

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
FACULDADE DE ZOOTECNIA E ENGENHARIA DE ALIMENTOS

FÁBIO CORTEZ LEITE DE OLIVEIRA

**Manejo do horário de colheita do capim-marandu sob corte ou pastejo**

PIRASSUNUNGA

2014

FÁBIO CORTEZ LEITE DE OLIVEIRA

**Manejo do horário de colheita do capim-marandu sob corte ou pastejo**

Tese apresentada à Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutor em Ciências

Área de Concentração: Qualidade e Produtividade Animal

Orientador: Prof. Dr. Valdo Rodrigues Herling

PIRASSUNUNGA

2014

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

Serviço de Biblioteca e Informação da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da  
Universidade de São Paulo

048m

Leite de Oliveira, Fábio Cortez  
Manejo do horário de colheita do capim-marandu sob  
corte ou pastejo / Fábio Cortez Leite de Oliveira. --  
Pirassununga, 2014.

96 f.

Tese (Doutorado) -- Faculdade de Zootecnia e  
Engenharia de Alimentos - Universidade de São Paulo.  
Departamento de Zootecnia.

Área de Concentração: Qualidade e Produtividade  
Animal.

Orientador: Prof. Dr. Valdo Rodrigues Herling.

1. Amanhecer 2. Bovinos 3. Entardecer 4. Glicose  
5. Gramínea tropical 6. Valor nutritivo. I. Título.

Nome: LEITE DE OLIVEIRA, Fábio Cortez

Título: Manejo do horário de colheita do capim-marandu sob corte ou pastejo

Tese apresentada à Faculdade de Zootecnia e  
Engenharia de Alimentos da Universidade de  
São Paulo para obtenção do título de Doutor  
em Ciências

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof. Dr. \_\_\_\_\_ Instituição \_\_\_\_\_

Julgamento: \_\_\_\_\_ Assinatura \_\_\_\_\_

Prof. Dr. \_\_\_\_\_ Instituição \_\_\_\_\_

Julgamento: \_\_\_\_\_ Assinatura \_\_\_\_\_

Prof. Dr. \_\_\_\_\_ Instituição \_\_\_\_\_

Julgamento: \_\_\_\_\_ Assinatura \_\_\_\_\_

Prof. Dr. \_\_\_\_\_ Instituição \_\_\_\_\_

Julgamento: \_\_\_\_\_ Assinatura \_\_\_\_\_

Prof. Dr. \_\_\_\_\_ Instituição \_\_\_\_\_

Julgamento: \_\_\_\_\_ Assinatura \_\_\_\_\_

## DEDICATÓRIA

*À minha família, que me apoia e me incentiva a realizar meus sonhos, com amor e gratidão, dedico essa tese.*

*Dedico também, a todos aqueles que, como eu, são apaixonados por animais pastejadores.*

## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Pedro Leite de Oliveira Filho e Marisa Cortez de Oliveira, e à minha avó Marly Coeli Cortez (*in memoriam*), pelo amor, educação e base moral para a vida.

Aos meus irmãos, Marcio Cortez Leite de Oliveira e Renata Cortez Leite de Oliveira e ao meu primo Alexandre Leite Cortez, pelo amor, amizade e confiança.

À minha filha Laura Carneiro Leite de Oliveira, sobrinhos(as) Gabrieli Oliveira Zanetti, Pedro Henrique Lagni de Oliveira e Maria Luiza Lagni de Oliveira e amigo Enzo Ramos Muniz, pelos momentos de brincadeiras, que tornam a vida mais leve e alegre.

À Patricia Maloso Ramos pelo companheirismo e amizade e também pelo incentivo para a conclusão deste curso.

À Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo (FZEA/USP), pela oportunidade de estudos e desenvolvimento profissional.

À prefeitura do campus de Pirassununga, pela infraestrutura, animais, e apoio durante o desenvolvimento dos experimentos de campo.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo financiamento do projeto e bolsa de estudos (processos 2012/05912-5 e 2012/03121-0).

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo período de bolsa de estudos (processo 141288/2012-4).

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo período de bolsa de estudos de demanda social e estágio remunerado na docência do Programa de Aperfeiçoamento do Ensino (PAE).

À toda sociedade brasileira, em especial ao povo do Estado de São Paulo, por contribuírem, pesadamente, para terem um sistema de ensino, pesquisa e extensão que lhes traga algum retorno. Espero ter gerado algum conhecimento novo, que possa ser útil.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Valdo Rodrigues Herling, por aceitar me orientar, por acreditar no projeto, e ainda pela amizade, por todo apoio, orientações, confiança, otimismo, bom humor, ensinamentos e companheirismo, agradeço imensamente.

Ao Dr João Vendramini, pela contribuição durante a fase de criação do projeto, durante o curso sobre técnicas de pesquisa para avaliação de pastagens.

À Prof. Dr Liliam E. T. Pereira, pela revisão, correção e orientações durante a fase de redação desta tese.

Ao Prof. Dr. Pedro Henrique de Cerqueira Luz, pela oportunidade de realizar estágio na docência e poder observar como se ministra uma excelente aula na base de lousa e giz.

Ao Marcos Ferraz, técnico do Laboratório de Solos e Plantas, pela supervisão durante as análises, pela disponibilidade para sanar minhas dúvidas, pela paciência e amizade.

Aos batalhadores e divertidos estagiários do laboratório Mariana, Diego, Lisa, Suelen, e principalmente a Natália, por estar sempre disposta a ajudar, pelo companheirismo e amizade.

Ao Prof. Dr. Ives Cláudio da Silva Bueno, responsável pelo Laboratório de Fermentabilidade Ruminal da FZEA, por ensinar os procedimentos para ensaio de degradabilidade *in vitro* e pela oportunidade de realizar estágio na docência.

Ao Prof. Dr. Luiz Felipe Prada e Silva por disponibilizar os animais fistulados no rúmen para obtenção de líquido ruminal necessário às análises de degradabilidade *in vitro*.

À Prof. Dr. Catarina Abdalla Gomide, responsável pelo Laboratório de Bromatologia da FZEA, pela gentileza e doçura com que trata as pessoas e por disponibilizar as dependências e equipamentos necessários às análises de amido.

À Roseli Sengling Lacerda do Laboratório de Bromatologia por me auxiliar desde a fase de aprendizado até o final das análises de amido, com muita tranquilidade e paciência, meu muito obrigado.

Ao Prof. Dr. César Gonçalves de Lima por todo auxílio e suporte para a realização das análises estatísticas desta tese.

Aos experientes professores Dr. Ulysses Cecato e Dr. Ricardo Andrade Reis, por participarem da banca de qualificação e pelas contribuições feitas.

Aos colegas de pós-graduação, que acreditaram no projeto e doaram tempo e esforço na execução dos experimentos, Cesar Oliveira Rocha, João Marcelo Dalmaz Sanchez, Gabriela Strozzi, Vanessa Cristina Pioto, Damião Nguluve, Syeda Mariam Husein.

À Renata Ferigato, pela imensurável contribuição neste projeto, por estar sempre disposta a ajudar, qualquer dia ou horário, serei eternamente grato. Concluir os experimentos sem você teria sido muito mais difícil, ou até impossível.

Aos estagiários(as) Jéssica (Caramelo), Barbara (Barbinha), Leonardo (Léo), Eduardo (Dú) e Fabrício por terem ajudado sempre que possível e em momentos fundamentais no Braquiarão.

Aos funcionários das Agrárias, Manoel dos Santos e Paulo S. Tonetti, por ajudar com todos os previstos e imprevisto, sempre quebrando um galho.

Ao Dr. José Carlos G. Pacheco por fornecer os equipamentos e ensinar a utilizar a sonda esofágica nos animais e pelos churrascos saborosos que só um autentico gaúcho sabe fazer.

Ao Médico Veterinário do campus, Dr. Fernando José Schalch, pela prontidão com que atendeu nossos chamados, quando algum animal do experimento precisou de cuidados médicos e em nome do Ismael Catice, agradeço a todos os funcionários da pecuária por toda assistência durante o experimento no Braquiarão com as novilhas.

Aos colegas das Agrárias Mario, Mari, Hugo, Celso, Núbia, Tiago, Jéssica, Kátia, Lili, Vivi, fernandinha, Layane e Alessandra pelo harmonioso e divertido convívio de trabalho e festa!

À Mayra Priscila e Eliane Ederli por arrumarem nossa bagunça.

Aos meus mestres de Capoeira Angola, Mestre Da Silva e Mestre Topete pelos treinamentos e vadiagem, que me deram força, animo, e malandragem para concluir esse trabalho.

E por último, mas não menos importante, aos bares do Chico, do Crid, Floresta, Praia e Montanha, por servirem de local ideal às comemorações após cada objetivo alcançado, ou mesmo sem motivo algum...

*Meus sinceros agradecimentos,*

*Sou um cara privilegiado por conviver com tanta gente boa!*

## EPÍGRAFE

*Cultivar a terra e criar animais são as mais nobres atividades praticadas pelo homem. Produzir alimentos vegetais é a arte de colher o sol. Produzir alimentos a partir de animais é a arte de transformação dessa energia.*

Autor desconhecido

*Deus ajuda quem cedo madruga...*

Ditado popular

## **SOBRE O AUTOR**

FÁBIO CORTEZ LEITE DE OLIVEIRA, filho de Pedro Leite de Oliveira Filho e Marisa Cortez de Oliveira, nasceu em Limeira, São Paulo, no dia 28 de Junho de 1979.

Em 1993 concluiu o ensino fundamental (antigo 1º grau) no Centro Educacional SESI nº 149.

Em 1998 concluiu o ensino médio (antigo 2º grau) no Colégio Técnico de Limeira da Universidade de Campinas - COTIL Unicamp - onde também se formou técnico em mecânica.

Em Janeiro de 2004, concluiu o curso de Zootecnia pela Universidade Estadual de Maringá.

Em Fevereiro de 2004 é contratado pela empresa de assessoria técnica, Terra Desenvolvimento Agropecuário, Maringá – PR, onde exerceu a função de coordenador técnico.

Em Março de 2006, iniciou integralmente o Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, em nível de Mestrado, área de concentração Pastagens e Forragicultura, na Universidade Estadual de Maringá, realizando estudos aplicados nas áreas de conservação de forragens e manejo de pastagens.

No dia 29 de Janeiro de 2009, submeteu-se à banca para defesa da dissertação.

Em julho de 2008 é contratado pela Estância Y Poti, Concepción – Paraguay, onde exerceu a função de Zootecnista responsável pela nutrição de bovinos, manejo das pastagens e manejo do pastejo.

Em Julho de 2011, iniciou integralmente o Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, em nível de Doutorado, área de concentração Qualidade e Produtividade Animal, na Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, realizando estudos aplicados nas áreas de pastagens e forragicultura.

No dia 10 de Dezembro de 2014, submeteu-se à banca para defesa da tese.

## RESUMO

**LEITE-DE-OLIVEIRA, F. C. Manejo do horário de colheita do capim-marandu sob corte ou pastejo.** 2014. 96 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2014.

O ritmo circadiano das plantas e de ruminantes crepusculares parece ter co-evoluído no mesmo sentido: “colher energia do sol” durante o dia, estocar o excedente e utilizá-lo durante a noite. Diante disso, o manejo do horário da colheita de forragem emerge como possibilidade de incrementar a eficiência dos sistemas de produção animal em pastagens a um custo zero. Assim, essa pesquisa teve como objetivo determinar em qual horário do dia é vantajoso concentrar a colheita do capim-marandu, *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, sob corte ou pastejo. Durante a primavera e verão de 2012/2013, realizou-se experimentos para determinar o horário que ocorre máxima concentração de açúcares e amido (carboidratos não estruturais) na lâmina foliar e pseudocolmo de perfilhos de capim-marandu, e verificar os padrões de variação ao longo do dia e entre estratos verticais do relvado. Os acúmulos de carboidratos não estruturais na lâmina foliar e pseudocolmo, do nascer do sol até o início da noite, seguem tendência quadrática e as concentrações máximas ocorreram após às 15 h. Dessa forma, as concentrações de carboidratos não estruturais foram superiores no topo do relvado às 15 h, principalmente na primavera. Já as concentrações de N, fibra e digestibilidade *in vitro* variaram menos ao longo do dia, e mais devido aos diferentes estratos ou estações do ano. No mesmo período, foi conduzido um experimento de pastejo, para verificar se o horário de mudança de piquetes altera o comportamento ingestivo e o desempenho de novilhas de corte. Seis lotes foram manejados sob o método de pastejo rotativo, onde diariamente três lotes mudavam de piquetes às 6 h e outros três lotes mudavam às 15 h. O valor nutritivo da forragem foi avaliado no relvado pré-pastejo ou sob-pastejo, pela manhã e tarde, e o comportamento ingestivo dos lotes foi avaliado pelo monitoramento do uso do tempo e taxas de bocado dos animais. Após a mudança de piquete, os animais mantêm altas taxas de bocado às 6 h ou 15 h, mas somente a mudança de piquetes às 15 h estimula a concentração das refeições no período da tarde, onde o valor nutritivo da forragem foi superior em relação ao amanhecer. No entanto, a mudança de piquete ao amanhecer, provocou aumento do tempo total de pastejo, distribuídos igualmente entre o período da manhã e da tarde. Concluindo, essa pesquisa traz informações novas a respeito da colheita do capim-marandu, como a possibilidade de obter forragem com incrementos significativos de carboidratos não estruturais, realizando um esquema de colheita após às 15 h, acima de 13 cm de altura na primavera e acima de 20 cm no verão. Já em relação ao horário de mudança de piquetes, apesar da mudança às 15 h alterar o esquema das refeições, compensações entre os padrões de pastejo e as variações do valor nutritivo da forragem ao longo do dia, resultaram em consumo de forragem e desempenho semelhantes entre os tratamentos. Por outro lado, pode-se considerar que a mudança de piquetes pela tarde, proporcionou mais conforto aos animais em relação à mudança pela manhã, uma vez que necessitaram pastear por menos tempo, restando mais oportunidade para realizarem outras atividades.

**Palavras-chave:** amanhecer, bovinos, entardecer, glicose, gramínea tropical, padrão de pastejo, sacarose, silagem

## ABSTRACT

**LEITE-DE-OLIVEIRA, F. C. Harvesting schedule management of Marandu grass under grazing or cutting.** 2014. 96 f. Thesis (PhD) – Faculty of Animal Science and Food Engineering, University of São Paulo, Pirassununga, 2014.

The circadian rhythms of plants and twilight ruminants seem to have co-evolved in the same direction: “to harvest solar energy” during day, to store the exceeding and to use it during night. Indeed, the hourly management of forage harvesting emerges as a possibility to increment forage based production systems efficiency at zero cost. The objective of the trial was to determine in what day time it's advantageous to focus the harvest of *Brachiaria brizantha* cv. either under clipping or grazing. During spring and summer of 2012/13, there were experiments to determine what is day time when the maximum concentration of sugars and starch (non-structural carbohydrates) occurs in leaf blades and pseudostems of Marandugrass, and to verify the variability patterns along the day and among the vertical sward strata. The non-structural carbohydrates accumulation of leaf blades and pseudostems, from sunrise to the beginning of the night, have quadratic patterns and its maximum concentration occurs after 15 h. Thus, the non-structural carbohydrates concentration were greater at the top sward stratum, at 15 h, mainly on spring. On the other hand, concentrations of N, fiber and dry matter digestibility varied lesser along the day and more due to different strata and year seasons. At the same period, a grazing experiment was carried to verify whether the time of moving to another paddock affected intake behavior and performance of beef heifers. Six groups were managed under rotational stocking, being three moved at 6 h and three moved at 15 h. Forage nutritive value was evaluated at pre and during grazing conditions, by the sunrise and the afternoon, and the intake behavior of the groups was evaluated by both time use and bite rate monitoring. Moving the herd at 15 h shifted the feeding behavior and concentrated grazing activity at afternoon, when forage nutritive value is higher, compared to the sunrise. However, moving animals at sunrise increased the total daily grazing time, evenly distributed among morning and afternoon. Concluding, this research brings new information regarding the harvest of Marandugrass, like the possibility of harvesting forages with significant increments of non-structural carbohydrates through harvesting after 15 h and above 13 cm on spring and above 20 cm on summer. Regarding animals moving time, even though moving at 15 h shifted grazing behavior, there was compensation between grazing patterns and forage nutritive value variations along the day, what resulted in similar forage intake and animal performance between treatments. On the other hand, it's possible that moving animals at afternoon brought more comfort to the animals when compared with moving at sunrise, as they had to graze for a shorter period and had more time to do other activities.

**Key-words:** bovine, glucose, grazing patterns, tropical grasses, sucrose, silage, sunrise, sunset

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Variação da temperatura do ar e radiação solar ao longo do dia.....	28
Figura 2. Dados mensais médios de temperatura máxima e mínima e radiação solar e precipitação pluviométrica mensal e acumulada comparada com a média histórica para o período de primavera e verão.....	30
Figura 3. Padrões de variação da composição química e digestibilidade de perfilhos de capim-marandu até 15 horas após o nascer do sol: concentração de matéria seca, nitrogênio, digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca, carboidratos solúveis em etanol, amido e carboidratos não estruturais.....	36
Figura 4. Precipitação no período experimental e média histórica (67 anos) e temperaturas máxima, mínima e média.....	55
Figura 5. Croqui da área experimental evidenciando blocos e tratamentos.....	56
Figura 6. Vista geral do curral de manejo com as novilhas após jejum de 14 horas.....	57
Figura 7. Observador posicionado em andaimes, portando binóculos, registra as atividades dos animais a cada cinco minutos.....	61
Figura 8. Novilha usando cabresto com gravador digital de voz na nuca e microfone de lapela no interior de uma cápsula de isopor.....	62
Figura 9. Padrões sonoros das atividades de pastejo e ruminação.....	63
Figura 10. Avaliador cronometrando o tempo necessário para realização de vinte bocados de preensão.....	64
Figura 11. Desempenho e peso corporal médio de 30 novilhas da raça Nelore por tratamento (AM = mudança diária de piquete às 6:00 h; PM = mudança diária de piquete às 15:00 h) durante sete ciclos de pastejo de 26 dias (um dia de ocupação).....	69
Figura 12. Padrões de uso do tempo de novilhas de corte com mudança diária de piquetes às 6 h (AM) ou 15 h (PM) na primavera e verão.....	72
Figura 13. Desdobramento da interação entre tratamento (AM = mudança diária de piquete às 6:00 h; PM = mudança diária de piquete às 15:00 h) e horário de avaliação da taxa de bocado às 6:00, 12:00 e 15:00 horas.....	73

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Registro da temperatura, umidade e radiação solar no momento das amostragens às 6 h e às 15 h durante a primavera e verão de 2013/2014.....	31
Tabela 2. Fontes de variação, significância do valor F para as variáveis analisadas, desdobramentos das interações significativas e ajuste das curvas polinomiais da análise de regressão do experimento I.....	35
Tabela 3. Fontes de variação (FV) e significância do valor F para as variáveis analisadas no experimento II.....	41
Tabela 4. Desdobramento dos graus de liberdade das interações entre hora do dia x estrato do relvado.....	42
Tabela 5. Desdobramento dos graus de liberdade das interações entre hora do dia x estação do ano.....	45
Tabela 6. Massa de forragem, estrutura do relvado dos tratamentos AM e PM na primavera e verão.....	67
Tabela 7. Lotação, oferta de forragem, peso corporal e desempenho nos tratamentos AM e PM na primavera e verão.....	68
Tabela 8. Tempo de pastejo, ruminação e outras atividades de novilhas de corte com mudança diária de piquetes às 6 h (AM) ou 15 h (PM), durante o dia na primavera e durante 24 h no verão.....	70
Tabela 9. Fontes de variação, significância do valor F para as variáveis de composição química e valor nutritivo da forragem.....	74
Tabela 10. Concentração de nitrogênio, fibra em detergente neutro livre de cinzas e proteínas, carboidratos solúveis em etanol 80%, amido e carboidratos não estruturais na forragem amostrada às 6 h (am) e 15 h (pm) nos tratamentos AM e PM na primavera e verão.....	76
Tabela 11. Médias entre as estações do ano dos teores de matéria seca e matéria orgânica, degradabilidade <i>in vitro</i> (24 e 72 horas de incubação) e produtos da digestão (24 horas de incubação) das amostras obtidas por simulação de pastejo às 6 h (am) e 15 h (pm) nos tratamentos AM e PM.....	78
Tabela 12. Peso corporal, consumo de forragem e digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca entre os tratamentos AM (mudança diária de piquete às 6:00 h) e PM (mudança diária de piquete às 15:00 h).....	80

## SUMÁRIO

1. Introdução.....	15
2. Justificativa.....	16
3. Hipóteses.....	16
4. Objetivo geral.....	17
4.1. Objetivos específicos.....	17
5. Revisão bibliográfica.....	17
5.1. O ciclo de acúmulo e depleção de carboidratos nas plantas.....	17
5.2. Preferência e consumo de forragem por ruminantes em relação à CNE.....	19
5.3. O comportamento animal em pastejo e o consumo de forragem.....	20
<b>Capítulo I.....</b>	<b>22</b>
<b>Variação vertical e sazonal do acúmulo de açúcares e amido durante o dia em <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu</b>	
1. Introdução.....	24
2. Material e métodos.....	27
2.1. Local e período experimental (experimento I – casa de vegetação).....	27
2.2. Condições climáticas.....	27
2.3. Cultivo e amostragens.....	28
2.4. Delineamento experimental e tratamentos.....	29
2.5. Análise estatística.....	29
2.6. Local e período experimental (experimento II – parcelas no campo) .....	29
2.7. Condições edafoclimáticas.....	30
2.8. Delineamento experimental e tratamentos.....	31
2.9. Cultivo e amostragem.....	31
2.10. Análises laboratoriais (experimentos I e II).....	32
2.11. Análise estatística.....	34
3. Resultados e discussão.....	34
3.1. Variações da composição química e digestibilidade <i>in vitro</i> ao longo do dia.....	34
3.1.1. Matéria seca.....	35
3.1.2. Açúcares.....	37
3.1.3. Amido.....	38
3.1.4. Carboidratos não estruturais.....	39
3.1.5. Nitrogênio e fibra.....	39
3.1.6. Digestibilidade <i>in vitro</i> .....	40
3.2. Variação vertical e estacional da concentração dos nutrientes e digestibilidade.....	40
3.2.1. Variações verticais pela manhã ou tarde.....	41
3.2.2. Variações estacionais pela manhã ou tarde.....	44
4. Conclusões.....	45
5. Referências bibliográficas.....	46
<b>Capítulo II.....</b>	<b>50</b>
<b>Horário de mudança de piquete: valor nutritivo da forragem, padrão de pastejo e desempenho em gado de corte</b>	

1. Introdução.....	52
2. Material e métodos.....	54
Experimento I - valor nutritivo, desempenho e comportamento ingestivo.....	54
2.1. Local e período experimental.....	54
2.2. Condições edafoclimáticas e adubações.....	54
2.3. Tratamentos e delineamento experimental.....	55
2.4. Método de pastejo e animais experimentais.....	56
2.5. Avaliações na pastagem.....	57
2.6. Análises laboratoriais.....	59
2.7. Degradabilidade <i>in vitro</i> .....	59
2.8. Avaliações do comportamento ingestivo.....	60
Experimento II - Avaliação do consumo de forragem.....	64
2.9. Delineamento e período experimental (Experimento II).....	64
2.10. Estimativas de consumo de forragem com uso de indicador externo.....	64
2.11. Análises estatísticas (Experimento I).....	65
2.12. Análises estatísticas (Experimento II).....	66
3. Resultados.....	66
3.1. Massa de forragem e estrutura do relvado.....	66
3.2. Desempenho animal.....	68
3.3. Padrões de uso do tempo e comportamento ingestivo.....	69
3.4. Valor nutritivo da forragem.....	74
3.5. Consumo de forragem.....	80
4. Discussão.....	80
5. Conclusões .....	87
6. Referências Bibliográficas.....	87
6. Conclusão geral .....	92
7. Considerações finais.....	92
8. Referências bibliográficas.....	93

## 1. INTRODUÇÃO

A produção animal em pasto tem sido considerada a forma mais barata de alimentar o rebanho bovino brasileiro. Porém, questiona-se a eficiência e competitividade de ‘sistemas extensivos’ frente a outras oportunidades de negócio, principalmente em regiões onde o valor da terra é alto. Diante disso, muitos sistemas de produção vêm passando por profundas mudanças em direção ao aumento de produtividade (DA SILVA, 2009), que significa obter o maior rendimento possível por unidade de recurso produtivo disponível. Nesses sistemas, mais importante que produzir massa de forragem é realizar a colheita de nutrientes de forma eficiente, seja diretamente pelo animal em pastejo ou para conservação de forragens.

O método de lotação rotativa ou pastejo em faixas, com alocação mais frequente dos animais em um novo piquete, tem sido uma opção. Nele, a maior densidade de lotação resulta em pastejo mais uniforme e eficiente da área de pastagem, altera o comportamento de pastejo e pode haver algum acréscimo em desempenho animal (ABRAHAMSE et al., 2008). Também, o uso de volumosos conservados tem sido proposto como alternativa eficiente para as épocas de escassez de forragem (RESENDE JR. et al., 2009).

Com a intensificação da produção de forragem, aumenta-se o desembolso da empresa (insumos), e junto a demanda gerencial. A necessidade de redução de custos por unidade de produto comercializável (BÜRGI, 2004) tem despertado a atenção de técnicos e produtores para detalhes que refletem em aumento na eficiência produtiva, principalmente com aplicação de tecnologias de custo zero, como o manejo de pastagens e da colheita de forragem (HERLING et al., 2011; LEITE DE OLIVEIRA et al., 2011). Nesse sentido, o horário do dia que se realiza a colheita de forragem (por pastejo ou corte para conservação) tem sido pesquisado devido às concentrações de nutrientes mais digestíveis serem maior no fim da tarde em relação ao período da manhã, em diversas plantas forrageiras (LECHTENBURG et al., 1971, 1972; BURNS et al., 2005; PELLETIER et al., 2010; NAVE et al., 2014). No mundo existem mais de 20 grupos de pesquisa trabalhando em várias fases do ciclo circadiano de flutuação dos açúcares, amido e nitrogênio na forragem associados ou não com o padrão diurno de pastejo e estratégias de manejo (MAYLAND; SHEWMAKER, 1999; GREGORINI, 2012). Entretanto, são escassos estudos que avaliaram a concentração e o padrão de acúmulo de açúcares e amido em gramíneas tropicais, como o capim-marandu (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu) que é amplamente difundido no Brasil em áreas de pastagens ou produção de silagem (VALLE et al., 2010; BERNARDES et al., 2005), não havendo recomendação específica sobre o melhor horário para sua colheita, ou mudança de piquetes.

## 2. JUSTIFICATIVA

Na literatura, informações acerca do tipo e local prioritário de armazenamento temporário de açúcares e amido, assim como os padrões de acúmulo ao longo do dia são escassas em espécies tropicais. Essas informações são essenciais para determinação do manejo da colheita tanto com objetivo de utilização em pastejo ou para conservação da forragem.

Apesar dos trabalhos existentes com espécies de clima temperado (ORR et al., 2001; GREGORINI et al., 2006) sugerirem benefícios da alocação de novo piquete ou faixa no período da tarde, geralmente a mudança de piquetes é feita no período da manhã em gado de corte ou gado de leite. Também, na confecção de silagem, geralmente, as atividades de colheita são concentradas no período da manhã. Dessa forma, a determinação da melhor hora do dia para se realizar a colheita de forragem, seja para pastejo ou conservação, é importante para o setor produtivo, uma vez que se trata de investigar uma tecnologia com ‘custo zero’ para aumento de produtividade.

## 3. HIPÓTESES

A hipótese foi que a colheita de forragem à tarde é mais vantajosa em relação à colheita pela manhã. No entanto, uma vez que a síntese de açúcares é dependente dos recursos disponíveis (i.e. luz, temperatura e fotoperíodo), a magnitude do acúmulo varia entre estações do ano (primavera e verão), e independentemente da época do ano, para maximizar a concentração de energia na forragem, o manejo da colheita depende do local preferencial de armazenamento dos fotoassimilados (folhas ou colmos).

Em pastejo, a mudança de piquete no período da tarde pode sincronizar o início de uma refeição no momento em que a forragem possui maior concentração de matéria seca e valor nutritivo, podendo incrementar a ingestão de forragem e desempenho animal. No entanto, isso só será validado se o órgão preferencial de estoque temporário de energia (açúcares e amido) for a lâmina foliar, que é preferida em relação a colmos. Também, é possível que a influência do horário de mudança de piquetes no comportamento ingestivo em gado de corte seja diferente ao registrado para gado de leite, por não haver o manejo de ordenha. Assim, em gado de corte, diariamente os animais passam mais tempo na pastagem, e há maior flexibilidade de quando começar o pastejo, por quanto tempo e com que velocidade pastejar, situação que poderia modificar a distribuição das refeições ao longo do dia.

## 4. OBJETIVO GERAL

Gerar recomendação acerca do melhor horário de corte ou mudança de piquete em áreas de pastagem de capim-marandu para maximizar a concentração de açúcares e amido na forragem colhida e incrementar o desempenho animal.

### **4.1. Objetivos Específicos**

(i) Estudar a variação diurna, vertical e estacional da concentração de carboidratos solúveis e amido (carboidratos não estruturais), composição bromatológica e digestibilidade *in vitro* da matéria seca do capim *Brachiaria brizantha* (Hochst ex A. Rich.) Stapf.;

(ii) Avaliar o valor nutritivo da forragem, o comportamento ingestivo, consumo de forragem e desempenho de novilhas de corte em pastagem de capim *Brachiaria brizantha* (Hochst ex A. Rich.) Stapf, sob lotação rotativa com um dia de ocupação, mediante a estratégia de mudança de piquetes pela manhã (6:00 h) ou tarde (15:00 h) durante a primavera e verão.

## 5. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### **5.1. O ciclo de acúmulo e depleção de carboidratos nas plantas**

Variações diurnas na concentração de carboidratos não estruturais (CNE) têm sido estudadas em diversas espécies forrageiras (WILLIAM et al., 1947; BOWDEN et al., 1967; LECHTENBERG et al., 1971, 1972; SHEWMAKER et al., 2006; PELLETIER et al., 2009, 2010; MORIN et al., 2011). Em todos esses experimentos foi detectado aumento na concentração de CNE no final do dia em relação ao amanhecer. Acréscimo da ordem de 23g de CNE kg<sup>-1</sup> de matéria seca (MS) foi suficiente em promover maior ingestão de alimento, desempenho animal e uso do nitrogênio da dieta (BRITO et al., 2008). Pelletier et al. (2010), estudando seis gramíneas e duas leguminosas, encontraram aumentos na concentração de CNE variando entre +13 e +68% no final da tarde em relação ao início do dia, enquanto Morin et al. (2011) encontraram variação entre ciclo de crescimento e localidade da ordem de +20 a +69% de aumento nas concentrações de CNE.

A variação diária no *pool* de vários metabólitos são indícios de padrões de metabolismo, mecanismos de estoque temporários, padrão de acúmulo de MS e respostas fisiológicas de plantas às mudanças no ambiente (TAIZ; ZEIGER, 2004). A concentração de carboidratos em

plantas varia durante o dia, em resposta às mudanças na intensidade de luz, temperatura, e outros fatores ambientais (BERTRAND et al., 2008). Em geral, observa-se na literatura que carboidratos são produzidos mais rapidamente que metabolizados e (ou) translocados em outros constituintes durante o transcorrer do dia e isso resulta em um padrão de acumulação e depleção (LECHTENBERG et al., 1971; YOUNGBERG et al., 1972).

O acúmulo de CNE ao longo do dia provoca mudanças em outras entidades nutricionais. No trabalho de Morin et al. (2011), em Québec-Canadá, a variação diurna de CNE de alfafa (*Medicago sativa* L.) da ordem de  $+30 \text{ g kg MS}^{-1}$ , provocou diminuição de  $-9$  e  $-27 \text{ g kg MS}^{-1}$  nas concentrações de fibra em detergente ácido (FDA) e fibra em detergente neutro (FDN), respectivamente, nitrogênio (N) de  $-1$  a  $-2 \text{ g kg MS}^{-1}$  e aumento da digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) em  $+3$  a  $+16 \text{ g kg MS}^{-1}$ . Outros estudos reportaram similar efeito de diluição, ou seja, redução na concentração de N, FDN e FDA com o aumento da concentração de CNE ao longo do dia; com impacto positivo na digestibilidade da MS (YOUNGBERG et al., 1972; GRIGGS et al., 2007; PELLETIER et al., 2010). Além disso, devido à perda de água das folhas por evapotranspiração, o teor de MS da planta se eleva durante o dia, resultando em maior relação lâmina:colmo (LECHTENBERG et al., 1971) no final do dia em relação ao amanhecer. No entanto, existem variações sazonais e de localidade que afetam a magnitude dessas transformações (KAGAN et al., 2011ab). Já Delagarde et al. (2000) verificaram que existe um gradiente descendente em composição química no dossel de Azevém perene (*Lolium perenne*). O conteúdo de carboidratos solúveis (CS) foi maior nas amostras do período da tarde que da manhã para todos os estratos verticais, porém com as maiores diferenças nos estratos superiores, e menos pronunciadas nos estratos inferiores devido à menor proporção de lâminas foliares jovens, com alta eficiência fotossintética. O gradiente de diferenças entre as amostras da tarde (19:00 horas) e manhã (8:00 horas) para os estratos de 0-5; 5-10; 10-15 e  $>15\text{cm}$ , foram de 56, 24, 17 e 10 g CS kg MS<sup>-1</sup> do topo para a base, respectivamente. Assim, o total de CS aumentou em  $147 \text{ kg ha}^{-1}$  entre o relvado da manhã e o da tarde.

Observa-se na literatura que, entre 15:00 e 19:00 horas, ocorre a máxima concentração de CNE nas plantas forrageiras, e teoricamente seria o melhor momento durante o dia para realizar a colheita da forragem (LECHTENBERG et al., 1971, 1972; BURNER; BELESKY, 2004; GRIGGS et al., 2005, 2007; SHEWMAKER et al., 2006; MORIN et al., 2011).

