP35 e SSP45, respectivamente, em todas as profundidades avaliadas (Figura 7). A densidade do solo média foi de 1,19, 1,37, 1,36 e 1,37 kg dm^{-3} para a MTN, SSP25, SSP35 e SSP45, respectivamente. O menor valor de densidade do solo observado na área de MTN é explicado pela maior quantidade de matéria orgânica no solo, ausência de tráfego de máquinas agrícolas e pisoteio animal em comparação com os demais sistemas de manejo (LEMOS FILHO et al., 2008; SHARROW, 2007). Em vários estudos, observou-se menor densidade do solo na mata nativa quando comparadas com sistema de pastagens (GREENWOOD e MCKENZIE, 2001; SHARROW, 2007; VIANA et al., 2011).

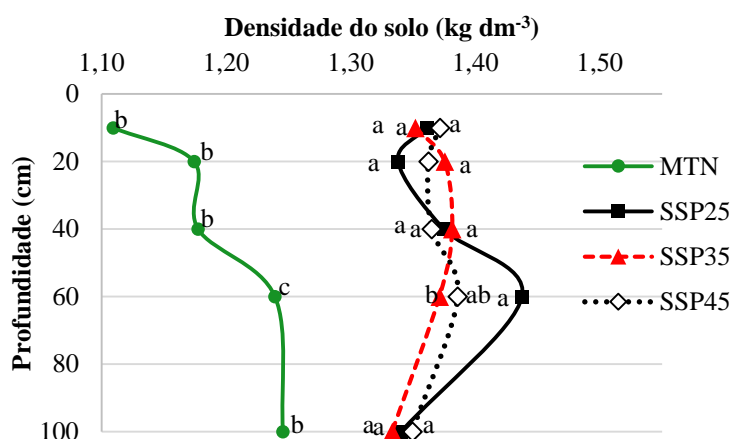


Figura 7. Densidade do solo (kg dm^{-3}) em profundidade nos diferentes sistemas de uso do solo na região da Zona da Mata, em Visconde do Rio Branco – MG. MTN: mata nativa; SSP25: altura de pastejo de 25 cm; SSP35: altura de pastejo de 35 cm; SSP45: altura de pastejo de 45 cm.

Na profundidade de 40-60 cm foi observada maior densidade do solo no SSP25 em relação ao SSP35 e a mata nativa, mas não diferiu da altura de manejo de 45 cm. A densidade do solo geralmente apresenta variações naturais decorrentes das diferenças na estrutura do solo (PÁDUA et al., 2015), mais especificamente da macro e microporosidade do solo, que por sua vez são dependentes da textura, do teor de carbono orgânico do solo e de sua mineralogia (FERREIRA, 2010). O efeito negativo do teor de argila na densidade do solo é explicado pelo fato de que solos mais argilosos possuem maior microporosidade, em contraste àqueles mais ricos em areia (ZINN et

al., 2012). Na profundidade de 40 - 60 cm foram observados menores teor de argila no SSP25 e SSP45 em relação à MTN e SSP35, o que explica a maior densidade observada nessas alturas de manejo do pasto.

Teores de carbono do solo

O teor de carbono orgânico total do solo (COT) (g Kg^{-1}) variou ($p < 0,05$) conforme os sistemas de manejo do pasto e solo (mata nativa, altura de pastejo de 25, 35 e 45 cm do capim-Marandu em sistema silvipastoril) nas profundidades do solo de 0-10, 10-20, 20-40 e 40-60 cm (Figura 8). Maior teor de COT foi observado na MTN, nas profundidades de 0-10, 10-20 e 40-60 cm. Na profundidade de 0-10 cm o teor de carbono na MTN foi 17, 27 e 23 % maior em relação às alturas de manejo do pasto de 25, 35 e 45 cm, respectivamente. A conversão de áreas de vegetação nativa em cultivo agrícola e florestal, geralmente resulta na diminuição de 20 a 50% dos teores de COT (LAL, 2005).

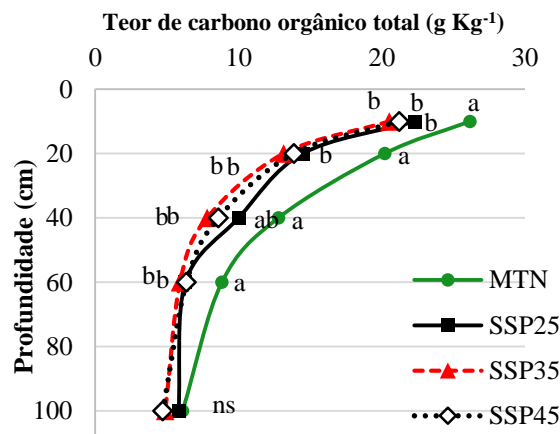


Figura 8. Teores de carbono orgânico total do solo em profundidade nos diferentes sistemas de uso do solo na região da Zona da Mata, em Visconde do Rio Branco – MG. MTN: mata nativa SSP25: altura de pastejo de 25 cm; SSP35: altura de pastejo de 35 cm; SSP45: altura de pastejo de 45 cm.

Na profundidade de 20-40 cm, o SSP 25 não diferiu da MTN e das demais alturas de manejo do pasto. Os menores teores de carbono foram encontrados na altura de pastejo de 35 e 45 cm. Esse resultado pode ser explicado pelo maior teor de carbono lábil dessa altura de manejo nessa profundidade (Figura 9). O teor de carbono lábil do solo foi alterado ($p < 0,05$) nos tratamentos SSP25, SSP35 e SSP45 e MTN nas profundidades de 10-20, 20-40, 40-60 e 60-100 cm (Figura 9). A fração lábil apresenta alta taxa de decomposição e um curto período de permanência no solo, e sua principal

função é o fornecimento de nutrientes às plantas pela mineralização, além de energia e carbono aos microrganismos do solo (SILVA e MENDONÇA, 2007).

