

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**TAXA DE INGESTÃO POTENCIAL EM PASTEJO: UM ESTUDO
CONTRASTANDO PASTOS DE CLIMA TEMPERADO E TROPICAL**

JEAN CARLOS MEZZALIRA
Engenheiro Agrônomo/UTFPR
Mestre em Zootecnia/UFRGS

Tese apresentada como um dos requisitos à obtenção do Grau de Doutor em
Zootecnia
Área de Concentração Plantas Forrageiras

Porto Alegre (RS), Brasil
Agosto 2012

CIP - Catalogação na Publicação

Mezzalira, Jean Carlos

TAXA DE INGESTÃO POTENCIAL EM PASTEJO: UM ESTUDO
CONTRASTANDO PASTOS DE CLIMA TEMPERADO E TROPICAL /
Jean Carlos Mezzalira. -- 2012.
167 f.

Orientador: Paulo César de Faccio Carvalho.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio
Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Programa de
Pós-Graduação em Zootecnia, Porto Alegre, BR-RS, 2012.

1. pastoreio rotativo. 2. pastoreio contínuo. 3.
resposta funcional Tipo IV. 4. depleção do pasto. 5.
Bite mass. I. de Faccio Carvalho, Paulo César ,
orient. II. Título.

JEAN CARLOS MEZZALIRA
Engenheiro Agrônomo e
Mestre em Zootecnia

TESE


Submetida como parte dos requisitos
para obtenção do Grau de

DOUTOR EM ZOOTECNIA

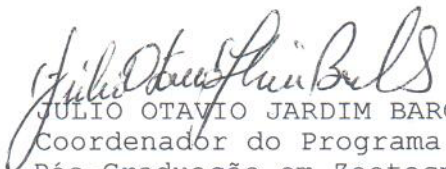
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia
Faculdade de Agronomia
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Porto Alegre (RS), Brasil

Aprovado em: 24.08.2012
Pela Banca Examinadora

Homologado em: 07.03.2013
Por



PAULO CÉSAR DE FACCIO CARVALHO
PPG Zootecnia/UFRGS
Orientador



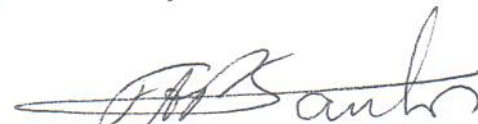
JULIO OTAVIO JARDIM BARCELLOS
Coordenador do Programa de
Pós-Graduação em Zootecnia



CÉSAR HENRIQUE ESPÍRITO CANDAL POLI
UFRGS




HENRIQUE MENDONÇA NUNES RIBEIRO FILHO
UDESC



FLAVIO AUGUSTO PORTELA DOS SANTOS



WAGNER BESKOW
CCGL



PEDRO ALBERTO SELBACH
Diretor da Faculdade de
Agronomia

DEDICATÓRIA

Dedico esta tese
A todas as pessoas que anseiam por novos
conhecimentos. São estes anseios que motivam
a busca por novas descobertas

*“Livros não mudam o mundo,
quem muda o mundo são as pessoas.
Os livros só mudam as pessoas.”*

Mario Quintana

AGRADECIMENTOS

Meus agradecimentos especiais ao acolhimento que tive aqui na UFRGS. Especialmente ao Paulo por esses mais de cinco anos de orientação, ensinamentos, dedicação e pela amizade. Por toda sua dedicação em ensinar, prover condições de estudo, trabalho, aprendizado. Por proporcionar diversas oportunidades de crescimento para todos. Agradeço ao prof. Nabinger e Poli, e os demais prof. do PPG Zootecnia e Solos pelos ensinamentos. À Ione pela dedicação incondicional.

Também Carlos Cangiano, Julio Galli, Horacio Gonda e Marcelo Benvenuti pelos valiosos comentários. Agradeço todo o apoio na condução dos experimentos, em especial Sr. Deonildo que recebeu a equipe com desprendimento, permitiu que se alterasse toda a rotina da propriedade para que a pesquisa com *Cynodon sp.* fosse realizada. Também foi muito importante o respaldo da EEA da UFRGS na realização dos experimentos com *A. strigosa*. Agradeço a todos que trabalharam em alguma ou todas as fases desse trabalho: Lidiane Fonseca, Carlos Mezzalira, Lenilson Rosa, Luan Pagani, Luis Correia (tibico), Paulinho, Renato Neto, Armindo, Ricardo Filho que 'quebraram' a geadada e passaram muito calor na condução dos experimentos. A Carolina Bremm, Lidiane e Olivier Bonnet pela imensa ajuda nos trabalhos estatísticos, escrita, formatação de idéias desta tese. Aos demais colegas do departamento que pela amizade, apoio.

Agradeço aos outros membros da banca: Henrique, Wagner, Poli e Flavio que avaliaram este trabalho.

Ao CNPq pela concessão da bolsa.

Meus imensos agradecimentos a todos os mestres que tive ao longo de minha vida. Especialmente quem me ensinou a ler (minha querida mãe).

Agradeço o prof. André B Soares (primeiro orientador em pesquisa na graduação), Tangri, LC Cassol.

Quero agradecer toda minha família, pai (exemplo de caráter), mãe (muitos exemplos maravilhosos, sem palavras...), Fran, Baxinho, Erick, Felipe.

Ao Tio João pela alegria de sempre e pela ajuda de engenheiro.

Davi, pela amizade, ensinamentos, confiança nessa nova empreitada.

Agradeço imensamente a todas as pessoas que passaram pela minha vida, mas que não listo nomes aqui. Mas ressalto que acredito que todas as pessoas que passam pela nossa vida deixam muitos ensinamentos e eu os guardo com todo carinho.

OBRIGADO A TODOS!!

Taxa de ingestão potencial em pastejo: um estudo contrastando pastos de clima temperado e tropical¹

Autor: Jean Carlos Mezzalira

Orientador: Paulo César de Faccio Carvalho

Resumo: Nesta tese investigaram-se relações de causa-efeito em curto prazo entre a estrutura do pasto e parâmetros do comportamento ingestivo de bovinos. Criaram-se contrastes de estruturas de pasto com uma espécie temperada e outra tropical e métodos de pastoreio (contínuo e rotativo). Os experimentos com *Cynodon sp.* cv. Tifton 85 (1 e 2) foram conduzidos entre janeiro e março de 2011. Os com *Avena strigosa* cv. Iapar 61 (3 e 4), entre julho e setembro de 2011. A altura de pasto que proporcionou a máxima taxa de ingestão (TI) no pastoreio contínuo foi considerada como altura pré-pastejo nos Experimentos 2 e 4, que simulavam o pastoreio rotativo. A esta altura impôs-se níveis de rebaixamento de 20; 40; 60 e 80%. O delineamento utilizado em todos os experimentos foi o de blocos completos casualizados com quatro repetições. O consumo foi estimado pela técnica da dupla pesagem. Os animais foram equipados com aparelhos registradores de movimentos mandibulares. As máximas TI foram observadas em 20 cm em *Cynodon sp.* e em 30 cm em *A. strigosa*. Animais não gastaram tempo adicional para tomar um bocado de equivalente massa no pasto alto em relação ao pasto baixo. No pastoreio rotativo a TI, manteve-se constante, até que 31 e 18% da altura inicial fossem removidos da pastagem alta e baixa, respectivamente. A *A. strigosa* permitiu maior TI potencial. Os animais gastaram mais tempo por bocado para consumir uma equivalente massa de bocado em *Cynodon sp.* em relação à *A. strigosa*, em ambos os métodos de pastoreio.