## **5.2. Preferência e consumo de forragem por ruminantes em relação à CNE**

Segundo Hodgson (1979) e Allen et al. (2011) “Preferência é uma medida de consumo relativo de diferentes forragens ou constituintes da forragem, onde o acesso à elas é irrestrito, e que descreve a resposta animal, mas não faz suposições sobre os mecanismos de determinação da resposta”. A preferência por fenos de *Festuca arundinacea* cortada pela manhã (AM) ou pela tarde (PM) foi avaliada por Fischer et al. (1999). Ovelha, cabra e bovinos preferiram fenos dessa planta forrageira cortada pela tarde e a preferência pelo terceiro corte foi maior que pelo primeiro. A taxa de ingestão para ovelha e cabra foi maior para feno PM, enquanto que para bovinos não houve diferença. Resultados semelhantes foram obtidos por Fischer et al. (2002) com feno de alfafa (*Medicago sativa*). Em todos os experimentos a concentração de FDN, FDA e celulose foram menores em fenos PM. Dessa forma, os autores encontraram correlação negativa entre preferência e concentração de FDN, FDA, celulose e lignina e correlações positivas com, CNE e DIVMS. No procedimento utilizado por Fischer et al. (1999, 2002) para expressar a preferência por fenos PM, os ruminantes deviam reconhecer os fenos de refeições prévias, associar a forragem por *feedback*, e selecionar o feno quando pareado com outro cortado 12 horas antes. Dessa forma, este protocolo foi capaz de testar a capacidade de aprendizado dos ruminantes e a habilidade em detectar sensíveis diferenças de um alimento em relação a outro (PROVENZA; BALPH, 1987). Os autores concluíram que fenos de plantas cortadas no final da tarde são de alto valor nutritivo e são preferidos por cabras, ovelhas e bovinos em relação àquelas cortadas pela manhã.

Para avaliar se a preferência de curto prazo, verificada por Fischer et al. (2002) para fenos de alfafa cortados no final da tarde, se traduziria em maior ingestão de matéria seca e digestibilidade, Burns et al. (2005) utilizaram o mesmo feno de alfafa de plantas cortadas pela manhã ou pela tarde em um experimento convencional de ingestão e digestibilidade. Caprinos consumiram mais feno PM que feno AM. Já para ovinos as respostas foram inconsistentes e não houve alteração do consumo. Bovinos consumiram 11% mais matéria seca digestível, quando fornecido feno PM, comparado a feno AM. Nesse experimento, digestibilidade *in vitro* da MS e a concentração de CS foram maiores para feno PM que em feno AM. Em feno PM a concentração foi de 54 g kg<sup>-1</sup> contra 43 g kg<sup>-1</sup> de feno AM. Por outro lado, a fração fibrosa não foi alterada pelo momento do corte.

Analisando oito cultivares de *Festuca arundinacea* sob pastejo, com concentrações de CNE variando de 91 a 192 g kg MS<sup>-1</sup>, Mayland et al. (2000) verificaram que os animais exibiram preferência por aqueles cultivares com maior concentração de CNE. Da

mesma forma, Ciavarella et al. (2000ab) observaram que ovinos com acesso a um pasto de capim-phalaris (*Phalaris aquática*), onde a concentração de CS foi manipulada por meio de sombreamento, selecionaram 2,6 vezes mais o pasto não sombreado, com alta concentração de CS (126 mg g<sup>-1</sup> MS), quando comparado ao pasto sombreado (62 mg de CS g<sup>-1</sup> MS). A composição da dieta foi medida pela técnica de n-alcanos e 72% da dieta foi composta por pasto não sombreado.

### **5.3. O comportamento animal em pastejo e o consumo de forragem**

Geralmente os ovinos e bovinos dividem seu dia em atividades de pastejo, ruminação e ócio, nessa sequência (HODGSON, 1990). As atividades de pastejo são divididas entre 3 e 5 períodos de pastejo durante um dia, sendo os períodos mais longos e mais intensivos aqueles depois do amanhecer e antes do entardecer, que segundo Cosgrove (1997) tem duração de 2 a 3 horas e de 4 a 5 horas para o pastejo da manhã e da tarde, respectivamente. O maior tempo de atividade de pastejo se dá durante o dia em climas temperados, no entanto, curtos períodos de pastejo noturno não são incomuns. Existe normalmente um período de ruminação logo após cada refeição, porém grande parte da ruminação ocorre à noite. Contudo, de acordo com Hodgson (1990), esses padrões de comportamento podem ser afetados por rotinas de manejo como ordenha, movimentação dos animais, troca de pastagem ou piquete, e excepcionalmente por condições climáticas extremas. Mas, na maioria das circunstâncias os padrões são estáveis e todos os membros do grupo de animais seguem o mesmo padrão.

Chacon e Stobbs (1976) observaram que bovinos incrementam o tempo de pastejo durante a desfolha inicial de um relvado, mas com o avanço da depleção de forragem, o tempo de pastejo é reduzido. Em curto prazo, na escala de minutos a horas de pastejo, o consumo de forragem está associado à estrutura e à acessibilidade ao pasto e à sua abundância e qualidade, enquanto em longo prazo, a resposta funcional é denominada consumo diário e determinada em escala de dias e semanas e são considerados fatores fisiológicos e metabólicos (LACA; DEMENT, 1992).

Existem algumas evidências que a magnitude das alterações em CNE e teor de MS sejam suficientes para modificar o padrão temporal de consumo de forragem (ORR et al., 1997). Segundo Carvalho (1997), os animais intensificam suas estratégias de ingestão de nutrientes de acordo com os teores de carboidratos não fibrosos e matéria seca nas plantas. No período entre o final da tarde e o início da noite, os bocados realizados pelos animais contêm mais nutrientes que os bocados coletados em outros horários, o que significa que o pastejo ao entardecer é eficiente e favorável, se considerada a proporção de nutriente ingerido/nutriente

despendido (Gregorini, 2012). Nesse sentido, Orr et al. (2001) lançaram a hipótese que, a mudança de piquete após a ordenha da tarde, ao invés de após a ordenha da manhã, mudaria o comportamento ingestivo de vacas. Para testá-la, avaliaram por dez semanas quatro grupos de vacas leiteiras em pastejo em faixas, com acesso à nova faixa pela manhã para dois grupos e pela tarde para os outros dois grupos de vacas. O teor de matéria seca da forragem tendeu a ser maior no período da tarde (197 PM vs. 178 AM g MS kg MN<sup>-1</sup>) e a concentração de CS foi significativamente maior também no final da tarde (204 PM vs. 175 AM g kg MS<sup>-1</sup>). Embora o tempo de pastejo tenha sido o mesmo, quando havia a mudança de faixa no período da tarde, as vacas concentravam mais horas de pastejo nesse período (mais de 4 horas), comparado com a alocação da mudança de faixa no período da manhã (2 a 3 horas). O tempo de ruminação, por outro lado, foi menor para o grupo alocado em nova faixa de pastejo no período da tarde (454 min. AM vs. 433 min. PM). Durante o período de dez semanas a produção de leite não foi significativamente diferente (25,7 AM vs. 26,5 PM kg dia<sup>-1</sup>; P = 0,17). Entretanto, gradualmente a produção divergiu e depois da quarta semana ela foi aproximadamente 5% maior para as vacas que foram movidas para nova faixa depois da ordenha da tarde (21,8 AM vs. 23,1 PM kg dia<sup>-1</sup>; P = 0,07).

Experimentos dessa natureza, para testar desempenho animal, exigem grandes áreas, devido à necessidade de repetições. Contudo, Gregorini et al. (2006) avaliaram a *performance* de 48 garrotes de corte divididos em dois grupos (animais como repetição) em um delineamento inteiramente casualizado. A pastagem de azevém (*Lolium multiflorum*) foi manejada pelo método de pastejo em faixa, oferecendo uma nova faixa para um grupo de animais às 7:00 horas e para o outro grupo às 15:00 horas. O experimento teve duração de cinco semanas no inverno e seis semanas na primavera. Os autores encontraram diferenças em ganho de peso no inverno a partir da quarta semana após o início dos tratamentos. Os animais que receberam uma nova faixa às 15:00 horas ganharam 150 g a mais (P < 0,05) por dia que aqueles que receberam nova faixa às 7:00 horas (0,863 vs. 0,713 kg PV dia<sup>-1</sup>). Já no ensaio de primavera as diferenças em ganho de peso ocorreram desde a primeira semana. Os animais que mudavam de faixa às 15:00 horas ganharam em média 549 g a mais (P < 0,01) comparados aqueles que mudavam de faixa às 7:00 horas. Se hora de mudança de piquete pode alterar a duração e a intensidade das refeições, com refeições mais longas e mais intensas no período da tarde, quando a forragem apresenta melhor valor nutritivo e melhorar o desempenho em ganho de peso (GREGORINI et al., 2006) e produção de leite (ORR et al., 2001; TREVASKIS et al., 2004), ao menos em escala reduzida, experimentos de maior dimensão e duração seriam interessantes para confirmar essa hipótese.

## CAPÍTULO I

### Variação vertical e estacional do acúmulo de açúcares e amido durante o dia em *Brachiaria brizantha* cv. Marandu

#### Resumo

As plantas possuem um ritmo circadiano (*circadian clock*), envolvendo o estoque temporário de fotoassimilados durante o dia, para serem utilizados durante a noite. Informações como, o tipo de carboidrato estocado, qual o órgão preferencial de armazenamento, e a hora do dia de máxima concentração de açúcares, são relevantes para o manejo da colheita visando o máximo aproveitamento da energia contida na forragem. No entanto, em capins tropicais são escassos estudos sobre estoque de carboidratos na parte aérea das plantas. Desse modo, o objetivo deste estudo foi determinar o manejo da colheita do capim-marandu (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu) para maximizar a concentração de carboidratos não estruturais na forragem. Foi avaliada a concentração de carboidratos solúveis em etanol (CSE), de amido (AMI), de fibra em detergente neutro (FDN), de nitrogênio (N) e a digestibilidade verdadeira *in vitro* da MS (DIVMS) na lâmina foliar (LF) e no pseudocolmo (PC), amostrados às 6, 9, 12, 15, 18 e 21 horas em um experimento em casa de vegetação. Em outro experimento de campo, avaliou-se a forragem colhida às 6 h e às 15 h em dois estratos verticais do relvado (superior, 30 a 20 cm e intermediário, 20 a 13 cm) na primavera e verão, em Pirassununga/SP. A máxima concentração de CSE ( $104 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$ ) ocorreu às 17 h (contraste quadrático) e a concentração no PC foi superior ( $+21 \text{ g kg}^{-1}$ ) à LF. No entanto, as taxas de acúmulo de AMI foram 2,3 vezes maiores na LF (contraste linear) em relação ao PC (contraste quadrático). Houve aumento quadrático na concentração de CNE na LF e PC. Os teores máximos foram de  $157 \text{ g kg}^{-1}$  na LF e  $127 \text{ g kg}^{-1}$  no PC, aproximadamente às 18 h. A DIVMS variou pouco ( $+20 \text{ g kg}^{-1}$ ) entre às 6 h e 18 h, assim como as concentrações de N. No estudo de campo, a concentração de CSE variou mais pela hora do dia ( $+19 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$  às 15 h) que pelo estrato vertical do relvado ( $+6 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$  no topo do relvado) e não variou entre as estações do ano. Por outro lado, a DIVMS variou mais devido à estação do ano ( $+50 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$  na primavera), seguido de estrato vertical do relvado ( $+15 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$  no topo do relvado) e hora do dia ( $+9 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$  às 15 h). Houve interação para concentração de MS, FDN, AMI e CNE. As concentrações de MS, AMI e CNE são maiores, e a concentração de FDN é menor, no estrato superior em relação ao intermediário somente às 15 h. As concentrações de AMI e CNE na forragem colhida às 6 h são semelhantes na primavera e verão. Ao contrário, a forragem colhida às 15 h na primavera tem maior concentração de CNE e AMI que no verão. Os resultados indicam que a estratégia de colheita da forragem a partir das 15 h resulta em forragem mais seca, com maior concentração de CNE e mais digestível. Enquanto a combinação de colheita às 15 h com corte acima de 13 cm de altura na primavera e acima de 20 cm no verão promove acúmulo de CNE na forragem acima de  $50 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$ , podendo incrementar o desempenho animal ou a qualidade da silagem.

**Palavras-chave:** altura de corte, carboidratos não estruturais, carboidratos solúveis, estratos do relvado, hora do dia

## CHAPTER I

### Vertical and seasonal variation of the accumulation of sugars and starch during the day *Brachiaria brizantha* cv. Marandu

#### Abstract

Plants have a circadian clock, which includes temporary photosynthate storing during the day as well as its utilization during the night. Information about type of non-structural carbohydrates (NSC) stored, preferential storage organ, and the day time when sugar reaches maximum concentration are relevant to harvesting management aiming to maximize the efficiency of forage energy use by grazing animals. However, studies on carbohydrates (CHO) storage by aerial organs of tropical grasses are scarce. This study aimed to determine harvesting management of Marandugrass (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu) to maximize NSC concentration in the forage. The variables were ethanol soluble CHO (ESC), starch (STA), neutral detergent fiber (NDF), nitrogen (N) and the *in vitro* true dry matter digestibility (IVTDMD) of leaf blades (LB) and pseudo-stem (PS), sampled at 6, 9, 12, 15, 18 e 21 h in a green house experiment. In a parallel field experiment, forage was sampled and evaluated at two vertical sward strata (superior height, 30-20 cm and intermediate height, 20-13 cm) at 6:00 am and 3:00 pm, on spring and summer in Pirassununga/SP. Maximum concentration of ESC ( $104 \text{ g kg}^{-1} \text{ DM}$ ) occurred at 5:00 pm (quadratic contrast), and PS concentration was ( $+ 21 \text{ g kg}^{-1} \text{ DM}$ ) higher than LB. Nevertheless, STA accumulation rate is 2,3-fold higher in LB (linear contrast) than in PS (quadratic contrast). There was quadratic increase in NFC content, in LB and PS. Maximum forage NSC concentrations were 157 and  $127 \text{ g kg}^{-1} \text{ DM}$  in LB and PS, respectively, for samples collected around 6:00 pm. The IVTDMD varied ( $+20 \text{ g kg}^{-1} \text{ DM}$ ) between 6:00 am and 6:00 pm, as well as N concentrations. In the field trial, ESC was more affected by day time ( $+19 \text{ g kg}^{-1} \text{ DM}$  at 3:00 pm) than by forage vertical sward extracts ( $+6 \text{ g kg}^{-1} \text{ DM}$  on the top), with no effect of year seasons. On the other hand, IVTDMD was mostly affected by year season ( $+50 \text{ g kg}^{-1} \text{ DM}$  in spring), followed by sward vertical extract ( $+15 \text{ g kg}^{-1} \text{ DM}$  on the top) and day time ( $+9 \text{ g kg}^{-1} \text{ DM}$  at 3:00 pm). There was interaction to concentration of DM, NDF, ST and NFC. Forage DM, ST and ESC contents are higher and NDF lower in the superior sward stratum, relative to intermediate, only at 3:00 pm. ST and ESC contents are similar in both seasons, at 6:00 am. Conversely, forage harvested in spring at 3:00 pm has high STA and ESC contents than collections on summer. We conclude that forage harvested at 3:00 pm is drier, with higher concentration of NSC and more digestible. Combining forage harvesting at 3:00 pm with sward stubble height of 13cm on spring and 20 cm on summer promotes NSC accumulations greater than  $50 \text{ g kg}^{-1} \text{ DM}$ , what can improve animal performance or silage quality.

**Key-words:** forage sward extract, grazing day time, harvesting height, non-fibrous carbohydrates, soluble carbohydrates

## 1. Introdução

Na presença de luz ocorrem diversos processos fisiológicos nas plantas forrageiras, entre eles a perda de água e o ganho de produtos primários da fotossíntese. Quando a síntese de açúcares supera a utilização, o excedente é armazenado temporariamente nas folhas e tecidos condutores (LECHTENBERG et al., 1971). O tipo de carboidrato estocado depende do ambiente que as plantas evoluíram. Plantas nativas de regiões temperadas e ciclo fotossintético C<sub>3</sub> acumulam principalmente frutanos, já as nativas de regiões tropicais com ciclo fotossintético C<sub>3</sub> ou C<sub>4</sub> acumulam principalmente amido ou sacarose (OJIMA; ISAWA, 1968). A capacidade de síntese de amido pelas plantas surgiu, possivelmente, da transição do metabolismo do glicogênio após a aquisição de enzimas de um patógeno ancestral, e assim mais carbono pôde ser empacotado em um composto osmoticamente inerte durante o dia (CENCI et al., 2014). Esse mecanismo resultou em modificações no ritmo circadiano das plantas, o qual evoluiu de forma a incrementar a fotossíntese, o crescimento, a sobrevivência e a vantagem competitiva (DODD et al., 2005; STITT; ZEEMAN et al., 2012).

O amido é um polímero de glicose, depositado nos cloroplastos na forma de grânulos densos e insolúveis, enquanto a sacarose e os frutanos são solúveis e acumulam-se nos vacúolos (TAIZ; ZEIGER, 2004). Sob condições onde o suprimento de fotoassimilados supera a demanda, os altos níveis de glicose e sacarose promovem a ativação da síntese de amido, regulada pelos níveis de 3-fosfoglicerato (um ativador) e P<sub>i</sub> (um inibidor) no estroma dos cloroplastos. Nesse sentido, o tamanho do estoque de amido nas folhas é resultado direto do excedente de açúcares em relação à demanda dos drenos (ZEEMAN et al., 2007). À noite os açúcares acumulados como reserva temporária são remobilizados para manter a exportação de sacarose para os tecidos drenos e para suportar a respiração foliar (STITT; ZEEMAN et al., 2012). Alguns trabalhos sugerem que em função do gasto de energia nesse processo, o estoque de amido durante o dia é finamente regulado em função da quantidade de glicose necessária para suprir a demanda durante a noite (GIBON et al., 2004; LU et al., 2005).

Souza et al. (2005) demonstraram que glicose, frutose e sacarose são os principais açúcares solúveis presentes em *Melinis minutiflora* e *Echinochaena inflexa*, ambas gramíneas tropicais. Em *Melinis minutiflora* a concentração de açúcares foi aproximadamente duas vezes maior que em *Echinochaena inflexa*, sendo que o padrão de acúmulo ao longo do dia diferiu entre as espécies. Nesta última, a concentração de amido foi praticamente constante entre às 8 h e 16 h, enquanto em *Melinis minutiflora* a concentração aumentou quase linearmente das 8 h até 12 h. Em muitas espécies o amido é estocado nas folhas, mas Scofield et al. (2009)

comentam que em espécies de cereais tropicais, carboidratos na forma de amido acumulam-se no colmo.

Na nutrição de ruminantes, os carboidratos presentes no conteúdo celular, como glicose, frutose, sacarose, frutanos e amido são conjuntamente denominados carboidratos não estruturais (CNE). Os carboidratos solúveis em água (CS) compreendem glicose, frutose, sacarose, e frutanos. Nos carboidratos solúveis em etanol (CSE), frutanos não estão presentes. No entanto, são fontes de energia prontamente disponíveis aos microrganismos do rúmen (HALL, 2003). Adicionalmente, o amido temporário acumulado em plantas forrageiras não está envolto por uma matriz proteica como no amido de grãos, e assim está mais acessível para digestão (WEISE et al., 2011). Como o teor de matéria seca, (MS) associado à concentração de CNE, determina tanto o consumo em pastejo (ORR et al., 1997) como o potencial de fermentação de silagens (BUXTON; O'KIELY, 2003), a existência de um gradiente de concentração de umidade e CNE na planta ao longo do dia, proporciona oportunidade de maximizar a concentração de CNE na forragem colhida para conservação ou em pastejo.

Morin et al. (2012) demonstraram que a máxima concentração de carboidratos em *Phleum pratense* foi atingida entre 12,8 e 13,2 horas após o nascer do sol. Esse aumento na concentração de carboidratos foi acompanhado de decréscimo nas concentrações de FDN, FDA e N. De Oliveira et al. (2014) verificaram aumento no teor de carboidratos solúveis de 85%, mas diminuição nos teores de N de 12% no período da tarde (18 h) com relação ao período da manhã (6 h) em *Pennisetum purpureum* cv. Napier. Também, silagem confeccionada com forragem colhida no período da tarde apresentou menores valores de pH, maiores concentrações de CNE e melhor padrão de fermentação, principalmente quando ensilada sem pré-secagem (OWENS et al., 2002; GUO et al., 2014; TREMBLAY et al., 2014).

Considerando a preferência animal durante o pastejo, ovinos consumiram 2,6 vezes mais forragem do pasto nas áreas onde não tinha sido feito sombreamento artificial, com alta concentração de carboidratos solúveis (CIAVARELLA et al., 2000ab). Em pastagens, quando se utiliza o método de pastejo rotativo com um dia de ocupação, o horário de mudança dos animais para o novo piquete ou faixa pode alterar os padrões de pastejo, o comportamento ingestivo e o valor nutritivo da forragem ingerida (ORR et al., 2001; GREGORINI et al., 2006; DE OLIVEIRA et al., 2014). Contudo, as espécies diferem quanto aos padrões diurnos de partição e acúmulo do C assimilado, por isso o impacto positivo do melhor valor nutritivo da forragem no período da tarde pode variar em função do local prioritário de armazenamento de reservas temporárias na planta. Letchtenberg et al. (1971) demonstraram que, ao longo do

dia, maiores concentrações de glicose e frutose são verificadas na folha em relação ao colmo em *Medicago sativa*. Moraes et al. (2012) observaram que em gramíneas tropicais nativas encontradas no cerrado, glicose e amido foram encontrados em muitos órgãos da planta. Entretanto, sacarose foi detectada em altas quantidades somente nos colmos. Scofield et al. (2009) demonstraram que o acúmulo de amido ocorre nos colmos e também nas bainhas foliares em *Triticum aestivum*. Nesse sentido, se o acúmulo de açúcares em espécies forrageiras tropicais se dá preferencialmente em colmos e bainhas, o benefício da mudança no horário de colheita da forragem, particularmente em sistemas de pastejo, poderia ser questionado, uma vez que se constituem em estruturas consumidas em menor proporção.

A maior parte dos dados a respeito da concentração de açúcares e amido em plantas forrageiras foi gerada em clima temperado, onde se observa acúmulos diferentes entre espécies (PELLETIER et al., 2010a), entre cultivares da mesma espécie (SHEWMAKER et al., 2006), entre estações do ano (JENSEN et al., 2014) ou estratos do relvado (DELAGARDE et al., 2000). O capim-marandu (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu (Hochst ex A. Rich.) Stapf) é a planta forrageira mais semeada no Brasil, representa 50% da comercialização de sementes de forrageiras tropicais (ABRASEM, 2013), e é utilizada em sistemas intensivos de produção animal em pasto ou para ensilagem (VALLE et al., 2010; BERNARDES et al., 2005). Na literatura, informações acerca do tipo e local prioritário de armazenamento temporário de açúcares e amido, assim como os padrões de acúmulo ao longo do dia são escassas em espécies tropicais. Essas informações são essenciais para determinação do manejo da colheita tanto com objetivo de utilização em pastejo ou para conservação da forragem.

Assim, o objetivo desse estudo foi determinar o manejo da colheita do capim-marandu para maximizar a concentração de carboidratos não estruturais na forragem. Hipotetiza-se que a colheita de forragem à tarde é mais vantajosa em relação a realizada pela manhã. Uma vez que a síntese de açúcares é dependente dos recursos disponíveis (i.e. luz, temperatura e fotoperíodo), a magnitude do acúmulo varia entre estações do ano (primavera e verão). Porém, independentemente da época do ano, o manejo da colheita depende do local preferencial do armazenamento. Se o acúmulo se dá preferencialmente em folhas, grandes variações seriam verificadas ao longo do estrato vertical do relvado e a altura de corte deveria priorizar a colheita de folhas (cortes mais altos). Se o colmo é considerado o local preferencial de armazenamento, maior proporção da altura do relvado poderia ser removida. Contudo, se essa última hipótese for verdadeira, o benefício da alocação dos animais em novos piquetes no período da tarde poderia ser questionado.

## 2. Material e Métodos

### *Experimento I – casa de vegetação*

#### **2.1. Local e período experimental**

O experimento foi conduzido na Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo (FZEA-USP), Campus de Pirassununga, Estado de São Paulo, Brasil (21° 59' N; 47° 26' W, 635 m de altitude), no verão de 2013 (07/01 a 04/03, 56 dias). A casa de vegetação possui as dimensões de 12x7 metros, com paredes laterais de vidro e cobertura de plástico transparente. Possui sistema de exaustão e refrigeração acionado por termostato e bancadas com capacidade para ajuste de 24 vasos cada.

#### **2.2. Condições edafoclimáticas**

O clima da região é o Cwa na classificação de Köppen, com temperatura média anual de 20,8 °C e precipitação total média anual de 1.298 mm. O solo apresentou a seguinte análise química: pH (CaCl<sub>2</sub>) 5,2; MO (g dm<sup>-3</sup>) 36; P<sub>resina</sub> (mg dm<sup>-3</sup>) 19; S (mg dm<sup>-3</sup>) 11; K<sub>resina</sub> (mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) 3,8; Ca (mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) 27; Mg (mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) 12; H+Al (mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) 41; Al (mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) 0; CTC (mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) 84; SB (mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) 43; V (%) 51; m (%) 0; B (mg dm<sup>-3</sup>) 0,44; Cu (mg dm<sup>-3</sup>) 4,0; Fe (mg dm<sup>-3</sup>) 21; Mn (mg dm<sup>-3</sup>) 0,9; Zn (mg dm<sup>-3</sup>) 2,7.

Cada vaso recebeu 2,5 kg de terra peneirada e seca ao ar. Foi realizado um teste de capacidade de campo em cinco vasos para determinar o peso médio dos vasos com o solo saturado de água. Os vasos foram mantidos com 0,80 desse peso por meio da irrigação. Durante o período experimental, a cada dois dias, três vasos por bancada foram pesados aleatoriamente, e a diferença entre o peso com 0,80 do volume hídrico para a capacidade de campo e o peso médio dos vasos amostrados, foi considerada o volume diário de água necessário na irrigação. Durante o período experimental, os exaustores da casa de vegetação eram acionados automaticamente, quando a temperatura ambiente atingia 30 °C. Os dados de temperatura, umidade do ar e radiação solar, no ambiente externo a casa de vegetação foram registrados a cada dez minutos por uma estação meteorológica informatizada localizada a ~30 m. Os dados de temperatura e umidade do ar internos foram registrados em um datalogger digital. As médias de temperatura e umidade durante o período experimental foram de 25 e 28 °C e 75 e 49% no ambiente externo e interno, respectivamente. No dia das amostragens foi registrada a variação da temperatura ambiente e da radiação solar (Figura 1).

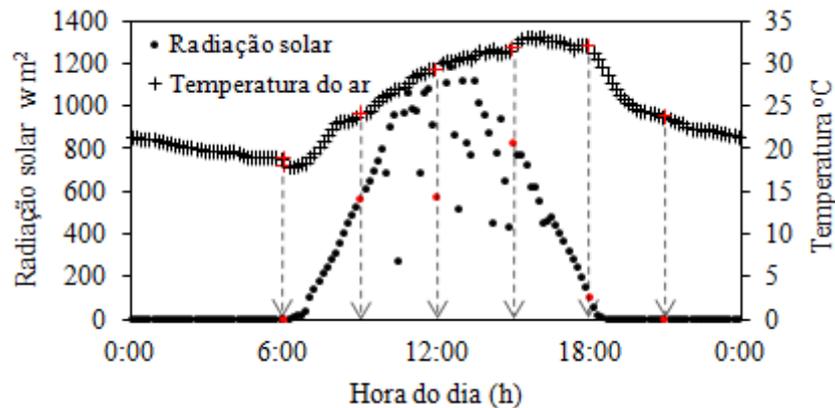


Figura 1. Variação da temperatura do ar e radiação solar externa ao longo do dia 3/3/2013. As setas indicam o momento das amostragens. Os dados foram registrados a cada dez minutos.

O fotoperíodo foi de 12:40 h. O dia foi ensolarado, com pouca nebulosidade. A radiação solar máxima ocorreu às 12:10 h ( $1.204 \text{ w m}^{-2}$ ), superior ao registro das 12:00 h ( $575 \text{ w m}^{-2}$ ), devido a nebulosidade, que provocou oscilações da radiação solar entre os horários das 10 h e 15 h (Figura 1). A temperatura do ar aumentou de  $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$  às 6 h para  $33 \text{ }^{\circ}\text{C}$  às 16 h.

### **2.3. Cultivo e amostragem**

*Brachiaria brizantha* cv. Marandu (Hochst ex A. Rich.) Stapf, capim-marandu, foi semeada dia 7/1/2013 e a germinação ocorreu dia 11/1/2013. Após o aparecimento da segunda folha, fez-se o desbaste, deixando seis plântulas com tamanho uniforme em cada vaso, e as plantas indesejáveis foram controladas. Na análise química da terra observou-se que os nutrientes eram suficientes para o crescimento e desenvolvimento do capim-marandu. No dia 30/1/2013 foi feita adubação nitrogenada (ureia), na dose de  $25 \text{ mg kg}^{-1}$ , diluída na água de irrigação. A senescência da primeira folha foi utilizada como indicativo do momento do corte, ocorrido antes do alongamento do colmo. As amostragens foram realizadas em um dia com predominância de sol e céu aberto. O corte dos perfilhos foi realizado ao nível do solo, com o uso de tesoura para jardinagem. Após o corte, foi feita separação manual dos componentes morfológicos: lâmina foliar (LF) e pseudocolmo (PC). Amostras de quatro vasos (réplicas) foram agrupadas para compor uma repetição, num total de 84 vasos. Em seguida, as amostras foram acondicionadas em sacos de papel, identificadas e pesadas em balança com precisão de 0,1 g. As amostras receberam um pré-tratamento em micro-ondas (PELLETIER et al., 2010b), antes da pré-secagem em estufa de circulação forçada de ar (AOAC, 1990). O pré-tratamento consistia do aquecimento da amostra ( $\sim 75^{\circ}\text{C}$ ) em micro-ondas, 600 Watts por um minuto, visando a paralisação das atividades enzimáticas e morte

das plantas, impedindo que os processos respiratórios utilizassem os carboidratos não estruturais como fonte de energia.

#### **2.4. Delineamento experimental e tratamentos**

Foi realizado um ensaio onde o fator 'Fração', composto por dois níveis (LF e PC), foi avaliado com relação ao fator de tratamento (Tempo de amostragem), o qual foi composto por sete níveis (sete horas de amostragem), em um delineamento inteiramente casualizado com 3 repetições. Para garantir a casualidade do experimento durante o período experimental, a cada dois dias foi feita mudança aleatória da posição dos vasos. Os tratamentos foram a hora do dia em que foi feita a amostragem (6, 9, 12, 15, 18, e 21 h do dia 3/3/2013 e às 6 h do dia 4/3/2013) e a fração morfológica dos perfílios amostrados (LF e PC).

#### **2.5. Análise estatística**

As variáveis resposta foram a concentração de MS, N, FDN corrigida para cinzas e proteína (FDN<sub>cp</sub>), carboidratos solúveis em etanol (CSE), amido (AMI), CNE, DIVMS e digestibilidade *in vitro* da FDN (DIVFDN). Os dados foram analisados usando o PROC MIXED do software SAS (Versão 9.2; SAS Inst. Inc., Cary, NC) visando modelar a heterogeneidade de variâncias existente entre os níveis de fração (LF e PC). A seleção da melhor estrutura de covariâncias (LITTELL et al., 1998) baseou-se nos resultados de testes da razão de verossimilhanças e no valor do Critério de Informação de Akaike (AIC). Os dados foram submetidos inicialmente à análise de variância, com posterior estudo de regressão utilizando contrastes ortogonais. As médias dos tratamentos foram estimadas utilizando-se o LSMEANS. A resposta média obtida às 6h do dia 3/3/2013 (1º nível do fator tempo) foi comparada com a resposta média obtida às 6 h do dia subsequente (7º nível do fator tempo). Este último nível do fator tempo não foi incluído no estudo de regressão. Os fatores tempo e fração e sua interação foram considerados efeitos fixos. Os tratamentos foram considerados diferentes quando  $P < 0,05$  e as exceções são indicadas.

### ***Experimento II – parcelas no campo***

#### **2.6. Local e período experimental**

O experimento foi conduzido na FZEA-USP, no período de 4/10/2013 a 11/3/2014 (primavera e verão), totalizando 157 dias. Utilizou-se 10 parcelas alocadas em área de pastagem, com dimensões de 2 x 4 metros.

## 2.7. Condições edafoclimáticas

O clima da região está descrito no experimento I. O solo é classificado como Latossolo Vermelho Distrófico (EMBRAPA, 2013) e apresenta a seguinte análise química: pH (CaCl<sub>2</sub>) 5,4; MO (g dm<sup>-3</sup>) 36; P<sub>resina</sub> (mg dm<sup>-3</sup>) 9; S (mg dm<sup>-3</sup>) 16; K (mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) 2,6; Ca (mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) 22; Mg (mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) 8; H+Al (mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) 23; Al (mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) traço; CTC (mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) 55; SB (mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) 33; V (%) 59; m (%) traço; B (mg dm<sup>-3</sup>) 0,39; Cu (mg dm<sup>-3</sup>) 2,4; Fe (mg dm<sup>-3</sup>) 33; Mn (mg dm<sup>-3</sup>) 23,1; Zn (mg dm<sup>-3</sup>) 2,0.

Os dados climáticos do período experimental (Figura 2) foram obtidos da mesma estação climatológica do experimento I, localizada a ~1.700 m das parcelas experimentais. As condições ambientais durante a primavera foram chuvosas com temperaturas mais baixas em relação ao verão, que foi seco e quente (Figura 2). A temperatura do ar e a radiação solar foram crescentes de Outubro a Janeiro, variando de 22 a 25 °C e 219 a 301 w m<sup>-2</sup>. Choveu 665 mm no período experimental (463 mm na primavera e 202 mm no verão), 465 mm menos que a média dos últimos 67 anos (Figura 2B).