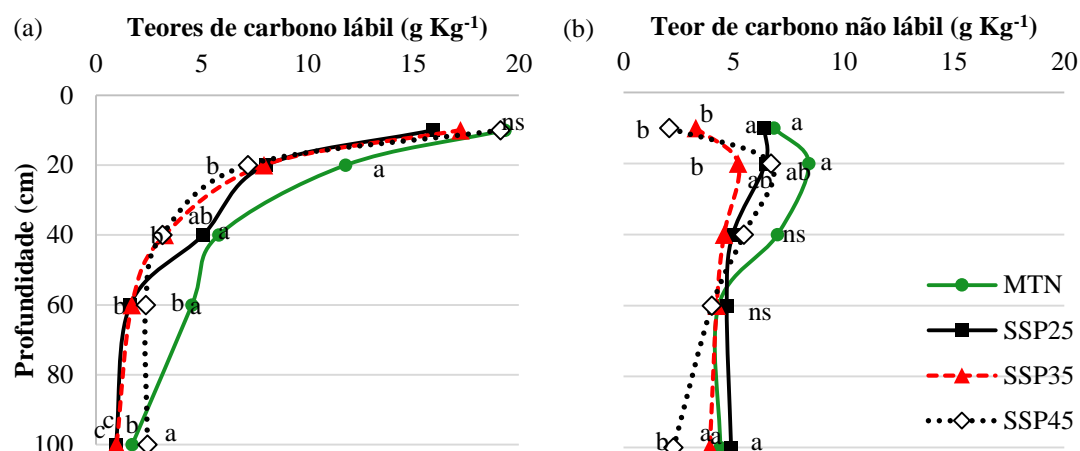


Figura 9. Teores de carbono lábil (g Kg⁻¹) (a) e não lábil (g Kg⁻¹) (b) do solo em profundidade nos diferentes sistemas de uso do solo na região da Zona da Mata, em Visconde do Rio Branco – MG. MTN: mata nativa SSP25: altura de pastejo de 25 cm; SSP35: altura de pastejo de 35 cm; SSP45: altura de pastejo de 45 cm.

Não foi observado efeito significativo ($p < 0,05$) para teor de carbono da matéria orgânica particulada (C-MOP) em nenhuma profundidade (Figura 10). A média geral do teor do C-MOP foi de 11,35, 6,63, 3,58, 1,72 e 1,49 g Kg⁻¹ para as profundidades de 0-10, 10-20, 20-40, 40-60 e 60-100 cm, respectivamente. O C-MOP é mais lábil e apresenta maior taxa de reciclagem dos constituintes orgânicos, sendo que as alterações em seus estoques promovidas pelo manejo do solo são percebidas geralmente em curto prazo (BAYER, et al., 2002; FELLER e BEARE, 1997) e é tida como uma fração relativamente sensível às práticas de manejo (BAYER et al., 2002). A ausência de diferença estatística no C-MOP provavelmente se deve à alta variabilidade a este parâmetro e à curta duração do estudo (SILVEIRA, et al., 2013).

O C-MOP é considerado a fração mais lábil no solo, entretanto os teores de CL foram maiores que o C-MOP. Essa diferença deve-se a metodologia empregada para quantificar o carbono lábil, que foi realizada pela oxidação do carbono pelo permanganato de potássio em um determinado tempo, já o C-MOP foi calculado por diferença, sendo obtido a partir do C-MAM. Na análise de C-MAN, que foi realizada por meio do CHNS elementar, é quantificado todo o carbono até os ligados a carbonatos, aumentando o C-MAM e diminuindo o C-MOP.

O teor de carbono da matéria orgânica associada aos minerais (C-MAM) do solo variou ($p < 0,05$) conforme os sistemas de manejo do pasto e solo (mata nativa,

altura de pastejo de 25 cm, 35 e 45 cm do capim-Marandu em sistema silvipastoril em todas as profundidades do solo (Figura 10). Os maiores valores foram observados na MTN em relação as alturas de pastejo de 25, 35 e 45 cm.

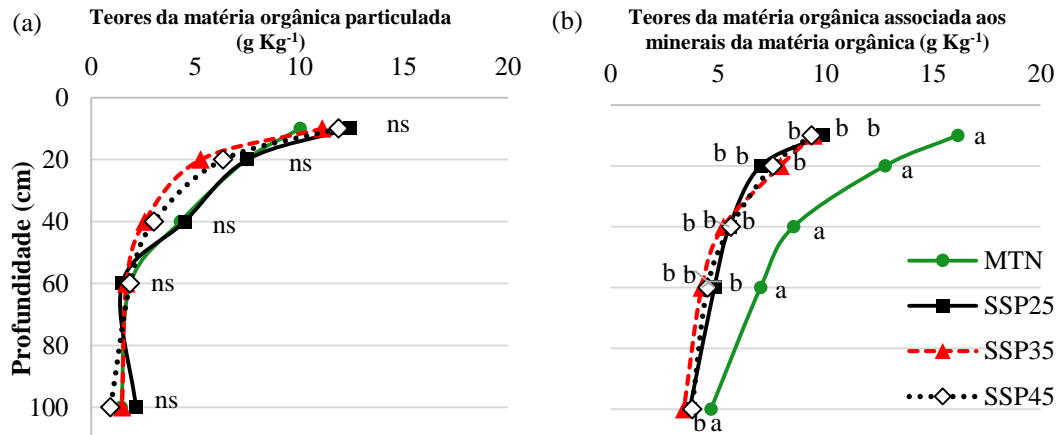


Figura 10. Teores da matéria orgânica particulada (g Kg⁻¹) (C-MOP) (a) e associada aos minerais da matéria orgânica (g Kg⁻¹) (C-MAM) (b) do solo em profundidade nos diferentes sistemas de uso do solo na região da Zona da Mata, em Visconde do Rio Branco – MG. MTN: mata nativa SSP25: altura de pastejo de 25 cm; SSP35: altura de pastejo de 35 cm; SSP45: altura de pastejo de 45 cm.