Palavras-chave: pastoreio rotativo e contínuo, resposta funcional Tipo IV

¹Tese de Doutorado em Zootecnia – Plantas Forrageiras, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (167 p.) Agosto de 2012.

Short-term forage intake rate under grazing conditions: a study contrasting temperate and tropical pastures¹

Author: Jean Carlos Mezzalira

Adviser: Paulo César de Faccio Carvalho

Abstract: This thesis investigated cause-effect relationships between sward structure and short-term ingestive behavior of cattle. Contrasting sward structures were created with one temperate and one tropical species combined with two grazing methods (continuous and rotational). The experiments with *Cynodon sp.* cv. Tifton 85 (1 and 2) were carried out between January and March 2011. Those with *Avena strigosa* cv. Iapar 61 (3 and 4) took place between July and September 2011. The sward height that provided the highest short-term intake rate in continuous grazing, was regarded as pre-grazing in Experiments 2 and 4, which simulated rotational grazing. For this sward height, four intensities of herbage removal by grazing were imposed, namely 20, 40, 60 and 80%. A randomized complete block design was used in all experiments with four replicates. Intake was estimated by the double-sampling technique. Animals were equipped with IGER behavior recorder. The maximum short-term intake rates were observed at 20 cm for *Cynodon sp.* and 30 cm for *A. strigosa*. There was no difference in time required for a single bite between short and tall pastures. Under rotational grazing, intake rate was constant until 31 and 18% of the original tall and short sward heights were removed, respectively. *A. strigosa* was conducive to a higher short-term intake rate. Animals spent longer time per bite to ingest equivalent masses of *Cynodon sp.* in comparison to *A. strigosa* in both grazing methods.

Key words: rotational and continuous stocking, functional response Type IV

¹Doctor Scientist in Animal Science, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil (167 p.) August, 2012.

SUMÁRIO

1. CAPITULO I	15
1.1 Introdução	16
1.2 MODELO CONCEITUAL	17
1.3 HIPÓTESES E OBJETIVOS	19
1.3.1 Hipótese:.....	19
1.3.1 Objetivos:.....	19
1.4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	20
1.4.1 Estratégia adotada por ruminantes em pastejo: maximização da energia ou minimização do tempo?.....	20
1.4.2 Relações causa-efeito: a estrutura do pasto e o processo de ingestão de forragem.....	21
1.4.2.1 Resposta funcional.....	21
1.4.2.3 Componentes da taxa de ingestão.....	22
1.4.2.2 A formação do bocado.....	23
1.4.3 Estrutura do pasto: causa e consequência do processo de pastejo.....	25
1.4.4 Pastoreio rotativo: benefícios/malefícios para planta e para o animal....	26
1.4.5 Da taxa de ingestão ao consumo diário.....	30
1.4.6 Contraste entre espécies C3 e C4 em relação à taxa de ingestão.....	31
2. CAPITULO II	33
Adaptations of the Type IV functional response for estimating short-term intake rate by grazing herbivores	33
1. Introduction.....	35
2. Materials and methods.....	38
2.1 Experimental Site.....	38
2.2 Animals.....	38
2.3 Treatments.....	39
2.4 Sward Measurement.....	40
2.5 Animal Measurements.....	40
2.6 Models Development.....	41
2.7 Statistical Analyses.....	43
3. Results.....	43
3.1 Sward Description.....	43
3.2 Functional Response.....	45
3.3 Components of STIR.....	46
3.4 Factors Causing the Decrease in Bite Mass.....	48
3.5 Relation Between Bite Mass and Time per Bite.....	51
4. Discussion.....	52
4.1 Type IV Functional Response.....	52
4.2 Mechanisms Causing the Decrease in Bite Mass.....	53
4.3 Foraging Processes.....	55
4.4 Broken Line and Sward Management.....	57
5. Conclusion.....	58
6. References.....	59
3. CAPITULO III	65
Relações planta-animal em pastagens de clima temperado e tropical: contrastes sob alturas de pasto e métodos de pastoreio	65
1. Introdução.....	67

2. Material e métodos.....	69
2.1. Área e preparo experimental.....	69
2.2. Tratamentos.....	69
2.3. Medições no pasto.....	72
2.4. Medições nos animais.....	72
2.5 Análises estatísticas.....	74
3.1 Características do pasto: Experimentos 1 e 3.....	75
3.2 Características do pasto: Experimentos 2 e 4.....	76
3.3 Comportamento ingestivo: Experimentos 1 e 3.....	76
3.4 Comportamento ingestivo: Experimentos 2 e 4.....	78
3.5 Processo de construção da taxa de ingestão – uso do tempo.....	79
3.6 Processo de construção da taxa de ingestão – uso dos movimentos mandibulares	81
4. Discussão	82
4.1 Massa do bocado e taxa de ingestão	83
4.2 Tempo por bocado e uso dos movimentos mandibulares.....	86
5. Conclusões.....	88
6. Referências.....	88
4. CAPITULO IV	94
Meta de manejo do pastejo via maximização da taxa de ingestão por bovinos em pastagem tropical e temperada	94
1. Introdução.....	97
2. Material e métodos.....	98
2.1 Área e preparo experimental.....	98
2.2 Tratamentos.....	99
2.3 Medições no pasto.....	101
2.4 Medições nos animais.....	101
2.5 Ingestão potencial acumulada.....	103
2.6 Análise estatística.....	104
3. Resultados.....	104
3.1 Altura ideal para máxima taxa de ingestão – pastoreio contínuo.....	104
3.2. Pastoreio rotativo – manutenção da taxa de ingestão.....	107
4. Discussão.....	109
4.1 Estrutura ideal para pastejo - Experimentos 1 e 3.....	109
4.2 Processo de rebaixamento e consumo cumulativo – Experimentos 2 e 4.....	112
5. Conclusão.....	116
6. Referências.....	117
5. CAPITULO V	123
5.1 Considerações finais	123
5.1.1 Sobre a importância de entender as relações de causa efeito - redirecionamento das pesquisas científicas.....	124
5.1.2 Benefícios da pesquisa em escala de bocado aos diferentes sistemas de produção.....	124
5.1.3 Sobre a reprodutibilidade das metas de manejo.....	126
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	128
7. APÊNDICES	141
8. VITA	167