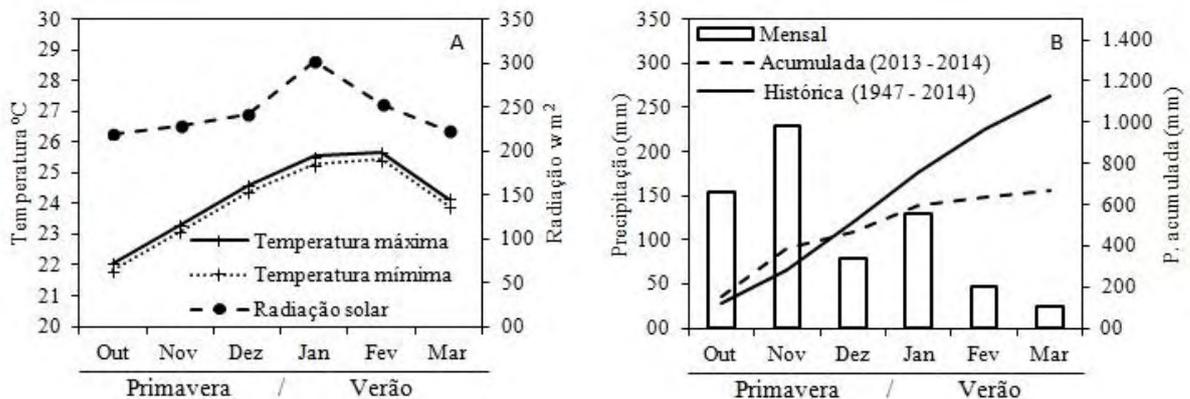


Figura 2. Dados mensais médios de (A) temperatura máxima e mínima e radiação solar e (B) precipitação pluviométrica mensal e acumulada comparada com a média histórica para o período de primavera e verão.

Os dados do momento das amostragens (Tabela 1) correspondem à média dos valores registrados 60 minutos após às 6 h e 15 h. As diferenças em temperatura e radiação solar entre os cortes das 6 h e 15 h foram de 13°C e 490 w m<sup>-2</sup>, respectivamente (Tabela 1). As menores temperaturas foram de 12,9 °C às 6 h e 25,3 °C às 15 h em Outubro, nos demais cortes a temperatura média às 6 h foi de 20 °C e às 15 h de 33 °C. A umidade às 6 h foi sempre superior a 85%, e às 15 h variou de 52% a 42% entre a primavera e verão.

Tabela 1. Registro da temperatura, umidade e radiação solar no momento das amostragens às 6 h e às 15 h durante a primavera e verão de 2013-2014.

Data	Estação	Hora (h)	Temperatura (°C)	Umidade (%)	Radiação solar ( $w m^{-2}$ )
7/10/13	Primavera	15:00	25,3	52	533
8/10/13	Primavera	06:00	12,9	87	18
29/11/13	Primavera	15:00	32,2	52	1016
30/11/13	Primavera	06:00	20,6	89	0
10/1/14	Verão	15:00	33,2	45	1129
11/1/14	Verão	06:00	20,3	88	0
10/3/14	Verão	15:00	34,1	40	626
11/3/14	Verão	06:00	20,3	89	76

### **2.8. Delineamento experimental e tratamentos**

Foi realizado um ensaio com um fator de tratamento (parcela) e medidas repetidas no tempo em dois níveis: estrato do relvado e estação do ano, em um delineamento inteiramente casualizado com 5 repetições. O tratamento era o corte do capim-marandu em dois momentos do dia (6 h ou 15 h), e dois estratos verticais do relvado (superior, 30 a 20 cm e intermediário, 20 a 13 cm) durante a primavera e verão. As amostras de cada corte foram analisadas separadamente e calculado o valor médio dos cortes por estação do ano.

### **2.9. Cultivo e amostragem**

As parcelas de 3 x 4 m ( $12 m^2$ ) foram preparadas em uma área de pastagem formada com capim-marandu desde 1997. O solo da área foi corrigido em outubro de 2012 com a aplicação de calcário agrícola ( $1.200 kg ha^{-1}$ ; PRNT 99%) e fertilizante N-P-K ( $500 kg ha^{-1}$  10-20-10). A área foi isolada do pastejo em Setembro de 2013 e as parcelas experimentais delimitadas. As parcelas foram uniformizadas com corte a três centímetros do nível do solo, antes do início de cada estação do ano (primavera em 4/10/2013 e verão em 17/12/2013). As amostras de forragem foram obtidas de dois cortes durante a primavera (dias 7 e 8/11/2013; 29 e 30/11/2013) e dois durante o verão (dias 10 e 11/01/2014; 10 e 11/3/2014). O corte era feito quando o relvado atingia, em média, 30 cm de altura. Isso resultou diferentes períodos de rebrotação, conforme as condições climáticas. Os períodos de rebrotação na primavera foram de 34 e 22 dias e no verão de 24 e 59 dias. O monitoramento da altura era feito em cinco pontos por parcela com o auxílio de uma régua graduada. Todos os cortes foram precedidos de um dia de céu aberto. Cinco parcelas eram amostradas às 15 h e outras cinco na manhã seguinte às 6 h. Amostras de ~600 g de forragem foram obtidas do corte da área útil de cada parcela, excluindo-se a bordadura de 30 cm. A estratificação dos estratos foi realizada com o auxílio de régua graduada, considerando o primeiro estrato contido entre as alturas de 30 a 20

cm e o segundo estrato contido entre as alturas de 20 a 13 cm. Utilizou-se uma segadeira motorizada manual. Após o corte e amostragem do estrato superior, a forragem remanescente era retirada da parcela com a ajuda de um rastelo, antes do corte do estrato intermediário. As amostras eram imediatamente resfriadas e armazenadas numa caixa térmica contendo gelo até serem levadas para o laboratório. O tempo entre a coleta e o processamento das amostras no laboratório não ultrapassou 60 minutos. As amostras foram divididas em duas porções iguais (~300 g cada) e pesadas em balança de precisão. Uma das porções recebeu um pré-tratamento em micro-ondas (PELLETIER et al., 2010b) como descrito no experimento I, enquanto a outra porção foi direto para pré-secagem em estufa com circulação forçada de ar por 72 horas a 55 °C (AOAC, 1990), sem sofrer o aquecimento em micro-ondas. Após a colheita do segundo estrato, as parcelas com 13 cm de altura do solo foram adubadas com o equivalente a 50 kg de N e K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>, nas formas de nitrato de amônio e cloreto de potássio, respectivamente.

### **2.10. Análises laboratoriais (experimentos I e II)**

Após a pré-secagem (AOAC, 1990), as amostras resfriaram até entrarem em equilíbrio com a umidade ambiente e foram pesadas para determinação da amostra parcialmente seca em relação a matéria natural (MN). Em seguida foram moídas em moinho estacionário tipo 'Willey' com peneira de 1 mm, acondicionadas em sacos plásticos e armazenadas em local seco e protegido da luz. Os conteúdos de MS, cinzas (MM) e N foram determinados conforme AOAC (1990) e a FDN de acordo com Van Soest et al. (1991), porém, sem o uso de alfa amilase termoestável ou sulfito de sódio. Para obtenção da FDN<sub>ncp</sub> foram determinados os conteúdos de MM e N na FDN conforme AOAC (1990).

Os CNE foram fracionados em carboidratos solúveis em etanol 80% (CSE) que representam os mono e dissacarídeos e AMI, conforme método descrito por Hall (2000). Resumidamente, o extrato solúvel em etanol foi preparado por agitação contínua de 0,2 g de amostra seca com 40 mL de solução de etanol aquoso por 4 horas em temperatura ambiente, porém, mantendo-se a temperatura da solução entre 17 e 24 °C em ambiente climatizado. Foi utilizada solução de etanol a 80% ou 80:20 (v/v) etanol/água destilada preparada a partir de etanol 95%. Tubos de polietileno com tampa, contendo as amostras com a solução de etanol foram colocados em uma mesa agitadora orbital a 150 rpm. Após agitação, as amostras foram filtradas em papel de filtração lenta e o extrato solúvel em etanol recolhido em balão volumétrico de 100 mL. Os tubos e filtros foram lavados com etanol a 80% e o volume completado. O resíduo insolúvel em etanol foi então lavado duas vezes com acetona e seco a 55 °C para posterior análise de AMI. O conteúdo de CSE foi determinado em método

colorimétrico pelo procedimento da adição de fenol 5% e ácido sulfúrico concentrado, com leitura da absorvância em 409 nanômetros. A cada rodada de análises foi preparada uma curva padrão com solução estoque de sacarose. Os coeficientes de determinação das curvas foram sempre superiores a 0,9961.

O teor de AMI foi determinado a partir do resíduo insolúvel em etanol, pela técnica de gelatinização e hidrólise enzimática, seguida da determinação colorimétrica da glicose. Resumidamente, todo o resíduo insolúvel em etanol foi transferido do filtro para *becker* de 100 mL. Adicionaram-se 20 mL de água destilada e 0,1 mL de alfa amilase termoestável (Sigma, A-3306). Após cobrir cada *becker* com papel alumínio, foram mantidos em banho-maria a 90 °C por 60 minutos para gelatinização do amido. Após resfriarem em bancada, as amostras foram filtradas em papel de filtragem rápida. O *becker* e papel filtro foram lavados com água destilada, e o extrato solúvel coletado em balão volumétrico de 50 mL. Uma alíquota de 1 mL foi transferida para balão volumétrico de 25 mL, e realizada a hidrólise enzimática com a adição de 8 mL de tampão acetato de sódio 0,1 M e 0,05 mL de enzima amiloglicosidase (Sigma, A-1602) obtida a partir de *Aspergillus niger* em solução de sulfato de amônia. Os balões foram mantidos em banho-maria a 60 °C por 30 minutos. Em seguida, completaram-se os balões com água destilada. A leitura de glicose foi feita pelo procedimento da glicose oxidase/peroxidase. Uma alíquota de 1 mL foi transferida para tubos de ensaio (16 x 150 mm), adicionou-se 5 mL da solução enzimática de glicose oxidase (Sigma, G-6125; G-7016) peroxidase (Sigma, P-8125), preparada de acordo com Hall (2000). Agitavam-se os tubos em vortex, mantendo-os, em seguida, por 45 minutos em banho-maria (35-40 °C). Os tubos foram resfriados em temperatura ambiente, no escuro, por dez minutos e procedeu-se a leitura da absorvância em espectrofotômetro a 505 nanômetros. O teor de amido foi calculado, multiplicando-se o teor glicose obtido por 0,9. Foi feita uma curva padrão de glicose sempre que uma nova solução enzimática de glicose oxidase peroxidase era preparada. Os coeficientes de determinação das curvas foram sempre superiores a 0,999. O somatório das frações de CSE e AMI foi considerado como o total de CNE (Hall, 2003).

A digestibilidade verdadeira *in vitro* da matéria seca (DIVMS) foi determinada com 48 horas de incubação pelo método do fermentador ruminal DAISY<sup>II</sup>® (Ankon Technology, Fairport NY), seguindo procedimento descrito em Holden (1999). Foram colocados 0,25 g de amostra em duplicata, em sacos F57-filter\_bags da marca Ankon®, lavados em acetona e incubados nos jarros a 39 °C junto com um meio tampão (saliva artificial) e inóculo (líquido ruminal). O líquido ruminal foi coletado de três bovinos machos castrados da raça nelore, fistulados no rúmen, com ~400 kg de peso corporal, criados em pastagem formada com

capim-marandu. Antes das coletas os animais eram mantidos em jejum por 12 horas. Foram feitas amostragens representativas da fase líquida e sólida do conteúdo ruminal. O inóculo foi preparado utilizando proporções iguais da fase sólida e líquida do conteúdo ruminal dos três animais. Estas frações foram homogeneizadas em liquidificador por aproximadamente dez segundos e filtradas em quatro camadas de tecido de algodão. Após 48 horas de incubação, o resíduo indigestível foi tratado com detergente neutro (VAN SOEST et al., 1991) e a digestibilidade *in vitro* da parede celular (DIVFDN) foi determinada utilizando a seguinte equação:  $\text{DIVFDN} = 100 - (\text{FDN remanescente em } t = 48 \text{ horas} / \text{FDN no } t = 0 \text{ horas}) \times 100$ . Todas as análises foram realizadas em duplicata, exceto dos carboidratos solúveis em etanol que foram feitas em triplicata. Todos os resultados são expressos com base na matéria seca da amostra original, exceto, obviamente, a concentração de MS que é expressa com base na matéria natural.

### **2.11. Análise estatística**

As variáveis resposta foram teor de MS, N, FDN<sub>cp</sub>, DIVMS, DIVFDN, CSE, AMI e CNE. Os dados foram analisados usando o PROC MIXED do SAS (Versão 9.2; SAS Inst. Inc., Cary, NC), considerando a hora do dia, estrato do relvado, estação do ano e suas interações como efeitos fixos. Foram analisadas medidas repetidas no tempo em dois níveis: estrato do relvado e estação do ano. Os dados do ensaio foram submetidos inicialmente à análise de variância após modelar a heterogeneidade de variâncias existente entre os níveis dos fatores estrato do relvado e estação do ano. A seleção da melhor estrutura de covariâncias (LITTELL et al., 1998) baseou-se nos resultados de testes da razão de verossimilhanças e no valor do Critério de Informação de Akaike (AIC). As médias dos tratamentos foram estimadas utilizando-se o LSMEANS, e consideradas diferentes quando  $P < 0,05$ . As exceções são indicadas.

## **3. Resultados e Discussão**

### **3.1. Variações da composição química e digestibilidade *in vitro* ao longo do dia**

Houve efeito de tempo (T), fração (F) e interação T x F ( $P < 0,01$ ) para a concentração de MS, que variou durante o dia somente na LF, com tendência de acúmulo quadrático ( $P < 0,05$ ) (Tabela 2). A concentração de CSE e DIVMS variou em função do tempo e fração ( $P < 0,01$  para ambas variáveis) e contraste quadrático. Para a concentração de amido, houve efeito de interação T x F ( $P < 0,01$ ). O acúmulo na LF foi linear ( $P < 0,01$ ) e no PC quadrático ( $P$

< 0,01). Houve efeito de interação T x F para a concentração de CNE ( $P < 0,01$ ). O acúmulo na LF foi cúbico ( $P < 0,01$ ), mas com pouco ganho de ajuste da curva ( $R^2$ ) em relação ao efeito quadrático ( $P < 0,01$ ), e optou-se pelo modelo mais simples. No PC o efeito também foi quadrático ( $P < 0,01$ ).

Houve efeito de interação T x F para N e FDNcp ( $P < 0,01$  para ambos). A concentração de N seguiu ajuste de equação linear, tanto na fração LF ( $P = 0,06$ ) quanto PC ( $P < 0,01$ ). Não houve ajuste de equação para concentração FDNcp ao longo do tempo na LF ( $P > 0,05$ ). No PC apesar de efeito significativo ( $P < 0,05$ ), não houve ajuste ( $P > 0,10$ ) da regressão até o terceiro grau (Tabela 2). Houve efeito apenas de fração ( $P < 0,01$ ) para DIVFDN (Tabela 2).

Tabela 2. Fontes de variação, significância do valor F para as variáveis analisadas, desdobramentos das interações significativas e ajuste das curvas polinomiais da análise de regressão do experimento I.

Variável <sup>1</sup>	Tempo (T)	Fração (F)	T x F	F (T) <sup>2</sup>		Reg LF <sup>3</sup>			Reg PC			6 vs 6 <sup>4</sup>	
				LF	PC	L	Q	C	L	Q	C	LF	PC
MS	** <sup>5</sup>	**	**	**	ns	*	*	ns	-	-	-	ns	ns
N	**	**	**	**	**	†	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns
FDNcp	ns	**	**	ns	**	-	-	-	ns	ns	ns	ns	ns
CSE	**	**	ns	-	-	-	-	-	-	-	-	ns	ns
AMI	**	**	**	**	**	**	ns	ns	**	**	ns	*	ns
CNE	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	ns	ns	**
DIVMS	**	**	ns	-	-	-	-	-	-	-	-	ns	ns
DIVFDN	ns	**	ns	-	-	-	-	-	-	-	-	ns	ns

<sup>1</sup>MS=matéria seca; N=nitrogênio; FDNcp=fibra em detergente neutro livre de cinzas e proteínas; CSE=carboidratos solúveis em etanol 80% (mono e dissacarídeos); AMI=amido; CNE=carboidratos não estruturais (CSE + AMI); DIVMS=digestibilidade verdadeira *in vitro* da matéria seca com 48 horas de incubação; DIVFDN=digestibilidade *in vitro* da FDN em 48 horas de incubação.

<sup>2</sup> Desdobramento dos graus de liberdade da interação fração x tempo. Desdobramento dos tempos dentro de lâmina foliar (LF) e pseudocolmo (PC).

<sup>3</sup>Significância dos modelos para ajuste das curvas polinomiais linear (L), quadrática (Q) e cúbica (C) para as frações LF e PC.

<sup>4</sup> A resposta média obtida para lâmina foliar (LF) e pseudocolmo (PC) às 6 h do dia 3/3/2013 foi comparada com a resposta média obtida às 6 h do dia subsequente. Este último nível do fator tempo não foi incluído no estudo de regressão.

<sup>5</sup>\*\* significativo ao nível de  $P < 0,01$ ; \* significativo ao nível de  $P < 0,05$ ; † significativo ao nível de 0,06; ns= não significativo ( $P > 0,05$ ).

### 3.1.1. Matéria seca

A quantidade de água na forragem no momento da colheita é importante sob o ponto de vista de consumo pelo animal em pastejo ou para qualidade e perfil de fermentação em materiais destinados à ensilagem. Se a concentração de MS é maior, para um mesmo tamanho de bocado, colhe-se mais forragem por bocado (ORR et al., 1997). Também a fermentação de silagens de gramíneas é favorecida, quando a concentração de MS está em torno de 300 g kg<sup>-1</sup>

(BUXTON; O'KIELY, 2003). A concentração de MS na LF aumentou a uma taxa de  $5,9 \text{ g kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ , variando de  $224 \text{ g kg}^{-1}$  às 6 h e atingindo valores máximos de  $280 \text{ g kg}^{-1}$  às 15:30 h (Figura 3A).

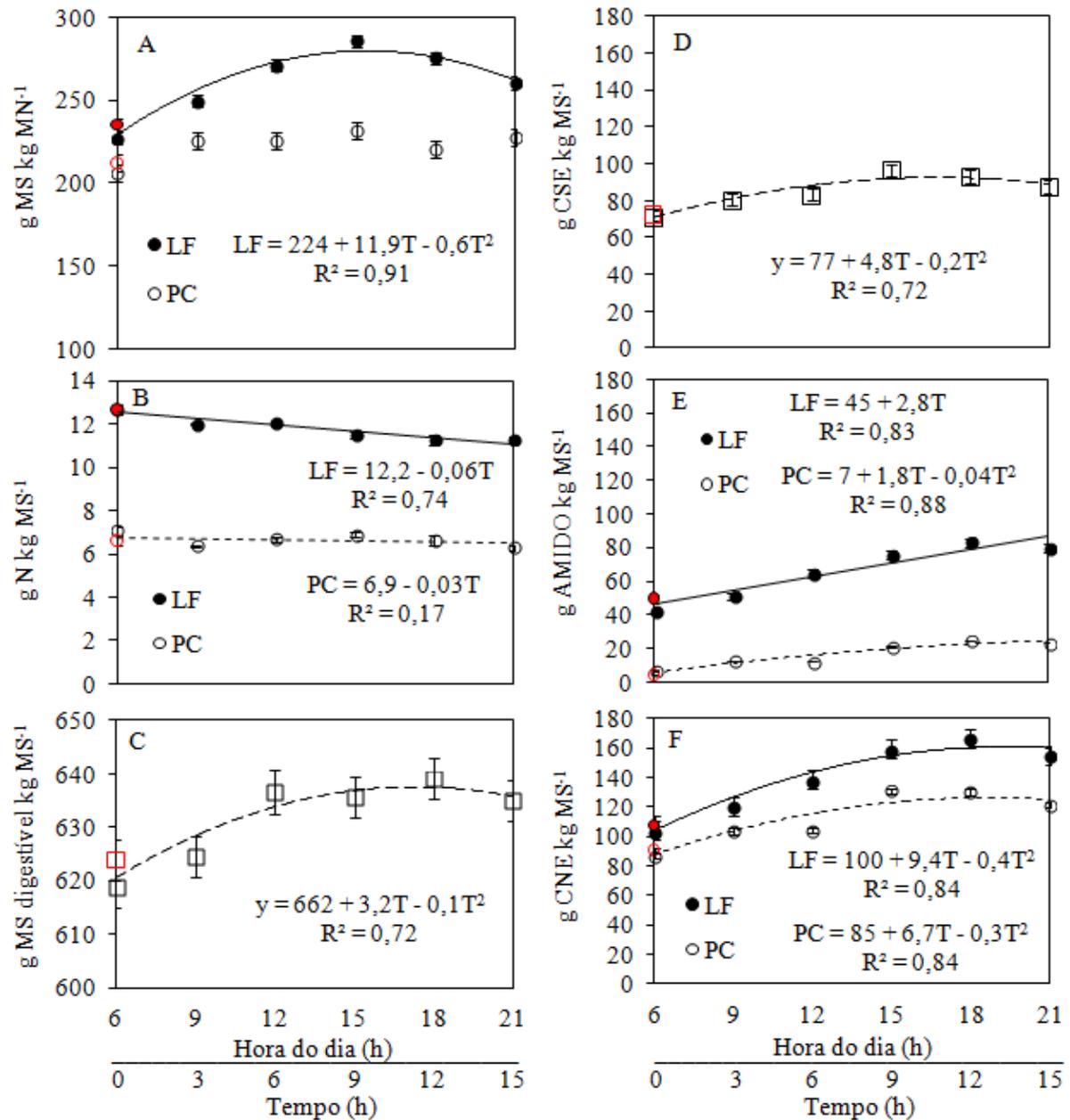


Figura 3. Padrões de variação da composição química e digestibilidade de perfis de capim-marandu até 15 horas após o nascer do sol. (A) concentração de matéria seca, (B) nitrogênio, (C) digestibilidade *in vitro* da matéria seca, (D) carboidratos solúveis em etanol, (E) amido e (F) carboidratos não estruturais. Pontos negros indicam a resposta média obtida para lâmina foliar (LF) e pseudocolmo (PC). Os pontos vermelhos indicam a resposta média obtida às 6 h do dia subsequente. Os quadrados indicam a média entre as frações (T x F, P > 0,05). As barras de erro em cada ponto indicam o erro padrão.

No PC a concentração média de MS foi de 223 g kg<sup>-1</sup> e não variou provavelmente devido ao constante transporte de água e solutos entre a parte aérea e raízes ao longo do dia. O incremento na concentração de MS na LF entre às 6 h e às 18 h neste estudo (+56 g kg<sup>-1</sup>) foi maior que em relvado de *Lolium perenne* cv. Belfort (DELAGARDE et al., 2000, [+35 g kg<sup>-1</sup>]) ou amostras de pastejo simulado em pastagem de *Pennisetum purpureum* cv. Napier (DE OLIVEIRA et al., 2014, [+37 g kg<sup>-1</sup>]).

A desidratação ao longo do dia ocorre pela evaporação da água na superfície da folha (orvalho e gutação) e pela transpiração foliar. Uma vez que as condições do ambiente interferem nas trocas gasosas e transpiração da planta, o maior acúmulo de MS entre as 6h e 15:30 h, observado neste estudo com relação ao reportado pela literatura, pode ter sido favorecido pela maior temperatura (28 °C) e menor umidade do ar (49%) dentro da casa de vegetação com relação ao ambiente externo.

### 3.1.2. Açúcares

O gradiente de perda de água ao longo do dia favorece o aumento na concentração de CSE e amido no material vegetal. Maiores concentrações favorecem tanto o consumo de MS digestível pelo animal em pastejo quanto a fermentação de silagens. Porém, se o acúmulo ocorrer em órgãos das plantas que são menos acessíveis ou preferidos em pastejo ou abaixo da altura de corte da forragem, pouco impacto terá a hora do dia em que se realiza a colheita. Algumas plantas, incluindo os cereais *Oryza sativa* (arroz) e *Triticum aestivum* (trigo), acumulam pouco ou quase nada de amido nas folhas e priorizam acumular açúcares no colmo, servindo, portanto, como local de armazenamento temporário. Por outro lado, *Arabidopsis thalianae* (*Arabidopsis*) e *Glycine max* (soja) possuem capacidade de estocar até 50 % do carbono assimilado durante o dia como amido nas folhas (GRAF; SMITH, 2011). No caso de plantas forrageiras, o conhecimento de onde (colmo ou folha) e qual carboidrato (açúcares ou amido) é estocado durante o dia, é importante para se definir estratégias de manejo.

No capim-marandu, a concentração de açúcares no PC foi maior em relação à LF em qualquer hora do dia (com diferenças, entre frações, de cerca de 21g kg<sup>-1</sup>). Às 6 h, as concentrações de CSE na LF e PC foram de 59 e 80 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente. A taxa de acúmulo de açúcares (2,45 g kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>) foi semelhante no PC e na LF. Na média entre as frações, o pico de CSE (104g kg<sup>-1</sup>) ocorreu às 17 h (Figura 3 D). O acúmulo de +27 g CSE kg<sup>-1</sup> entre as 6h e o horário em que a máxima concentração foi registrada representa incremento de 35%. Durante a noite os açúcares são utilizados ou translocados, voltando aos níveis das 6 h da manhã (contraste 6 vs 6, P > 0,05) (Tabela 2).

A maior concentração de CSE no colmo difere em parte dos reportados por Letchtenberg et al. (1971) para *Medicago sativa* que registrou concentração de frutose e glicose inferiores no colmo em relação a folha ao longo do dia. Contudo, a concentração de sacarose foi maior na folha até o meio dia, decrescendo até as 18 h quando a concentração no colmo já era maior. Em gramíneas tropicais nativas do cerrado, glicose, amido e malto-oligossacarídeos são encontrados nas lâminas foliares, bainhas e colmos, entretanto sacarose foi detectada em altas quantidades somente nos colmos (MORAES et al., 2012). A magnitude do acúmulo ao longo do dia neste estudo foi semelhante ao reportado para *Melinis minutiflora* no cerrado brasileiro, com aumento da concentração de CS em água de 30 para 65 g kg<sup>-1</sup> entre às 8-10 h e o meio dia, com poucas variações até as 18 h (SOUZA et al., 2005).

### 3.1.3. Amido

Muitas leguminosas e gramíneas tropicais estocam energia durante o dia na forma de densos grânulos de amido, osmoticamente inertes, localizados nos cloroplastos, que são quebrados durante a noite mantendo um suprimento contínuo de açúcares para sustentar o metabolismo foliar e para exportação a outros órgãos dreno (OJIMA; ISAWA, 1968; ZEEMAN et al., 2007). No PC a concentração de AMI às 6 h foi de apenas 7 g kg<sup>-1</sup> e na LF 39 g kg<sup>-1</sup> (Figura 3 E). Dessa forma, o acúmulo de AMI foi mais expressivo na LF (linear,  $P < 0,01$ ) que no PC (Quadrático,  $P < 0,01$ ), refletindo a capacidade fotossintética da LF e o local de armazenamento preferencial. As concentrações máximas de amido foram de 82 g kg<sup>-1</sup> na LF e 25 g kg<sup>-1</sup> no PC, e ocorreram ~21 h, porém com pouca variação no PC já a partir das 15 h. Os incrementos na concentração de amido entre as 6 h e o horário em que a máxima concentração foi registrada representa incremento de 110% (+43 g kg<sup>-1</sup>) na LF e 257% (+18 g kg<sup>-1</sup>) no PC, uma taxa de acúmulo de 2,8 g kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> na LF e 1,2 g kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> no PC (Figura 3E). Lechtenberg et al. (1971) também observaram quase o dobro de concentração de amido às 18 h em relação às 6 h nas folhas de alfafa. Tanto a concentração quanto os acúmulos de amido são inferiores no PC comparado com os observados na LF, provavelmente pela menor capacidade fotossintética e sombreamento das bainhas. O acúmulo de amido durante o dia segue um padrão circadiano (*circadian clock*), com taxas de quebra durante à noite, e controladas, para que as reservas de amido terminem antes do amanhecer (GRAF; SMITH, 2011). Esse padrão é confirmado pela ausência de diferenças entre as concentrações de amido no PC na primeira hora de amostragem e às 6 h do dia seguinte (contraste 6 h vs 6 h,  $P > 0,05$ ). Na LF, apesar do efeito significativo (contraste 6 vs 6,  $P > 0,05$ ), a diferença é muito pequena (Tabela 2 e Figura 3E).

### 3.1.4. Carboidratos não estruturais

Carboidratos não estruturais representam a soma dos CSE e AMI. Sua concentração em forragens está relacionada com a preferência por animais ruminantes (FISCHER et al., 1999, 2002) e com o consumo de MS digestível (BURNS et al., 2007). Acúmulos quadráticos ( $P < 0,01$ ) foram observados na LF e PC (Tabela 2). A magnitude da concentração de CNE deve-se, principalmente, à concentração de CSE, mas, sua tendência de acúmulo durante o dia foi influenciada pelo padrão de acúmulo de amido (Figura 3F), considerando que o AMI representou cerca de 50% dos CNE. No PC a concentração de CNE às 6 h foi de  $85 \text{ g kg}^{-1}$  e na LF de  $100 \text{ g kg}^{-1}$ . A máxima concentração de CNE na LF foi de  $157 \text{ g kg}^{-1}$  e no PC  $127 \text{ g kg}^{-1}$  e ocorreram ~18 h, porém com pouca variação já a partir das 15 h (Figura 3F). Tanto a concentração quanto os acúmulos de CNE foram inferiores no PC comparado com os observados na LF. Os incrementos na concentração de CNE foram de 57% ( $+57 \text{ g kg}^{-1}$ ) na LF e 49% ( $+42 \text{ g kg}^{-1}$ ) no PC. No entanto as taxas de incremento foram semelhantes, com valores de  $4,4 \text{ g kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$  na LF e  $4,7 \text{ g kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$  no PC. Observa-se que no PC o AMI representou cerca de 20% apenas dos CNE, portanto 80% eram CSE. Os dados sugerem uma equidade de importância entre PC e LF em relação ao acúmulo de CNE ao longo do dia, mas ainda com maiores concentrações na LF. Ao nascer do sol os CNE na LF são compostos de 60% de açúcar e o restante de amido, no entanto às 15 h amido já compõem a maior parte (52%) dos CNE. Já no PC, mais de 85% dos CNE são açúcares, independente da hora do dia. Durante a noite há queda da concentração de CNE na LF para os níveis das 6 h da manhã (contraste 6 vs 6,  $P > 0,05$ ), e próximo aos níveis das 6 h também no PC, apesar do efeito significativo (contraste 6 vs 6,  $P > 0,05$ ), mas de diferença muito pequena, sem significado biológico (Tabela 2 e Figura 3F). A faixa de concentração de CNE encontrada está dentro dos valores apresentados por Pelletier et al. (2010a). Em geral, os padrões de acúmulo dos CNE (açúcares e amido) obtidos são semelhantes aos encontrados em *Medicago sativa* (LETSCHEMBERG et al., 1971) e no topo do relvado de *Dactylis glomerata* (GRIGGS et al., 2007). Já a magnitude do acúmulo de CNE, principalmente na LF, é semelhante ao encontrado em *Lolium sp* (DELAGARDE et al., 2000; GREGORINI et al., 2006) e maiores que em *Medicago sativa* (FISHER et al., 2002; BRITO et al., 2008).

### 3.1.5. Nitrogênio e fibra

O acúmulo de CNE ao longo do dia provoca efeito clássico de diluição dos compostos nitrogenados e parede celular da forragem (PELLETIER et al., 2010a; BRITO et al., 2008). Apesar do efeito significativo de tempo ( $P < 0,05$ ), a concentração de N diminuiu pouco ( $\sim 1 \text{ g}$

kg<sup>-1</sup>) e lentamente, -0,06 e -0,03 g kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> na LF e PC, respectivamente, provavelmente sem importância biológica (Tabela 2 e Figura 3B). Não houve efeito de tempo para a concentração de FDN<sub>cp</sub>. As médias de FDN<sub>cp</sub> na LF e PC foram de 628 e 678 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente. Apesar da magnitude do acúmulo de CNE neste estudo ser maior, o impacto sobre a concentração de N e fibra foi semelhante aos encontrados em gramíneas temperadas (PELLETIER et al. 2010a) ou *Medicago sativa* (BRITO et al., 2008), não havendo o efeito de diluição. É possível que haja acúmulo também de N e fibra ao longo do dia, mas em uma taxa inferior ao acúmulo de CNE. Maiores concentrações de CNE no final do dia, com pouca variação da concentração de N, deve alterar a relação entre energia e N prontamente disponíveis aos microrganismos do rúmen.

### **3.1.6. Digestibilidade in vitro**

Houve impacto do acúmulo de CNE na DIVMS. Às 6 h a DIVMS na LF e PC foram de 662 e 573g kg MS<sup>-1</sup>, respectivamente, e na média entre as frações a máxima DIVMS (682g kg MS<sup>-1</sup>) ocorreu às 18 h, correspondendo a uma taxa de acúmulo de 1,6 g kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>, apesar de variar pouco após o meio dia (Figura 3 C). Contudo, o acúmulo de +20 g MS digestível kg<sup>-1</sup> representa incremento de apenas 3%, e está de acordo com os encontrados por Letchemberg et al. (1971) em *Medicago sativa* (+16g MS digestível kg<sup>-1</sup>). Durante a noite há queda da DIVMS para os níveis das 6 h da manhã (contraste 6 vs 6, P > 0,05). A média da DIVFDN entre os tempos foi de 614 g kg MS<sup>-1</sup> na LF e 516 g kg MS<sup>-1</sup> no PC.

A DIVFDN não se alterou ao longo do dia com média de 616 g kg<sup>-1</sup> FDN e 515 g kg<sup>-1</sup> FDN para a LF e PC, respectivamente. Essa tendência é consistente com os resultados de (GRIGGS et al., 2007), evidenciando que os ganhos obtidos em DIVMS na forragem colhida ao entardecer se devem aos acúmulos de CNE. As diferenças de DIVFDN entre as frações já eram esperadas, uma vez que o colmo é um órgão de sustentação e para isso possui maior concentração de lignina na parede celular, se tornando menos digestível para ruminantes (VAN SOEST, 1994).

### **3.2. Variação vertical e estacional da concentração dos nutrientes e digestibilidade**

Houve efeito (P < 0,05) de hora do dia, estrato do relvado e estação do ano para todas as variáveis, exceto para a concentração de N (P = 0,10) e DIVFDN (P = 0,17) que não variaram entre os horários de amostragem, e a concentração de CSE (P = 0,14) que não variou entre as estações do ano (Tabela 3). Não houve efeito de interações (P > 0,05) somente para a concentração de CSE e a DIVMS. Houve interação entre hora do dia x estrato do relvado para

MS, FDNcp, AMI e CNE e interação hora do dia x estação do ano para MS, AMI e CNE. Os desdobramentos das interações significativas com o fator hora do dia são apresentados nas Tabelas 4 e 5. Os demais efeitos são descritos no texto.