Relação C/N

A relação C/N variou ($p < 0,05$) conforme os tratamentos (MTN, SSP25, SSP35 e SSP45) nas profundidades do solo de 20-40 e 60-100 cm (Figura 11). Nas profundidades de 20-40 e 60-100 cm a relação C/N foi maior na MTN.

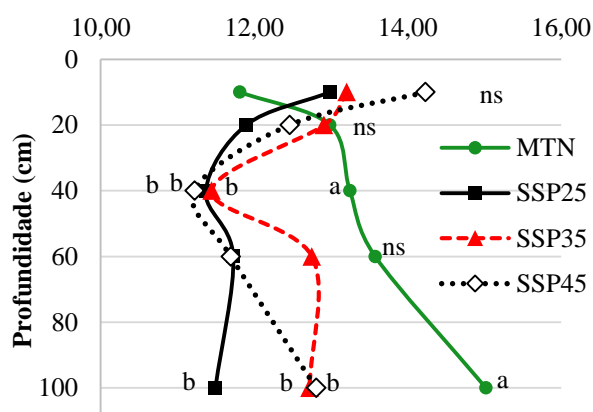


Figura 11. Relação Carbono/Nitrogênio em profundidade nos diferentes sistemas de uso do solo na região da Zona da Mata, em Visconde do Rio Branco – MG. MTN: mata nativa SSP25: altura de pastejo de 25 cm; SSP35: altura de pastejo de 35 cm; SSP45: altura de pastejo de 45 cm.

O maior teor de COT e menor teor de N no solo sob MTN reflete em maior relação C/N (COELHO et al., 2013), principalmente em profundidade. Freixo et al. (2002) indicaram que altos valores de relação C/N podem ser devidos a altos teores de alumínio e baixos valores de pH no solo, isto tende a reduzir a degradação do carbono no solo.

Estoques de Carbono

O estoque de carbono do solo (EST-C) variou ($p < 0,05$) conforme os tratamentos (MTN, SSP25, SSP35 e SSP45) nas profundidades do solo de 0-10, 10-20, 20-40 e 40-60 cm (Figura 12). Nas profundidades de 0-10, 10-20 e 40-60 cm a MTN apresentou maior EST-C. Na profundidade de 20-40 cm não foi observado diferença no EST-C entre a MTN e a SSP25, seguindo a mesma tendência descrita anteriormente para o teor COT.

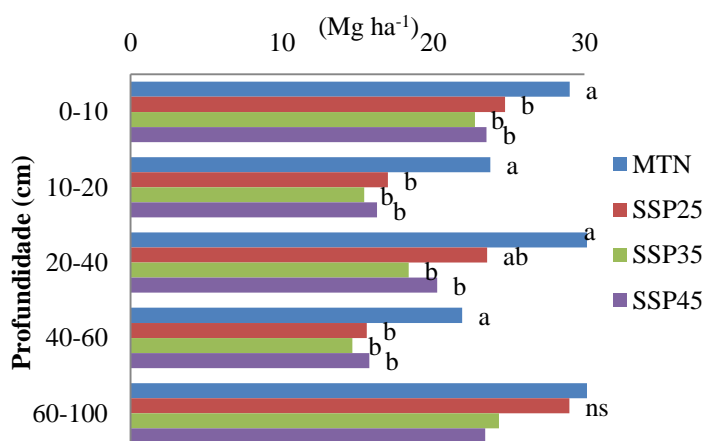


Figura 12. Estoques de carbono total (Mg ha⁻¹) em profundidade nos diferentes sistemas de uso do solo na região da Zona da Mata, em Visconde do Rio Branco – MG. MTN: mata nativa SSP25: altura de pastejo de 25 cm; SSP35: altura de pastejo de 35 cm; SSP45: altura de pastejo de 45 cm.

Liu et al. (2011) observaram em estudo de 3 anos um aumento linear nas entradas de carbono via biomassa acima e abaixo do solo à medida que a altura do pasto aumentou de 8 para 24 cm. Dubeux et al. (2006) ao estudarem os efeitos a curto prazo (2 anos) da intensidade de manejo sobre as respostas de C do solo em pastagem de capim-prado, relataram maiores concentrações de C-MAN nos tratamentos submetidos a baixa intensidade de manejo (1,4 UA/ha), em relação a moderada (2,8/ha) e intensidades elevadas (4,2 UA/ha).

Já para o estoque de carbono da matéria orgânica particulada (EST-MOP) não foi observado diferença significativa (Figura 13). O valor médio geral do EST-MOP foi de 12,59, 7,81, 8,43, 4,27 e 7,45 mg ha⁻¹ para as profundidades de 0-10, 10-20, 20-40, 40-60 e 60-100 cm, respectivamente. Em todas as profundidades, o estoque de carbono da matéria orgânica associada aos minerais (EST-MAM) foi significativamente maior na MTN em relação aos tratamentos SSP25, SSP35 e SSP45 (Figura 13). O EST-MAM foi maior na MTN em relação aos tratamentos SSP25, SSP35 e SSP45 em quase todas as profundidades.