RELAÇÃO DE FIGURAS

Capítulo I - Introdução

- Figura 1: Modelo conceitual da influência da estrutura do pasto sobre parâmetros do comportamento ingestivo de bovinos em pastejo que determinam a taxa de ingestão de forragem..... 18
- Figura 2: Relação entre a profundidade do bocado e o comprimento dos perfilhos estendidos registrados em distintos protocolos experimentais: (Δ) ovelhas e (\blacktriangle) novilhas de corte em pastagem natural sob distintas alturas de estrato inferior do pasto (Gonçalves et al., 2009); (\blacklozenge) novilhas de corte em Aveia preta (*Avena strigosa*) sob distintas alturas de pasto (Mezzalira, em preparação); (\blacksquare) novilhas de corte em pastos de Capim-marandu (*Brachiaria brizantha*) sob quatro estratégias de pastoreio rotativo (Da Trindade, 2007); (+) ovelhas em pastos de *Festuca arundinacea* e *Dactylis glomerata* sob alturas de manejo do pasto no estágio vegetativo (Carvalho et al., 1998); (\circ) equinos em cinco cv. de *Cynodon* sp. sob distintas alturas de pasto (Dittrich et al., 2005); (*) pôneis em pastos de Tifton 85 (*Cynodon* sp.) e Capim-vassoura (*P. paniculatum*) sob diferentes arranjos espaciais (Dittrich et al., 2007); (\diamond) caprinos em pastagem pluriespecífica sob pastoreio rotativo (Betteridge et al., 1994); (\square) vacas lactantes em pastos de Aveia preta (*Avena strigosa*) sob doses de nitrogênio (Lesama et al., 1999); (\bullet) vacas lactantes em pastos de Azevém perene (*Lolium perenne*) manejados sob pastoreio contínuo e rotativo (Wade, 1991). Vide Carvalho et al. (2012) para maiores detalhes... 24
- Figura 3. Representação teórica do processo de pastejo por horizonte do pasto, considerando haver limite inferior ao pastejo (Baumont et al., 2004). 27
- Figura 4: Taxa média de crescimento de uma pastagem a partir de índices de área foliar residual (IAF) de 0,5, 0,8, 1,1, 3,4, 5,3 e 6,8 (numeradas de 1 a 6 respectivamente). As flechas indicam a época ótima de colheita (adaptado de Parsons et al. (1988). 29
- Figura 5: Tempo por bocado de bovinos em função da massa do bocado em pastos de clima tropical e temperado. Pastos de clima temperado (\bullet , —): 1-Azevém anual em pastoreio rotativo (Amaral, 2009); e de clima tropical (\circ , — — 2-Sorgo em pastoreio contínuo e 3-em rotativo (Fonseca, 2011); 4-Capim-marandu em pastoreio rotativo (Da Trindade, 2007); 5-pastagem natural em pastoreio contínuo (Bremm, 2010) (dados compilação por Carvalho et al., 2012)..... 31
- Figure 1: Relationships between short term intake rate (STIR, a-b), bite mass (BM, c-d) and bite rate (BR, e-f) of cattle as a function of sward height in monoculture of *Cynodon* sp. (left) and *A. strigosa* (right). Solid lines: MichM-b.l. composite model. Dashed lines: double linear composite model. Dotted lines: simple quadratic model. Composite models are only shown if they gave higher R^2 and lower AIC than the quadratic model..... 47
- Figure 2: Relationships between the total biomass of structural components (stem + sheath mass) and sward height of monoculture of *Cynodon*

sp. (triangles) and *A. strigosa* (circles). Open symbols correspond to points from the increasing part of the relationship between bite mass and sward height and solid symbols to points from the decreasing part. Solid lines show the linear (*A. strigosa*) or threshold linear (*Cynodon sp.*) functions minimizing least square of the fitted values.

- 50
- Figure 3: Relationships between bite mass (BM) and the total biomass of structural components (stem + sheath) of cattle foraging on monoculture of *Cynodon sp.* (triangles) and *A. strigosa* (circles). Plotted values correspond to points from the decreasing part of the relationship between bite mass and sward height for *Cynodon sp.* and *A. strigosa*. The solid line shows the linear regression minimizing least squares of the fitted values..... 51
- Figure 4: Relationships between time per bite and bite mass of cattle foraging on monoculture of *Cynodon sp.* (a) and *A. strigosa* (b). Open symbols correspond to the increasing phase of the functional response and solid symbols to the decreasing phase. Solid lines show the linear regression minimizing least squares for the two phases together, *Cynodon sp.*: $y = 0.70 + 1.01 * BM$; *A. strigosa*: $y = 0.73 + 0.68 * BM$.
..... 52
- Figura 1: Relações entre a taxa de ingestão de forragem e a massa do bocado em pastoreio contínuo (a) e rotativo (b); relação entre o tempo por bocado e a massa do bocado de bovinos em pastoreio contínuo (c) e rotativo (d) em pastos de *Cynodon sp.* (○; —); *A. strigosa* (●; - - -) em função de alturas e ao longo do rebaixamento dos pastos. Apresenta-se os modelos paralelos quando não houve diferença de inclinação. Os modelos apresentados não são os que minimizam a variância para cada espécie, e sim os significativos pela análise de igualdade de interceptos e paralelismo..... 80
- Figura 2: Relação entre o número de movimentos mandibulares totais por bocado e a massa do bocado no pastoreio contínuo (a) e no rotativo (b); relação entre o tempo por bocado o número de movimentos mandibulares totais por bocado no pastoreio contínuo (c) e no rotativo (d) de bovinos em pastos de *Cynodon sp.* (○; —); *A. strigosa* (●; - - -); ambas as espécies (— —) em função de alturas e ao longo do rebaixamento dos pastos. Apresenta-se os modelos paralelos quando não houve diferença de inclinação. Os modelos apresentados não são os que minimizam a variância para cada espécie, e sim os significativos pela análise de igualdade de interceptos e paralelismo 81
- Figura 1: Taxa de ingestão em função da altura de pastos de *Cynodon sp.* e *A. strigosa* pastejados por novilhas – função de ajuste MichM-b.l. [*Cynodon sp.*: $y_1 = (95,83 x) / (27,77 + x)$; $y_2 = 39,20 - 0,63 * (x - 19,2)$; $R^2 = 0,55$; $P < 0,0001$; *A. strigosa*: $y_1 = (166,9 x) / (60,81 + x)$; $y_2 = 54,16 - 0,736 * (x - 29,2)$; $R^2 = 0,73$; $P < 0,0001$] (Modelos propostos no artigo 1)..... 107
- Figura 2: Taxa de ingestão de matéria seca por novilhas em pastos de *Cynodon sp.* e *A. strigosa* ao longo de distintas proporções de

rebaixamento Cynodon - ($y=42,08+(0,881(31-x))$), se $x>31$, e $y=42,08$ se $x<31$; $R^2=0,87$; $P<0,0001$); Avena - ($y=41,92+0,566(19-x)$), se $x>19$, e $y=41,92$ se $x<19$; $R^2=0,93$; $P<0,0001$)..... 109

Figura 3: Ingestão potencial acumulada de matéria seca em função do tempo de alimentação em cada altura dos pastos de *Cynodon sp.* (a) e *A. strigosa* (b) (10—; 15■; 20□; 25▲; 30△; 35●; 40○; 45◆; 50◇)..... 114

Figura 4: Ingestão potencial acumulada de matéria seca em função da do tempo de alimentação em cada estratégia de rebaixamento do pasto; *Cynodon sp.* (a) e *A. strigosa* (b) (20□; 40■; 60▲; 80△)..... 115

RELAÇÃO DE TABELAS

Capítulo II – Adaptations of the Type IV functional response for estimating short-term intake rate by grazing herbivores

Table 1: Sward characteristics in two grazing experiments with <i>Cynodon sp.</i> and <i>A. strigosa</i>	44
Table 2. Comparison between the different models predicting the variation of short-term intake rate (STIR) as a function of sward height (SH) for the two forage species	45
Table 3. Comparison between different models predicting the variation of bite mass and bite rate as a function of sward height for <i>Cynodon sp.</i> and <i>A. strigosa</i>	48
Tabela 1: Caracterização estrutural de pastos de <i>Cynodon sp.</i> e <i>A. strigosa</i> sob diferentes alturas.....	76
Tabela 2: Caracterização estrutural de pastos de <i>Cynodon sp.</i> e <i>A. strigosa</i> sob diferentes níveis de rebaixamento	77
Tabela 3: Parâmetros do comportamento ingestivo de novilhas em pastos de <i>Cynodon sp.</i> e <i>A. strigosa</i> sob diferentes alturas	78
Tabela 4: Parâmetros do comportamento ingestivo de novilhas em pastos de <i>Cynodon sp.</i> e <i>A. strigosa</i> sob níveis de rebaixamento	79
Tabela 1: Altura do pasto (cm); Massa de forragem (MF; kg ha ⁻¹); Massa seca de lâminas foliares (MSLF; kg ha ⁻¹); Massa seca de colmos + bainhas (MSCB; kg ha ⁻¹) em função de alturas de pastos de <i>Cynodon sp.</i> e <i>A. strigosa</i>	106
Tabela 2: Altura do pasto (cm); Rebaixamento (%); Massa de forragem (MF; kg ha ⁻¹); Massa seca de lâminas foliares (MSLF; kg ha ⁻¹); Massa seca de colmos + bainhas (MSCB; kg ha ⁻¹) em função do rebaixamento de pastos de <i>Cynodon sp.</i> e <i>A. strigosa</i>	108
Tabela 1: Simulação de produção de pastos de tifton 85 e aveia IAPAR 61 sob metas de altura do pasto que permitem máxima taxa de ingestão e porcentagens de rebaixamento dessa altura	125