Tabela 3. Fontes de variação (FV) e significância do valor F para as variáveis analisadas no experimento II.

FV <sup>1</sup>	Variáveis <sup>2</sup>							
	MS	N	FDNcp	CSE	AMI	CNE	DIVMS	DIVFDN
Hora (h)	** <sup>3</sup>	ns	*	**	**	**	**	ns
Estrato (e)	**	**	**	**	**	**	**	**
h x e	*	ns	*	ns	**	**	ns	ns
Estação (E)	**	**	**	ns	**	*	**	**
h x E	**	ns	ns	ns	**	**	ns	ns
e x E	*	**	ns	ns	ns	*	ns	*
h x e x E	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

<sup>1</sup> Fontes de variação: Hora do dia que foi feita a amostragem (6 h e 15 h), estrato vertical do relvado (superior, 30 a 20 cm e intermediário, 20 a 13 cm), estação do ano (primavera e verão).

<sup>2</sup>MS=matéria seca; N=nitrogênio; FDNcp=fibra em detergente neutro livre de cinzas e proteínas; CSE=carboidratos solúveis em etanol 80% (mono e dissacarídeos); AMI=amido; CNE=carboidratos não estruturais (CSE + AMI); DIVMS=digestibilidade verdadeira *in vitro* da matéria seca com 48 horas de incubação; DIVFDN=digestibilidade *in vitro* da FDN em 48 horas de incubação.

<sup>3</sup>\*\* significativo ao nível de  $P < 0,01$ ; \* significativo ao nível de  $P < 0,05$ ; ns= não significativo ( $P > 0,05$ ).

### 3.2.1. Variações verticais pela manhã ou tarde

As interações existentes entre os constituintes químicos da forragem e a hora do dia, estrato do relvado e estações do ano, indicam a possibilidade de manejo da colheita que favoreça os propósitos pretendidos, por exemplo, mais ou menos carboidratos solúveis na forragem (JENSEN et al., 2014) ou maximizar a colheita de nutrientes digestíveis (GRIGGS et al., 2007).

Na média entre estratos do relvado e estações do ano, a concentração de CSE variou de 48 g kg<sup>-1</sup> às 6 h para 67 g kg<sup>-1</sup> às 15 h (+19 g kg<sup>-1</sup>). Na média entre os horários do dia e estações do ano, o estrato superior teve maior concentração de CSE (60 g kg<sup>-1</sup>) em relação ao estrato intermediário (54 g kg<sup>-1</sup>). As concentrações de CSE estão dentro da faixa (~30 a 60 g kg<sup>-1</sup>) de CS em água reportado por Souza et al. (2005) em *Melinis minutiflora* ao longo do dia. Por outro lado, as concentrações de CSE foram superiores aos encontrados em capim-marandu colhido com ~60 dias para silagem (BERNARDES et al., 2005; BERGAMASCHINI et al., 2006), provavelmente devido ao menor tempo de rebrotação no presente estudo (~30 dias).

Já a DIVMS variou mais devido ao estrato do relvado que pela hora do dia. Na média entre estações do ano e hora do dia, a forragem do topo do relvado foi mais digestível (721 g

kg<sup>-1</sup>) que no estrato intermediário (706 g kg<sup>-1</sup>). Na média entre estratos do relvado e estações do ano, a DIVMS foi maior às 15 h (718 g kg<sup>-1</sup>) que às 6 h (709 g kg<sup>-1</sup>). O maior impacto do estrato do relvado na DIVMS em relação à hora do dia, deve-se ao aumento da concentração de fibra e redução da concentração de N nos estratos inferiores (DELAGARDE et al., 2000).

A concentração de CSE e a DIVMS foram maiores às 15 h em relação às 6 h, independente do estrato do relvado ou estação do ano. No experimento I, o acúmulo também ocorreu de forma independente na LF e PC (Figura 3) e pode explicar em parte o acúmulo semelhante entre os estratos do relvado. Outro fator é a maior concentração de CSE no PC em relação à LF, o que pode compensar, em parte, a menor participação de LF nos estratos basais, com maior participação de pseudocolmo (DELAGARDE et al., 2000).

Na média entre primavera e verão, tanto no estrato superior quanto no intermediário as concentrações de MS, AMI e CNE às 15 h foram maiores que às 6 h (Tabela 4).

Tabela 4. Desdobramento dos graus de liberdade das interações entre hora do dia x estrato do relvado (com base na MS).

Variável <sup>1</sup>	Estrato <sup>2</sup> (cm)	Hora do dia (h)		EP <sup>3</sup>	P> F <sup>4</sup>
		06:00	15:00		
		----- g kg <sup>-1</sup> -----			
MS	30-20	169	239	3,3	<0,01
	20-13	166	224	2,7	<0,01
	P> F	0,39	<0,01		
FDNcp	30-20	602	583	4,1	<0,01
	20-13	625	624	4,1	0,87
	P> F	<0,01	<0,01		
AMI	30-20	3	37	2,2	<0,01
	20-13	3	17	0,9	<0,01
	P > F	0,98	<0,01		
CNE	30-20	52	111	3,3	<0,01
	20-13	49	81	2,0	<0,01
	P> F	0,27	<0,01		

<sup>1</sup>MS = matéria seca; N = nitrogênio; FDNcp = fibra em detergente neutro livre de cinzas e proteínas; CSE = carboidratos solúveis em etanol 80% (mono e dissacarídeos); AMI = amido; CNE = carboidratos não estruturais (CSE + AMI).

<sup>2</sup> Estratos verticais do relvado (superior, 30 a 20 cm e intermediário, 20 a 13 cm).

<sup>3</sup> Erro padrão

<sup>4</sup> Teste F para probabilidade de efeito entre fatores com um grau de liberdade.

Não foram registradas diferenças entre estratos na amostragem realizada as 6h. Contudo, as concentrações de MS, AMI e CNE foram maiores (P < 0,01) no topo do relvado em relação ao estrato intermediário, quando as amostras foram colhidas as 15 h. A concentração de MS na forragem variou mais devido à hora do dia em que foi feita a amostragem do que nos

estratos do relvado. Já AMI e CNE tiveram magnitude de variação semelhante devido a ambos, hora do dia ou estrato do relvado. Essa interação entre a hora do dia e estrato do relvado também foi verificada em *Dactylis glomerata* para a concentração de CNE (GRIGGS et al., 2007). A variação da concentração de AMI e CNE entre os estratos foi fortemente influenciada pelo horário do dia. Independente do estrato, às 6 h as concentrações médias de MS, AMI e CNE foram de 168 g kg<sup>-1</sup>, 3 g kg<sup>-1</sup> e 51 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente. Na forragem colhida às 15 h houve acúmulo nos estratos superior e intermediário de 70 e 58 g MS kg<sup>-1</sup>, 34 e 14 g AMI kg<sup>-1</sup> e 59 e 32 g CNE kg<sup>-1</sup>, respectivamente (Tabela 4). Na forragem colhida as 6 h os estratos são semelhantes. Já as 15 h, a concentração de amido no topo é duas vezes maior que no estrato intermediário e CNE 1,4 vezes maior no topo. Os teores de AMI as 6 h foram menores que em *Medicago sativa* colhida as 7 h (BRITO et al., 2008), mas próximos da concentração em *Cynodon dactylon* colhido entre às 8 h e às 10 h, que também apresentou forte acúmulo ao longo do dia (KAGAN et al., 2011). As concentrações de CNE entre as 6 h e as 15 h estão dentro da faixa encontrada em *Dactylis glomerata* nos meses de Junho e Agosto (41° 46'N; 111° 49'W) (GRIGGS et al., 2007) e maiores que em feno de *Medicago sativa* (FISCHER et al., 2002), principalmente às 15 h.

A concentração de FDNcp não variou (P = 0,87) entre as horas do dia no estrato inferior do relvado. Somente no momento em que a concentração de CNE foi máxima (15 h no estrato superior) houve redução da FDNcp entre as horas do dia. No estrato superior às 15 h a concentração de FDNcp foi menor que às 6 h (602 g kg<sup>-1</sup> vs 583 g kg<sup>-1</sup>). A forragem colhida do estrato intermediário teve maior concentração de FDNcp (625 g kg<sup>-1</sup>) que a forragem do estrato superior (602 g kg<sup>-1</sup>). Essa alteração da FDNcp entre as 6 h e as 15 h no topo da forragem possivelmente ocorra de forma passiva, devido ao acúmulo de substâncias no conteúdo celular (FISCHER et al., 1999).

A maior concentração de MS, CSE, AMI, CNE e DIVMS na forragem às 15 h em relação às 6 h foi consistente com a literatura (BOWDEN et al. 1968; LETCHEMBERG et al. 1971; PELLETIER et al. 2010a). Da mesma forma, as maiores variações entre às 6 h e às 15 h terem ocorrido no estrato superior são consistentes com as interações entre hora do dia e estratos do relvado em *Lolium perenne* e *Dactylis glomerata* (DELAGARDE et al., 2000; GRIGGS et al., 2005, 2007). A maior participação de folhas no topo do relvado em relação ao estrato intermediário, com alta capacidade fotossintética e de transpiração, deve ser o motivo da maior perda de água e acúmulo de amido, e conseqüentemente de CNE. A diferença de MS entre os estratos foi pequena, mas a desidratação entre às 6 h e às 15 h aproximou a concentração de MS, à reportada por Bernardes et al., (2005) em capim-marandu colhido aos

58 dias para ensilagem. Dessa maneira, especula-se que pelo manejo do horário e altura da colheita seja possível associar alta concentração de compostos solúveis com adequado teor de MS para ensilagem do capim-marandu.

### 3.2.2. *Variações estacionais pela manhã ou tarde*

A maior concentração de MS na forragem no verão e a maior diferença entre os horários de amostragem são devido a estiagem ocorrida nesta estação (Figura 2), que favoreceu a desidratação da forragem, principalmente no estrato superior do relvado. Também, a síntese de amido e a capacidade de acúmulo são fortemente relacionadas às condições ambientais (BERTRAND et al., 2008). A variação estacional da concentração de amido e CNE e a magnitude dos dados foram consistentes com os reportados para gramíneas de estação quente amostradas no período da tarde ao longo do ciclo vegetativo (JENSEN et al., 2014). Na média, entre estratos do relvado e hora do dia, a concentração de CSE foi semelhante entre a primavera e o verão. Já a forragem na primavera foi mais digestível ( $739 \text{ g kg}^{-1}$ ) que no verão ( $689 \text{ g kg}^{-1}$ ).

Na média entre estratos do relvado, a forragem colhida às 15 h teve maior concentração de AMI e CNE na primavera ( $37 \text{ g AMI kg}^{-1}$  e  $102 \text{ g CNE kg}^{-1}$ ) em relação ao verão ( $17 \text{ g AMI kg}^{-1}$  e  $90 \text{ g CNE kg}^{-1}$ ), assim como na primavera a extensão do acúmulo foi maior (Tabela 5). A maior concentração na primavera pode ser devido ao fotoperíodo ainda crescente, ausência de material senescente e melhores condições hídricas no período (Figura 2). Delagarde et al. (2000) observaram maior extensão do acúmulo nos meses onde a concentração também foi maior. É possível que a menor concentração no verão se deva às noites serem mais curtas, conseqüentemente a necessidade de estoque de amido durante o dia seria menor (ZEEMAN et al., 2007).

Não houve efeito de hora do dia nas concentrações de N. Isso sugere acúmulo ao longo do dia, mas em uma taxa reduzida em relação aos produtos primários da fotossíntese, não havendo um efeito de diluição. Segundo Van Soest (1994), fatores que favorecem a fotossíntese e a síntese de carboidratos, depreciam os teores de N livre. Como a planta utiliza o N para síntese de proteínas para crescer, um decréscimo nos teores pode ser visto como um efeito de diluição. A concentração de N foi maior na primavera ( $24 \text{ g kg}^{-1}$  no estrato superior e  $22 \text{ g kg}^{-1}$  no estrato intermediário) que no verão ( $19 \text{ g kg}^{-1}$  vs  $15 \text{ g kg}^{-1}$ ). Diminuição da concentração de N em profundidade já era esperado devido a menor participação de folhas jovens abaixo do topo do relvado, como relatado por Delagarde et al. (2000). Maior variação vertical com o avanço do estágio vegetativo está de acordo com os relatos de Griggs et al.

(2007) em *Dactylis glomerata*, onde também o efeito de época de amostragem e estrato do relvado foram mais pronunciados que a hora do dia.

Tabela 5. Desdobramento dos graus de liberdade das interações entre hora do dia x estação do ano (com base na MS).

Variável <sup>1</sup>	Estação do ano	Hora do dia (h)		EP <sup>3</sup>	P > F <sup>4</sup>
		06:00	15:00		
----- g kg <sup>-1</sup> -----					
MS	Primavera	143	195	3,7	<0,01
	Verão	192	268	2,2	<0,01
	P > F	<0,01	<0,01		
AMI	Primavera	2	37	2,4	<0,01
	Verão	4	17	0,6	<0,01
	P > F	0,43	<0,01		
CNE	Primavera	49	102	2,9	<0,01
	Verão	52	90	2,4	<0,01
	P > F	0,45	<0,01		

<sup>1</sup>MS = matéria seca; N = nitrogênio; CSE = carboidratos solúveis em etanol 80% (mono e dissacarídeos); AMI = amido; CNE = carboidratos não estruturais (CSE + AMI).

<sup>2</sup> Estratos verticais do relvado (superior, 30 a 20 cm e intermediário, 20 a 13 cm).

<sup>3</sup> Erro padrão

<sup>4</sup> Teste F para probabilidade de efeito entre fatores com um grau de liberdade.

As diferenças na composição dos CNE encontradas nesse estudo, mesmo que ainda de pequena magnitude, estão acima dos acréscimos detectados por bovinos, ovinos e caprinos com impacto sobre o consumo de matéria seca digestível (FISCHER et al., 2002; BURNS et al., 2007) e sobre a eficiência microbiana, produção de leite ou carne (BRITO et al., 2008, 2009; GREGORINI et al., 2006). Uma análise dos dados das Tabelas 4 e 5 permite elaborar uma estratégia de colheita, envolvendo a hora do dia, altura de colheita e estação do ano com o objetivo de maximizar a concentração de CNE na forragem colhida.

#### 4. Conclusões

Os resultados deste trabalho fornecem importantes informações, as quais podem guiar o manejo de colheita de capim-marandu em diferentes horários do dia. A hipótese foi em parte confirmada. A máxima concentração de matéria seca e nutrientes digestíveis ocorre depois das 15:00 horas e há pouca variação nas concentrações de nitrogênio e fibra. A concentração e a taxa de acúmulo de amido são superiores na lâmina foliar em relação ao pseudocolmo, já a concentração de açúcares é maior no pseudocolmo e com taxa de acúmulo semelhante ao da lâmina foliar. Contudo, a maior concentração de açúcares do colmo não foi capaz de

compensar o acúmulo de carboidratos na lâmina foliar, o que resultou em maior concentração de amido e açúcares no estrato superior relativamente ao intermediário.

A estratégia de colheita da forragem a partir das 15:00 horas promove oportunidade de colher forragem mais seca e com maior concentração de carboidratos não estruturais (amido e açúcares solúveis). Considerando a colheita quando o relvado atinge 30 cm de altura, a combinação de cortes acima de 13 cm na primavera e acima de 20 cm no verão promove incremento na colheita de carboidratos não estruturais acima de 50 g kg MS<sup>-1</sup>, podendo ser uma oportunidade de melhorar a performance animal ou a qualidade da silagem.

## 5. Referências Bibliográficas

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE SEMENTES E MUDAS – **ABRASEM**: <http://www.abrasem.com.br/category/estatisticas/>; <http://www.abrasem.com.br/anoario-2013/> - Acesso 25/07/2014.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official Methods of Analysis**. 15. ed. Washington, D.C.: p.1015, 1990.
- BERGAMASCHINI, A. F.; PASSIPIÉRI, M.; VERIANO FILHO, W. V.; ISEPON, O. J.; CORREA, L. A. Qualidade e valor nutritivo de silagens de capim-marandu (*B. brizantha* cv. Marandu) produzida com aditivos ou forragem emurchecida. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, p.1454-1462, 2006.
- BERNARDES, T. F.; REIS, R. A.; MOREIRA, A. Fermentative and microbiological profile of marandu-grass ensiled with citrus pulp pellets. **Scientia Agricola**, v.62, p.214-220, 2005.
- BERTRAND, A.; TREMBLAY, G. F.; PELLETIER, S.; CASTONGUAY, Y. ; BÉLANGER, G. Yield and nutritive value of timothy as affected by temperature, photoperiod and time of harvest. **Grass and Forage Science**, v.63, p.421-432, 2008.
- BOWDEN, D.; TAYLOR, D. K.; DAVIS, W. E. P. Water-soluble carbohydrates in orchardgrass and mixed forage. **Canadian Journal of Plant Science**, v.48, p.9-15, 1967.
- BRITO, A. F.; TREMBLAY, G. F.; BERTRAND, A.; CASTONGUAY, Y.; BÉLANGER, G.; MICHAUD, R.; LAPIERRE, H., BENCHAAAR, C. ; PETIT, H. V. ; QUELLET, D. R. ; BERTHIAUME, R. Alfalfa cut at sundown and harvested as baleage improves milk yield of late-lactation dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.91, p.3968-3982, 2008.
- BURNS, J. C.; FISCHER D. S.; MAYLAND, H. F. Diurnal shifts in nutritive value of alfalfa harvested as hay and evaluated by animal intake and digestion. **Crop Science**, v.47, p.2190-2197, 2007.
- BUXTON, D. R. and O'KIELY, P. Preharvest plant factors affecting ensiling. In BUXTON, D. R. et al. (ed.) **Silage science and technology**. Agronomy monograph, ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI, n.42, p.199-250, 2003.
- CENCI, U.; NITSCHKE, F.; STEUP, M.; MINASSIAN, B. A.; COLLEONI, C.; BALL, S. G. Transition from glycogen to starch metabolism in Archaeplastida. **Trends in Plant Science**, v.19, n.1, p.18-28, 2011.
- CIAVARELLA T. A.; SIMPSON, R. J.; DOVE, H.; LEURY, B. J. ; SIMS, I. M. Diurnal Changes in the concentration of water-soluble carbohydrates in *Phalaris aquatic* L. pasture in spring and

- effect of short-term shading. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.51, p.749-756, 2000a.
- CIAVARELLA T. A.; DOVE, H.; LEURY, B. J. ; SIMPSON, R. J. Diet selection by sheep grazing *Phalaris aquatica* L. pastures of differing water-soluble carbohydrate content. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.51, p.757-764, 2000b.
- DE OLIVEIRA, L. P.; PAIVA, A.; PEREIRA, L. E. T.; GEREMIA, E. V.; DA SILVA, S. C. Morning and afternoon sampling and herbage chemical composition of rotationally stocked elephant grass cv. Napier. **Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales**, v.2, p. 106-107, 2014.
- DELAGARDE, R.; PEYRAUD, J. L.; DELABY, L.; FAVERDIN, P. Vertical distribution of biomass, chemical composition and pepsin-cellulase digestibility in a perennial ryegrass sward: interaction with month of year, regrowth age and time of day. **Animal feed Science and Technology**, v.84, p.49-68, 2000.
- DODD, A. N.; SALATHIA, N.; HALL, A. KÉVEI, E.; TÓTH, R.; NAGY, F.; HIBBERD, J. M.; MILLAR, A. J.; WEBB, A. A. R. Plant circadian clock increase photosynthesis, growth, survival and competitive advantage. **Science**, v.309, p.630-633, 2005.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**, 3ed. rev. ampl. Brasília, p.353, 2013.
- FISCHER, D. S.; MAYLAND, H. F.; BURNS, J. C. Variation in ruminant`s preferences for tall fescue hays cut either at sundown or at sunup. **Agronomy Journal**, v.77, p.762-768, 1999.
- FISCHER, D. S.; MAYLAND, H. F.; BURNS, J. C. Variation in ruminant preferences for alfalfa hays cut at sunup and sundown. **Crop Science**, v.42, p.231-237, 2002.
- GIBON, Y.; BLÄSING, O. E.; PALACIOS-ROJAS, N.; PANKOVIC, D.; HENDRIKS, J. H. M.; FISAHN, J.; HÖHNE, M.; GÜNTHER, STITT, M. Adjustment of diurnal starch turnover to short days: depletion of sugar during the night leads to a temporary inhibition of carbohydrate utilization, accumulation of sugars and pos-translational activation of ADO-glucose pyrophosphorylase in the following light period. **Plant Journal**, v.39, p.847-862, 2004.
- GRAF, A.; SMITH, A. M. Starch and the clock: the dark side of the plant productivity. **Trends in Plant Science**, v.16, n.3, p.169-175, 2011.
- GREGORINI, P.; EIRIN, M.; REFI, R.; URSINO, M.; ANSIN, O.E.; GUNTER, S. A. Timing of herbage allocation in strip grazing: Effects on grazing pattern and performance of beef heifers. **Journal of Animal Science**, v. 84, p. 1943-1950, 2006.
- GRIGGS, T. C.; MACADAM, J. W.; MAYLAND, H. F.; BURNS, J. C. Nonstructural carbohydrate and digestibility patterns in orchardgrass swards during daily defoliation initiated in evening and morning. **Crop Science**, v.45, p.1295-1304, 2005.
- GRIGGS, T. C.; MACADAM, J. W.; MAYLAND, H. F.; BURNS, J. C. Temporal and vertical distribution of nonstructural carbohydrate, fiber, protein, and digestibility levels in orchardgrass swards. **Agronomy Journal**, v.99, p.755-763, 2007.
- GUO, G.; YU, C.; WANG, Q.; XIN, P.; SHIMOJO, M.; SHAO, T. Silage Fermentation Characteristics of Italian Ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) Harvested at Various Times on a Sunny Day. **Crop Science**, v.54, p.851-858, 2014.
- HALL, M. B. Challenges with nonfiber carbohydrates methods. **Journal of Animal Science**, v.81, p.3226-3232, 2003.
- HALL, M. B. **Neutral detergent-soluble carbohydrates. Nutritional relevance and analysis**, Bulletin 339, Gainesville: University of Florida, 76p. 2000.
- HOLDEN, L. A. Comparison of methods of *in vitro* dry matter digestibility for ten feeds. **Journal Dairy Science**, v.82, p.1791-1794, 1999.

- JENSEN, K. B.; HARRISON, P.; CHATTERTON, N. J.; BUSHMAN, B. S.; CREECH, E. Seasonal trends in nonstructural carbohydrates in cool- and warm-season grasses. **Crop Science**, v.54, p.2328-2340, 2014.
- KAGAN, I. A.; KIRCH, B. H.; THATCHER, G. D.; STRICKLAND, J. R.; TEUTSCH, C. D.; ELVINGER, F.; PLEASANT, R. S. Seasonal and diurnal changes in starch content and sugar profiles of bermudagrass in the piedmont region of the united states. **Journal of Equine Veterinary Science**, v.31, p.521-529, 2011.
- LECHTENBERG, V. L.; HOLT, D. A.; YOUNGBERG, H. W. Diurnal variation in nonstructural carbohydrates, *in vitro* digestibility, and leaf to stem ratio of alfalfa. **Agronomy Journal**, v.64 p.719-724, 1971.
- LITTELL, R. C.; HENRY, P. R.; AMMERMAN. Statistical analysis of repeated measures data using SAS procedure. **Journal Animal Science**, v.76, p.1216-1231, 1998.
- LU, Y. G.; GEHAN, J. P.; SHARKEY, T. D. Day length and circadian effects on starch degradation and maltose metabolism. **Plant Physiology**, v.138, p.2280-2291, 2005.
- MORAES, M. G.; CHATTERTON, N. J.; HARRISON, P. A.; FILGUEIRAS, T. S.; FIGUEIREDO-RIBEIRO, R. C. L. Diversity of non-structural carbohydrates in grasses (Poaceae) from Brazil. **Grass and Forage Science**, v.68, p.167-177, 2012.
- MORIN, C.; BÉLANGER, G.; TREMBLAY, G. F.; BERTRAND, A.; CASTONGUAY, Y.; DRAPEAU, R.; MICHAUD, R.; BERTHIAUME, R.; ALLARD, G. Short communication: diurnal variation of nonstructural carbohydrate and nutritive value in timothy. **Canadian Journal Plant Science**, v.92, p.883-887, 2012.
- OJIMA, K. and ISAWA, T. The variation of the carbohydrates in various species of grasses and legumes. **Canadian Journal of Botany**, v. 46, p. 1507-1511, 1968.
- ORR, R. J.; PENNING, P. D.; HARVEY, A.; CHAMPION, R. A. Diurnal patterns of intake rate by sheep grazing monocultures of ryegrass or white clover. **Applied Animal Behavioral Science**, v.52, p.65-77, 1997.
- ORR, R. J.; RUTTER, S. M.; PENNING, P. D.; ROOK, A. J. Matching grass supply to grazing for dairy cows. **Grass and Forage Science**, v.56, n.4, p.352-361, 2001.
- OWENS, V. N.; ALBRECHT, K. A.; MUCK, R. E. Protein degradation and fermentation characteristics of unwilted red clover and alfalfa silage harvested at various times during the day. **Grass and Forage Science**, v.57, p. 329-341, 2002.
- PELLETIER, S.; TREMBLAY, G. F.; BELANGER, G.; BERTRAND, A.; CASTONGUAY, Y.; PAGEAU, D.; DRAPEAU, R. Forage nonstructural carbohydrates and nutritive value as affected by time of cutting and species. **Agronomy Journal**, v.105, p.1388-1398, 2010a.
- PELLETIER, S.; TREMBLAY, G. F.; BELANGER, G.; BERTRAND, A.; CASTONGUAY, Y.; MICHAUD, R. Drying procedures affect nonstructural carbohydrates and other nutritive value attributes in forage samples. **Animal Feed Science and Technology**, v.157, p.139-150, 2010b.
- SAS Institute Inc. 2008. SAS/STAT® 9.2 User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc.
- SCOFIELD, G. N.; RUUSKA, S. A.; AOKI, N.; LEWIS, D. C.; TABE, L. M.; JENKINS, C. L. D. Starch storage in the stems of wheat plants: localization and temporal changes. **Annals of Botany**, v.103, p.859-868, 2009.
- SHEWMAKER, G. E., MAYLAND, H. F.; ROBERTS, C. A.; HARRISON, P. A.; CHATTERTON, N. J.; SLEPER, D. A. Daily carbohydrate accumulation in eight tall fescue cultivars. **Grass and Forage Science**, v.61, p.413-421, 2006.
- SOUZA, A.; SANDRIN, C. Z.; MORAES, M. G.; FIGUEIREDO-RIBEIRO, R. C. L. Diurnal variations of non-structural carbohydrates in vegetative tissues of *Melinis minutiflora*,

- Echinolaena inflexa* and *Lolium multiflorum* (Poaceae). **Revista Brasileira de Botânica**, v.28, n.4, p.755-763, 2005.
- STITT, M.; ZEEMAN, S. C. Starch turnover: pathways, regulation and role in growth. **Current Options in Plant Biology**, v.15, p.282-292, 2012.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2004.
- TREMBLAY, G. F.; MORIN, C.; BÉLANGER, G.; BERTRAND, A.; CASTONGUAY, Y.; BERTHIAUME, R.; ALLARD, G. Silage Fermentation of PM- and AM-Cut Alfalfa Wilted in Wide and Narrow Swaths. **Crop Science**, v.54, p.439-452, 2014.
- VALLE, C. B.; MACEDO, M. C. M.; EUCLIDES, V. P. B.; JANK, E.; RESENDE, R. M. S. **Gênero brachiaria**. In: Plantas Forrageiras. Eds. FONSECA, D. M.; MARTUSCELLO, J. A. Viçosa: Editora VFFV, p.30-77, 2010.
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2.ed. Ithaca: Cornell University Press, p.476, 1994.
- VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Carbohydrate methodology, metabolism and nutritional implications in dairy cattle. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v.74, p.3583-3597, 1991.
- WEISE, S. E.; WIJK, K. J. V.; SHARKEY, T. D. The role of transitory starch in C3, CAM e C4 metabolism and opportunities for engineering leaf starch accumulation. **Journal of Experimental Botany**, v.62, n.9, p.3109-3118, 2011.
- ZEEMAN, S. C.; SMITH, S. M.; SMITH, A. M. Review article: The diurnal metabolism of leaf starch. **Biochemical Journal**, v.401, p.13-28, 2007.

## CAPÍTULO II

### Horário de mudança de piquete: valor nutritivo da forragem, padrão de pastejo e desempenho em gado de corte

#### Resumo

Apesar de se conhecer o comportamento fisiológico das plantas forrageiras no que tange ao acúmulo de substâncias elaboradas da fotossíntese, poucos estudos com espécies tropicais têm sido conduzidos à procura de informações sobre o comportamento animal quanto aos padrões de pastejo e desempenho. Assim, o objetivo deste estudo foi determinar se o horário de mudar os lotes de piquete, influencia o comportamento ingestivo, o valor nutritivo da forragem ao longo do dia, o consumo de forragem e o desempenho de novilhas de corte em pastagens de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu na primavera e verão. Diariamente, três lotes mudavam de piquetes às 6 h (tratamento AM) e outros três às 15 h (tratamento PM), em um delineamento em blocos casualizados. Novilhas de corte com ~230 kg de peso inicial, foram manejadas por 156 dias em lotação rotativa com um dia de ocupação e vinte e cinco dias de descanso. Nos dois tratamentos, foi mantida uma oferta de forragem de 1,5 e 1,0 kg de matéria seca de lâminas foliares por quilograma de peso corporal por hectare, durante a primavera e verão, respectivamente. Amostras de forragem foram obtidas por simulação de pastejo às 6 h e às 15 h nos dois tratamentos. Foram analisadas as concentrações de nitrogênio, fibra em detergente neutro livre de cinzas e proteínas, carboidratos não estruturais (CNE) (açúcares + amido) e a degradabilidade *in vitro* da matéria orgânica (DegIVMO) quantificando a produção de gases e a produção de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC). O tempo de pastejo, ruminação e em outras atividades, foram registrados visualmente durante o período diurno na primavera, e registrados por um método acústico durante 24 horas no verão. Além disso, por um período de duas horas registrou-se as taxas de bocado a partir das 6 h, 12 h e 15 h nos dois tratamentos. Contrariamente à mudança de piquetes às 15 h que concentrou o tempo de pastejo, com maior taxa de bocado no entardecer, a mudança de piquetes às 6 h não concentrou o pastejo pela manhã, e os lotes pastejaram por mais tempo e distribuíram esse tempo entre as refeições do amanhecer e entardecer de forma semelhante. Apesar da forragem pré-pastejo do tratamento PM possuir por volta 50 g CNE kg<sup>-1</sup> MS a mais que aquela no pré-pastejo AM, no mesmo horário do dia a forragem dos tratamentos possuíam concentração de CNE e DegIVMO semelhantes. Esses fatores compensatórios entre o tempo de pastejo, a taxa de bocado e valor nutritivo do relvado ao longo do dia entre tratamentos, resultam em ganho de peso por animal semelhantes. Contudo, para bovinos de corte o horário de mudança dos lotes de piquetes interfere na divisão das refeições ao longo do dia, concentrando as refeições no entardecer quando os lotes são mudados de piquetes pela tarde.

**Palavras-chave:** açúcares, bovinos, carboidratos não estruturais, comportamento ingestivo, hora do dia, método de pastejo

## CHAPTER II

### Schedule for changing animals from paddock: forage nutritive value, grazing patterns and performance of beef cattle

#### Abstract

Although the physiology of substances produced in photosynthesis is known, few studies with tropical species have been done to provide information about animal behavior regarding grazing patterns and performance. The objective of the study was to determine whether the time of moving to another paddock along the day affects animal ingestive behavior, forage nutritive value, dry matter intake and performance of beef heifers grazing *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, in spring and summer. There were two treatments [AM - three groups of heifers (230 kg) moving daily from paddock to another at 6:00 AM treatment, and PM - three groups moving at 3:00 PM treatment] with two replicates in a complete random blocks design. Heifers were managed by 156 days in rotational stocking, with 1 day grazing period and 25 days resting period. Respective forage allowances were 1,5 and 1,0 kg DM kg<sup>-1</sup> LW ha<sup>-1</sup> to spring and summer of 2013. Forage samples were hand-plucked, at 6:00 am and 3:00 pm, in both treatments, for determinations of nitrogen (N), FDN-free of ash and proteins, non-structural carbohydrates (NSC: sugar and starch), *in vitro* organic matter degradability (IVOMD), *in vitro* gas production (IVGP) and volatile fatty acid (VFA). Times spent with grazing, rumination and other activities were visually and acoustically recorded during 24 consecutive hours, in summer. Biting rate was registered during 2-hours periods at 6 h, 12 h and 15 h, in both treatments. While moving animals at 3:00 pm concentrates grazing day time and high biting rate at sunset, 6:00 pm did not concentrate grazing activities in morning, and animals grazed more time, distributing it between meals at sunrise and set, similarly. Regardless of 3:00 pm having 50 g NFC kg<sup>-1</sup> DM more than 6:00 am pre-grazing, its forage samples had similar NSC and IVOMD, on the same day time. Such compensating factors between grazing day time, biting rate and forage nutritive value throughout the day resulted in similar average weight gain per animal. We However, the time for moving beef cattle from paddock affects the meals distribution along the day and concentrates meals in the evening when groups are moved from paddock in the afternoon.

**Key-words:** bovine, day time, grazing method, ingestive behavior, non-structural carbohydrates, sugar

## 1. Introdução

O comportamento de pastejo dos ruminantes domésticos foi evolutivamente construído sob a influência da sua condição de presa na cadeia alimentar. Cerca de 90% da ingestão de forragem ocorre durante o dia. Durante a noite a manada se agrupa, permanecendo a maior parte do tempo ruminando ou descansando. O tempo em pastejo noturno geralmente não ultrapassa 15% do tempo total de pastejo, além de ser pouco intenso e representar menos de 10% do consumo total de forragem (STOBBS, 1970; KRYSL; HESS, 1993).