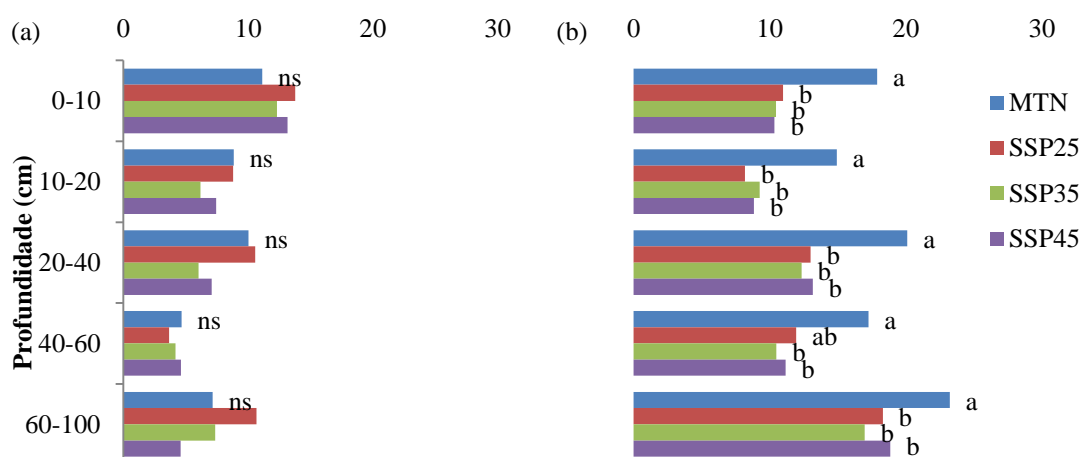


Figura 13. Estoques carbono da matéria orgânica particulada (a) carbono associado aos minerais (b) (Mg ha⁻¹) em profundidade nos diferentes sistemas de uso do solo na região da Zona da Mata, em Visconde do Rio Branco – MG. MTN: mata nativa SSP25: altura de pastejo de 25 cm; SSP35: altura de pastejo de 35 cm; SSP45: altura de pastejo de 45 cm.

O C-MAM é dependente da quantidade de material orgânico que é transferido da MOP e da proteção coloidal exercida pelas superfícies minerais (BALDOCK; SKJEMSTAD, 2000; CHRISTENSEN, 1996). Esse tipo de C é parte de compostos orgânicos relativamente estáveis com taxas de ciclagem lenta, portanto, não se esperava que a intensidade de manejo afetasse a quantidade de C associada com as frações pequenas durante o curto período de tempo deste estudo (SILVEIRA et al., 2013). O EST-MAM da altura de pastejo de 25 cm a profundidade de 40-60 cm foi numericamente maior aos outros sistemas de manejo do pasto, mas não diferiu estatisticamente.

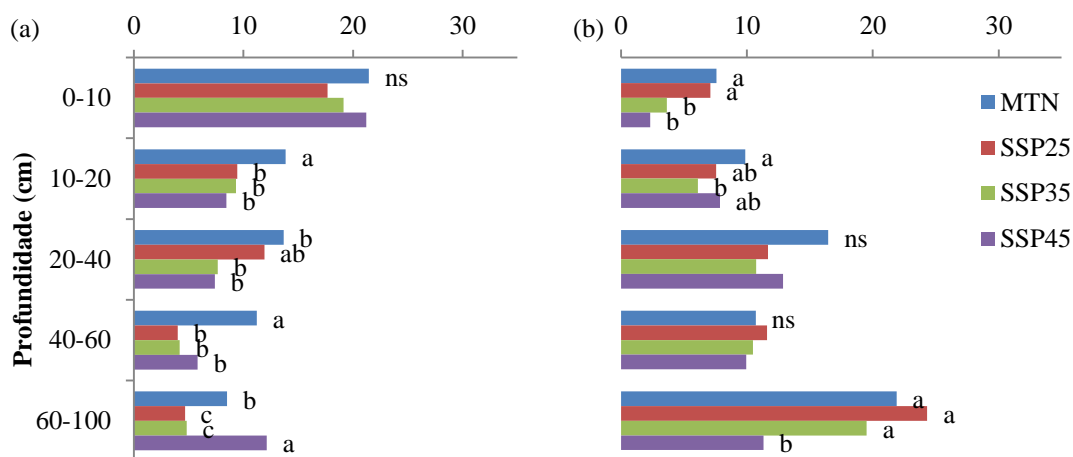


Figura 14. Estoques de carbono lábil (a) e não lábil (b) (Mg ha^{-1}) em profundidade nos diferentes sistemas de uso do solo na região da Zona da Mata, em Visconde do Rio Branco – MG. MTN: mata nativa SSP25: altura de pastejo de 25 cm; SSP35: altura de pastejo de 35 cm; SSP45: altura de pastejo de 45 cm.

O EST-CL do solo nas profundidades de 10-20 e 40-60 cm foi maior na MTN (Figura 14). Os menores estoques de carbono de lábil no sistema silvipastoril, na profundidade de 10-20 cm, indicam que as práticas de aração e gradagem feitas no passado podem ter diminuído seus estoques pela menor cobertura de resíduos vegetais (LOSS, et al., 2014) e a oxidação dos mesmos. Lima et al. (2015) indicaram que a presença dos resíduos vegetais na superfície do solo tem grande importância na redução dos processos erosivos do solo, na preservação da umidade e no regime térmico do solo, reduzindo a ocorrência de altas temperaturas.

Na profundidade de 20-40 cm, não houve diferença estatística no EST-CL com a MTN. O manejo do pasto pode ter sido um dos fatores que afetou os teores e estoques de carbono lábil no solo. Estudos têm demonstrado que o pastejo pode modificar a dinâmica de deposição de carbono acima e abaixo do solo (FRANZLUEBBERS e STUEDEMANN, 2009, DERNER et al., 2006, PRINGLE et al., 2014).