LISTA DE ABREVIATURAS

Abreviatura	Descrição
<i>A. strigosa</i>	<i>Avena strigosa</i>
Alt	Altura
AIC	Akaike information criterion
BM	Bite mass
BR	Bite rate
BW	Bite weight
CD	Consumo diário
<i>Cynodon sp.</i>	<i>Cynodon dactylon</i>
cm	Centímetro
cm ³	Centímetro cúbico
DT	Densidade total
DM	Dry matter
DMI	Dry matter intake
EPM	Erro padrão da média
Et al.	Et alii é uma expressão latina que significa "e outros"
Etc.	Et cetera (e as demais coisas)
Fig.	Figura/figure
g	grama (medida)
HM	Herbage mass
h	Horas
ha	Hectare
IAF	Índice de área foliar
IAPAR	Instituto agrônômico do Paraná
IGER	Institute of Grassland and Environmental Research
kg	Kilograma
m ²	Metros quadrados
m ³	Metros cúbicos
cm	Centímetros
cm ²	Centímetros quadrados
MB	Massa de bocado
MF	Massa de forragem
MFT	Massa de forragem total
mg	Miligrama
min	Minutos
MM	Movimentos mandibulares
MMT	Movimentos mandibulares totais
MMT/g	Movimentos mandibulares totais por grama de matéria seca
MMT/B	Movimentos mandibulares totais por bocado
MS	Matéria seca
MSCB	Matéria seca de colmos+bainhas
MSLV	Matéria seca de lâminas verdes
MSLF	Matéria seca de lâminas foliares
N	Nitrogênio

p.e.	Por exemplo
PV	Peso vivo
Piq	Piquete
s	Segundos
STIR	Short term intake rate
SH	Sward height
Sup	50% Superior
TA	Tempo de alimentação
TB	Taxa de bocado
TPB	Tempo por bocado
TJM	Total jaw movement
Tpas	Tempo de pastejo
Trat	Tratamento
TI	Taxa de ingestão
TnBoc	Taxa de não bocado

1. CAPITULO I

1.1 INTRODUÇÃO

1.2 MODELO CONCEITUAL

1.3 HIPÓTESE E OBJETIVOS

1.4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.1 Introdução

Ruminantes em pastejo exibem um complexo padrão de interação com o seu ambiente pastoril (Wallis de Vries & Daleboud, 1994). O que torna a relação planta-herbívoro uma relação de causa e consequência entre a estrutura do pasto e as estratégias do animal em pastoreio (Carvalho et al., 2009a). Em ecologia o termo estratégia de pastoreio é definido em relação aos padrões mais relevantes do comportamento ingestivo. Este termo tem sido amplamente estudado com espécies não ruminantes, como proposto pela Teoria do Forrageamento Ótimo (Stephen & Krebs, 1986). Adotando esta teoria na ecologia do pastejo têm-se três hipóteses básicas: (1) a aptidão reprodutiva do animal é máxima quando ocorre maximização da taxa de consumo de energia; (2) a aptidão reprodutiva é máxima quando ocorre minimização do tempo necessário para captura de nutrientes; (3) a aptidão reprodutiva é máxima quando este animal seleciona uma dieta que satisfaça de maneira simples seus requerimentos nutricionais.

O manejo do pastejo está diante deste complexo processo de interações, onde o ruminante precisa satisfazer suas necessidades nutricionais e a planta necessita manter sua área foliar para atender os seus requerimentos. Os ruminantes preferem forragem que possa ser consumida com maior rapidez, ou a uma alta taxa de ingestão (Kenny & Black, 1984; Bergman et al., 2001; Illius et al., 1992; Utsumi et al., 2009), mesmo que tomar esta decisão obrigue o animal a consumir uma dieta de menor qualidade (Gordon & Lascano, 1993; Clark, 1993; Chilbroste et al., 2007).

Diante disso o manejo do pastejo tem por desafio criar estruturas de pasto que permitam ao animal, máxima taxa de ingestão que, por sua vez, lhe irá permitir diminuir o tempo diário de colheita e aumentar as chances de selecionar uma dieta balanceada, segundo *feedback* e aprendizado (Villalba & Provenza, 2009). Visa também, identificar estruturas de pasto em pastoreio rotativo onde esta taxa de ingestão começa a diminuir para evitar a imposição, ao animal, de uma estrutura de pasto que lhe obrigue a consumir estruturas vegetais não desejáveis.

Por outro lado, a planta forrageira adaptou-se ao pastejo ao longo de um processo co-evolutivo, desenvolvendo mecanismos de convivência, de escape e tolerância ao pastejo (Briske, 1999). A respeito desta convivência, Skarpe (2001), discutindo a adaptação das plantas ao pastejo, questiona sobre o quê deveria uma planta astuta fazer, para escapar deste distúrbio. Na sequência, a autora citando Owen-Smith & Novellie (1982) indaga sobre o que deveria fazer um herbívoro astuto para ter seus requerimentos nutricionais atendidos. Estes questionamentos remetem à ideia de que a planta é um ser vivo que não se encontra passivo diante de uma desfolha potencial. Além disso, deve-se ponderar que a planta necessita de área foliar para a realização de fotossíntese, portanto, a remoção de folhas torna o pastejo um evento potencialmente danoso e requer reações por parte da planta (Carvalho et al., 2009a).

Independentemente do método, sistema ou arranjo de pastejo, as metas de construção de estruturas de pasto devem buscar aliar elevada ingestão de forragem pelos animais durante o período de ocupação, e ao mesmo tempo permitir a planta restabelecimento rápido após a desfolha. Ou

seja, garantir que a planta disponha de área foliar suficiente no pós-pastejo para que o pasto atinja alta taxa de crescimento imediatamente após a saída dos animais.

1.2 Modelo Conceitual

O modelo conceitual apresentado na Fig. 1 propõe que o aumento da disponibilidade de recurso alimentar (expresso em altura do pasto) permite ao animal aumentar a **taxa de ingestão** de matéria seca por unidade de tempo. Na ecologia, frequentemente tem-se observado uma resposta funcional Tipo II (Holling, 1959) para a relação disponibilidade x taxa de ingestão, como demonstrado pela linha cheia na Fig. 1a. No entanto, tem-se observado que pastagens altas podem também limitar a taxa de ingestão (Carvalho et al., 2001a; Gonçalves et al., 2009; Fonseca et al., 2012), hipótese apresentada na Fig. 1a com a linha pontilhada.