Segundo Cosgrove (1997), bovinos normalmente realizam de 3 a 5 refeições durante o dia, que seguem determinados padrões como horário de início, duração e intensidade. Quando ruminantes domésticos são manejados em pastagens sob o método de lotação contínua, as principais refeições ocorrem após o nascer do sol e no final da tarde, incluindo o início da noite, quando normalmente o pastejo é mais intenso e de maior duração que o pastejo da manhã (PENNING et al., 1991; ORR et al., 1997). A preferência por refeições ao amanhecer e entardecer tem sido explicada por mecanismos fisiológicos e adaptativos dos ruminantes (GREGORINI, 2012). Maior tempo e intensidade de pastejo durante o período da tarde podem maximizar o consumo de matéria seca e energia, uma vez que, durante o dia ocorre desidratação e acúmulo de açúcares e amido na forragem (LECHTENBERG et al., 1971; DELAGARDE et al., 2000; GRIGGS et al., 2005). Além disso, nessas condições de umidade e composição química, a forragem torna-se mais quebradiça, com maior facilidade de redução do tamanho de partículas durante a mastigação (GREGORINI et al., 2009). Essas mudanças químicas e físicas na forragem durante o dia interagem com fatores fisiológicos dos ruminantes que levam ao máximo nível de enchimento do rúmen ao anoitecer (TAWHEEL et al., 2004). Nesse momento do dia, níveis hormonais cíclicos favorecem a motilidade ruminal e abertura do orifício pilórico favorecendo a taxa de passagem (DOVE et al., 1988; HAYES et al., 2004; GREGORINI et al., 2008). Analogamente às plantas que armazenam amido durante o dia para serem utilizados à noite (STITT; ZEEMAN, 2012), o enchimento ruminal ao final da tarde é importante para manter a no suprimento de nutrientes durante a noite (para ambos, rúmen e ruminante), sem a necessidade de pastejo noturno, onde o risco de predação seria maior (CHARNOV et al., 1976). Por outro lado, pela manhã, após intensa ruminação durante a noite, o rúmen se encontra no menor nível de enchimento (TAWHEEL et al., 2004) e hormônios neuroendócrinos relacionados com o ritmo circadiano (HERZOG; SCHWARTZ, 2002; STRUBBLE; WOODS, 2004) e com o estado de fome (GEARY, 2004) estimulam o

início do pastejo, mesmo sendo a hora do dia mais desfavorável a ingestão de nutrientes, devido ao baixo teor de matéria seca, açúcares e amido na forragem (GREGORINI, 2012).

No entanto, esses padrões podem ser alterados tanto por fatores ambientais como pelo manejo (HODGSON, 1990; LINNANE et al., 2001). Em lotação rotativa, a alocação mais frequente (1 dia vs. 4 dias) dos animais em um novo piquete ou faixa, altera o comportamento de pastejo e traz benefícios em produtividade de leite (ABRAHAMSE et al., 2008). Em pastagens manejadas com curto período de ocupação (e.g. 24 horas), a composição química e estrutura do relvado alteram-se simultaneamente durante o rebaixamento e influenciam o consumo de forragem e o padrão de acúmulo de açúcares, dependendo da hora do dia que se inicia a sequência de desfolha (BARRETT et al., 2001; GRIGGS et al., 2005). Diante disso, estratégias de manejo que alteram a distribuição temporal da frequência, intensidade e duração do pastejo emergem como possibilidade de melhorar a produtividade.

A ordenha ou mudança de piquetes estimulam e sincronizam o início de uma refeição (TREVASKIS et al., 2004; GREGORINI et al., 2006). Assim, a hora do dia em que é feita a mudança de piquetes tem sido vista como uma forma de alocar o pastejo no momento favorável à aquisição de nutrientes do relvado. Ao menos três trabalhos testaram a hipótese de que o oferecimento de um novo piquete pela tarde ao invés de pela manhã promove algum aumento no desempenho animal (ORR et al., 2001; GREGORINI et al., 2006; ABRAHAMSE et al., 2009). Apesar dos diferentes desenhos experimentais utilizados e curtos períodos de avaliação, resultados com *Lolium* sp. evidenciam vantagens da mudança de piquetes ao final da tarde, mas com interações entre períodos de avaliação. Orr et al. (2001) obtiveram aumentos em torno de 5% em produção de leite somente após quatro semanas de um total de dez semanas de avaliação. Já Gregorini et al. (2006) obtiveram resposta em ganho de peso (+20%) após a terceira semana de um total de cinco semanas de avaliação no inverno, e já desde a primeira semana durante seis semanas na primavera (+53%).

No entanto, é possível que a influência do horário de mudança de piquetes no comportamento ingestivo do gado de corte seja diferente ao registrado para o gado de leite. Isso ocorre pela inexistência do manejo de ordenha, devido aos animais passarem diariamente mais tempo na pastagem, e pela maior flexibilidade para o início, duração e velocidade de pastejo, situações que poderiam modificar a distribuição das refeições e da ingestão de forragem ao longo do dia. Como essa hipótese nunca foi testada em criação de gado de corte, em experimentos de maior duração e em escala de fazenda sob condições de clima tropical, objetivou-se determinar se o horário de trocar os lotes de piquete, três lotes ao amanhecer (6 h) *versus* três lotes à tarde (15 h), influenciam o comportamento ingestivo, a composição

química e a fermentação da forragem ao longo do dia, e o desempenho de novilhas de corte em pastagens de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu sob lotação rotativa com um dia de ocupação ao longo da primavera e verão.

## 2. Material e Métodos

### *Experimento I - valor nutritivo, desempenho e comportamento ingestivo*

#### **2.1. Local e período experimental**

O experimento foi conduzido na Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo (FZEA-USP), Campus de Pirassununga, Estado de São Paulo, Brasil (21° 59' N; 47° 26' W, 635 m de altitude). A área experimental de 25 hectares foi dividida em 156 piquetes de 1.638 m<sup>2</sup>. Uma área de 13 hectares foi utilizada para permanência dos animais reguladores, utilizados para ajustes nas taxas de lotação. A planta forrageira estabelecida na área era a *Brachiaria brizantha* cv. Marandu (Hochst ex A. Rich.) Stapf.

Houve um período pré-experimental (15/8/2012 a 7/10/2012), quando foi realizada a uniformização da área, retirando o efeito de tratamentos anteriores, para a implantação do método de lotação rotativa com um dia de ocupação. O período experimental foi de 156 dias, (8/10/2012 a 13/3/2013), totalizando seis ciclos de pastejo de 26 dias durante as estações de primavera e verão.

#### **2.2. Condições edafoclimáticas e adubações**

O clima da região é o Cwa na classificação de Köppen, com temperatura média anual de 20,8 °C e precipitação total média anual de 1.298 mm. Os dados climáticos foram obtidos de uma estação meteorológica informatizada, com registro de dados a cada 10 minutos, localizada a cerca de 1.700 metros da área experimental. A precipitação acumulada no período foi de 1.400 mm, semelhante à média histórica, de 1.233 mm, para o mesmo período. Os meses de Novembro de 2012 e Fevereiro de 2013 foram mais chuvosos, quando a precipitação média foi 81 mm maior que a média histórica (Figura 4).

A temperatura média no período experimental foi de 24°C, umidade relativa do ar média de 71% e radiação solar média de 966 w m<sup>-2</sup>. Maiores amplitudes de variação de temperaturas foram registradas nos meses de primavera e menores amplitudes no verão.

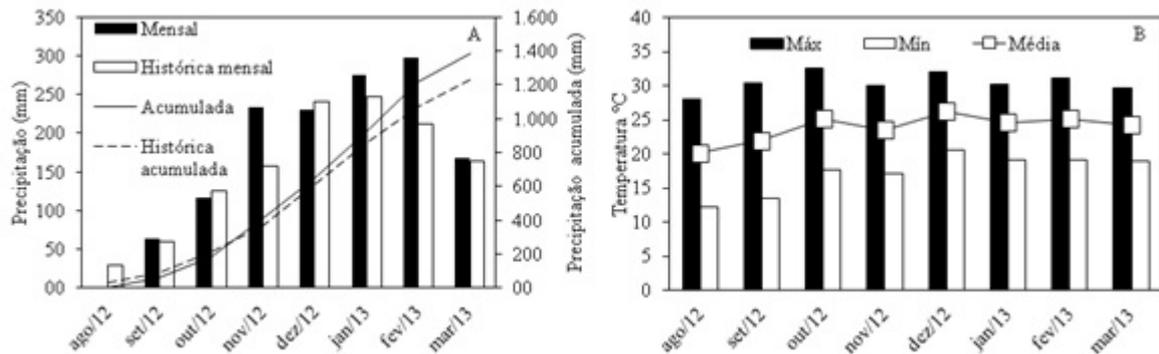


Figura 4. Precipitação no período experimental e média histórica (67 anos) (A) e temperaturas máxima, mínima e média (B).

O solo é classificado como Latossolo Vermelho Distrófico (EMBRAPA, 2013) e apresenta a seguinte análise química: pH (CaCl<sub>2</sub>) 5,4; MO (g dm<sup>-3</sup>) 36; P<sub>resina</sub> (mg dm<sup>-3</sup>) 9; S (mg dm<sup>-3</sup>) 16; K (mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) 2,6; Ca (mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) 22; Mg (mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) 8; H+Al (mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) 23; Al (mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) traço; CTC (mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) 55; SB (mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) 33; V (%) 59; m (%) traço; B (mg dm<sup>-3</sup>) 0,39; Cu (mg dm<sup>-3</sup>) 2,4; Fe (mg dm<sup>-3</sup>) 33; Mn (mg dm<sup>-3</sup>) 23,1; Zn (mg dm<sup>-3</sup>) 2,0.

Em 29/10/2012 foi aplicado 1.200 kg ha<sup>-1</sup> de calcário agrícola, com PRNT mínimo de 90%. Após 25 dias, a área recebeu adubação fosfatada, com a aplicação de 500 kg ha<sup>-1</sup> de adubo formulado 10-20-10. No início de dezembro, a área recebeu 500 kg ha<sup>-1</sup> do adubo formulado 20-00-20. No total foram aplicados 100 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>, 150 kg de K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> e 150 de N ha<sup>-1</sup>. As fontes de N, P e K foram nitrato de amônio, superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente. A aplicação do calcário e fertilizantes foi feita mecanizada, em lanço, e em área total.

### **2.3. Tratamentos e delineamento experimental**

Os tratamentos foram dois horários de mudança dos animais de piquetes: às 6:00 h (tratamento AM) e às 15:00 h (tratamento PM). O delineamento experimental foi em blocos completos casualizados com três repetições, totalizando seis unidades experimentais (Figura 5). Os tratamentos foram distribuídos aleatoriamente nos blocos (52 piquetes em cada bloco, 26 piquetes por tratamento). Os conjuntos de 26 piquetes, e os lotes de animais testadores, foram considerados unidades experimentais nas avaliações das variáveis respostas relacionadas ao relvado ou ao comportamento e desempenho animal, respectivamente.

Para avaliação da composição química e valor nutritivo da forragem foi adicionado o fator hora de amostragem (H). As amostras foram obtidas por simulação de pastejo realizadas

às 6 h (am) e 15 h (pm) para os dois tratamentos (AM\_am, PM\_am, AM\_pm e PM\_pm). Também à variável taxa de bocado (TXB) foi adicionado o fator horário do dia. As avaliações da TXB foram realizadas em três horários diferentes (6:00, 12:00 e 15:00 horas) em cada tratamento (AM e PM).

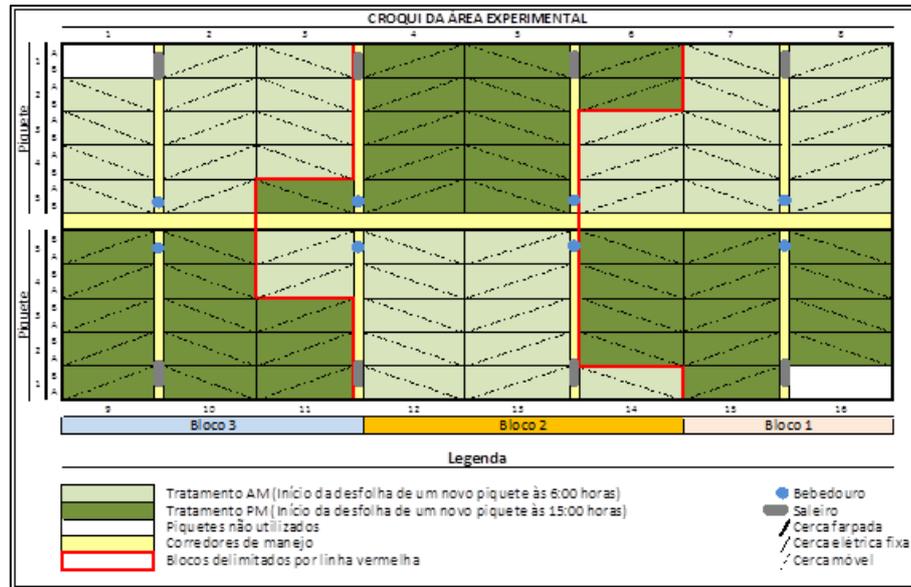


Figura 5. Croqui da área experimental evidenciando blocos e tratamentos

#### **2.4. Método de pastejo e animais experimentais**

O método de pastejo utilizado foi o da lotação rotativa e taxa de lotação variável (MOTT; LUCAS, 1952) para obter a mesma oferta de forragem nos dois tratamentos, expressa de acordo com Sollenberger et al. (2005). Os ajustes necessários de lotação foram feitos conforme a estimativa de massa de forragem determinada semanalmente. Cada ciclo de pastejo foi caracterizado por um dia de ocupação e 25 dias de descanso, totalizando 26 dias.

Foram utilizadas 180 novilhas da raça Nelore com idade e peso médio inicial de 15 meses e 230 kg, respectivamente, provenientes do rebanho da Universidade de São Paulo, Campus de Pirassununga. As novilhas foram previamente classificadas por peso. As 60 novilhas com pesos intermediários foram agrupadas nos tratamentos conforme sugere Pimentel-Gomes et al. (1988), de forma a obter pesos iniciais semelhantes entre as unidades experimentais. Foram utilizadas 10 novilhas testadoras por unidade experimental, totalizando 30 novilhas por tratamento para mensuração das variáveis de peso corporal (PC) e ganho médio diário (GMD). Para mensurar as variáveis de comportamento ingestivo, como TXB e padrões de uso do tempo e realizar o ensaio de consumo de forragem, foram utilizadas outras

18 novilhas (três novilhas por unidade experimental), selecionadas por temperamento e agrupadas nos tratamentos seguindo a mesma sistemática (PIMENTEL-GOMES et al., 1988).

As novilhas testadoras foram identificadas e alocadas nas unidades experimentais em 13/9/2012, durante o período pré-experimental. Assim, houve tempo (26 dias) para adaptação dos animais aos tratamentos e formação das relações sociais e hierárquicas dos lotes. Para determinação do ganho de peso corporal, os animais foram pesados antes do início do experimento com jejum de 14 a 16 horas e, posteriormente, a cada ciclo de pastejo (Figura 6). Os animais possuíam água e suplemento mineral à vontade e foram manejados diariamente, seguindo boas práticas de manejo. O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa, área animal da FZEA/USP sob número de processo USP nº: 2012.1.1561.74.3.



Figura 6. Vista geral do curral de manejo com as novilhas após jejum de 14 horas (Foto: Fábio C. L. de Oliveira, 20/01/2013)

### **2.5. Avaliações na pastagem**

Para a estimativa da massa de forragem (MF) ( $\text{kg de MS ha}^{-1}$ ) foi empregada a técnica da dupla amostragem (WILM et al., 1944), utilizando-se a correlação entre altura do relvado e massa de forragem. A dupla amostragem foi feita em intervalos de aproximadamente 26 dias. Quinze locais foram deliberadamente escolhidos de forma a representar um intervalo de altura e massa de forragem encontrada na pastagem. Nesses locais, a altura foi medida com bastão graduado e em seguida as plantas contidas em uma moldura de 50 x 50 cm ( $0,25 \text{ m}^2$ ) foram

colhidas a 3 cm do nível do solo, recolhidas em sacos plásticos e pesadas. Uma subamostra foi retirada para determinação do teor de matéria seca e determinação da massa seca de forragem por hectare. As amostras foram desidratadas em estufa com circulação forçada de ar a 60 °C por 72 horas e pesadas em balança de precisão. A equação de calibração foi calculada, utilizando-se regressão linear entre altura e massa seca de forragem. A equação com os parâmetros médios dos ciclos de primavera é:  $MF = 1103 + 244 * \text{Altura}$ , com  $R^2$  sempre acima de 0,84; e do verão:  $MF = 1609 + 153 * \text{Altura}$ , com  $R^2$  sempre acima de 0,80. A estimativa da massa seca de forragem dos piquetes foi feita utilizando-se na equação a média de 30 medições da altura do relvado, tomadas em caminhamento em “zig-zag”, abrangendo toda a área do piquete, representando a heterogeneidade do pasto. Em seguida, determinou-se a densidade de lotação necessária para obter a mesma oferta de forragem nos dois tratamentos. O mesmo procedimento foi realizado para determinar a massa de forragem residual.

A caracterização morfológica do pasto foi realizada duas vezes em cada ciclo de pastejo. Os cortes das amostras nas condições de MF pré-pastejo e pós-pastejo foram realizados no mesmo piquete. Em cada piquete, as plantas contidas em três quadrados (50 x 50 cm) foram colhidas a 3 cm do nível do solo, recolhidas em sacos plásticos, identificadas e pesadas. Para a caracterização morfológica, uma subamostra de aproximadamente 500 g foi separada nos componentes: lâmina foliar (LF), colmo mais bainha (CB) e material senescente ou morto (MM). Após separação, as amostras foram recolhidas em sacos de papel perfurados e levadas para estufa com circulação forçada de ar a 60 °C por 72 horas e pesadas em balança de precisão.

As amostragens da forragem para determinação da composição química e valor nutritivo foram feitas aproximadamente a cada 15 dias por meio da técnica de simulação de pastejo (EUCLIDES et al., 1992). As amostragens foram feitas nos dois tratamentos às 15 h, após um dia com céu aberto e predominância de sol, e às 6 h do dia seguinte, totalizando 12 amostras. No tratamento AM a condição de pré-pastejo foi amostrada às 6 h e de pós-pastejo às 15 h e para o tratamento PM o inverso. As amostragens foram feitas por pessoal devidamente treinado para observar os animais em processo de pastejo e selecionar com a mão uma amostra de forragem semelhante àquelas que os animais consumiam. Foi utilizada uma pessoa treinada por bloco, que amostrou aproximadamente 600 g de forragem fresca por unidade experimental. Em seguida, as amostras foram armazenadas em caixa térmica com gelo, e levadas imediatamente para o laboratório. Foram divididas em duas porções iguais (aproximadamente 300 g) e pesadas em balança de precisão. Uma das porções recebeu um pré-tratamento em micro-ondas antes da pré-secagem em estufa conforme (PELLETIER et al.,

2010). A outra porção não sofreu o aquecimento em micro-ondas e serviu às análises de PB e FDN. O tempo entre a coleta e o processamento das amostras em micro-ondas, em geral, não ultrapassou 60 minutos. Todas as amostras foram colocadas em estufa com circulação forçada de ar por 72 horas a 60 °C (AOAC, 1990) para pré-secagem.

## **2.6. Análises laboratoriais**

Após a pré-secagem (AOAC, 1990), as amostras resfriaram até entrarem em equilíbrio com a umidade ambiente e foram pesadas para determinação da amostra parcialmente seca em relação a matéria natural (MN). Em seguida foram moídas em moinho estacionário tipo ‘Willey’ com peneira de 1 mm, acondicionadas em sacos plásticos e armazenadas em local seco e protegido da luz. As concentrações de MS, cinzas (MM) e N foram determinadas conforme AOAC (1990) e FDN de acordo com Van Soest et al. (1991), porém, sem o uso de alfa amilase termoestável ou sulfito de sódio. Para obtenção da FDN livre de cinzas e proteínas (FDN<sub>cp</sub>) foram determinadas as concentrações de MM e N na FDN conforme AOAC (1990). Os CNE foram fracionados em carboidratos solúveis em etanol 80% (CSE), que representam os mono e dissacarídeos, e AMI conforme método descrito por Hall (2000). O teor de AMI foi determinado a partir do resíduo insolúvel em etanol, pela técnica de gelatinização e hidrólise enzimática, seguida da determinação colorimétrica da glicose (HALL, 2000). O somatório das frações de CSE e AMI foi considerado como o total de CNE (HALL et al., 2003).

## **2.7. Degradabilidade *in vitro***

A degradabilidade *in vitro* da matéria orgânica foi realizada pela técnica semi-automática de produção de gases, usando o método de Theodorou et al. (1994), modificado por Mauricio et al. (1999). Perfis cumulativos da produção de gases foram gerados utilizando um transdutor de pressão e um data logger (PDL800). Para estimar a produção de gases a partir da pressão, foi gerada uma equação baseada na relação linear entre pressão e volume de gás. O volume de gás produzido foi medido com uma seringa acoplada ao transdutor de pressão. Foram incubadas quatro garrafas por amostra, onde duas garrafas foram utilizadas para estimar a produção de gases e degradabilidade aparente em 24 h e as outras em 72 h de incubação. Cada garrafa de vidro de 125 mL continha 1,0 g de amostra, 90 mL de meio tampão e 10 mL de inóculo, permitindo obter uma relação inóculo:meio de 1:9. Essas garrafas foram seladas e mantidas a 39 °C em estufa de circulação forçada de ar. As medições dos gases foram feitas 4, 8, 12, 18, 24, 30, 36, 48, 60 e 72 horas pós-incubação. Para os ajustes de

variação, foram incubadas garrafas consideradas brancas, contendo as soluções de incubação sem substrato. Um dia antes da incubação, as amostras foram pesadas, colocadas nas respectivas garrafas e mantidas a 39°C. O meio de cultura foi preparado sob fluxo contínuo de CO<sub>2</sub> e mantido em estufa a 39°C. O inóculo ruminal foi obtido de bovinos machos da raça Nelore com peso médio de 450 kg e idade média de 36 meses fistulados no rúmen. Os animais foram mantidos em pastagem de *brachiaria brizantha*. A digesta do rúmen foi obtida com animais em jejum coletando-se manualmente a fase sólida e líquida do saco dorsal e ventral do rúmen e transferida para garrafas térmicas previamente aquecidas a 39°C. No laboratório, volumes iguais das duas fases (sólida e líquida) foram misturados em liquidificador por aproximadamente 10 segundos sob infusão de CO<sub>2</sub>, filtrados através de quatro camadas de tecido tipo campo cirúrgico e mantido em banho-maria a 39°C com saturação de CO<sub>2</sub> até a inoculação. Ao final do ensaio de 24 e 72 h a fermentação foi interrompida colocando-se as garrafas em água gelada (aproximadamente 4°C). Uma alíquota de 2 mL da fase líquida foi transferida para ependorf e congelada para posterior análise de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) por método de cromatografia gasosa (ERWIN et al., 1961).

O líquido e as partículas restantes foram filtrados em cadinhos N<sup>o</sup>1 com porosidade de 100 a 160 µm sob vácuo para estimar a degradabilidade aparente. A degradação da matéria orgânica foi obtida pela diferença entre o peso inicial da amostra (com base na MO) e o peso do resíduo após secagem a 105°C e corrigido para cinzas em mufla a 512°C por 4 horas. O modelo proposto por France et al. (1993) foi adotado para estimar os padrões da fermentação microbiana, baseado na média da produção de gases acumulada. O modelo foi ajustado aos dados da produção de gases para estimar o tempo de colonização e a produção potencial de gases, utilizando-se procedimento estatístico não linear do SAS (2008).

### **2.8. Avaliações do comportamento ingestivo**

Para determinar o padrão de uso do tempo pelos animais, três novilhas por unidade experimental (total de 18 animais) foram observadas durante o período diurno (5:25 às 18:25 horas). A cada cinco minutos foram registradas suas atividades (MEZZALIRA et al., 2011), sendo discriminadas como pastejo, ruminação e outras atividades. As avaliações foram feitas por observadores previamente treinados, portando binóculos e posicionados em andaimes a cerca de 2 metros de altura (método visual, Figura 7).



Figura 7. Observador posicionado em andaimos, portando binóculos, registra as atividades dos animais a cada cinco minutos (Foto: Fábio C. L. de Oliveira, 07/02/2013)

No dia anterior às observações, as novilhas foram identificadas com formas geométricas e cores diferentes para facilitar as observações. Os andaimos foram posicionados na área de forma a minimizar alterações do comportamento dos animais e ao mesmo tempo conseguir observá-los. Foi utilizado um avaliador por bloco. Cada pessoa observou as atividades de seis novilhas. Os dados foram expressos em minutos, registrados como tempo de pastejo (TP), tempo de ruminação (TR) e tempo de outras atividades (TO). O TP foi considerado como o tempo gasto com as atividades de procura, seleção, prensão e ingestão de forragem. Nessa atividade, normalmente os animais estavam em pé ou caminhando com a cabeça voltada para o pasto realizando bocados. O TR foi considerado como o período em que o animal não estava pastando, mas está remastigando o bolo alimentar retornado do rúmen. Essa atividade é caracterizada por movimentos mandibulares cíclicos e repetitivos, e pelo refluxo do bolo alimentar via esôfago, quando o animal, normalmente, encontra-se parado. Por outras atividades, entende-se o período em que o animal não estava pastando e nem ruminando. Inclui os períodos de descanso, interações sociais, ingestão de água, sal, etc.

Para determinação das atividades dos animais por períodos de 24 horas, e assim obter seu padrão de uso do tempo noturno, fez-se o uso de um método acústico para quantificar as atividades de bovinos em pastejo (DA TRINDADE et al., 2011). O princípio do método está no fato de as diferentes atividades dos animais apresentarem determinado padrão acústico,

como frequência (Hz), intensidade (dB), duração (s) e intervalo (s) que podem potencialmente discriminá-las. Para gravar o som produzido pelos animais, foram utilizados gravadores digitais e microfones de lapela fixados em cabrestos (Figura 8). O gravador foi posicionado na nuca e o microfone na frente dos animais. O microfone de lapela foi protegido por uma cápsula de isopor, para minimizar os ruídos externos provenientes do deslocamento dos animais na vegetação, do vento, do tráfego de veículos e aeronaves, entre outros. O gravador digital de voz, modelo ICD-PX312 (Sony, Manaus, AM), com 2,0 Gb de memória, dimensões de 37.5 x 114 x 20.9 mm e peso de 74 gramas, incluindo a pilha de tamanho AAA, foi utilizado para gravar e armazenar os registros sonoros. O gravador foi envolvido em plástico-bolha para proteção contra batidas e umidade, e colocados no interior de um suporte fixado no cabresto. O modo de gravação foi HQ (MONO) 128 kbps (“high quality” 75 Hz – 17 Hz) com capacidade para 33,5 horas de gravação e ajustado para alta sensibilidade do microfone. As novilhas foram previamente domadas e adaptadas aos aparatos.



Figura 8. Novilha usando cabresto com gravador digital de voz na nuca e microfone de lapela no interior de uma cápsula de isopor (Foto: Fábio C. L de Oliveira, 14/01/2013)

Foram utilizadas três novilhas testadoras por tratamento, totalizando 18 novilhas. Contudo, como havia seis gravadores, as gravações foram realizadas em um bloco por vez. Ao término do ensaio em um bloco, retiravam-se os cabrestos, os arquivos eram transferidos dos gravadores para um computador, trocavam-se as pilhas dos gravadores e iniciava-se o ensaio em outro bloco. Os registros sonoros foram analisados por pessoal treinado, utilizando-se o programa Sound Forge Pro 10<sup>®</sup> (Figura 9).

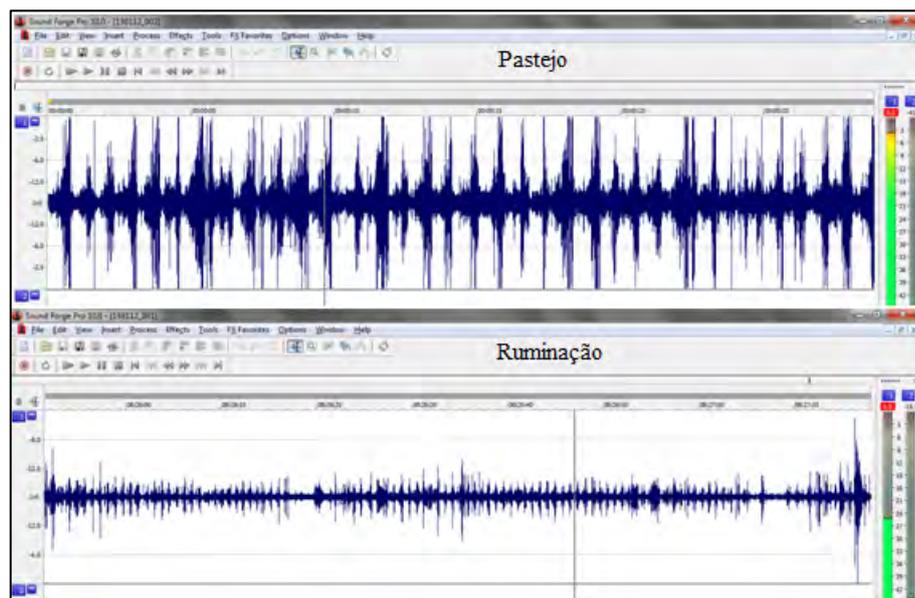


Figura 9. Padrões sonoros das atividades de pastejo e ruminação

As observações visuais foram realizadas uma vez por ciclo na primavera e verão, já os registros acústicos foram obtidos apenas nos três ciclos de pastejo durante o verão. Assim, utilizaram-se os dados do método visual para primavera e os dados do método acústico para o verão. Na primavera, os tempos totais de pastejo, ruminação e outras atividades foram subdivididos em períodos matutino (5:25 às 12:00 horas) e vespertino (12:01 às 18:25 horas) e no verão, foram subdivididos em períodos matutino (6:00 às 13:00 horas), vespertino (13:01 às 20:00 horas) e noturno (20:01 às 5:59 horas).

Para realizar as observações da TXB dos animais, foram necessários seis avaliadores, devidamente treinados e portando cronômetro (Figura 10). As medidas foram feitas uma vez por ciclo de pastejo, quando cada avaliador permaneceu junto aos animais, próximo o suficiente, para visualizar, ouvir e contar os bocados de preensão realizados pelas novilhas em pastejo (GREGORINI et al., 2006). O tempo necessário para a realização de 20 bocados de preensão foi cronometrado e registrado, quantas vezes possível, durante as refeições

realizadas entre as 6:00 e 9:00, 12:00 e 13:00, e 15:00 e 17:00 horas. O tempo médio para realização de 20 bocados foi convertido para bocados de preensão por minuto, obtendo-se a TXB.



Figura 10. Avaliador cronometrando o tempo necessário para realização de vinte bocados de preensão (Foto: Fábio C. L. de Oliveira, 05/02/2013)

### ***Experimento II - Avaliação do consumo de forragem***

Com o objetivo de mensurar o consumo de forragem das novilhas em pastejo, foi realizado um ensaio agrupando as novilhas testadoras para comportamento ingestivo de acordo com o tratamento (AM ou PM) ao final do experimento de desempenho. Estimou-se a produção fecal com uso de indicador externo e a digestibilidade da forragem por análise *in vitro*.

#### **2.9. Delineamento e período experimental (Experimento II)**

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com dois tratamentos (AM e PM) e oito repetições (animais como repetição). O ensaio foi realizado entre 14/3/2013 e 10/4/2013.

#### **2.10. Estimativas de consumo de forragem com uso de indicador externo**

Após 14 dias de adaptação dos lotes, iniciou-se a administração do indicador dióxido de titânio (TITGEMEYER et al., 2001). O indicador foi fornecido uma vez ao dia por 13 dias

consecutivos, com amostragens de fezes nos três últimos dias. O consumo de MS foi obtido pela fórmula:  $CMS = EF * 100 / (1 - DIVMS)$ , em que CMS é o consumo de MS ( $kg\ dia^{-1}$ ); EF, a excreção fecal diária ( $kg\ dia^{-1}$ ); e DIVMS, a digestibilidade verdadeira *in vitro* da MS. A DIVMS foi determinada em amostras de forragem colhidas manualmente nos piquetes de cada tratamento (pastejo simulado). Foi determinada com 48 horas de incubação pelo método do fermentador ruminal DAISY<sup>II</sup>® (Ankon Technology, Fairport NY) seguindo procedimento descrito em Holden (1999). A excreção fecal foi obtida pela fórmula:  $EF (g\ dia^{-1}) = \text{dióxido de titânio fornecido} (g\ dia^{-1}) / \text{concentração de dióxido de titânio nas fezes} (g\ kg\ MS^{-1})$ . O dióxido de titânio foi pesado previamente no laboratório e envolto em papel toalha. Por 13 dias, cinco gramas de dióxido de titânio foram ministrados via oral uma vez ao dia, às 13:00 horas, por meio de uma cânula esofágica de borracha flexível. Nos três últimos dias foi realizada a coleta de fezes. As coletas foram realizadas na pastagem imediatamente após as dejeções, acondicionadas em sacos plásticos e identificadas. As amostras foram coletadas às 6:00, 12:00 e 15:00 horas, e congeladas a  $-10^{\circ}C$ . Posteriormente, foram secas em estufa de circulação forçada de ar a  $60^{\circ}C$  por 96 horas. Em seguida foram moídas em moinho estacionário tipo ‘Willey’ com peneira de 1 mm, acondicionadas em sacos plásticos e armazenadas em local seco e protegido da luz para posterior determinação dos teores de titânio de acordo Myers et al. (2004).

### **2.11. Análises estatísticas (Experimento I)**

Todos os dados foram analisados usando o PROC MIXED do software SAS (Versão 9.2; SAS Inst. Inc., Cary, NC). Na análise das variáveis relativas às condições da pastagem e desempenho animal (Tabelas 6 e 7), os tratamentos (AM e PM), as estações do ano (primavera e verão) e suas interações foram considerados efeitos fixos e blocos efeito aleatório. Os dados foram submetidos inicialmente à análise de variância após modelar a heterogeneidade de variâncias existente entre os níveis do fator estação do ano (medida repetida no tempo).

Nas variáveis de composição química e valor nutritivo da forragem (Tabelas 9, 10 e 11), tratamentos (AM e PM), hora do dia (AM\_am; PM\_am; AM\_pm; PM\_pm), estações do ano (primavera e verão) e suas interações (duplas e triplas) foram considerados efeitos fixos e blocos efeito aleatório. Hora do dia e estações do ano foram analisadas como medidas repetidas no tempo em dois níveis. Os dados foram submetidos inicialmente à análise de variância após modelar a heterogeneidade de variâncias existente entre os níveis dos fatores hora do dia e estação do ano. A comparação entre médias foi realizada utilizando o teste

Tukey em nível de 10% de significância e o agrupamento de letras obtido usando a macro do SAS pdmix800 (SAXTON,1998).