Na profundidade de 60-100 cm foi observado maior estoque de carbono lábil na altura de pastejo de 45 cm, seguida pela mata nativa e os menores valores foram encontrados na altura de 25 e 35 cm. Haile et al. (2010) confirmaram que plantas forrageiras submetidas à maior frequência de pastejo desenvolvem um sistema radicular mais profundo. Comparado com as árvores, as gramíneas geralmente desenvolvem sistemas radiculares superficiais, mas raízes individuais podem atingir profundidades de vários metros.

Para o EST-CNL foi observado efeito do pastejo às alturas de 25, 35, e 45 cm nas profundidades de 0-10, 10-20 e 60-100 cm (Figura 14). Na profundidade do solo de 0-10 cm foram encontrados maiores valores na mata nativa para a altura de 25 cm e, valores intermediários na altura de 35 e menores na 45 cm. Já na profundidade de 10-20 cm observou-se que o EST-CNL foi maior na mata, intermediários na altura de 25 e 45 cm e menores na altura de 35 cm. A resposta do carbono não lábil nessas profundidades foi semelhante a obtida para a massa de raiz (Capítulo 1). O COS derivado de raízes tem um tempo médio de residência 2,4 vezes maior que o C derivado da parte aérea o que contribui para à estabilização da MOS (RASSE et al., 2005).

Áreas de pastagens submetidas a boas práticas de manejo podem permitir a estocagem de COT e C nas frações lábeis e recalcitrantes no solo por período superior ao observado sob a vegetação nativa (ROSCOE et al., 2003). Na camada de 60-100 cm, o pastejo à altura de 45 cm apresentou menores valores de carbono não lábil. Como o teor de carbono não lábil é calculado por diferença entre o COT e o CL, esses menores valores devem-se a maior CL encontrado nessa altura de pastejo.

O estoque de carbono orgânico total (EST-T) variou ($p < 0,05$) conforme as alturas de pastejo de 25, 35 e 45 cm do capim-Marandu em sistema silvipastoril e mata nativa (Figura 15). Observou-se que a MTN apresentou maiores estoques de carbono totais e não foi observado diferença entre as alturas de manejo do pasto. O estoque médio de carbono nas alturas de manejo do pasto de 25, 35 e 45 cm foi de 23,04, 41,48 e 36,24 %, respectivamente, sendo menor em relação à mata nativa.

Franzluebbers e Stuedemann (2009) avaliando o EST-C em diferentes formas de utilização da forragem, observaram que na camada de 60 - 100 cm de profundidade que o EST-C foi superior no pastejo leniente, intermediário no pastejo intenso e a forragem não pastejada e menor nos campos destinados a produção de feno. A contínua retirada de forragem para produção de feno sem a devida reposição de nutrientes e a baixa deposição de resíduos resultou no menor EST-C nesse sistema. Já no pastejo leniente estimulou a produtividade da planta forrageira e favoreceu a ciclagem de nutrientes.

O estoque total de carbono lábil (ESTT-CL) e não lábil (ESTT-CNL) variou ($p < 0,05$) conforme o SSP24, SSP35, SSP45 e MTN. ESTT-CL e foi maior na MTN. Já para o ESTT-CNL, o MTN não diferiu do SSP25 e SSP35, sendo menor para o SSP 45. O estoque total de carbono na fração associada aos minerais (ESTT-MAM) foi

maior na MTN e não diferiu entre os tratamentos SSP25, SSP35 e SSP45. Para o carbono da matéria orgânica particulada (ESTT-MOP) não foi observada diferença significativa ($p>0,05$) entre os tratamentos. O ESTT-MOP é considerado uma fração mais lábil no solo, entretanto os valores de ESTT-L foram maiores que ESTT-MOP. Essa diferença se deve as diferenças metodológicas discutidas anteriormente.

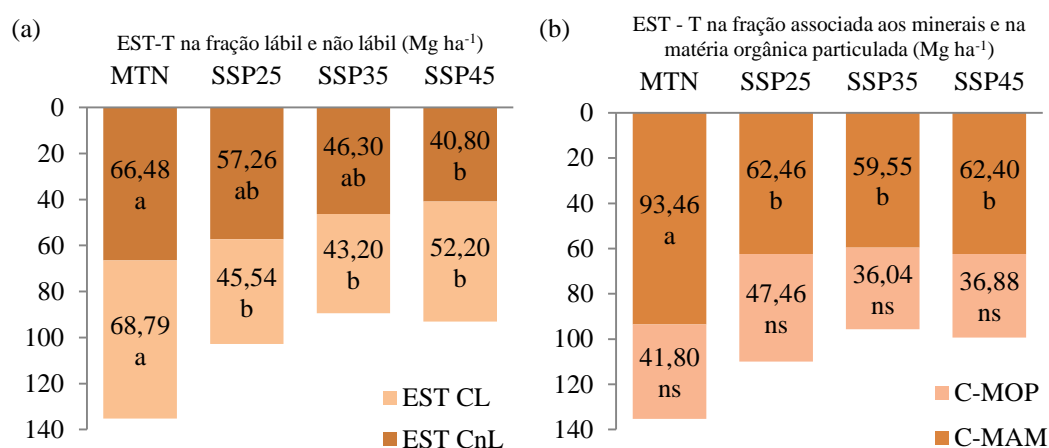


Figura 15 Estoque de carbono orgânico total na fração lábil e não lábil (a) na fração associada aos minerais e carbono da matéria orgânica particulada (b) (Mg ha⁻¹) na camada de 0-100 cm do solo em diferentes sistemas de uso do solo na região da Zona da Mata, em Visconde do Rio Branco – MG. MTN: mata nativa SSP25: altura de pastejo de 25 cm; SSP35: altura de pastejo de 35 cm; SSP45: altura de pastejo de 45 cm.