A **taxa de bocados**, de forma clássica, tem sido relatada como relação diretamente inversa à massa do bocado. No caso do pastoreio rotativo, parece haver uma resposta peculiar, de acordo com Ribeiro Filho et al. (2003) e Amaral et al. (2012 in press). Segundo suas observações, ao invés de aumentar a taxa de bocados em altos níveis de rebaixamento do pasto, os animais desistem de pastejar esta estrutura de pasto que se alterou demasiadamente com o rebaixamento e passam a esperar a mudança para um novo piquete/potreiro, essa hipótese está apresentada com a linha pontilhada na Fig. 1b. A peculiaridade acontece entre baixas alturas no pastoreio contínuo e maiores remoções da altura inicial no pastoreio rotativo. Enquanto no primeiro caso o animal dedica movimentos mandibulares mais frequentes para colheita, já que está colhendo menores massas de bocados, no pastoreio rotativo o animal diminui a taxa de bocados por desestímulo à estrutura apresentada, percebendo a opção que tem de esperar para ser mudado de piquete.

A taxa de bocados é definida pelo **tempo de busca** (Fig. 1d), de **colheita** (Fig. 1e) e de **mastigação** (Fig. 1f). Estes tempos somados tem sido relatados como taxa de movimentos mandibulares totais e referenciados como constantes por minuto, ou seja, competem entre si (Penning, 1998; Ungar, 1996), ou podem apresentar alterações relativas entre si, em situação de pastoreio rotativo, segundo a hipótese da Fig. 1b.

Taxa de bocados e massa de bocados (Fig. 1c) definem a ingestão de MS. A massa do bocado é definida pela profundidade do bocado e área do bocado. De forma consistente na literatura tem-se observado que a **profundidade do bocado** é, em média, constantemente a metade da altura do pasto (Fig. 1g) (ver Griffiths & Gordon, 2003; e Benvenuti et al., 2008). Já a **área do bocado** (Fig. 1h) tem menor quantidade de estudos abordando este parâmetro como uma estratégia do animal para regular o consumo de forragem, uma vez que é um parâmetro inerente ao tamanho da mandíbula ou alcance da língua do animal. Alguns estudos, como Benvenuti et al. (2006), inferem que a área do bocado é reduzida pela dispersão ou tentativa de desvios de colmos por parte do animal.

Todos esses parâmetros são influenciados, direta ou indiretamente, pela estrutura do pasto. Sejam efeitos de disponibilidade, que irão afetar a área

e profundidade do bocado, ou efeitos de acessibilidade ou estruturais da planta, que irão definir como o animal irá usar os movimentos mandibulares para colheita, mastigação ou busca da forragem.

Diante de restrições da estrutura do pasto ao elevado consumo diário, o animal utiliza duas estratégias de compensação: (1) aumento da taxa de bocados para manter adequada taxa de ingestão em situações de baixa massa do bocado, e (2) aumento do tempo de pastejo para manter consumo diário quando a taxa de ingestão está baixa (Chacon & Stobbs, 1976; Hodgson, 1981 e 1990; Forbes, 1988; Ungar, 1996). No entanto, estes mecanismos de compensação podem não se expressar na mesma intensidade da diminuição da massa do bocado e da taxa de ingestão. Um exemplo disso é que diante de forte restrição na massa do bocado o animal é penalizado por um “custo fixo” para abrir e fechar a boca (Newman et al., 1994; Hirata et al., 2010a; Carvalho et al., 2012), o que pode impor um limite para aumentar a taxa de bocados em situações de baixas massas de bocado.

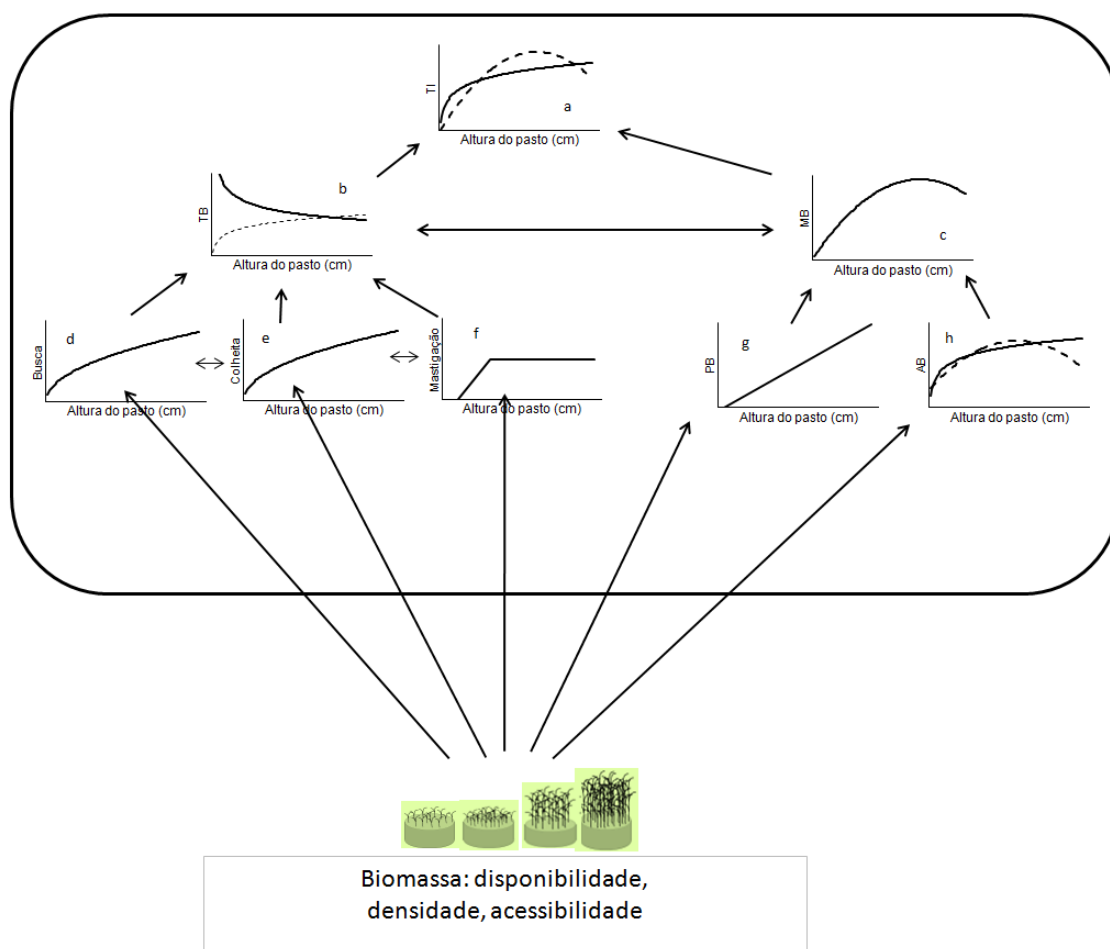


Figura 1: Modelo conceitual da influência da estrutura do pasto sobre parâmetros do comportamento ingestivo de bovinos em pastejo que determinam a taxa de ingestão de forragem.

1.3 Hipóteses e Objetivos

1.3.1 Hipótese:

Hipótese 1:

Tanto pastagens baixas quanto demasiadamente altas podem limitar o consumo instantâneo de matéria seca. Sendo assim, existe um intervalo, em altura do pasto, onde ocorre máxima ingestão por unidade de tempo.

Hipótese 2:

Tanto em pastos tropicais quanto temperados pode-se determinar esta altura de pasto que permita máxima taxa de ingestão.

Hipótese 3:

Adotando-se esta altura de pasto como a meta pré-pastejo para o pastoreio rotativo existe uma proporção desta altura que pode ser rebaixada até que a taxa de ingestão comece decrescer.