Na análise das variáveis de uso do tempo (Tabela 8) os tratamentos (AM e PM) foram considerados efeitos fixos e comparados dentro de cada estação do ano de forma independente. Blocos e ciclos de pastejo dentro de cada estação do ano foram considerados como efeitos aleatórios. Os dados foram submetidos inicialmente à análise de variância após modelar a heterogeneidade de variâncias existente entre ciclos de pastejo.

No ensaio de taxa de bocado (Figura 13) os tratamentos (AM e PM), hora do dia (6:00, 12:00 e 15:00 h) e suas interações foram considerados efeitos fixos e blocos como efeitos aleatórios. Hora do dia e estações do ano foram analisadas como medidas repetidas no tempo em dois níveis. Os dados foram submetidos inicialmente à análise de variância após modelar a heterogeneidade de variâncias existente entre os níveis dos fatores hora do dia e estação do ano. A comparação entre médias foi realizada utilizando o teste Tukey em nível de 10% de significância.

Em todas as análises, a seleção da melhor estrutura de covariâncias (LITTELL et al., 1998) baseou-se nos resultados de testes da razão de verossimilhanças e no valor do Critério de Informação de Akaike (AIC). As médias dos tratamentos foram estimadas utilizando-se o LSMEANS e consideradas diferentes quando  $P < 0,10$  e as exceções são indicadas. Quando as interações foram significativas, as diferenças entre tratamentos foram testadas para significância usando a opção “slice” do procedimento MIXED do SAS.

## **2.12. Análises estatísticas (Experimento II)**

Os dados foram analisados utilizando o PROC ANOVA do software SAS (Versão 9.2; SAS Inst. Inc., Cary, NC). Os dados foram submetidos à análise de variância, sendo que as médias dos tratamentos foram consideradas diferentes quando  $P < 0,10$ .

## **3. Resultados**

### **3.1. Massa de forragem e estrutura do relvado**

A uniformidade das condições do relvado em cada ciclo de pastejo é importante para isolar os efeitos dos tratamentos. Todas as variáveis de massa de forragem e estrutura do relvado foram semelhantes ( $P > 0,10$ ) entre os tratamentos AM e PM na primavera e verão nas condições de pré-pastejo e pós-pastejo (Tabela 6). Independente do tratamento, houve efeito de estação do ano para todas as variáveis. As alturas do relvado no momento da entrada

dos animais nos piquetes foram de 20 e 38 cm na primavera e no verão, respectivamente. No entanto, a proporção do rebaixamento em relação a altura inicial foi semelhante na primavera e verão (~25%), com alturas médias de pós-pastejo de 15 e 27,5 cm, respectivamente. Como resultado do aumento da altura ao longo das estações do ano, a massa de forragem no verão foi 1.614 kg ha<sup>-1</sup> maior que na primavera no pré-pastejo e 1.050 kg ha<sup>-1</sup> no pós-pastejo, mas já a massa de lâmina foliar foi 890 kg ha<sup>-1</sup> maior no pré-pastejo e apenas 117 kg ha<sup>-1</sup> maior no pós-pastejo.

Tabela 6. Massa de forragem, estrutura do relvado dos tratamentos AM e PM na primavera e verão.

Variável <sup>1</sup>	Primavera		Verão		EP <sup>3</sup>	P > F <sup>4</sup>		
	AM <sup>2</sup>	PM	AM	PM		T	E	T x E
Pré-pastejo								
AR (cm)	20	20	38	38	0,5	0,77	<0,01	0,60
MF (kg ha <sup>-1</sup> )	5.877	5.862	7.509	7.458	93	0,76	<0,01	0,85
MLF (kg ha <sup>-1</sup> )	1.679	1.686	2.585	2.561	49	0,88	<0,01	0,77
LF (%)	29	29	35	35	0,6	0,93	<0,01	0,79
CB (%)	23	21	40	40	0,7	0,43	<0,01	0,25
MM (%)	48	50	25	25	0,8	0,51	<0,01	0,04
Pós-pastejo								
AR (cm)	15	15	27	28	0,7	0,51	<0,01	0,25
MF (kg ha <sup>-1</sup> )	4.795	4.800	5.764	5.976	133	0,50	<0,01	0,48
MLF (kg ha <sup>-1</sup> )	1.020	1.026	1.104	1.177	35	0,38	0,03	0,40
LF (%)	21	22	20	20	0,9	0,85	0,01	0,40
CB (%)	29	30	46	45	1,2	0,90	<0,01	0,64
MM (%)	50	49	35	35	1,5	0,87	<0,01	0,78

<sup>1</sup> AR = altura do relvado; MF = massa de forragem; MLF = massa de lâmina foliar; LF = lâmina foliar; CB = colmo + bainha; MM = material morto.

<sup>2</sup> AM = mudança diária de piquete às 6:00 h; PM = mudança diária de piquete às 15:00 h.

<sup>3</sup> Erro padrão.

<sup>4</sup> Probabilidade para teste F significativo dos efeitos de tratamento (T) (AM e PM), estação do ano (E) (primavera e verão) e interação tratamento vs.. estação do ano (T x E).

Apesar de significativa, houve pouca diferença entre a proporção média de folhas no pré-pastejo (29% na primavera e 35% no verão) e principalmente no pós-pastejo (21,5% na primavera e 20% no verão), comparativamente às grandes diferenças entre as proporções médias de colmo mais bainha (CB) e material morto (MM) entre a primavera e verão (Tabela 6). Na primavera, aproximadamente metade da massa de forragem no relvado pré-pastejo era de MM e um quarto de CB. No verão o componente CB passou a representar 40% e o MM reduziu-se para 25% da massa de forragem do dossel. Houve interação entre tratamento x estação do ano para a proporção de material morto (MM) na condição pré-pastejo. Na

primavera maior proporção de MM foi registrada em dosséis submetidos ao tratamento PM, embora essa diferença tenha sido pequena. No verão a proporção de MM foi semelhante entre os tratamentos. A composição morfológica do relvado entre no pré-pastejo e no pós-pastejo demonstram que tanto na primavera quanto no verão a remoção de folhas foi preponderante comparada aos demais componentes. O desaparecimento de lâminas foliares correspondeu a 39% entre a condição pré e pós-pastejo durante a primavera. Já no verão, houve redução de 15 pontos percentuais na participação de lâminas foliares no relvado, representando 56% de desaparecimento.

### **3.2. Desempenho animal**

As variáveis, lotação, oferta de forragem e desempenho (Tabela 7) foram semelhantes ( $P > 0,01$ ) entre os tratamentos AM e PM na primavera e no verão (T x E,  $P > 0,10$ ). Houve apenas diferenças entre estações do ano ( $P < 0,01$ ).

Tabela 7. Lotação, oferta de forragem, peso corporal e desempenho nos tratamentos AM e PM na primavera e verão.

Variável <sup>1</sup>	Primavera		Verão		EP <sup>3</sup>	P > F <sup>4</sup>		
	AM <sup>2</sup>	PM	AM	PM		T	E	T x E
Lotação (kg PC ha <sup>-1</sup> )	978	983	1.826	1.830	33	0,91	<0,01	0,98
OF (kg MS kg PC <sup>-1</sup> )	5,6	5,6	3,7	3,7	0,12	0,93	<0,01	0,77
OLF (kg MS kg PC <sup>-1</sup> )	1,5	1,5	1,0	1,0	0,05	0,82	<0,01	0,82
Peso corporal médio (kg)	234	234	282	280	3	0,79	<0,01	0,83
GMD (kg PC dia <sup>-1</sup> )	0,363	0,331	0,728	0,775	0,04	0,81	<0,01	0,43

<sup>1</sup> OF = oferta de forragem; OLF = oferta de lâmina foliar; GMD = ganho médio diário de peso corporal (PC).

<sup>2</sup> AM = mudança diária de piquete às 6:00 h; PM = mudança diária de piquete às 15:00 h.

<sup>3</sup> Erro padrão.

<sup>4</sup> Probabilidade para teste F significativo dos efeitos de tratamento (T) (AM e PM), estação do ano (E) (primavera e verão) e interação tratamento vs.. estação do ano (T x E).

A média de peso corporal (PC) dos animais foi de 234 kg na primavera e 281 kg no verão, um ganho médio diário de 0,347 kg PC dia<sup>-1</sup> e 0,751 kg PC dia<sup>-1</sup> na primavera e verão, respectivamente. Na primavera a taxa de lotação foi a metade da praticada no verão, embora a oferta de lâminas foliares tenha sido 33% superior. Mesmo assim, o desempenho foi menos que a metade na primavera em relação ao período de verão. Excluindo-se o período de adaptação, no total foram seis ciclos de pastejo de 26 dias cada (Figura 11). Três ciclos ocorreram na primavera e outros três no verão. No primeiro ciclo de primavera o ganho de peso corporal diário foi menos de 0,100 kg PC cab.<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>, aumentando para

aproximadamente  $0,700 \text{ kg PC cab.}^{-1} \text{ dia}^{-1}$  no final da primavera. Os melhores ganhos de PC ocorreram no primeiro ciclo de verão, logo após a adubação nitrogenada..

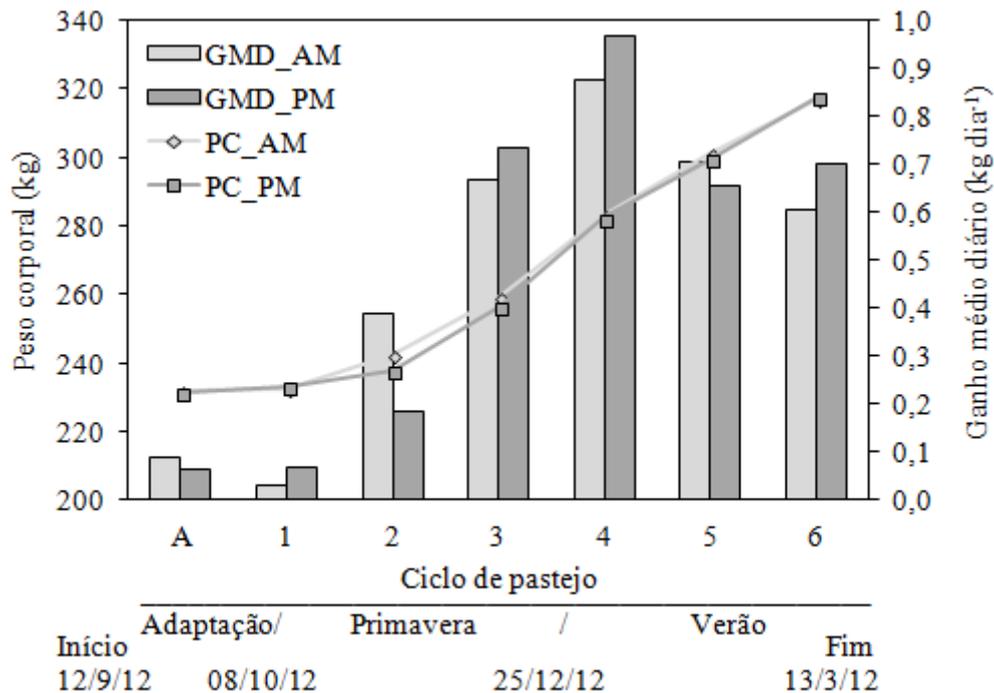


Figura 11. Ganho médio diário (GMD) e peso corporal (PC) médio de 30 novilhas da raça Nelore por tratamento (AM = mudança diária de piquete às 6:00 h; PM = mudança diária de piquete às 15:00 h) durante sete ciclos de pastejo de 26 dias (um dia de ocupação). Ciclo A = adaptação, ciclos 1, 2 e 3 durante a primavera e ciclos 4, 5 e 6 durante o verão.

O desempenho médio nesse ciclo foi de  $0,925 \text{ kg PC cab.}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ . No entanto, nos outros ciclos do verão o desempenho foi de  $\sim 0,700 \text{ kg PC cab.}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ . Durante os seis ciclos de pastejo, houve superioridade numérica média de  $0,074 \text{ kg PC cab.}^{-1} \text{ dia}^{-1}$  do tratamento PM em quatro ciclos e de  $0,091 \text{ kg PC cab.}^{-1} \text{ dia}^{-1}$  do tratamento AM em dois, especialmente no segundo ciclo quando o ganho de peso do tratamento PM foi metade daquele registrado para o AM. No entanto, diante da flutuação do peso corporal entre os ciclos de pastejo, os animais terminaram o período experimental com praticamente o mesmo peso entre os tratamentos.

### **3.3. Padrões de uso do tempo e comportamento ingestivo**

A ingestão diária de forragem pode ser vista como o somatório da forragem ingerida nas refeições realizadas ao longo de um dia. O esquema de alocação das refeições no tempo e a duração delas podem determinar os padrões de suprimento de nutrientes. Os dados de padrões de uso do tempo foram analisados por estação do ano, devido aos dois métodos utilizados

(Tabela 8). Na primavera as avaliações foram realizadas visualmente durante o dia, já no verão, as avaliações foram realizadas por períodos de 24 horas.

Tabela 8. Tempo de pastejo (TP) tempo de ruminação (TR) e tempo em outras atividades (TO) de novilhas de corte com mudança diária de piquetes às 6 h (AM) ou 15 h (PM) durante o dia na primavera e durante 24 h no verão (em minutos).

Variável	Primavera (5:25 às 18:25 h) <sup>1</sup>				Verão (24 h) <sup>2</sup>			
	AM	PM	EP <sup>3</sup>	P > F <sup>4</sup>	AM	PM	EP	P > F
Tempo de pastejo	470	403	11,0	<0,01	490	450	5,4	<0,01
Tempo de ruminação	119	126	6,8	0,14	450	480	5,2	<0,01
Tempo em outras atividades	197	257	13,6	0,01	500	510	10,3	0,64
TP matutino	224	176	7,0	<0,01	222	128	11,2	<0,01
TR matutino	65	68	7,4	0,75	74	101	5,7	0,09
TO matutino	107	152	11,0	0,01	124	191	11,0	<0,01
TP vespertino	246	227	9,0	0,15	222	250	7,5	0,02
TR vespertino	54	58	6,5	0,68	89	83	6,4	0,53
TO vespertino	90	105	5,7	0,07	109	87	6,0	0,01
TP noturno	-	-	-	-	46	72	11,0	0,02
TR noturno	-	-	-	-	287	296	7,2	0,19
TO noturno	-	-	-	-	267	232	8,9	0,04

<sup>1</sup> Avaliações visuais durante o período diurno. Período matutino das 5:25 às 12:00 h; Período vespertino das 12:00 às 18:25 h.

<sup>2</sup> Avaliações por método acústico com monitoramento por 24 horas. Período matutino das 6:00 às 13:00 h; Período vespertino das 13:00 às 20:00 h; Período noturno das 20:00 às 6:00 h.

<sup>3</sup> Erro-padrão.

<sup>4</sup> Teste F para probabilidade de efeito significativo e discriminatório para fatores com um grau de liberdade.

Na primavera, houve efeito de tratamento (AM vs. PM) para o tempo total de pastejo (470 vs. 403 minutos,  $P < 0,01$ ) e tempo total em outras atividades (197 vs. 257 minutos,  $P < 0,01$ ), mas não houve efeito para os tempos de ruminação total (119 vs. 126 minutos,  $P = 0,14$ ). Animais alocados aos piquetes no período da manhã destinaram mais tempo ao pastejo, enquanto o tempo atribuído a outras atividades foi maior quando novos piquetes foram oferecidos aos animais no período da tarde. Tanto no período matutino ( $P < 0,01$ ) quanto no período vespertino ( $P = 0,07$ ), o tempo em outras atividades foi maior com a mudança de piquetes às 15 h, totalizando uma hora a mais em outras atividades durante o dia em relação aos animais que mudaram de piquetes às 6 h. Por outro lado, os animais que mudaram de piquetes às 6 h pastejaram, no período matutino (5:25 às 12 h), 48 minutos a mais ( $P < 0,01$ ) que os lotes que mudaram de piquetes na tarde (15 h) do dia anterior; que permaneceram em pastejo por 176 minutos. No período vespertino os tempos de pastejo registrados entre os tratamentos AM e PM foram semelhantes ( $P = 0,15$ ), com médias de 246 e 227 minutos, respectivamente.

No entanto, vale ressaltar que na primavera as observações foram realizadas do nascer do sol até o anoitecer, limitando a análise das atividades de pastejo, que podem ter se prolongado durante o início da noite de forma diferente entre os tratamentos, como sugere os dados obtidos durante 24 horas no verão (Tabela 8).

No verão houve efeito de tratamento para o tempo total de pastejo e ruminação ( $P < 0,01$  para ambos), mas não para o tempo total em outras atividades ( $P = 0,64$ ). Independente dos tratamentos, os animais usaram um terço do tempo em cada atividade. O tempo de pastejo dos animais que mudaram de piquetes às 6 h foi igualmente distribuído entre o período matutino e vespertino (222 minutos) com apenas 9% do tempo de pastejo no período noturno (46 minutos). Por outro lado, com a mudança de piquetes às 15 h os animais permaneceram menos ( $P < 0,01$ ) tempo (128 minutos) em pastejo no período matutino, concentrando o tempo de pastejo (56%) no período vespertino (250 minutos), e pastejando por mais tempo (+26 minutos) no período noturno ( $P = 0,02$ , para ambos), em relação aos animais que mudaram de piquetes às 6 h.

Longas refeições após a mudança de piquetes foram observadas, principalmente nos lotes que iniciaram a desfolha em um novo piquete às 15 h na primavera ou verão (Figuras 12 A e B). Nesse período, verificaram-se atividades de pastejo por até 3 a 4 horas seguidas; uma a duas horas a mais que a duração das refeições pela manhã no tratamento AM. Após o nascer do sol, às 6 h, é possível perceber a sincronia do início de refeições no tratamento AM, mas não dos animais que amanheceram em relvados já pastejados (tratamento PM). Também é possível observar, que após as atividades de pastejo no período vespertino, ocorre intensa atividade de ruminação intercalada com períodos de descanso, independente do tratamento. Apesar das atividades de pastejo ocorrerem predominantemente durante o dia, é possível observar pequenas refeições no período noturno nos dois tratamentos, porém com maior frequência nos animais que mudaram de piquetes às 15 h (Figura 12 B).

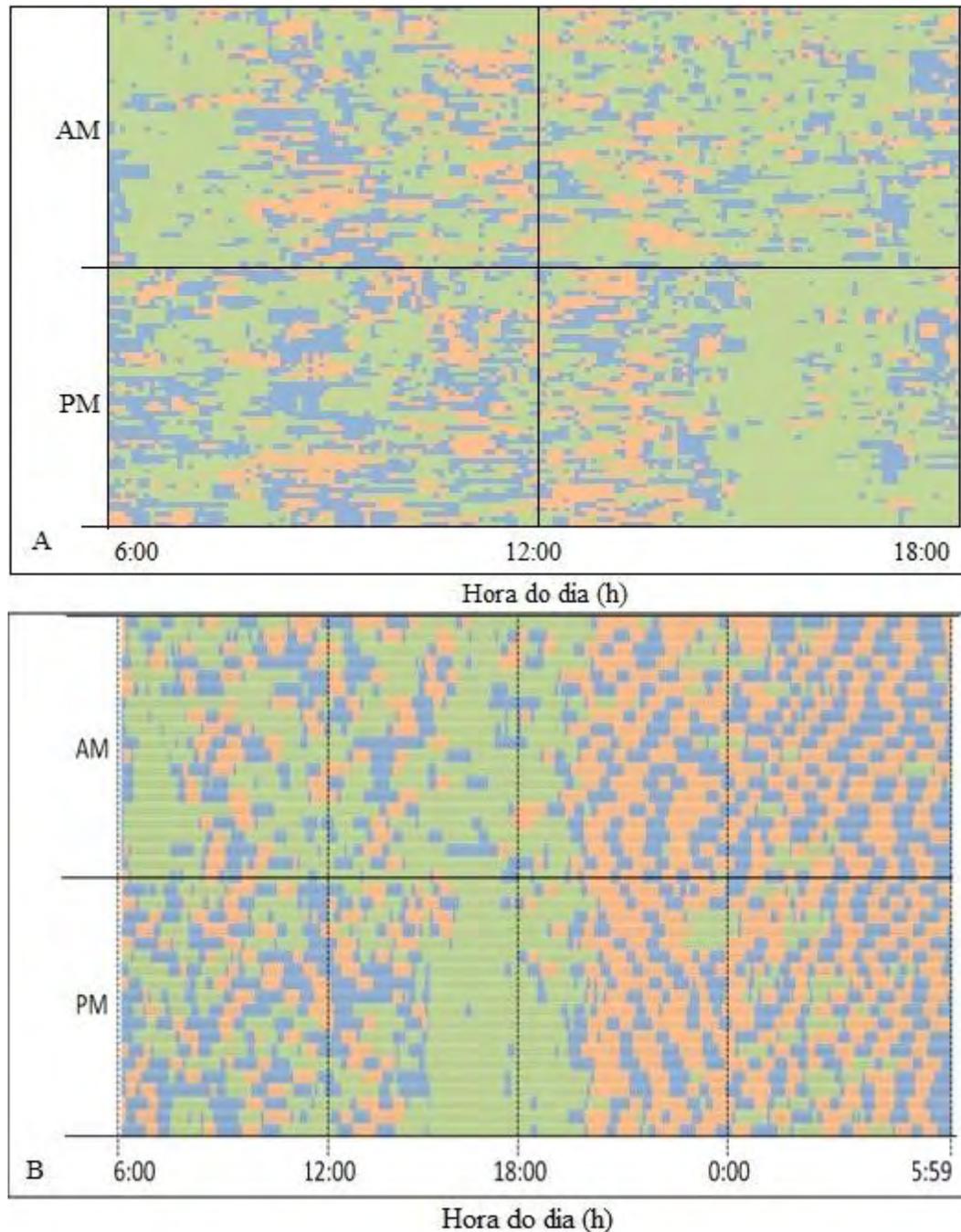


Figura 12. Padrões de uso do tempo de novilhas de corte com mudança diária de piquetes às 6 h (AM) ou 15 h (PM). (A) método visual em três ciclo de pastejo na primavera das 5:25 às 18:25 com registros das atividades a cada cinco minutos. (B) método acústico em três ciclos de pastejo no verão por 24 horas. Cada linha refere-se à observação de um animal. Foram avaliados os registros acústicos de nove animais por tratamento em cada ciclo de pastejo. A cor verde indica atividade de pastejo; laranja ruminação e azul, outras atividades.

Em relvados que apresentam mesma estrutura e massas de forragem semelhantes, na escala de 24 horas, a taxa de bocado de prensão pode ser vista como um indicativo da velocidade de ingestão de forragem. Com apenas um dia de ocupação, a duração das refeições, a taxa de bocado e o valor nutritivo correspondente, evidenciam a importância relativa de

cada refeição, no consumo total de nutrientes ao longo do dia. Independente do tratamento (AM ou PM) ou do horário de avaliação (6:00, 12:00 e 15:00 horas), a taxa de bocado de preensão foi superior ( $P < 0,02$ ) na primavera em relação ao verão (35 vs. 31 bocados por minuto). Houve efeito de interação ( $P < 0,01$ ) entre tratamento e o horário de avaliação da taxa de bocado de preensão (Figura 13).

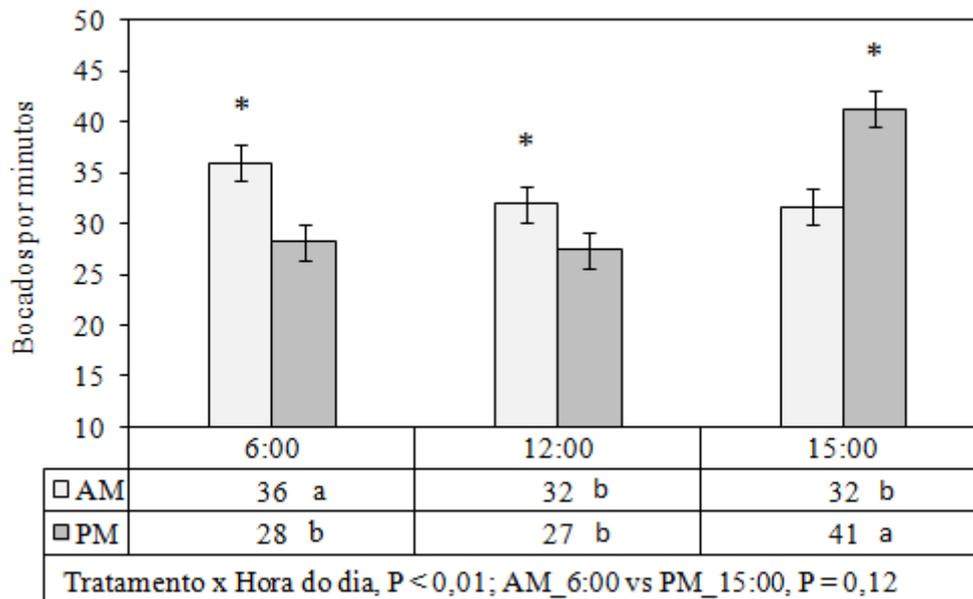


Figura 13. Desdobramento da interação entre tratamento (AM = mudança diária de piquete às 6:00 h; PM = mudança diária de piquete às 15:00 h) e horário de avaliação da taxa de bocado de preensão às 6:00, 12:00 e 15:00 horas. Barras indicam erro padrão. Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem pelo teste Tukey ( $P < 0,10$ ). \* indicam diferença entre médias dos tratamentos dentro da hora do dia ( $P < 0,10$ ).

Os tratamentos diferiram ( $P < 0,10$ ) em todos os horários de avaliação, sendo registradas maiores taxas de bocado para o tratamento AM às 6 e para o tratamento PM às 15 h. No entanto, a taxa de bocado às 6 h no tratamento AM (36 bocados por minuto) foi semelhante ( $P = 0,12$ ) à taxa de bocado às 15 h no tratamento PM (41 bocados por minuto). No tratamento AM a taxa de bocado registrada às 12 h já era menor (32 bocados por minutos) que aquela na mudança de piquete, permanecendo com taxa semelhante durante as refeições ocorridas por volta das 15 h. Por outro lado, no tratamento PM, as refeições por volta do amanhecer e no meio do dia tiveram as menores taxas de bocado por minuto (em média 28 bocados por minuto) até a mudança de piquetes às 15 h. Esses padrões, aliados aos resultados descritos para tempo em pastejo (Tabela 8), indicam que a alocação dos animais em novos piquetes atua como estímulo ao pastejo.

### 3.4. Valor nutritivo da forragem

Do relvado a ser utilizado em 24 h, o horário do dia que se inicia a desfolha pode alterar os padrões de acúmulo de açúcares e amido e conseqüentemente a fermentação ruminal (GRIGGS et al., 2005; BRITO et al., 2009). O efeito do momento da mudança de piquetes (T) na concentração de N, FDNcp, CSE e AMI foi dependente do horário da amostragem (H) e estação do ano (E) (T x H x E, P < 0,10) (Tabela 9). Já os efeitos de tratamento sobre as concentrações de MS, MO e CNE foram dependentes apenas da hora de amostragem (T x H, P < 0,05).

Tabela 9. Fontes de variação, significância do valor F para as variáveis de composição química e valor nutritivo da forragem.

Variável <sup>1</sup>	Efeito <sup>2</sup>					
	T	H	E	T x H	T x E	T x H x E
MS	ns <sup>3</sup>	*	**	**	ns	ns
MO	ns	*	**	**	ns	ns
N	ns	**	**	**	ns	†
FDNcp	ns	**	*	**	ns	†
CSE	*	**	**	**	*	**
AMI	*	ns	**	**	**	**
CNE	*	**	**	**	ns	ns
DegIVMO_24 h	ns	*	*	‡	ns	ns
PG_24 h	†	†	†	*	*	ns
FP_24 h	ns	ns	**	**	**	ns
Acético_24 h	ns	*	**	†	ns	ns
Propiônico_24 h	ns	†	**	ns	ns	ns
Butírico_24 h	†	*	*	**	†	ns
A : P_24 h	ns	ns	†	ns	ns	ns
AGCC_24 h	ns	*	**	ns	ns	ns
DegIVMO_72 h	ns	**	**	*	ns	ns
PGAS_72 h	ns	*	**	ns	ns	†
FP_72 h	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Acético_72 h	ns	ns	**	ns	ns	ns
Propiônico_72 h	ns	ns	**	ns	ns	ns
Butírico_72 h	†	†	ns	**	ns	ns
A : P_72 h	ns	†	**	ns	*	†
AGCC_72 h	ns	ns	**	ns	ns	ns

<sup>1</sup> MS = matéria seca; MO = matéria orgânica; N = nitrogênio; FDNcp = fibra em detergente neutro livre de cinzas e proteínas; CSE = carboidratos solúveis em etanol 80%; AMI = amido; CNE = carboidratos não estruturais; DegIVMO = degradabilidade *in vitro* da MO; PG = produção de gás; FP = fator de partição; A : P = relação acético : propiônico; AGCC = Total de ácidos graxos de cadeia curta, (ensaio de degradabilidade com 24 ou 72 h de incubação).

<sup>2</sup> T = efeito de tratamento (AM e PM); H = efeito da hora de amostragem às 6:00 h (am) e 15:00 h (pm); E = efeito de estação do ano (primavera e verão); T x H = efeito de interação tratamento x hora de amostragem; T x E = efeito de interação tratamento x estação do ano; T x H x E = interação tratamento x hora x estação do ano.

<sup>3</sup> ns = não significativo. Os símbolos \*\*, \* e † representam P < 0,01; 0,05 e 0,10, respectivamente. ‡ = 0,14.

Para as variáveis do ensaio de degradabilidade com 24 horas de incubação (Tabela 9), não houve interações triplas (T x H x E,  $P > 0,10$ ). Também não houve efeito de interações duplas (T x H ou T x E) para as concentrações de ácido propiônico ( $P > 0,10$ ) e para o total de ácidos graxos de cadeia curta ( $P > 0,10$ ), que variaram entre as horas de amostragem ( $P < 0,10$ ) e entre estações do ano ( $P < 0,01$ ) de forma independente. A relação ácido acético : ácido propiônico (A:P) oscilou apenas entre as estações do ano ( $P < 0,10$ ). Para as demais variáveis, houve efeito de interação T x H ( $P < 0,10$ ), exceto para degradabilidade *in vitro* da matéria orgânica ( $P = 0,14$ ). Houve efeito também de interação T x E para as variáveis produção de gases, fator de partição e ácido butírico ( $P < 0,10$ ).

No ensaio de degradabilidade *in vitro* com 72 horas de incubação houve efeito de interação T x H x E ( $P < 0,10$ ) para produção de gás, e para a relação ácido acético e propiônico (A:P), tabela 9. Exceto para a relação ácido acético e ácido propiônico ( $P < 0,05$ ), para as demais variáveis não houve interação entre tratamento e estações do ano (T x E,  $P > 0,10$ ), mas houve efeito de interação entre tratamento e hora da amostragem (T x H,  $P < 0,10$ ) para ácido butírico e para degradabilidade *in vitro* da matéria orgânica ( $P < 0,05$ ). Também houve efeito de estação do ano ( $P < 0,10$ ) independente de tratamento ou hora de amostragem, para todas as variáveis, exceto para a concentração de ácido butírico e fator de partição.

As amostras de forragem obtidas às 6 h (am) no tratamento AM (AM\_am) e às 15 h (pm) no tratamento PM (PM\_pm) representam as condições estruturais de um relvado não-pastejado (Tabela 6, pré-pastejo) e foram denominadas como amostras pré-pastejo do relvado. Já as amostragens realizadas no tratamento AM às 15 h (AM\_pm), 9 h após a mudança de piquetes, e no tratamento PM às 6 h (PM\_am), 15 h após a mudança de piquetes, representam as condições de um relvado sob pastejo, durante o rebaixamento, mais próximos das condições estruturais do pós-pastejo (Tabela 6, pós-pastejo), e foram denominadas como amostragens das condições do relvado sob pastejo. Apesar da diferença de seis horas entre as amostragens realizadas após 9 ou 15 horas da mudança de piquetes nos tratamentos AM e PM, respectivamente, a diferença de tempo de pastejo foi de apenas 25 minutos (dados não apresentados) ou ~ 60% do tempo total de pastejo (Tabela 8).

As concentrações de N foram maiores nas amostras pré-pastejo do que nas amostras obtidas sob pastejo no tratamento AM na primavera (18 vs. 14 g N kg<sup>-1</sup>,  $P_{col} = 0,02$ ) e verão (22 vs. 17 g kg<sup>-1</sup>,  $P_{col} = 0,01$ ), mas foram semelhantes no tratamento PM na primavera ( $P_{col} = 0,30$ ) ou verão ( $P_{col} = 0,91$ ), com médias de 16 e 19 g N kg<sup>-1</sup>MS, respectivamente (Tabela 10).

Tabela 10. Concentração de nitrogênio (N), fibra em detergente neutro livre de cinzas e proteínas (FDNcp), carboidratos solúveis em etanol 80% (CSE), amido (AMI) e carboidratos não estruturais (CNE) na forragem amostrada às 6 h (am) e 15 h (pm) nos tratamentos AM e PM na primavera e verão (com base na MS).

Variável	Hora da amostragem <sup>1</sup>	Primavera				Verão				EP <sup>5</sup>
		AM <sup>2</sup>	PM	P > F dia. <sup>3</sup>	P > F lin. <sup>4</sup>	AM	PM	P > F dia.	P > F lin.	
		g kg <sup>-1</sup>				g kg <sup>-1</sup>				
N	am - pm	18	17	0,12	0,35	22	19	0,36	0,01	0,41
	pm - am	14	15	0,04	0,93	17	19	0,11	0,14	
	P > F col. <sup>6</sup>	0,02	0,30			0,01	0,91			
FDNcp	am - pm	615	587	0,05	0,15	607	568	0,23	0,05	5,46
	pm - am	626	628	0,68	1,00	592	620	0,75	0,17	
	P > F col.	0,81	0,04			0,58	0,02			
CSE	am - pm	47	68	0,01	<0,01	33	48	0,08	<0,01	0,95
	pm - am	56	34	0,01	<0,01	42	35	0,81	0,06	
	P > F col.	0,03	<0,01			0,04	0,01			
AMI	am - pm	17	53	0,09	<0,01	2	37	0,45	<0,01	2,34
	pm - am	39	30	0,10	0,35	30	1	0,99	0,01	
	P > F col.	0,02	0,02			0,01	<0,01			
CNE	am - pm	64	121	0,02	<0,01	35	85	0,16	<0,01	2,66
	pm - am	95	64	1,00	0,01	72	36	1,00	0,01	
	P > F col.	0,01	<0,01			0,01	<0,01			

<sup>1</sup> As combinações AM\_am e PM\_pm são amostragens feitas nos momentos de troca de piquetes (pré-pastejo). As combinações AM\_pm e PM\_am são amostragens feitas 9 e 15 horas após a troca de piquetes, dos tratamentos AM e PM, respectivamente.