Índice de Manejo do Carbono (IMC)

O Índice de Manejo do Carbono (IMC) variou ($p<0,05$) conforme os tratamentos, mata nativa, altura de pastejo de 25, 35 e 45 cm do capim-Marandu em sistema silvipastoril, em todas as profundidades (Figura 16). De 0-10 cm, foi observado um maior IMC para o tratamento SSP45, provavelmente pela maior deposição de fezes nesse tratamento, pois pra rebaixar o pasto de 45/15 cm foi necessário utilizar um maior número de animais em relação ao 35/15 cm e 25/15 cm. O animal, além de converter continuamente a energia solar capturada pelas plantas forrageiras (via fotossíntese) em produtos animais, participa ativamente da reciclagem de nutrientes retornando grande parte dos nutrientes consumidos na forma de fezes e urina (MONTEIRO e WERNER, 1989).

Nas profundidades de 10-20 e 40-60 cm, foi observado maior IMC na MTN, intermediários no SSP35 e menor no SSP35 e SSP45. Já na profundidade de 20-40 e 60-100 cm, o comportamento foi semelhante ao teor de carbono lábil, já que essa

variável é utilizada para o cálculo do IMC, onde houve um aumento de IMC no SSP25 e SSP45.

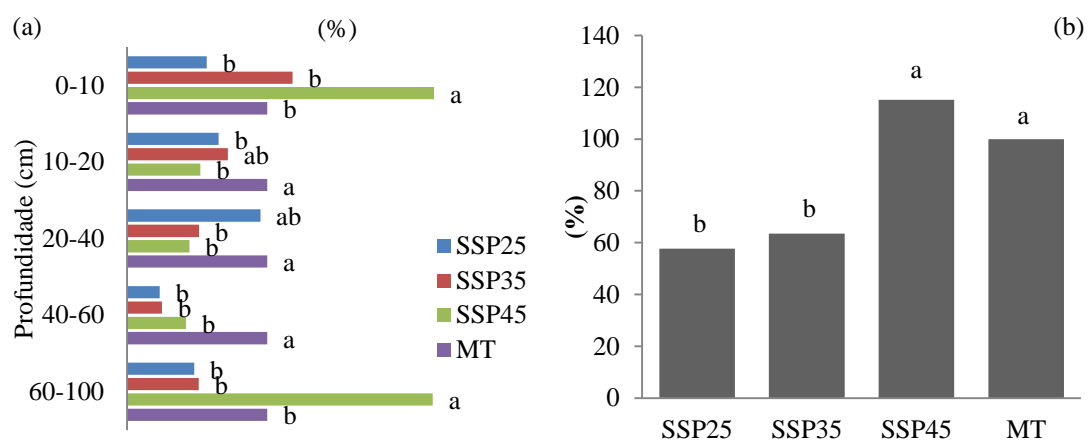


Figura 16. Índice de manejo do solo (IMC) em profundidade (a) e médio (b) do solo em diferentes sistemas de uso do solo na região da Zona da Mata, em Visconde do Rio Branco – MG. MTN: mata nativa SSP25: altura de pastejo de 25 cm; SSP35: altura de pastejo de 35 cm; SSP45: altura de pastejo de 45 cm.

O SSP45 não diferiu da MTN para IMC total, por outro lado, os tratamentos SSP25 e SSP35 apresentaram os menores valores. As profundidades de 0-10 e 60-100 cm, tiveram uma grande contribuição para o IMC total no SSP45. O IMC é um indicador de qualidade do manejo do solo e permite avaliar o processo de perda ou ganho de qualidade do solo: quanto maior o IMC, maior a sua qualidade e vice-versa (SOUZA et al., 2009). Este resultado demonstra que a menor frequência de pastejo tem mantido a labilidade da matéria orgânica de forma semelhante à área referência, enquanto que nas maiores frequências de pastejo, esse índice foi inferior.

CONCLUSÃO

A altura de pastejo de 25 cm aumenta o teor de carbono lábil, orgânico total e o estoque de carbono do solo na profundidade de 20-40 cm.

A altura de pastejo de 45 cm contribui com a manutenção do carbono lábil de forma semelhante com a área referência e teve potencial para aumentar o índice de manejo do carbono em relação às outras alturas de pastejo.

BIBLIOGRAFIA

AGUILAR, R.; KELLY, E. F.; HEIL, R. D. Effects on cultivation on soils in northern Great Plains rangeland. **Soil Science Society of America Journal**, v.52, p.1081-1085, 1988.

BALDOCK, J. A.; SKJEMSTAD, J. O. Role of the soil matrix and minerals in protecting natural organic materials against biological attack. **Organic Geochemistry**, v. 31, p. 697-710, 2000.

BATJES, N. H.; SOMBROEK, W. G. Possibilities for carbon sequestration in tropical and subtropical soils. **Global Change Biology**. v.3, n.2, p.161-173, 1997.

BAYER, C. et al. Stocks and humification degree of organic matter fractions as affected by no-tillage on a subtropical soil. **Plant Soil**, v. 238, p. 133-140, 2002.

BLAIR, G. J.; LEFROY, R. D. B.; LISLE, L. Soil carbon fractions based on their degree of oxidation, and the development of a carbon management index for agricultural systems. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.46, p.1459-1466, 1995.

BUYANOVSKY, G. A.; WAGNER, G. H. Soil respiration and carbon dynamics in parallel native and cultivated ecosystems. **Soils and Global Change**, p. 209-217, 1995.

CAMBARDELLA, C. A.; ELLIOTT, E. T. Particulate soil organic-matter changes across a grassland cultivation sequence. **Soil Science Society of America Journal**, v. 56, p. 777-783, 1992

CARVALHO, J. L. N.; CERRI, C. E. P.; FEIGEL, B. J.; PICCOLO, M. C.; GODINHO, V. P.; CERRI, C. C. Carbon sequestration in agricultural soils in the Cerrado region of the Brazil Amazon. **Soil and Tillage Research**, v. 103, p.342-349, 2009.