1.3.2 Objetivos:

- Identificar a estrutura de pasto que proporcione máxima taxa de ingestão de matéria seca.
- Identificar características do pasto que possam prever o comportamento ingestivo.
 - Identificar a porcentagem de rebaixamento dessa altura inicial do pasto onde a taxa de ingestão de MS começa a decrescer.
 - Investigar os padrões de comportamento ingestivo em relação a estruturas de pasto em pastoreio rotativo.
 - Contrastar uma espécie forrageira tropical com uma temperada sob as mesmas hipóteses.

1.4 Revisão Bibliográfica

1.4.1 Estratégia adotada por ruminantes em pastejo: maximização da energia ou minimização do tempo?

Ruminantes em pastejo exibem um complexo padrão de seletividade (Wallis de Vries & Daleboud, 1994). Estes padrões, em geral, estão de acordo com as teorias de maximização da taxa de ingestão propostas por Pyke (1984) e Stephens & Krebs (1986) para não ruminantes. Segundo estes pressupostos, energia, proteína, minerais, consumo diário, taxa de ingestão, dentre outros, são parâmetros utilizados pelos animais para tomadas de decisão no processo de pastejo (Bailey & Provenza, 2008; Fryxell, 2008). Com esse propósito, o animal dedica seu período de pastejo a colher sua exigência nutricional no menor tempo possível, a fim de ficar o menor tempo exposto a predadores (Pyke, 1984). Fatores como qualidade, quantidade, e a distribuição (horizontal e vertical) da forragem disponível, aliados a fatores climáticos e sociais (dentre outros) irão definir, ao final do dia, o consumo total de forragem ou de nutrientes individualmente, definindo o sucesso ou fracasso do intento do animal (Fortin et al., 2003).

De modo consistente, a literatura aponta dois objetivos ou forças que explicam o consumo diário de forragem por diversas espécies de ruminantes: (1) **a taxa de ingestão de forragem em curto prazo** (Short, 1985; Spalinger et al., 1988; Andersen & Saether, 1992; Spalinger & Hobbs, 1992; Gross, 1993; Laca et al., 1994; Shipley & Spalinger, 1995; Prache, 1997; Woodward, 1997) e (2) o **consumo de determinado nutriente** (Westoby, 1974; Hodgson et al., 1977; Belovsky, 1978; Poppi et al., 1980; Owen-Smith & Novellie, 1982; Mertens, 1987; Illius & Gordon, 1991; Meissner & Paulsmeier, 1995). Algumas pesquisas tem observado e descrito os papéis mútuos, e não excludentes, dessas duas restrições tem-se e que estas podem operar sob diferentes disponibilidades alimentares e em diferentes escalas de tempo (Bergman et al., 2001; Langvatn & Hanley, 1993; Illius, 1997).

Havendo condições ideais em estrutura do pasto, quantidade e qualidade, o ruminante irá maximizar o consumo em quantidade e qualidade (suprindo de cada nutriente necessário). Considerando haver alguma restrição, alguns modelos clássicos sobre forrageamento baseiam-se na estratégia de maximização do consumo de energia (Westoby, 1974; Owen-Smith & Novellie, 1982; Belovsky, 1986; Stephens & Krebs, 1986). No entanto, modelos mais recentes tem indicado que ruminantes adotariam a estratégia de minimização do tempo em pastejo, colhendo maior quantidade mesmo que esta estratégia lhes confira a colheita de uma dieta de menor qualidade nutricional (Gordon & Lascano, 1993; Clark, 1993; Bergman et al., 2001).

Em se tratando da restrição tempo, vários trabalhos sugerem que tanto bovinos quanto ovinos preferem forragem que possa ser consumida com maior rapidez, ou a uma alta taxa de ingestão (Kenny & Black, 1984; Black & Kenny, 1984; Black, 1990; Illius & Gordon, 1990; Laca & Demment, 1991; Illius et al., 1992; Demment et al., 1993; Laca et al., 1993; Utsumi et al., 2009). Segundo esta proposição, mesmo havendo uma preferência do animal por uma determinada planta ou parte desta, se houver restrição de tempo, o animal tomaria a decisão de alterar seu "menu", incluindo outras plantas ou partes,

podendo isso diminuir a qualidade de sua dieta (Gordon & Lascano, 1993; Clark, 1993), desde que isso lhe permita consumir mais rápido (Bergman et al., 2001).

Esta não é uma simples decisão a ser tomada pelo ruminante em pastejo. Ele está constantemente tendo que fazer escolhas quanto à (1) **o quê comer** (2), **onde comer** e (3) **quando comer** (Hengeveld, 2007; Carvalho et al., 2008) e em que quantidade. Ao longo do período de pastejo, os ruminantes são capazes de alterar suas escolhas, alterando, por exemplo, os padrões de deslocamento, preferência e ingestão em resposta às variações na estrutura das plantas, composição química e disponibilidade de alimento (Laca & Demment, 1991; Fortin et al., 2002). No entanto, é fundamental para o sucesso do manejo do pastoreio o conhecimento das estruturas de pasto preferidas pelos animais, pois isso irá influenciar os demais parâmetros de interesse na produção animal e conservação do ecossistema pastoril.

1.4.2 Relações causa-efeito: a estrutura do pasto e o processo de ingestão de forragem

1.4.2.1 Resposta funcional

A resposta funcional é definida como a relação entre o consumo voluntário do animal e a disponibilidade do alimento. Esta relação foi desenvolvida inicialmente por Holling (1959) em que o autor descreve a aquisição de nutrientes por insetos. Existem três componentes básicos da resposta de predadores em função da densidade de sua presa (D) sendo eles: (i) a taxa instantânea de encontro da presa (trazendo esta teoria para a relação planta animal, considera-se a forragem como a presa) (a), (ii) tempo em que predadores e presas estão em contato (T), e (iii) tempo de colheita por presa capturada (h). Esta descrição constitui a base da equação quadrática de Holling (Holling, 1959):

$$\frac{N}{T} = \frac{aD}{1+aDh} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde: N é o número de presas tomadas por um predador num determinado tempo. Na interação planta animal consideremos D: disponibilidade de forragem (ou massa de forragem); T: tempo de pastejo ou alimentação; h: tempo por bocado.

Com ruminantes esta resposta tem sido analisada com dois enfoques: (1) empírico, que estabelece uma relação quantitativa e bidimensional entre o consumo e uma única variável do pasto e (2) mecanicista que estabelece uma relação funcional entre diferentes variáveis da estrutura do pasto com o comportamento ingestivo dos animais. Desse modo, o enfoque mecanicista, permite determinar quais variáveis do pasto são mais críticas na determinação da resposta funcional e estabelecer uma base importante para sua integração entre os diferentes níveis de organização ou escalas espaço-temporais nas quais o pastejo e o consumo são definidos (Demment & Laca, 1994).

A qualificação dos efeitos da estrutura do pasto sobre o comportamento ingestivo de animais é necessária para uma melhor

compreensão das relações planta-animal. O entendimento dessas relações, por sua vez, é fundamental para se propor metas de manejo do pasto em sistemas de pastejo e para se compreender a dinâmica e funcionamento desta resposta.

Um dos efeitos mais contundentes da estrutura do pasto sobre o padrão de ingestão de forragem pode ser caracterizado como ingestão de matéria seca, ou de nutrientes por unidade de tempo. Para os ruminantes, a taxa de ingestão de curto prazo tem sido relatada como uma função assintótica em função do aumento da biomassa disponível ou altura do pasto - resposta funcional Tipo II (Baumont et al., 2000; Bergman et al., 2001; Cangiano et al., 2002; Delagarde et al., 2011). Alguns estudos mais recentemente, no entanto, (por exemplo, Casasús et al., 2004) tem observado uma resposta funcional quadrática para a taxa de ingestão instantânea (Tipo IV). Demonstrando que no curto prazo ocorre uma função quadrática da ingestão em função da massa de forragem, assim como relatado por Fryxell et al. (2004), que observaram o consumo de uma dieta com maior teor de nutrientes e de energia com quantidade de biomassa intermediária.