<sup>2</sup> AM = mudança diária de piquete às 6:00 h; PM = mudança diária de piquete às 15:00 h.

<sup>3</sup> Teste F para probabilidade de efeito significativo entre médias na diagonal dentro de cada estação, por exemplo, pré-pastejo do tratamento AM\_am na primavera vs. Sob pastejo do tratamento PM\_am na primavera P > F dia. = 0,04 (valores realçados na tabela).

<sup>4</sup> Teste F para probabilidade de efeito significativo entre médias na mesma linha dentro de cada estação.

<sup>5</sup> Erro padrão.

<sup>6</sup> Teste F para probabilidade de efeito significativo entre médias na mesma coluna dentro de cada estação.

As concentrações de N nas amostras obtidas no relvado pré-pastejo (AM\_am e PM\_pm) ou sob pastejo (AM\_pm e PM\_am) foram semelhantes ( $P_{lin} > 0,10$ ) entre os tratamentos na primavera e verão, exceto a concentração de N do relvado pré-pastejo no verão que foi maior ( $P_{lin} = 0,01$ ) no tratamento AM que no PM (22 vs. 19 g N kg<sup>-1</sup>MS). Independente da condição do relvado, os tratamentos possuíam concentrações de N semelhantes ( $P_{dia} < 0,10$ ) às 6 h (am) ou 15 h (pm), exceto na primavera às 6 h onde houve maior ( $P_{dia} = 0,04$ ) concentração de N na forragem do tratamento AM\_am em relação ao PM\_am.

Analisando as concentrações de FDNcp entre tratamentos, os menores valores foram registrados no relvado pré-pastejo do tratamento PM (568 g kg<sup>-1</sup>) em relação ao pré-pastejo AM (607 g kg<sup>-1</sup>) durante o verão ( $P_{lin} = 0,05$ ). Também na forragem pré-pastejo do tratamento

PM na primavera ( $587 \text{ g kg}^{-1}$ ), a concentração de FDNcp foi menor que nas amostras obtidas sob pastejo no tratamento AM ( $626 \text{ g kg}^{-1}$ ) às 15 h ( $P_{\text{dia}} = 0,05$ ). Já entre as condições do relvado em cada tratamento, somente no tratamento PM houve menores concentrações de FDNcp nas amostras do relvado pré-pastejo (PM\_pm) em relação ao relvado sob pastejo (PM\_am) na primavera ( $587 \text{ vs. } 628 \text{ g kg}^{-1}$ ,  $P_{\text{col}} = 0,04$ ) e verão ( $568 \text{ vs. } 620 \text{ g kg}^{-1}$ ,  $P_{\text{col}} = 0,02$ ). No tratamento a concentração média de FDNcp entre as condições do relvado foram de  $621 \text{ g kg}^{-1}$  na primavera ( $P_{\text{col}} = 0,81$ ) e de  $600 \text{ g kg}^{-1}$  no verão ( $P_{\text{col}} = 0,58$ ).

Somente não houve variação da concentração de CSE entre os tratamentos AM (pré-pastejo) e PM (sob pastejo) no verão às 6 h ( $33 \text{ vs. } 35 \text{ g kg}^{-1}$ ,  $P_{\text{dia}} = 0,81$ ). Já na primavera, às 6 h houve menor concentração ( $P_{\text{dia}} < 0,01$ ) de CSE no relvado do tratamento PM (sob pastejo) ( $34 \text{ g kg}^{-1}$ ) em relação a condição pré-pastejo no tratamento AM ( $47 \text{ g kg}^{-1}$ ). Os maiores valores de CSE foram registrados às 15 h na forragem pré-pastejo (PM\_pm) na primavera ( $68 \text{ g kg}^{-1}$ ,  $P_{\text{dia, lin e col}} \leq 0,01$ ) e no verão ( $48 \text{ g kg}^{-1}$ ,  $P_{\text{dia}} = 0,08$ ,  $P_{\text{lin}} < 0,01$  e  $P_{\text{col}} = 0,01$ ). Houve um acúmulo de  $+21 \text{ g CSE kg}^{-1}$  na primavera e  $+15 \text{ g CSE kg}^{-1}$  no verão em relação às amostras pré-pastejo obtidas às 6 h (AM\_am). No entanto, comparando a concentração de CSE na forragem às 15 h, observou-se acréscimos de  $+12 \text{ g CSE kg}^{-1}$  na primavera e  $+6 \text{ g CSE kg}^{-1}$  no verão na condição pré-pastejo (PM) em relação a sob pastejo (AM). Isso ocorreu devido à concentração de CSE na forragem do tratamento AM ser maior às 15 h mesmo na condição do relvado sob pastejo em relação ao pré-pastejo na primavera ( $P_{\text{col}} = 0,03$ ) e verão ( $P_{\text{col}} = 0,04$ ). As diferenças de concentração de CSE na forragem entre às 6 h e 15 h foi sempre maior no tratamento PM ( $34 \text{ g kg}^{-1}$  na primavera e  $13 \text{ g kg}^{-1}$  no verão) que no tratamento AM ( $9 \text{ g kg}^{-1}$  na primavera ou verão).

As concentrações de amido foram maiores na forragem às 15 h (pm) em relação às 6 h (am) nos dois tratamentos ( $P < 0,02$ ), exceto na forragem do tratamento AM (sob pastejo) às 15 h que foi semelhante à forragem do tratamento PM (pré-pastejo) às 6 h na primavera ( $39 \text{ vs. } 30 \text{ g kg}^{-1}$ ,  $P_{\text{lin}} = 0,35$ ). Na forragem pré-pastejo, maiores concentrações de amido foram registradas às 15 h (tratamento PM) ( $P_{\text{lin}} < 0,01$ ) na primavera ( $53 \text{ g kg}^{-1}$ ) e verão ( $37 \text{ g kg}^{-1}$ ), em relação às 6 h (tratamento AM), onde as concentrações foram de  $17 \text{ e } 2 \text{ g kg}^{-1}$ , na primavera e verão, respectivamente. Os acúmulos de amido a partir das 6 h até às 15 h na forragem pré-pastejo (tratamento PM) foram em média de  $35 \text{ g kg}^{-1}$ , já em relação à forragem sob pastejo (tratamento AM) foi em média de  $28 \text{ g kg}^{-1}$ . Apesar dessas diferenças no acúmulo de amido, no mesmo horário do dia (6 h ou 15 h) a concentração de amido na forragem nos tratamentos AM e PM foram semelhantes ( $P_{\text{dia}} > 0,10$ ) no verão ( $2 \text{ e } 34 \text{ g kg}^{-1}$  às 6 ou 15 h,

respectivamente), mas na primavera a concentração de amido no tratamentos PM foi em média  $14 \text{ g kg}^{-1}$  superior às 6 h ( $P_{\text{dia}} \leq 0,10$ ) ou 15 h ( $P_{\text{dia}} = 0,09$ ).

A maior concentração de CNE foi registrada às 15 h na forragem pré-pastejo da primavera (tratamento PM =  $121 \text{ g kg}^{-1}$ ,  $P_{\text{lin e col}} < 0,01$ ), enquanto que no relvado sob pastejo naquele momento, houve menor concentração de CNE na forragem sob pastejo ( $95 \text{ g kg}^{-1}$ ,  $P_{\text{dia}} = 0,02$ ). Às 6 h, na primavera ( $64 \text{ vs. } 64 \text{ g kg}^{-1}$ ) e verão ( $36 \text{ vs. } 35 \text{ g kg}^{-1}$ ), e às 15 h no verão ( $85 \text{ vs. } 72 \text{ g kg}^{-1}$ ), as concentrações de CNE foram semelhantes ( $P_{\text{dia}} > 0,10$ ) entre a forragem pré-pastejo e sob pastejo. Às 6 h, a concentração média de CNE na forragem foi de  $64$  e  $36 \text{ g kg}^{-1}$  na primavera e verão, respectivamente e de  $79 \text{ g kg}^{-1}$  no verão às 15 h ( $P_{\text{dia}} = 0,16$ ). Dessa maneira, o acúmulo de CNE até as 15 h, a partir da concentração de CNE às 6 h na forragem pré-pastejo (tratamento AM), foi em média de  $+54 \text{ g kg}^{-1}$  em relação a forragem pré-pastejo (tratamento PM) ou  $34 \text{ g kg}^{-1}$  em relação à forragem sob pastejo (tratamento AM).

Houve efeito de tratamento para concentração de MS e MO ( $P < 0,01$ , para ambas variáveis), degradabilidade *in vitro* da MO com 24 ( $P = 0,14$ ) e 72 ( $P = 0,05$ ) horas de incubação, produção de gás ( $P = 0,02$ ) e fator de partição ( $P = 0,01$ ) (Tabela 11).

Tabela 11. Médias entre as estações do ano dos teores de matéria seca e matéria orgânica, degradabilidade *in vitro* (24 e 72 horas de incubação) e produtos da digestão (24 horas de incubação) das amostras obtidas por simulação de pastejo às 6 h (am) e 15 h (pm) nos tratamentos AM e PM (com base na MO).

Variável <sup>1</sup>	AM <sup>2</sup>		PM		EP <sup>4</sup>	P > F <sup>5</sup>
	am <sup>3</sup>	pm	pm	am		
MS ( $\text{g kg}^{-1}$ )	216 b	290 a	280 a	230 b	3,4	<0,01
MO ( $\text{g kg}^{-1}$ )	910 b	915 a	918 a	907 b	0,7	<0,01
DegIVMO24 h ( $\text{g kg}^{-1}$ )	379 ab	368 b	397 a	370 b	4,4	0,14†
DegIVMO72 h ( $\text{g kg}^{-1}$ )	709 ab	700 bc	720 a	689 c	4,0	0,05
PGAS ( $\text{mL g}^{-1}$ )	65,71 b	67,52 b	74,07 a	66,67 b	1,184	0,02
FP ( $\text{mg MO Deg mL}^{-1}$ gás)	5,81 a	5,52 b	5,49 b	5,67 ab	0,046	0,01
Ácido acético (mM)	12,96 a	11,61 b	12,71 a	12,55 ab	0,231	0,06
Ácido propiônico (mM)	5,92	5,57	5,90	5,66	0,115	0,70
Ácido butírico (mM)	2,08 c	2,54 b	2,98 a	2,05 c	0,064	<0,01
A : P	2,19	2,09	2,16	2,21	0,050	0,15
AGCC (mM)	20,94	19,72	21,59	20,26	0,383	0,89

<sup>1</sup> MS = matéria seca; MO = matéria orgânica; DegIVMO24h = degradabilidade *in vitro* da MO com 24 h de incubação; DegIVMO72h = degradabilidade *in vitro* da MO com 72 h de incubação PG = produção de gás; FP = fator de partição; A : P = relação ácido acético:ácido propiônico; AGCC = Total de ácidos graxos de cadeia curta.

<sup>2</sup> AM = mudança diária de piquete às 6:00 h; PM = mudança diária de piquete às 15:00 h.

<sup>3</sup> As combinações AM\_am e PM\_pm são amostragens feitas nos momentos de troca de piquetes (pré-pastejo). As combinações AM\_pm e PM\_am são amostragens feitas 9 e 15 horas após a troca de piquetes, dos tratamentos AM e PM, respectivamente.

<sup>4</sup> Erro padrão.

<sup>5</sup> Teste F para probabilidade de efeito significativo. Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem pelo teste Tukey (0,10). † Significativo (0,14).

Houve efeito de tratamento para as concentrações de ácido acético com 24 horas de incubação ( $P = 0,06$ ) e butírico com 24 ou 72 horas de incubação ( $P < 0,01$  para ambos). Já as concentrações de ácido propiônico ( $P = 0,70$ ), relação acético : propiônico ( $P = 0,15$ ) e total de AGCC ( $P = 0,89$ ) foram semelhantes entre as amostras de forragem.

Na média entre as estações do ano, as concentrações de MS foram maiores na forragem às 15 h (pm) ( $285 \text{ g MS kg}^{-1} \text{ MN}$ ) do que às 6 h (am) ( $223 \text{ g MS kg}^{-1} \text{ MN}$ ), independente da condição do relvado (pré-pastejo ou sob pastejo). A concentração de MO seguiu o mesmo padrão, com maiores valores às 15 h ( $916 \text{ g kg}^{-1}$ ) em relação às 6 h ( $908 \text{ g kg}^{-1}$ ).

Na condição do relvado pré-pastejo a degradabilidade *in vitro* da matéria orgânica (DegIVMO) foi semelhante na forragem às 6 h ou 15 h. Após 24 horas de incubação, 54% da MO já havia sido degradada ( $388 \text{ g kg}^{-1}$ ). No entanto às 15 h (pm), a DegIVMO com 24 horas de incubação foi maior no tratamento PM ( $397 \text{ g kg}^{-1}$ , pré-pastejo) que no tratamento AM ( $368 \text{ g kg}^{-1}$ , sob pastejo), com 55 e 53% da degradação da MO ocorrendo até 24 horas. Já às 6 h, a DegIVMO com 24 horas de incubação foi semelhante entre os tratamentos, em média  $375 \text{ g kg}^{-1}$ , mas com 72 horas de incubação, foi menor no tratamentos PM ( $689 \text{ g kg}^{-1}$ ) que no AM ( $709 \text{ g kg}^{-1}$ ). Em relação a condição do relvado, no tratamento PM, a DegIVMO foi superior na forragem do relvado pré-pastejo (pm,  $720 \text{ g kg}^{-1}$ ) em relação ao relvado sob pastejo (am,  $700 \text{ g kg}^{-1}$ ). Após 24 h de incubação, a forragem sob pastejo (am) apresentou  $-27 \text{ g}$  de MO degradável  $\text{kg}^{-1}$  e com 72 h de incubação  $-31 \text{ g}$  de MO degradável  $\text{kg}^{-1}$  em relação a forragem no relvado pré-pastejo (PM\_pm). Por outro lado, no tratamento AM as degradabilidade da MO foram semelhantes na forragem pré-pastejo e sob pastejo, com 24 ou 72 h de incubação. A Degradabilidade foi em média de 374 e  $705 \text{ g kg}^{-1}$  após 24 e 72 horas de incubação, respectivamente. A produção de gases em 24 horas de fermentação da forragem do relvado pré-pastejo colhida às 15 h (PM\_pm) foi de  $74,07 \text{ mL g}^{-1} \text{ MO}$ , valor superior aos demais, que não diferiram entre si, com média de  $66,63 \text{ mL g}^{-1} \text{ MO}$ . O FP às 6 h ( $5,81 \text{ mg MO Deg mL gás}^{-1}$ ) no tratamento AM foi maior que nas amostragens às 15 h, com média de  $5,51 \text{ mg MO Deg mL}^{-1} \text{ gás}$ , mas semelhante ao tratamento PM\_am, que não diferiu dos demais ( $5,67 \text{ mg MO Deg mL}^{-1} \text{ gás}$ ).

O total de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) produzidos (em 24 ou 72 horas de incubação) foi semelhante entre tratamentos e horas do dia, com média de  $20,63 \text{ mM}$ . Entre os principais AGGC, o ácido propiônico também não variou, com média de produção de  $5,76 \text{ mM}$  com 24 horas de incubação. As concentrações de ácido acético foram mais influenciadas pela condição do relvado, e as de ácido butírico mais influenciadas pela hora do dia. As maiores concentrações de ácido acético foram registradas na forragem pré-pastejo nos

tratamentos AM e PM (12,84 mM), em relação à condição do relvado sob pastejo (12,08 mM). Já a maior concentração de ácido butírico foi registrada na forragem colhida às 15 h no tratamento PM (2,98 mM), seguida da forragem sob pastejo do AM (2,54 mM), que foram maiores que na forragem colhida às 6 h (2,06 mM). No entanto, a pequena variação na produção de ácido acético não foi suficiente para alterar as relações entre ácido acético e propiônico, em média de 2,16.

### **3.5. Consumo de forragem**

Os 16 animais utilizados no ensaio de consumo de forragem possuíam pesos corporais (PC) semelhantes ( $P = 0,85$ ) entre tratamentos ( $313 \pm 31$  kg PC) (Tabela 12).

Tabela 12. Peso corporal, consumo de forragem e digestibilidade *in vitro* da matéria seca entre os tratamentos AM (mudança diária de piquete às 6:00 h) e PM (mudança diária de piquete às 15:00 h). Ensaio realizado entre 14/3/2013 e 10/4/2013, após o término do experimento de desempenho.

Variável	AM	PM	Média	P > F <sup>1</sup>
Peso corporal (kg)	312 (37,9)	315 (23,8)	314	0,85
Consumo (kg dia <sup>-1</sup> )	8,95 (1,495)	10,35 (1,725)	9,65	0,11
Consumo (% peso vivo)	2,88 (0,406)	3,29 (0,540)	3,08	0,11
DIVMS_48 h (%)	60,4	61,2	60,8	-

<sup>1</sup> Teste F para probabilidade de efeito significativo e discriminatório para fatores com um grau de liberdade, (n=8). Médias seguidas do erro padrão entre parênteses.

Não houve efeito do horário de mudança de piquetes sobre a produção fecal ( $P = 0,15$ ) e consumo de forragem em termos absolutos ( $P = 0,11$ ) ou em relação ao peso corporal ( $P = 0,11$ ). Na média dos tratamentos o consumo de matéria seca foi de 9,65 kg dia<sup>-1</sup> MS ou 3,08% PC. A DIVMS da amostra de forragem por meio de simulação de pastejo foi de 60,4% e 61,2% nos tratamentos AM e PM, respectivamente.

## **4. Discussão**

As características estruturais do relvado foram semelhantes entre os tratamentos AM e PM tanto na primavera quanto no verão. Contudo, diferenças na estrutura do relvado entre as estações do ano influenciaram de forma marcante o desempenho dos animais. Durante a primavera as concentrações de amido, CSE e CNE foram maiores relativamente ao verão. Contudo, a altura do relvado antes do início do pastejo estava abaixo do recomendado para a espécie para a maximização da produção de forragem (GIACOMINI et al., 2009; GIMENES

et al., 2011) e taxa de ingestão pelos animais (DA TRINDADE et al., 2007), a qual corresponde a 25 cm. Além disso, o relvado possuía grande proporção de material senescente (Tabela 6), dificultando a colheita de lâminas foliares, mesmo com adequada oferta de forragem (1,5 kg MS kg<sup>-1</sup> PC). O início de primavera (particularmente o mês de Outubro) é caracterizado pela restrição em fatores climáticos, principalmente precipitação, o que gera um balanço negativo entre aparecimento e mortalidade de perfilhos (CAMINHA et al., 2010). Mesquita et al. (2010) demonstraram que no início de primavera a proporção de material morto na forragem disponível atinge os valores mais elevados relativamente às demais épocas do ano. Possivelmente, a combinação desses fatores resultou em restrições à ingestão de forragem e baixo desempenho (0,347 kg cab<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>). Gimenes et al. (2011) também verificaram os menores desempenhos por animal na primavera em pastos de capim-marandu, manejados com alturas pré-pastejo de 25 ou 35 cm, independentemente da dose de nitrogênio utilizada (50 ou 200 kg de N ha<sup>-1</sup>).

Após a adubação nitrogenada no final da primavera e boas condições climáticas no início do verão (Figura 4), houve rápido acúmulo de forragem, possibilitando quase dobrar a lotação, com oferta de forragem de 1,0 kg MS kg PC<sup>-1</sup> e desempenho animal médio de 0,780 kg cab<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> (Tabelas 6 e 7). Apesar do baixo desempenho na primavera, os ganhos de peso observados estão dentro da amplitude reportada em novilhos de corte (0,36 a 0,75 kg cab<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>) por Herling et al. (2011), avaliando na mesma área experimental, ofertas de forragem contrastantes durante o período das águas. Estão de acordo também com o desempenho reportado por Euclides et al., (2000) em capim-marandu na época das águas (0,630 kg cab<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>).

O desempenho animal não foi alterado pelo horário de mudança de piquetes na primavera ou verão (Tabela 7). Os lotes de novilhas testadoras dos tratamentos AM e PM iniciaram o período experimental com mesmo peso corporal médio (233 kg) e ao final do experimento tinham em média 317 e 318 kg PC nos tratamentos AM e PM, respectivamente (Figura 11). Esses resultados estão, em parte, de acordo com os reportados por Gregorini et al. (2006) que não encontraram diferenças em ganho de peso (0,863 vs. 0,713 kg cab<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>, P > 0,05) de novilhas de corte que eram alocadas em novas faixas às 7 h ou 15 h, em pastagem nativa de clima temperado (coordenadas, 35° 15' S; 57° 37' W), com mais de 80% de *Lolium multiflorum*, durante cinco semanas no inverno, em relvados ainda não pastejados. No entanto, na primavera em relvados com menor relação lâmina:colmo, as novilhas alocadas em novas faixas pela tarde ganharam 0,549 kg cab<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> a mais desde a primeira de seis semanas de avaliação (tratamento x período de avaliação, P = 0,74). Também Orr et al. (2001), avaliando

o horário de alocação de uma nova faixa após a ordenha da manhã (7 h) ou da tarde (16 h), em pastagem de *Lolium perenne* (coordenadas, 50° 45` N; 3° 45` W), não encontraram diferenças na produção diária de leite (25,7 AM vs. 26,5 kg PM  $\pm$  0,36, P = 0,175) durante dez semanas de avaliação, mas a produção de leite gradativamente divergiu e depois da quarta semana foi aproximadamente 5% maior para as vacas alocadas em uma nova faixa após a ordenha da tarde (21,8 AM vs 23,1 kg PM  $\pm$  0,36, P = 0,076). Nesses experimentos, os acúmulos de carboidratos solúveis (CS) em água entre a manhã e tarde variaram de +20 a +60 g de CS kg<sup>-1</sup>. A ausência de resposta em desempenho no presente estudo, pode estar relacionado com os diferentes padrões de pastejo e uso do tempo gerados pelos horários de mudança de piquetes. Aliado a isso, as transformações químicas e estruturais do relvado durante o dia, refletiram-se em consumo de forragem e suprimento de nutrientes semelhantes entre os tratamentos.

As concentrações de amido e açúcares registradas no capim-marandu foram próximas às obtidas em lâminas foliares de *Brachiaria* híbrida cv Mulato em cultivo hidropônico sob condições controladas, com período de luz de 14,8 h e temperaturas máxima e mínima de 32°C e 16°C, respectivamente (NANAMORI et al., 2004). Mas, a magnitude da concentração de CNE (amido mais açúcares) e N foram ~40% menores, enquanto as diferenças registradas para FDN foram ~40% maior no presente estudo reativamente aos valores encontrados no topo do relvado de *Lolium multiflorum* por Delagarde et al. (2000). Apesar das diferentes proporções de parede celular e conteúdo celular entre as espécies, os acúmulos (~60 g kg<sup>-1</sup> MS) de carboidratos não estruturais (Tabela 10) e matéria seca (Tabela 11) registrados entre às 6 h e 15 h, e a pequena redução da concentração de N e FDN (Tabela 10), estão de acordo com reportados por Griggs et al., 2005; Delagarde et al. (2000); Gregorini et al. (2006) e Orr et al. (2001), em gramíneas de clima temperado (C<sub>3</sub>) ou por De Oliveira et al. (2014) (coordenadas, 22° 43` S; 47° 25` W) em gramínea de clima tropical (C<sub>4</sub>). Esses resultados indicam que tanto em gramíneas temperadas ou tropicais ocorrem variações em composição química ao longo do dia como resultado dos processos fisiológicos da planta, sendo o período da tarde àquele onde são verificadas as maiores concentrações de carboidratos não estruturais e MS na forragem disponível ao animal em pastejo.

Esse padrão de variação ao longo do dia não foi afetado pela desfolhação, uma vez que mesmo em relvados cujo início do pastejo foi o período da manhã (AM) houve aumento nas concentrações de amido, CSE e CNE no período da tarde (Tabela 10). Contudo, relvados sob pastejo durante o período diurno (tratamento AM) demonstraram menor acúmulo entre as 6 h e 15 h relativamente àqueles onde o pastejo se iniciou no período da tarde. Esse resultado reflete a depleção de forragem, particularmente folhas, ao longo do dia em relvados onde o

pastejo é iniciado no período da manhã. Em contrapartida, relvados cuja entrada dos animais ocorre no período da tarde possuem maior quantidade de folhas ao longo do dia, o que favoreceu o acúmulo de açúcares. Esses resultados diferem daqueles reportados por Orr et al. (2001) onde as concentrações de CS em água no relvado AM\_pm é menor que no AM\_am. Essa diferença pode estar ligada à maior proporção de desaparecimento de folhas (67%) entre o relvado pré e pós-pastejo no manejo da pastagem de *Lolium* sp. comparado com a do capim-marandu no presente estudo (39% na primavera e 56% no verão). No presente estudo, relvados sob pastejo ainda apresentavam uma estrutura com disponibilidade de folhas favorável aos processos fotossintéticos da planta permitindo, portanto, o acúmulo de açúcares.

Na primavera a disponibilidade de folhas na condição sob pastejo do tratamento AM não foi capaz de permitir máximos acúmulos de açúcares, uma vez que os valores registrados foram ~20% menores à condição de entrada dos animais do tratamento PM. Por sua vez, essas diferenças desapareceram durante o verão, resultando em concentrações semelhantes entre a condição sob-pastejo no tratamento AM e pré-pastejo do tratamento PM (Tabela 10), sugerindo que o tratamento AM também se beneficiou dos acúmulos de amido e açúcares na forragem. No entanto, apesar das diferentes concentrações de CNE no relvado pré-pastejo entre os tratamentos AM e PM, e independente das estações do ano, a DegIVMO com 24 ou 72 horas de incubação foram semelhantes nessa condição do relvado (Tabela 11). No entanto, às 15 h a DegIVMO foi superior em ~20 g kg<sup>-1</sup> MO no tratamento PM (pré-pastejo) relativamente ao tratamento AM (sob pastejo). A média de degradabilidade com 72 h de incubação está próxima à faixa de degradabilidade potencial encontrada em capim-marandu por Velásquez et al. (2009), variando de 72 a 78% com idades de corte de 28, 35 e 42 dias. Os resultados do presente estudo, seguiram a mesma variação encontrada por Orr et al. (2001), que obteve maior digestibilidade da matéria orgânica no relvado do tratamento PM (72%) do que no tratamento AM (62%) após a ordenha da tarde (P = 0,013) mas semelhantes entre tratamentos após a ordenha da manhã (P > 0,05).

De acordo com simulações realizadas por Griggs et al. (2005), avaliando o horário de início de uma nova desfolha às 7 h ou 19 h em relvado de *Dactylis glomerata*, apesar dos diferentes padrões de acúmulo de CNE em relvados não pastejados (tratamento PM) ou sob pastejo (tratamento AM), a diferença nas quantidades totais de CNE colhidas em 24 h foram insignificantes entre os tratamentos. Esses autores sugerem que em trabalhos que registraram maior produção animal com a alocação de novo piquete no período da tarde, para um dado valor de consumo total de forragem, possíveis ajustes diurnos na taxa de consumo e duração das refeições teriam um impacto maior sobre o desempenho do que as concentrações de

açúcares no relvado. As condições confortáveis de consumo de forragem pelos animais nesse estudo, são evidenciadas pela distribuição equilibrada do uso do tempo entre pastejo, ruminação e outras atividades (oito horas em cada uma) independente do tratamento. Contudo, a mudança de piquetes às 6 h resultou em 40 minutos de pastejo a mais (em 24 horas) que a mudança de piquetes às 15 h (Tabela 8). Esse resultado difere dos encontrados por Gregorini et al. (2006) e Orr et al. (2001) os quais registraram, respectivamente, tempos totais de pastejo diurno (321 minutos) ou durante 24 horas (462 minutos) semelhantes nos lotes que mudavam de faixa pela manhã ou tarde. Por outro lado, analisando-se o padrão de pastejo dentro de cada tratamento (Figura 12), é possível verificar o efeito do horário de mudança de piquetes sobre a distribuição das refeições durante o dia de forma semelhante aos reportados por Orr, et al. (2001); Gregorini et al. (2006, 2007) e Trevaskis et al. (2004). A mudança de piquetes às 15 h sincronizou o início de uma longa e intensa refeição até o anoitecer, o que resultou em maior proporção do tempo de pastejo alocada no período da tarde. Já a mudança de piquetes às 6 h, também sincronizou o início de uma refeição ao amanhecer, contudo as atividades de pastejo foram distribuídas de forma semelhante entre os períodos da tarde e da manhã (Tabela 8). Fica evidente, portanto, que a troca de piquetes por si só constitui-se um estímulo ao pastejo, uma vez que independentemente do horário, houve início das refeições por ocasião da alocação em um novo piquete. Contudo, o horário de alocação interferiu nas tomadas de decisões, e como resultado o padrão de pastejo foi caracterizado por refeições distribuídas ao longo do dia ou concentradas no período da tarde nos tratamentos AM e PM, respectivamente. Dessa maneira, as novilhas no tratamento AM, assim como em gado de leite (ORR, et al., 2001, TREVASKIS et al., 2004), alocaram as principais refeições pela manhã e no entardecer. Já em gado de corte a mudança de piquetes pela tarde (15 h) resulta em concentração do tempo de pastejo no período da tarde (Figura 12). Essas diferenças indicam que o efeito do horário de mudança de piquetes sobre o padrão de pastejo difere entre as criações de gado corte e leite. É provável que a inexistência da atividade de ordenha em bovinos de corte facilita o reajuste em seus padrões de alocação do tempo e indica, portanto, que o efeito do manejo é mais proeminente em bovinos de leite. Por sua vez, no tratamento AM, o retorno a atividade de pastejo durante o período da tarde pode estar ligado a um estímulo nutricional, relacionado à preferência por forragem com maior concentração de CNE exibida por ruminantes (FISCHER et al., 1999, 2002; BURNS et al., 2005; CIAVARELA et al., 2000).

Sob pastejo em faixa, Hoogendoorn et al. (1992) reportaram que o consumo diário de forragem foi melhor correlacionado com a oferta de lâminas foliares do que com a oferta total de forragem. Diante disso, no método de pastejo rotativo a redução no consumo de forragem

está relacionada com a dinâmica de redução na disponibilidade de folhas no relvado (WADE et al., 1995). A progressiva desfolha do relvado altera os padrões de pastejo, onde para manter o consumo de nutrientes, enquanto cai a disponibilidade de folhas no relvado (GREGORINI et al., 2008), o animal torna-se mais seletivo (menores taxas de bocado de preensão). Esse padrão foi registrado também por Orr et al. (2001) e Gregorini et al. (2006) e também no presente experimento. Após a mudança de piquetes ocorreram as maiores taxas de bocado (Figura 13), independentemente do tratamento (AM ou PM). Contudo, as consequências desse padrão com relação ao valor nutritivo da forragem consumida são distintas. Os animais que mudaram de piquetes às 6 h desferiram mais bocados de preensão por minuto em um relvado onde a forragem possuía mais água, menos açúcares e amido e maior concentração de N. Ao longo da utilização da pastagem, os animais do tratamento AM exibiram pastejo seletivo, com menores taxas de bocado de preensão por minuto, nas horas em que o relvado apresentava forragem mais seca e com maior concentração de açúcares (15 h). O inverso ocorreu com os animais que mudavam de piquetes às 15 h. Esses padrões diários de pastejo, associado aos diferentes padrões fermentativos da forragem com 24 horas de incubação *in vitro* (Tabela 11), sugerem maior produção de gases (+12%) e ácido butírico (+43%), mas com menor fator de partição (-5,5%) pelo consumo da forragem pré-pastejo às 15 h em relação ao consumo da forragem às 6 h pelo tratamento AM. No entanto, são insignificantes as diferenças ( $P > 0,10$ ) nas produções totais de ácidos graxos de cadeia curta (20,63 mM), de ácido propiônico (5,76 mM) ou na relação ácido acético:propiônico (2,16) entre essas forragens. Na média entre primavera e verão, a relação entre as concentrações de CNE e N foram em média de 3 e 6 g CNE g<sup>-1</sup> N, na forragem dos tratamentos AM\_am e PM\_pm, respectivamente (Tabela 10), e pode ter influenciado os padrões de fermentação da forragem. As produções de ácidos graxos obtidas nesse estudo, com 24 h e 72 h de incubação, são próximos aos valores reportados por Velásquez et al. (2009), que também registraram maior produção de ácido butírico na forragem de capim-marandu com 28 dias de rebrota em relação às demais idades de corte, com correlação positiva ( $r = 0,76$ ,  $P < 0,05$ ) entre a concentração de CNE e a produção de gases em 48 horas de incubação (Velásquez, 2006).

A concentração do tempo de pastejo no período da tarde remete à padrões naturais (LINNANE et al., 2001), moldados evolutivamente e coordenados por hormônios neuroendócrinos ligados ao ciclo circadiano (STRUBBLE; WOODS, 2004; HERZOG; SCHWARTZ, 2002) e ao estado de fome (GEARY, 2004) que resultam em um estado fisiológico do animal que favorecem tanto a taxa de passagem quanto a acomodação de grandes quantidades de forragem no rúmen antes do anoitecer (DOVE et al., 1988;

GREGORINI et al., 2008, 2012; HAYES et al., 2004). Por isso, os animais do tratamento PM foram favorecidos pela maior degradabilidade da forragem às 15 h, e necessitaram de menos tempo sob pastejo para obter semelhante consumo de nutrientes e desempenho em relação aos animais que mudaram de piquetes às 6 h. A ausência de variação no consumo diário de forragem entre os tratamentos AM e PM, está de acordo com resultados reportados por Orr et al. (2001) e Abrahamse et al. (2009) em gado de leite e Gregorini et al. (2006, 2008), em gado de corte. Esses autores sugeriram que o consumo diário de energia pode ter sido maior para os lotes que foram alocados em nova faixa às 15 h, e tiveram maior tempo de pastejo e taxas de bocado no momento em que a digestibilidade *in vitro* da matéria seca era ~5% maior em relação às 7 h.