CHAN, K. Y.; BOWMAN, A.; OATES, A. Oxidizable organic carbon fractions and soil quality changes in an paleustalf under different pasture leys. **Soil Science**, v. 166, p. 61-67, 2001.

CHRISTENSEN, B. T. Structure and organic matter storage in agricultural soils. In: CARTER, M. R.; STEWART, B. A. (Ed.). **Structure and organic matter storage in agricultural soils**. Boca Raton: CRC Press, p. 97- 165, 1996.

COELHO, M. S; MENDONÇA, E. S.; LIMA, P. C.; GUIMARÃES, G. P.; CARDOSO, I. M. Qualidade da matéria orgânica de solos sob cultivo de café

consórciado com adubos verdes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, p. 1576-1586, 2013.

CONANT, R. T.; PAUSTIAN, K.; ELLIOTT, E. T. Grassland management and conversion into grassland: Effects on soil carbon. **Ecological Applications**, v. 11, p. 343-355, 2001.

CULMAN, S. W.; SNAPP, S. S.; FREEMAN, M. A.; SCHIPANSKI, M. E.; LAL, R.; BENISTON, J.; DRINKWATER, L. E.; FRANZLUEBBERS, A. J.; GLOVER, J. D.; GRANDY, A. S.; SIX, J.; LEE, J.; MAUL, J. E.; MIRKSY, S. B.; SPARGO, J. T.; WANDER, M. M. Permanganate oxidizable carbon reflects a processed soil fraction that is sensitive to management. **Soil Science Society of America Journal**, v. 76, p. 494-504, 2012.

DERNER, J. D.; BOUTTON, T. W.; BRISKE, D. D. Grazing and ecosystem carbon storage in the North American Great Plains. **Plant and Soil**, v. 280, p. 77-90, 2006.

DON, A.; SCHUMACHER, J.; FREIBAUER, A., Impact of tropical land-use change on soil organic carbon stocks – a meta-analysis. **Global Change Biology**, v. 17, p. 1658– 1670, 2011.

DUBEUX JR, J. C. B.; SOLLEMBERGER, L. E.; INTERRANTE, S. M. et al. Litter decomposition and mineralization in bahiagrass pastures managed at different intensities. **Crop Science**. v. 46, p.1305-1310, 2006.

FELLER, C.; BEARE, M. H. Physical control of soil organic matter dynamics in the tropics. **Geoderma**, v. 79, p. 69-116, 1997.

FERREIRA, M. M. Caracterização física do solo. In: Jong van Lier Q, editor. **Física do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; 2010. p.1-27.

FOLLETT, R.F.; KIMBLE J.M.; LAL, R. The potential of U.S. grazing lands to sequester soil carbon. In: R.F. Follett, J.M. Kimble, and R. Lal, editors, **The potential of US grazing lands to sequester carbon and mitigate the greenhouse effect**. Lewis Publishers, Boca Raton, FL. p. 420–449. 2001.

FRANZLUEBBERS, A. J.; STUEDEMANN, J. A. Soil-profile organic carbon and total nitrogen during 12 years of pasture management in the Southern Piedmont USA. **Agriculture Ecosystems and the Environment**, v. 129, p. 28-36, 2009.

GREENWOOD, K. L.; MCKENZIE, B. M. Grazing effects on soil physical properties and the consequences for pastures: A review. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 41, p. 1231-1250, 2001.

HAILE, S. G.; NAIR, P. K. R.; NAIR, V. D. Carbon storage of different soil size fractions in Florida silvopastoral systems. **Journal of Environmental Quality**, v. 37, p. 1789–1797, 2008.

HAILE, S. G.; NAIR, V. D.; NAIR, P. K. R. Contribution of trees to carbon storage in soils of silvopastoral systems in Florida. **Global Change Biology**, v. 16, p. 427–438, 2010.

LAL, Rattan. Forest soils and carbon sequestration. **Forest ecology and management**, v. 220, n. 1, p. 242-258, 2005.

LEMO FILHO, L. C. A.; OLIVEIRA, E. L.; FARIA, M. A.; ANDRADE, L. A. B. Variação espacial da densidade do solo e matéria orgânica em área cultivada com cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.). **Revista Ciência Agronômica**, v.39, p. 193-202, 2008.

LIMA, M. A.; BODDEY, R. M.; ALVES, B. J.; ALMEIDA, P. L.; URQUIAGA, S. Estoques de carbono e emissões de gases de efeito estufa na agropecuária brasileira. 3. ed. **rev- Brasília, DF: Embrapa**, 2015.

LIU, K.; SOLLENBERGER, L. E.; SILVEIRA, M. L.; VENDRAMINI, J. M. B.; NEWMAN, Y. C. Grazing intensity and nitrogen fertilization affect litter responses in Tifton 85 bermudagrass pastures: II. Decomposition and nutrient mineralization. **Agronomy Journal**, v. 103, p. 163-168, 2011.

LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; BERNINI, T. A.; ZATORRE, N. P.; WADT, P. G. S. Fertilidade do solo e matéria orgânica em Vertissolo e Argissolo sob cobertura florestal e pastagem. **Comunicata Scientiae** v. 5, p. 01-10, 2014.

MONTAGNINI, F.; NAIR, P. K. R. Carbon sequestration: An underexploited environmental benefit of agroforestry systems. New York, **Agroforestry Systems**. v.61, p.281-295, 2004.

MONTEIRO, F. A.; WERNER, J. C. Ciclagem de nutrientes minerais em pastagens. In: Simpósio sobre ecossistema de pastagens, **Anais...** Jaboticabal: FUNEP, p. 149- 192. 1989.