1.4.2.3 Componentes da taxa de ingestão

Traduzindo a fórmula de Holling (1959) para a ingestão de forragem em nível de bocado por bovinos tem-se, p.e., que o tempo de tomada de cada bocado (h) tem uma relação inversa ao número de bocados tomados. Sendo que o tempo por bocado tem relação com a massa do bocado, podemos estudar a influência da estrutura do pasto sobre os parâmetros de ingestão de forragem em nível de bocado.

Esse processo (para ruminantes) foi proposto por Alden & Witthaker (1970). Os autores propuseram o estudo do processo de consumo em nível diário (CD) a partir do desmembramento de cada um dos componentes: a massa do bocado (MB), a taxa de bocados (TB) e o tempo de pastejo (Tp) (Equação 2). Do produto da massa do bocado e da taxa de bocados tem-se a taxa de ingestão (TI), desmembrada da equação de Alden & Witthaker (1970). Assim se estuda um compartimento mais específico da relação planta-animal (Equação 3). E por fim, a TI multiplicada ao tempo de pastejo irá definir, ao final de um dia de pastejo, o consumo diário de forragem (Equação 4)

$$CD = MB \times TB \times Tp \quad (\text{Equação 2})$$

$$TI = MB \times TB \quad (\text{Equação 3})$$

$$CD = TI \times Tp \quad (\text{Equação 4})$$

É de suma importância a ressalva sobre os mecanismos que o animal utiliza para compensar restrições da estrutura do pasto ao elevado consumo diário. Diante de restrição na MB (parâmetro definido pela estrutura do pasto e capacidade de colheita do animal), o animal pode alterar o tempo por bocado e o tempo de pastejo. Considere-se o fato de que o animal tem um "custo fixo" para abrir e fechar a boca (Newman et al., 1994; Hirata et al., 2010a; Carvalho et al., 2012). Então, o tempo por bocado não pode ser

diminuído proporcionalmente à diminuição da massa do bocado. Portanto o tempo de pastejo poderá ser aumentado, mas este aumento, no entanto, tem um limite e pode não ser capaz de compensar a diminuição da MB e TI, restringindo-se, assim, o consumo diário (Chacon & Stobbs, 1976; Hodgson, 1981; Gibb et al., 1997).

1.4.2.2 A formação do bocado

A menor escala de decisão do animal é o bocado, que significa a ação ou o ato de apreender a forragem com os dentes (Gibb, 1996). Laca & Ortega (1995) definiram o bocado como 'o átomo do pastejo'. Ou seja, o consumo de forragem se constitui a partir de um somatório de cada ação de captura de forragem por cada bocado. Dessa forma, a maximização do consumo está diretamente relacionada a cada uma das milhares de decisões que o animal toma ao longo do dia (Schwinning & Parsons, 1999). Cada ação certa ou errada terá efeito cumulativo ao longo do dia (Shipley, 2007) e irá definir um nível de produtividade. Esta maximização passa, necessariamente, pela oportunidade que o animal tem de acessar estruturas de pasto ideais ao pastejo ao longo do dia.

Na dimensão vertical, a altura do pasto e a distribuição dos componentes, tais como lâminas, colmos e material morto nos diferentes estratos do pasto, com variações na densidade e composição destes estratos, interferem a forma como o animal irá colher o bocado. A massa do bocado é discutida como o produto entre a área (cm^2), a profundidade do bocado (cm) e a densidade da forragem nesse volume (volume do bocado) (Laca et al., 1992).

Portanto, para o estudo da massa do bocado é necessária a compreensão de como o animal interage com as características que definem a estrutura do pasto. A profundidade do bocado tem sido amplamente reportada como uma relação positiva em função da altura e negativa em função da densidade do pasto (Laca et al., 1991; Ungar et al., 1991; Laca et al., 1992; Gordon & Lascano, 1993). Valores de profundidade do bocado em torno de 50% da altura do perfilho estendido tem sido relatados em diversos trabalhos (Hodgson et al., 1994; Wade, 1991; Elliot & Hughes, 1991; Laca et al., 1991; Laca et al., 1992; Ungar et al., 1991; Betteridge et al., 1994; Carvalho et al., 1998; Lesama et al., 1999; Cangiano et al., 2002; Dittrich et al., 2005; Da Trindade, 2007; Dittrich et al., 2007; Gonçalves et al., 2009; ver compilação realizada por Carvalho et al., 2012 apresentada na Fig. 2). Apesar de Benvenuto et al. (2008) ter observado valores próximos a 65%. Vale ressaltar que existe um limiar para a profundidade do bocado, Cangiano et al. (2002) e Carvalho et al. (2012) sugerem como 2 cm um limite inferior ao pastejo, Illius & Gordon (1987) sugerem 1,5 cm. De qualquer modo, este limite pode explicar parte da variabilidade dos dados de profundidade de bocado observado nas mais diversas espécies forrageiras e animais, visto que características do pasto como material morto e senescente podem mudar a percepção do animal (função do tipo do animal) do que ele julga ser forragem consumível.

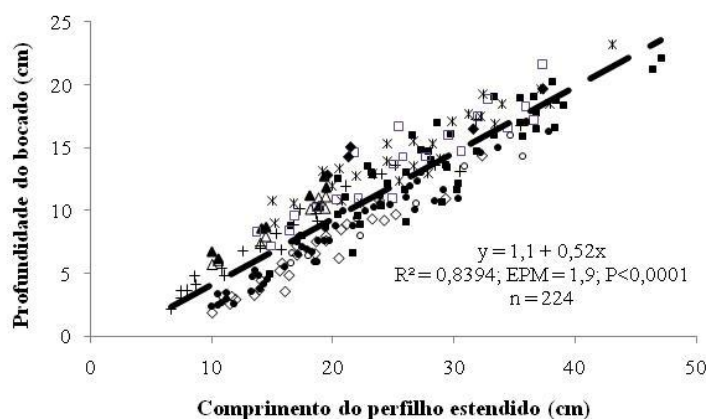


Figura 2: Relação entre a profundidade do bocado e o comprimento dos perfilhos estendidos registrados em distintos protocolos experimentais: (Δ) ovelhas e (\blacktriangle) novilhas de corte em pastagem natural sob distintas alturas de estrato inferior do pasto (Gonçalves et al., 2009); (\blacklozenge) novilhas de corte em Aveia preta (*Avena strigosa*) sob distintas alturas de pasto (Mezzalira, em preparação); (\blacksquare) novilhas de corte em pastos de Capim-marandu (*Brachiaria brizantha*) sob quatro estratégias de pastoreio rotativo (Da Trindade, 2007); (+) ovelhas em pastos de *Festuca arundinacea* e *Dactylis glomerata* sob alturas de manejo do pasto no estágio vegetativo (Carvalho et al., 1998); (\circ) equinos em cinco cv. de *Cynodon* sp. sob distintas alturas de pasto (Dittrich et al., 2005); (*) pôneis em pastos de Tifton 85 (*Cynodon* sp.) e Capim-vassoura (*P. paniculatum*) sob diferentes arranjos espaciais (Dittrich et al., 2007); (\diamond) caprinos em pastagem pluriespecífica sob pastoreio rotativo (Betteridge et al., 1994); (\square) vacas lactantes em pastos de Aveia preta (*Avena strigosa*) sob doses de nitrogênio (Lesama et al., 1999); (\bullet) vacas lactantes em pastos de Azevém perene (*Lolium perenne*) manejados sob pastoreio contínuo e rotativo (Wade, 1991). Vide Carvalho et al. (2012) para maiores detalhes.