O enchimento ruminal também altera os padrões de pastejo de curto prazo. Quanto menor o nível de enchimento ruminal, maiores são as taxas de ingestão de forragem, menores os tempos de procura e maior o tempo da alimentação (GREGORINI et al., 2007). Ao amanhecer o rúmen se encontra no seu menor nível de enchimento (TAWHEEL et al., 2004), devido ao longo período de ruminação durante a noite, o que resultaria em uma condição de estímulo ao pastejo. No entanto os animais do tratamento PM amanheceram em relvados já pastejados, pisoteados e sujos por dejetos. Isso resultou em um pastejo bastante seletivo, com as menores taxas de bocado de prensão por minuto registradas até a troca de piquetes às 15 h, quando provavelmente houve um efeito sinérgico entre o baixo nível de enchimento ruminal, o estímulo provocado pela mudança de piquetes e a alta proporção de folhas no relvado. Por outro lado, o tratamento AM exibiu um pastejo mais seletivo no período da tarde, no entanto em um relvado ainda pouco sujo por dejetos e mais favorável ao consumo de nutrientes devido as maiores concentrações de MS e CNE. Assim, no tratamento AM, as taxas de bocado de prensão variaram menos que no tratamento PM e reforçam o padrão compensatório de consumo de nutrientes.

É possível que a combinação entre o comportamento de pastejo e a variação da composição química e valor nutritivo da forragem ao longo do dia e ao longo do rebaixamento do relvado tenha proporcionado maior ingestão de carboidratos não estruturais dos lotes que mudaram de piquetes às 15 h, favorecendo um rápido suprimento de nutrientes. Contudo, a mudança de piquetes às 6 h favoreceu os lotes AM por antecipar o início do pastejo em relação ao PM e com isso aumentar o tempo de pastejo total com uma melhor distribuição das refeições ao longo do dia, se beneficiando também do acúmulo de açúcares na condição de resíduo.

## 5. Conclusões

Para bovinos de corte, o horário de alocação dos lotes em novos piquetes interfere no período em que são realizadas as refeições ao longo do dia. A mudança de piquetes às 15 h promove a concentração do tempo de pastejo e maiores taxas de bocado ao entardecer, onde as concentrações de açúcares na forragem são maiores. Contudo, fatores compensatórios entre o tempo de pastejo, a taxa de bocado e valor nutritivo do relvado ao longo do dia resultam em consumo de forragem e ganho de peso por animal semelhantes. Apesar da mudança de piquetes pela tarde proporcionar certo conforto aos animais, uma vez que necessitam pastear por menos tempo para atingirem um nível de desempenho semelhante, não é possível recomendar um melhor horário de mudança de piquetes baseados unicamente em desempenho.

## 6. Referências Bibliográficas

- ABRAHAMSE, P. A.; DIJKSTRA, J.; VLAEMINCK, B.; TAMMINGA, S. Frequent allocation of rotationally grazed dairy cows changes grazing behavior and improves productivity. **Journal of Dairy Science**, v.91, p.2033-2045, 2008.
- ABRAHAMSE, P. A.; TAMMINGA, S.; DIJKSTRA, J. Effect of daily movement of dairy cattle to fresh grass in morning or afternoon on intake, grazing behaviour, rumen fermentation and milk production. **Journal of Agricultural Science**, v.147, p.721-730, 2009.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS-AOAC. **Official Methods of Analysis**. 15. ed. Washington, D.C.: p.1015, 1990.
- BARRETT, P. D.; LAIDLAW, A. S.; MAYNE, C. S.; CHRISTIE, H. Pattern of herbage intake rate and bite dimensions of rotationally grazed dairy cows as sward height declines. **Grass and Forage Science**, v.56, p.362-373, 2001.
- BRITO, A. F.; TREMBLAY, G. F.; BERTRAND, H.; CASTONGUAY, Y.; BÉLANGER, G.; MICHAUD, R.; BENCHAAAR, C.; OUELLET, D. R.; BERTHIAUME, R. Alfalfa cut at sundown and harvested as baleage increases bacterial protein synthesis in late-lactation dairy cows. **Journal Dairy Science**, v.92, p.1092-1107, 2009.
- BURNS, J. C.; MAYLAND, H. F.; FISCHER D. S. Dry matter intake and digestion of alfalfa harvested at sunset and sunrise. **Journal of Animal Science**, v.83, p.262-270, 2005.
- CAMINHA, F. O.; SILVA, S. C.; PAIVA, A. J.; PEREIRA, L. E. T.; MESQUITA, P.; GUARDA, V. D. Estabilidade da população de perfilhos de capim-marandu sob lotação contínua e adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, n.2, p.213-220, 2010.
- CHARNOV, E. L.; GORDON, H. O.; HYATT, K. Ecological implications of resource depression. **American Naturalist**, v.110, p. 247-259, 1976.
- CIAVARELLA T. A.; DOVE, H.; LEURY, B. J. ; SIMPSON, R. J. Diet selection by sheep grazing *Phalaris aquatica* L. pastures of differing water-soluble carbohydrate content. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.51, p.757-764, 2000.
- COSGROVE, G. P. **Grazing behaviour and forage intake**. In: International Symposium on animal production under grazing. Viçosa-MG, Brasil. p.471, 1997.

- DA TRINDADE, J. K.; SILVA, S. C.; SOUZA JÚNIOR, S. J.; GIACOMINI, A. A.; ZEFERINO, C. V.; GUARDA, V. D. A.; CARVALHO, P. C. F. 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.
- DA TRINDADE, J. K.; CARVALHO, P. C. F.; NEVES, F. P.; PINTO, C. E.; GONDA, H. L.; NADIN, L. B.; CORREIA, L. H. S. Potencial de um método acústico em quantificar as atividades de bovinos em pastejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 8, p. 965-968, 2011.
- DE OLIVEIRA, L. P.; PAIVA, A.; PEREIRA, L. E. T.; GEREMIA, E. V.; DA SILVA, S. C. Morning and afternoon sampling and herbage chemical composition of rotationally stocked elephant grass cv. Napier. **Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales**, v.2, p.106-107, 2014.
- DELAGARDE, R.; PEYRAUD, J. L.; DELABY, L.; FAVERDIN, P. Vertical distribution of biomass, chemical composition and pepsin-cellulase digestibility in a perennial ryegrass sward: interaction with month of year, regrowth age and time of day. **Animal feed Science and Technology**, v.84, p.49-68, 2000.
- DOVE, H.; MILNE, J. A.; SIBBALD A. M.; LAMB C. S.; MCCORMACK H. A. Circadian variation in abomasal digesta flow in grazing ewes during lactation. **The British Journal of Nutrition**, v.60, p.653-658, 1988.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**, 3ed. rev. ampl. Brasília, p.353, 2013.
- ERWIN, E. S.; MARCO, G. J.; EMERY, E. M. Volatile acid analyses of blood and rumen fluid by gas chromatography. **Journal of Dairy Science**, v.44 p.1768-1771, 1961.
- EUCLIDES, V. P. B.; MACEDO, M. C. M.; OLIVEIRA, M. P. Avaliação de diferentes métodos de amostragem para se estimar o valor nutritivo de forragens sob pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.21, n.4, p.691-702, 1992.
- EUCLIDES, V. P. B.; CARDOSO, E. G.; MACEDO, M. C. M.; OLIVEIRA, M. P. Consumo voluntário de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk e *Brachiaria brizantha* cv. Marandu sob pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, p.2200-2208, 2000.
- FISCHER, D. S.; MAYLAND, H. F.; BURNS, J. C. Variation in ruminant's preferences for tall fescue hays cut either at sundown or at sunup. **Agronomy Journal**, v.77, p.762-768, 1999.
- FISCHER, D. S.; MAYLAND, H. F.; BURNS, J. C. Variation in ruminant preferences for alfalfa hays cut at sunup and sundown. **Crop Science**, v.42, p.231-237, 2002.
- FRANCE, J.; DHANOA, M. S.; THEODOROU, M. K.; LISTER, S. J.; DAVIES, D. R.; ISAC, D. A model to interpret gas accumulation profiles associated with *in vitro* degradation of ruminant feeds. **Journal of Theoretical Biology**, v.163, p.99-111, 1993.
- GEARY, N. Endocrine control of eating. CCK, leptin and ghrelin. **Physiology & Behavior**, v.81, p.719-733, 2004.
- GIACOMINI, A. A.; DA SILVA, S. C.; LUCENA, D. O. de; ZEFERINO, S. C. V.; TRINDADE, J. K.; SOUZA JÚNIOR, S. J.; TRINDADE, J. K. da; GUARDA, V. del'A.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. Growth of marandu palisadegrass subjected to strategies of intermittent stocking. **Scientia Agricola**, v.66, p.733-741, 2009.
- GIMENES, F. M. de A.; SILVA, S. C. da; FIALHO, C. A.; GOMES, M. B.; BERNDT, A.; GERDES, L.; COLOZZA, M. T. Ganho de peso e produtividade animal em capim-marandu sob pastejo rotativo e adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, p.751-759, 2011.
- GREGORINI, P.; EIRIN, M.; REFI, R.; URSINO, M.; ANSIN, O.E.; GUNTER, S. A. Timing of herbage allocation in strip grazing: Effects on grazing pattern and performance of beef heifers. **Journal of Animal Science**, v. 84, p. 1943-1950, 2006.

- GREGORINI, P., GUNTER, S., MASINO, C., BECK, P. Effects of ruminal fill on short-term herbage intake rate and grazing dynamics of beef heifers. **Grass and Forage Science**, v.62, p.346–354, 2007.
- GREGORINI, P.; GUNTER, S. A.; BECK, P. A. Matching plant and animal processes to alter nutrient supply in strip grazed cattle: timing of herbage and fasting allocation. **Journal of Animal Science**, v.86, p.1006–1020, 2008.
- GREGORINI, P.; SODER, K. J.; SANDERSON, M. A.; ZIEGLER, G. Toughness, particle size and chemical composition of meadow fescue (*Festuca pratensis* Hud.) herbage as affected by time of day. **Animal Feed Science and Technology**, v.151, p.330–336, 2009.
- GREGORINI, P. Diurnal grazing pattern: its physiological basis and strategy management. **Animal Production Science**, v.52, p.416–430, 2012.
- GRIGGS, T. C.; MACADAM, J. W.; MAYLAND, H. F.; BURNS, J. C. Nonstructural carbohydrate and digestibility patterns in orchardgrass swards during daily defoliation initiated in evening and morning. **Crop Science**, v.45, p.1295–1304, 2005.
- HALL, M. B. **Neutral detergent-soluble carbohydrates. Nutritional relevance and analysis**, Bulletin 339, Gainesville: University of Florida, 76p. 2000.
- HALL, M. B. Challenges with nonfiber carbohydrate methods. **Journal of Animal Science**, v.81, p.3226–3232, 2003.
- HAYES, M. R.; MOORE, R.; SHAH, S. M.; COVASA, M. 5-HT<sub>3</sub> receptors participate in CCK-induced suppression of food intake by delaying gastric emptying. **American Journal of Physiology Regulatory Integrative Physiology**, v.287, p.817–823, 2004.
- HERLING, V. R.; PEDREIRA, C. G. S.; LUZ, P. H. C.; BRAGA, G. J.; MARCHESIN, W. A.; MACEDO, F. B.; DE LIMA, C. G. Performance and productivity of Nelore steers on rotationally stocked palisadegrass (*Brachiaria brizantha*) pastures in response to herbage allowance. **Journal of Agricultural Science**, v.149, p.761–768, 2011.
- HERZOG, E. D.; SCHWARTZ, W. J. A neural clockwork for encoding circadian time. **Journal of Applied Physiology**, v.92, p.401–408, 2002.
- HODGSON, J. **Grazing management: Science into practice**. Massey University, Palmerston North. Longman Group UK Ltd., p.203, 1990.
- HOLDEN, L. A. Comparison of methods of *in vitro* dry matter digestibility for ten feeds. **Journal Dairy Science**, v.82, p.1791–1794, 1999.
- HOOGENDOORN, C. J.; HOLMES, W. C.; CHU, A. C. P. Some effects of herbage composition, as influenced by previous grazing management, on milk production by cows grazing on ryegrass/white clover pastures. 2. Milk production in late spring/summer: effects of grazing intensity during the preceding spring period. **Grass and Forage Science**, v.47, p.316–325, 1992.
- KRYSL, L. J.; HESS, B. W. Influence of supplementation on grazing behavior of cattle. **Journal of Animal Science** v.71, p.2546–2555, 1993.
- LECHTENBERG, V. L.; HOLT, D. A.; YOUNGBERG, H. W. Diurnal variation in nonstructural carbohydrates, *in vitro* digestibility, and leaf to stem ratio of alfalfa. **Agronomy Journal**, v.64 p.719–724, 1971.
- LINNANE, M. I.; BRERETON, A. J.; GILLER, P. S. Seasonal changes in circadian grazing patterns of Kerry cows (*Bos taurus*) in semi-feral conditions in Killarney National Park, Co. Kerry, Ireland. **Applied Animal Behaviour Science**, v.71, p.277–292, 2001.
- LITTELL, R. C.; HENRY, P. R.; AMMERMAN. Statistical analysis of repeated measures data using SAS procedure. **Journal Animal Science**, v.76, p.1216–1231, 1998.

- MAURICIO, R.M.; MOULD, F.L.; DHANOA, M.S.; OWEN, E.; CHANNA, K.S.; THEODOROU, M.K. Semi automated *in vitro* gas production technique for ruminant feedstuff evaluation. **Animal Feed Science and Technology**, v.79, p.321-330, 1999.
- MESQUITA, P.; SILVA, S. C.; PAIVA, A. J.; CAMINHA, F. O.; PEREIRA, L. E. T.; GUARDA, V. D. Structural characteristics of marandu palisadegrass swards subjected to continuous stocking and contrasting rhythms of growth. **Scientia Agricola**, v.67, n.1, p.23-30, 2010.
- MEZZALIRA, J. C.; CARVALHO, P. C. F.; FONSECA, L.; BREMM, C.; REFFATTI, M. V.; POLI, C. H. E. C.; DA TRINDADE, J. K. Aspectos metodológicos do comportamento ingestivo de bovinos em pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.5, p.1114- 1120, 2011.
- MOTT, G. O.; LUCAS, H. L. The designs conduct, and interpretation of grazing trials on cultivated and improved pastures. In: International Grassland Congress, 6., 1952, Pennsylvania. **Proceedings...** Pennsylvania: State College Press, p.1380-1385, 1952.
- MYERS, W. D.; LUDDEN, P. A.; NAYIGIHUGU, V.; HESS, B. W. Technical Note: A procedure for the preparation and quantitative analysis of samples for titanium dioxide. **Journal Animal Science**, v.82, p.179-183, 2004.
- NANAMORI, M.; SHINANO, T.; WASAKI, J.; YAMAMURA, T.; RAO, I.M.; OSAKI, M. Low phosphorus tolerance mechanisms: Phosphorus recycling and photosynthate partitioning in the tropical forage grass, brachiaria hybrid cultivar mulato compared with rice. **Plant Cell Physiology**, v.45, p.460-469, 2004.
- ORR, R. J.; PENNING, P. D.; HARVEY, A.; CHAMPION, R. A. Diurnal patterns of intake rate by sheep grazing monocultures of ryegrass or white clover. **Applied Animal Behavioral Science**, v.52, p. 65-77, 1997.
- ORR, R. J.; RUTTER, S. M.; PENNING, P. D.; ROOK, A. J. Matching grass supply to grazing for dairy cows. **Grass and Forage Science**, v.56, n.4, p.352-361, 2001.
- PELLETIER, S.; TREMBLAY, G. F.; BELANGER, G.; BERTRAND, A.; CASTONGUAY, Y.; MICHAUD, R. Drying procedures affect nonstructural carbohydrates and other nutritive value attributes in forage samples. **Animal Feed Science and Technology**, v.157, p.139-150, 2010.
- PENNING, P. D.; PARSONS, A. J.; ORR, R. J.; Patterns of ingestive behaviour of sheep continuously stocked on monocultures of ryegrass or white clover. **Applied Animal Behaviour Science**, v.31, p.237-250, 1991.
- PIMENTEL GOMES, F. P.; NUNES, S. G.; GOMES, M. D. B.; CURVO, J. B. E. Modificação na análise de variância de ensaios de pastejo com bovinos, considerando os blocos de animais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.23, n.9, p.951-956, 1988.
- SAS Institute Inc. 2008. SAS/STAT® 9.2 User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc.
- SAXTON, A. M. A macro for converting mean separation output to letter groupings. In: Proc Mixed, 23rd SAS User Group Int., SAS Institute, Carey, NC, p.1243-1246, 1998.
- SOLLENBERGER, L. E.; MOORE, J. E.; ALLEN, V. G.; PEDREIRA, C. G. S. Reporting forage allowance in grazing experiments. **Crop Science**, v.45, p.896-900, 2005.
- STITT, M.; ZEEMAN, S. C. Starch turnover: pathways, regulation and role in growth. **Current Options in Plant Biology**, v.15, p.282-292, 2012.
- STOBBS, T. H. Automatic measurement of grazing time by dairy cows on tropical grass and legume pastures. **Tropical Grasslands** v.4, p.237-244, 1970.
- STRUBBE, J. H.; WOODS, C. S. The timing of meals. **Psychological Review**, v.111, p.128-141, 2004.
- TAWHEEL, H. Z.; TAS, B. M.; DIJKSTRA, J.; TAMMINGA, S. Intake regulation and grazing behavior of dairy cows under continuous stocking. **Journal of Dairy Science** v.87, p.3417-3427, 2004.

- THEODOROU, M. K.; WILLIAMS, B. A.; DHANOA, M. S.; MCALLAN, A. B.; FRANCE, J. A. A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v.48, p.185-197, 1994.
- TITGEMEYER, E. C.; ARMENDARIZ, C. K.; BINDEL, D. J.; GREENWOOD, R. H.; LÖEST, C. A. Evaluation of titanium dioxide as a digestibility marker for cattle. **Journal Animal Science**, v.79, p.1059-1063, 2001.
- TREVASKIS, L. M., FULKERSON, W. J.; NANDRA, K. S. Effect of time of feeding carbohydrate supplements and pasture on production of dairy cows. **Livestock Production Science**, v.85, p.275-285, 2004.
- VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Carbohydrate methodology, metabolism and nutritional implications in dairy cattle. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v.74, p.3583-3597, 1991.
- VELÁSQUEZ, P. A. T. **Composição química, digestibilidade e produção de gases “in vitro” de três espécies forrageiras tropicais**. 2006. 65 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2006.
- VELÁSQUEZ, P. A. T.; BERCHIELLI, T. T. ; REIS, R. A.; RIVERA, A. ; DIAN, P. H. M.; TEIXEIRA, I. A. M. A. Cinética da fermentação e taxas de degradação de forrageiras tropicais em diferentes idades de corte estimadas pela técnica de produção de gases *in vitro*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.9, p.1695-1705, 2009.
- WADE, M. H.; PEYRAUD, J. L.; COMERON E. A.; LAMAIRE G. The dynamics of daily milk production and the sward height under paddock grazing conditions. **Annales De Zootechnie**, v.44, p.127, 1995.
- WILM, H.G. ; COSTELLO, D. F.; KLIPPLE, G. E. Estimating forage yield by the double-sampling methods. **Journal of the American Society of Agronomy**, v.36, p.194-203, 1944.

## 6. CONCLUSÃO GERAL

Este estudo fornece informações novas acerca do manejo da colheita de capim-marandu, sob corte ou pastejo, na escala de um dia. A estratégia de colheita da forragem a partir das 15:00 horas promove oportunidade de colher forragem mais seca e com maior concentração de carboidratos não estruturais. Durante o dia a máxima concentração de matéria seca e nutrientes digestíveis ocorre depois das 15:00 horas e a lâmina foliar é o órgão preferencial de estoque temporário de amido. Assim, maior concentração e acúmulo de amido e açúcares ocorrem no estrato superior do relvado. As concentrações e acúmulos de CNE são maiores na primavera que no verão, mas é possível obter-se incrementos de carboidratos não estruturais na forragem acima de 50 g kg MS<sup>-1</sup> com o manejo da colheita ou desfolha. No entanto, para bovinos de corte em pastejo, fatores compensatórios entre o tempo de pastejo, a taxa de bocado e o valor nutritivo do relvado ao longo do dia, resultam em consumo de forragem e desempenho por animal semelhantes, independente do horário de alocação dos lotes em novos piquetes as 6 h ou 15 h. Por outro lado, o horário de mudança de piquetes interfere na distribuição das refeições ao longo do dia. A mudança de piquetes às 15 h promove a concentração do tempo de pastejo e maiores taxas de bocado ao entardecer, onde as condições do relvado são favoráveis à alta ingestão de forragem com melhor valor nutritivo. É possível que esse padrão de pastejo, gerado pela mudança de piquetes à tarde, tenha favorecido o suprimento de nutrientes aos animais, e assim necessitaram passar menos tempo em pastejo do que os lotes que mudaram diariamente de piquetes pela manhã, para obterem ganhos de peso corporal semelhantes.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O início do corte para ensilagem no período da tarde, em um dia com boas condições de transpiração e secagem do relvado, poderia possibilitar a ensilagem do capim-marandu ainda jovem, com alta participação de folhas, mas com adequada concentração de matéria seca e carboidratos solúveis para fermentação.

Em pastejo, resta por testar, se a alocação ainda mais frequente dos lotes em novos piquetes (e.g. às 6 h e 15 h), ou mesmo, somente o uso de pastejo horário (e.g. de 4 a 6 horas) em sistemas com suplementação, poderia promover estímulos adicionais ao consumo e maximizar a ingestão de alimento ao longo do dia, e o desempenho animal ao longo da engorda.

Fica evidente que, em experimentos (com enfoque fisiológico ou nutricional), onde for avaliado a composição de açúcares, amido ou o mesmo o valor nutritivo da forragem, a padronização do horário das amostragens ou uso da hora do dia como co-variável devem ser considerados.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAHAMSE, P. A.; DIJKSTRA, J.; VLAEMINCK, B.; TAMMINGA, S. Frequent allocation of rotationally grazed dairy cows changes grazing behavior and improves productivity. **Journal of Dairy Science**, v.91, p.2033-2045, 2008.
- ALLEN, V. G.; BATELLO, C.; BERRETTA, E. J.; HODGSON, J.; KOTHMANN, M.; LI, X.; McIVOR, J.; MILNE, J.; MORRIS, C.; PEETERS, A.; SANDERSON, M. An international terminology for grazing lands and grazing animals. **Grass and Forage Science**, v.66, p.2-28, 2011.
- BERNARDES, T. F.; REIS, R. A.; MOREIRA, A. L.; Fermentative and microbiological profile of marandu-grass ensiled with citrus pulp pellets. **Scientia Agricola**, v.62, n.3, p.214-220, 2005.
- BERTRAND, A.; TREMBLAY, G. F.; PELLETIER, S.; CASTONGUAY, Y.; BÉLANGER, G. Yield and nutritive value of timothy as affected by temperature, photoperiod and time of harvest. **Grass and Forage Science**, v.63, p.421-432, 2008.
- BOWDEN, D.; TAYLOR, D. K.; DAVIS, W. E. P. Water-soluble carbohydrates in orchardgrass and mixed forage. **Canadian Journal of Plant Science**, v.48, p.9-15, 1967.
- BRITO, A. F.; TREMBLAY, G. F.; BERTRAND, A.; CASTONGUAY, Y.; BÉLANGER, G.; MICHAUD, R.; LAPIERRE, H.; BENCHAAAR, C.; PETIT, H. V.; QUELLET, D. R.; BERTHIAUME, R. Alfalfa cut at sundown and harvested as baleage improves milk yield of late-lactation dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.91, p.3968-3982, 2008.
- BÜRGI, R. Planejamento e gerenciamento de fazendas de gado de corte. In: Pecuária de corte intensiva nos trópicos. Simpósio sobre bovinocultura de corte, 5., 2004, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, p.43-66, 2004.
- BURNER, D. M.; BELESKY, D. P. Diurnal effects on nutritive value of alley-cropped orchardgrass herbage. **Crop Science**, v.44, p.1776-1780, 2004.
- BURNS, J. C.; MAYLAND, H. F.; FISCHER, D. S. Dry matter intake and digestion of alfalfa harvested at sunset and sunrise. **Journal of Animal Science**, v.83, p.262-270, 2005.
- CARVALHO, P. C. F. A estrutura da pastagem e o comportamento ingestivo de ruminantes em pastejo. In: simpósio sobre avaliação de pastagens com animais, 2., 1997, Maringá. **Anais...** Maringá: Universidade Estadual de Maringá, p.25-52, 1997.
- CHACON, E.; STOBBS, T. H. Influence of progressive defoliation of a grass sward on the eating behaviour of cattle. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.27, p.709-727, 1976.
- CIAVARELLA T. A.; SIMPSON, R. J.; DOVE, H.; LEURY, B. J.; SIMS, I. M. Diurnal Changes in the concentration of water-soluble carbohydrates in *Phalaris aquatic* L. pasture in spring and effect of short-term shading. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.51, p.749-756, 2000a.
- CIAVARELLA T. A.; DOVE, H.; LEURY, B. J.; SIMPSON, R. J. Diet selection by sheep grazing *Phalaris aquatic* L. pastures of differing water-soluble carbohydrate content. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.51, p.757-764, 2000b.

- COSGROVE, G. P. **Grazing behaviour and forage intake**. In: International Symposium on animal production under grazing. Viçosa-MG, Brasil. p.471, 1997.
- DA SILVA, S. C. Conceitos básicos sobre sistemas de produção animal em pasto. In: Intensificação de sistemas de produção animal em pasto. Simpósio sobre manejo da pastagem, 25., 2009, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, p.7-36, 2009.
- DE OLIVEIRA, L. P.; PAIVA, A.; PEREIRA, L. E. T.; GEREMIA, E. V.; DA SILVA, S. C. Morning and afternoon sampling and herbage chemical composition of rotationally stocked elephant grass cv. Napier. **Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales**, v.2, p.106-107, 2014.
- DELAGARDE, R.; PEYRAUD, J. L.; DELABY, L.; FAVERDIN, P. Vertical distribution of biomass, chemical composition and pepsin-cellulase digestibility in a perennial ryegrass sward: interaction with month of year, regrowth age and time of day. **Animal feed Science and Technology**, v.84, p.49-68, 2000.
- FISCHER, D. S.; MAYLAND, H. F.; BURNS, J. C. Variation in ruminant`s preferences for tall fescue hays cut either at sundown or at sunup. **Agronomy Journal**, v.77, p.762-768, 1999.
- FISCHER, D. S.; MAYLAND, H. F.; BURNS, J. C. Variation in ruminant preferences for alfalfa hays cut at sunup and sundown. **Crop Science**, v.42, p.231-237, 2002.
- GREGORINI, P.; EIRIN, M.; REFI, R.; URSINO, M.; ANSIN, O.E.; GUNTER, S. A. Timing of herbage allocation in strip grazing: Effects on grazing pattern and performance of beef heifers. **Journal of Animal Science**, v.84, p.1943-1950, 2006.
- GREGORINI, P. Diurnal grazing pattern: its physiological basis and strategy management. **Animal Production Science**, v.52, p.416-430, 2012.
- GRIGGS, T. C.; MACADAM, J. W.; MAYLAND, H. F.; BURNS, J. C. Nonstructural carbohydrate and digestibility patterns in orchardgrass swards during daily defoliation initiated in evening and morning. **Crop Science**, v.45, p.1295-1304, 2005.
- GRIGGS, T. C.; MACADAM, J. W.; MAYLAND, H. F.; BURNS, J. C. Temporal and vertical distribution of nonstructural carbohydrate, fiber, protein, and digestibility levels in orchardgrass swards. **Agronomy Journal**, v.99, p.755-763, 2007.
- HERLING, V. R.; PEDREIRA, C. G. S.; LUZ, P. H. C.; BRAGA, G. J.; MARCHESIN, W. A.; MACEDO, F. B.; DE LIMA, C. G. Performance and productivity of Nelore steers on rotationally stocked palisadegrass (*Brachiaria brizantha*) pastures in response to herbage allowance. **Journal of Agricultural Science**, v.149, p.761-768, 2011.
- HODGSON J. Nomenclature and definitions in grazing studies. **Grass and Forage Science**, v.34, p.11-18, 1979.
- HODGSON, J. **Grazing management: Science into practice**. Massey University, Palmerston North. Longman Group UK Ltd., p.203, 1990.
- KAGAN, I. A.; KIRCH, B. H.; THATCHER, G. D.; STRICKLAND, J. R.; TEUTSCH, C. D.; ELVINGER, F.; PLEASANT, R. S. Seasonal and diurnal variation in simple sugar and fructan composition of orchardgrass pasture and hay in the piedmont region of the united states. **Journal of Equine Veterinary Science**, v.31, p.488-497, 2011a.
- KAGAN, I. A.; KIRCH, B. H.; THATCHER, G. D.; STRICKLAND, J. R.; TEUTSCH, C. D.; ELVINGER, F.; PLEASANT, R. S. Seasonal and diurnal changes in starch content and sugar profiles of bermudagrass in the piedmont region of the united states. **Journal of Equine Veterinary Science**, v.31, p.521-529, 2011b.
- LACA, E.A.; DEMMENT, M.W. Modelling intake of a grazing ruminant in a heterogeneous environment. In: international symposium on vegetation herbivore relationships. New York. **Proceedings...** New York: Academic Press, p.57-76, 1992.

- LECHTENBERG, V. L.; HOLT, D. A.; YOUNGBERG, H. W. Diurnal variation in nonstructural carbohydrates, *in vitro* digestibility, and leaf to stem ratio of alfalfa. **Agronomy Journal**, v.64 p.719-724, 1971.
- LECHTENBERG, V. L.; HOLT, D. A.; YOUNGBERG, H. W. Diurnal variation in nonstructural carbohydrates of *Festuca arundinacea* (Schreb.) with and without N fertilizer. **Agronomy Journal**, v.64, p.302-305, 1972.
- LEITE DE OLIVEIRA, F. C.; JOBIM, C. C.; DA SILVA, M. S.; CALIXTO JUNIOR, M.; BUMBIERIS JUNIOR, V.; ROMAN, J. Produtividade e valor nutricional da silagem de híbridos de milho em diferentes alturas de colheita. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40 n.4, p.720-727, 2011.
- MAYLAND, H. F.; SHEWMAKER, G. E. **Diurnal cycling in forage quality**. USDA, <http://www.uwex.edu/ces/forage/pubs/Diurnal%20Cycling.htm>, 1999, (Acessado em 15/04/2014).
- MAYLAND, H. F.; SHEWMAKER, G. E.; HARRISON, P. A.; CHATTERTON, N. J. Nonstructural carbohydrates in tall fescue cultivars: relationship to animal preference. **Agronomy Journal**, v.92, p.1203-1206, 2000.
- MORIN, C.; BÉLANGER, G.; TREMBLAY, G. F.; BERTRAND, A.; CASTONGUAY, Y.; DRAPEAU, R.; MICHAUD, R.; BERTHIAUME, R. ALLARD, G. Diurnal variations of nonstructural carbohydrates and nutritive value in alfalfa. **Crop Science**, v.51, p.1297-1306, 2011.
- NAVE, R. L. G.; SULC, R. M.; BARKER, D. J.; St-PIERRE, N. Changes in nutritive value among vertical strata of a cool-season grass canopy. **Crop Science**, doi: 10.2135/cropsci2014.01.0018.
- ORR, R. J.; PENNING, P. D.; HARVEY, A.; CHAMPION, R. A. Diurnal patterns of intake rate by sheep grazing monocultures of ryegrass or white clover. **Applied Animal Behavioral Science**, v.52, p.65-77, 1997.
- ORR, R. J.; RUTTER, S. M.; PENNING, P. D.; ROOK, A. J. Matching grass supply to grazing for dairy cows. **Grass and Forage Science**, v.56, n.4, p.352-361, 2001.
- PELLETIER, S.; TREMBLAY, G. F.; LAFRENIERE, C.; BERTRAND, A.; BELANGER, G.; CASTONGUAY, Y.; ROWSELL, J. Nonstructural carbohydrate concentrations in timothy as affected by N fertilization, stage of development, and time of cutting. **Agronomy Journal**, v.101, p.1372-1380, 2009.
- PELLETIER, S.; TREMBLAY, G. F.; BELANGER, G.; BERTRAND, A.; CASTONGUAY, Y.; PAGEAU, D.; DRAPEAU, R. Forage nonstructural carbohydrates and nutritive value as affected by time of cutting and species. **Agronomy Journal**, v.105, p.1388-1398, 2010.
- PROVENZA, F. D.; BALPH, D. F. Diet learning by domestic ruminants: theory, evidence and practical implications. **Applied Animal Behaviour Science**, v.18, p.211-232, 1987.
- RESENDE JUNIOR, A. J.; LIMA J. R.; GOULART, R. S.; NUSSIO, L. G. Uso estratégico da suplementação volumosa em sistemas de produção animal em pastagens. In: Intensificação de sistemas de produção animal em pasto. Simpósio sobre manejo da pastagem, 25., 2009, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, p.7-36, 2009.
- SHEWMAKER, G. E., MAYLAND, H. F.; ROBERTS, C. A.; HARRISON, P. A.; CHATTERTON, N. J.; SLEPER, D. A. Daily carbohydrate accumulation in eight tall fescue cultivars. **Grass and Forage Science**, v.61, p.413-421, 2006.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2004.
- TREVASKIS, L. M., FULKERSON, W. J.; NANDRA, K. S. Effect of time of feeding carbohydrate supplements and pasture on production of dairy cows. **Livestock Production Science**, v.85, p.275-285, 2004.

- VALLE, C. B.; MACEDO, M. C. M.; EUCLIDES, V. P. B.; JANK, E.; RESENDE, R. M. S. **Gênero brachiaria**. In: Plantas Forrageiras. Eds. FONSECA, D. M.; MARTUSCELLO, J. A. Viçosa: Editora VFV, p.30-77, 2010.
- WILLIAM, H. A.; MACDONALD, H. A.; YEH, H.; LOFGREEN, G. P. Content and digestibility of morning and evening cuttings of alfalfa. **Journal Animal Science**, v.6, p.348-351, 1947.
- YOUNGBERG, H. W.; HOLT, D. A.; LECHTENBERG, V. L. Diurnal variation in nitrogenous constituents of alfalfa (*Medicago sativa L.*). **Agronomy Journal**, v.64, p.288-291, 1972.