NAIR, P. K. R.; KUMAR, B. M.; NAIR, V. D. Agroforestry as a strategy for carbon sequestration. **Journal Plant Nutrition Soil Science**, v. 172, p. 10–23, 2009.

PÁDUA, E. J.; GUERRA, A. R.; ZINN, Y. L. Modelagem da Densidade do Solo em Profundidade sob Vegetação Nativa em Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, p. 725-736, 2015.

PENMAN, J.; GYTARSKY, M.; HIRAISHI, T.; KRUG, T.; KRUGER, D. Good practice guidance for land-use, land-use change and forestry. **IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme**, Kanagawa, Japan. 2003.

PRINGLE, M. J.; ALLEN D. E.; PHELPS, D. G.; BRAY, S. G.; ORTON, T. G.; DALAL, R. C. The effect of pasture utilization rate on stocks of soil organic carbon and total nitrogen in a semi-arid tropical grassland. **Agr Ecosyst Environ.** v. 195, p. 83–90, 2014

RANGEL, O. J. P.; SILVA, C. A.; GUIMARÃES, P. T. G.; GUILHERME, L. R. G. Frações oxidáveis do carbono orgânico de latossolo cultivado com em diferentes espaçamentos de plantio. **Ciência agrotecnica**, Lavras, v. 32, p. 429-437, 2008.

RASSE, D. P. et al. Is soil carbon mostly root carbon? Mechanisms for a specific stabilization. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 269, p. 341- 356, 2005.

ROSCOE, R.; BUURMAN, P. Tillage effects on soil organic matter in density fractions of a Cerrado Oxisol. **Soil and Tillage Research**, v.70, p.107-119, 2003.

SAS INSTITUTE. **SAS user's guide**: release 6.03. Cary: Statistical Analysis System Institute, 1988. 1028p.

SCHUMAN, G. E.; HERRICK, J. E.; JANZEN, H. H. The dynamics of soil carbon in rangelands. In The Potential of U.S. **Grazing Lands to Sequester Carbon and Mitigate the Greenhouse Effect**, R.F. Follett, J.M. Kimble, and R. Lal (eds.), Lewis Publishers, Boca Raton, Florida, pp. 267-290. 2001:

SHARROW, S.H. Soil compaction by grazing livestock in silvopastures as evidenced by changes in soil physical properties. **Agroforestry Systems**, 71:215-223, 2007.

SHARROW, S.H., CARLSON, D.H., EMMINGHAM, W.H. et al. Productivity of two Douglas-fir/subclover/sheep agroforests compared to pasture and forest monocultures. **Agroforestry Systems** v.34 p.305-313, 1996

SHI, S.; ZHANG, W.; ZHANG, P.; YU, Y.; DING, F. A synthesis of change in deep soil organic carbon stores with afforestation of agricultural soils. **For Ecol Manag**, v. 296, p. 53–63, 2013.

SILVA, E. D.; LOURENTE, E. P. R.; MARCHETTI, M. E.; MERCANTE, F. M.; FERREIRA, A. K. T.; FUJII, G. C. Frações lábeis e recalcitrantes da matéria orgânica em solos sob integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, p. 1321-1331, 2011.

SILVA, I. R.; MENDONÇA, E. S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, G.N.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, B. & NEVES, J.C.L., eds. **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.275-374.

SOLOS, Embrapa. Manual de métodos de análise de solo. **Rio de Janeiro: Embrapa Solos**, 1997.

SOUZA, E. D. D.; COSTA, S. E. V. G. D. A.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P. C. D. F.; ANDRIGHETTI, M. H.; CAO, E. G. Estoques de carbono orgânico e de nitrogênio no solo em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto, submetido a intensidades de pastejo. **Revista brasileira de ciência do solo**, v. 33, p. 1829-1836, 2009.

TIESSEN, H.; STEWART, J. W. B.; BETTANY, J.R. Cultivation effects on the amounts and concentration of carbon, nitrogen, and phosphorus in grassland soils. **Agronomy Journal**, v.74, p.831-835, 1982.

TONUCCI, R.G.; NAIR, P.K.R.; NAIR, V.D.; GARCIA, R.; BERNARDINO, F.S. Soil carbon storage in silvopasture and related land-use systems in the Brazilian Cerrado. **J. Environ. Qual.**, v. 40, p. 833-841, 2011.

VIANA, E. T.; BATISTA, M. A.; TORMENA, C. A.; DA COSTA A. C. S.; INOUE, T. T. Atributos físicos e carbono orgânico em latossolo vermelho sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista brasileira de ciência do solo**, v. 35, p. 2105-2114, 2011

WEIL, R. R.; MAGDOFF, Fred. 1 Significance of Soil Organic. **Soil organic matter in sustainable agriculture**, p. 1, 2004.

WEYANT, J. P.; LA CHESNAYE, F. C.; BLANFORD, G. J. Overview of EMF- 21: **Multigas mitigation and climate policy**. *Energ. J. (Multi-Greenhouse Gas Mitigation and Climate Policy Spec. Issue 3)*:1–32. 2006.

ZINN, Y. L.; GUERRA, A. R.; SILVA, A. C.; MARQUES, J. J.; OLIVEIRA, G. C.; CURI, N. Perfis de carbono orgânico do solo nas regiões sul e serra do espinhaço meridional, Minas Gerais: Modelagem em profundidade. **Revista brasileira de ciência do solo**. v. 36, p. 1395-406, 2012.

ZINN, Y. L.; LAL, R.; RESCK, D. VS. Texture and organic carbon relations described by a profile pedotransfer function for Brazilian Cerrado soils. **Geoderma**, v. 127, n. 1, p. 168-173, 2005.