Esse padrão de resposta demonstra que para uma ampla gama de situações, a altura do pasto é o principal determinante da profundidade do bocado. Laca (1992) e Cangiano et al. (2002) observaram que 83 e 90% da variação da profundidade do bocado foi explicada pela altura do pasto.

Exceções à regra da “proporcionalidade constante de remoção de forragem” (Hodgson et al., 1994) também tem sido observadas. Nesse sentido, Griffiths et al. (2003) analisaram as respostas de profundidade de bocado de quatro experimentos com condições de estrutura de pasto distintas e confirmaram que a profundidade do bocado é fortemente determinada pela estrutura dos pastos, sendo afetada por parâmetros estruturais do pasto. A ressalva, portanto, feita pelos autores é que avaliações detalhadas da estrutura da planta precisam ser feitas para se comparar aos parâmetros das dimensões do bocado. Segundo os autores, existem inter-relações entre a profundidade do bocado e variáveis da estrutura de pasto como presença de barreiras estruturais de colmos e bainhas, isto sugere um cuidado em relação ao uso do

conceito da proporcionalidade constante. O animal estaria (1) removendo a metade da altura do forragem ou (2) o quê ele considera como forragem? Barthram & Grant (1984) observaram alterações na profundidade em relação a barreiras de pseudo-colmos, Flores et al. (1993) observaram esse efeito com colmos e Ganskopp et al. (1993) e Drescher (2003) com pastos com maior densidade de colmos reprodutivos nos estratos inferiores do pasto.

O segundo parâmetro, mas não menos importante, a definir o volume do bocado é a sua área. Diferente ao anteriormente discutido, a área do bocado ainda apresenta muitas relações a serem desvendadas, no entanto, pode-se dizer que a área do bocado aumenta com a altura do pasto, mas diminui com o aumento da densidade do estrato pastejado (Laca et al., 1991; Griggs et al., 1991; Ungar et al., 1991; Burlison et al., 1991, Laca et al., 1992; Cangiano et al., 2002). A área potencial do bocado estaria associada a uma relação alométrica com a abertura dos incisivos e este tem estreita relação com o peso vivo do animal elevado a uma potência menor que 1. Um aumento desta área pode ser conseguida mediante os movimentos circulares da língua. A esse respeito, Griffiths & Gordon (2003) apresentaram uma abordagem segundo a qual, o ruminante ajusta as dimensões do bocado de acordo com parâmetros como força envolvida na captura do bocado e relação custo/benefício do consumo.

Diante do exposto neste item para obter sucesso do animal em encontrar bocados potenciais passa, necessariamente, pela definição das condições iniciais e finais do pasto.

1.4.3 Estrutura do pasto: causa e consequência do processo de pastejo

A estrutura do pasto foi descrita como sendo “a distribuição e o arranjo da parte aérea das plantas numa comunidade” (Laca & Lemaire, 2000). Este arranjo espacial pode ser descrito por meio de inúmeras variáveis, que expressam quantidade de forragem de forma bidimensional p.e., kg de matéria seca/ha, alturas de plantas, composições botânicas. Mais recentemente, este arranjo tem sido definido por parâmetros tridimensionais como disposição espacial, agregação e/ou combinações de espécies, densidade volumétrica, entre outras (Carvalho et al., 2009a).

Caracterizada a estrutura do pasto segundo estes parâmetros, é importante compreender qual estrutura é a adequada ao processo de pastejo. Carvalho (2005) propôs o conceito de “ambiente pastoril adequado”, considerando não somente a estrutura, mas inclusive parâmetros do ambiente para propor metas de manejo que priorizem os processos de crescimento vegetal e de colheita de forragem pelo animal em pastejo. Portanto, independentemente da escala de estudo das relações causa-efeito, deve-se integrar conceitos dessa natureza, a fim de integrar aspectos produtivos, e de sustentabilidade, tanto para o animal quanto para o ambiente (Carvalho et al., 2010).

Para geração de metas dessa natureza é importante a compreensão de que: (1) o pastejo é um distúrbio para a planta, o mais importante depois do fogo, em termos de perda de área e massa foliar (Huntly, 1991). (2) As folhas mais novas são as mais eficientes no uso da radiação fotossinteticamente ativa.

Para uma condição de crescimento vegetativo Gosse et al. (1986) demonstram que esta eficiência é da ordem de 1,8 g de MS/MJ absorvido nas espécies C3 e de 2,4 g MS/MJ para as espécies C4. (3) O animal prefere consumir folhas novas (Flores et al., 1993; Ginnett et al., 1999; Benvenuti et al., 2006; Drescher et al., 2006). (4) A probabilidade de desfolhação de folhas jovens é maior que a de folhas mais velhas (Lemaire & Agnusdei, 1999; Palhano et al., 2005) por estarem situadas nos estratos superiores do dossel (Hodgson, 1990) e orientadas em posição mais vertical quando comparadas às folhas mais velhas (Pontes, 2001).

Por conta disso o pastejo é um processo dinâmico onde ao mesmo tempo em que está recebendo influência da estrutura do pasto o animal está criando essa estrutura. Este processo pode ser fruto de longa interação (Cruz et al., 2010), de meses, dias ou horas de pastejo (Fonseca et al., 2012) e até mesmo de segundos como efeito do bocado anterior sobre a estrutura da estação alimentar, p.e. (Laca et al., 1994).

Nestas menores escalas de observação das relações planta-animal, vários estudos confirmam a importância de parâmetros como a altura do pasto na definição do consumo via determinação das dimensões do bocado, em particular a influência da profundidade do bocado (Wade, 1991; Laca et al., 1992; Hodgson et al., 1994; Betteridge et al., 1994; Carvalho, 1997; Carvalho et al., 1998; Lesama et al., 1999; Dittrich et al., 2005; Dittrich et al., 2007; Da Trindade, 2007; Gonçalves et al., 2009), o que resulta em diferentes massas de bocados. Diminuição na severidade da desfolha (Barthram & Grant, 1984; Chacon & Stobbs, 1976; Amaral, 2009) a partir do momento em que o rebaixamento do dossel atinge estratos mais baixos e densos do pasto. Parcialmente, em função da limitação física imposta pelo incremento na participação de colmos (Griffiths et al., 2003b) e, também, por causa da seletividade por folhas apresentada pelos animais (Flores et al., 1993; Ginnett et al., 1999; Benvenuti et al., 2006; Drescher et al., 2006). Dessa forma, durante o período de rebaixamento de um pasto, a ingestão de forragem pode ter seus padrões alterados devido a uma série de fatores relacionados com a estrutura do pasto e com o animal no seu processo de aquisição de nutrientes. Inclusive o animal pode desistir de pastejar e esperar a troca de potreiro, em se tratando de pastoreio rotativo (Amaral, 2009; Ribeiro et al., 2003), ou pode, ainda, consumir uma dieta de menor qualidade apenas porque esta está mais próxima de pontos atrativos como água, sombra, etc. (Hirata et al., 2010b).

1.4.4 Pastoreio rotativo: benefícios/malefícios para a planta e para o animal

Tratando-se de pastoreio rotativo, a massa e a altura dos pastos decrescem durante o período de ocupação do piquete. Com a depleção da forragem, a densidade de forragem é incrementada e diminui a relação folha/colmo no dossel (Ungar et al., 2001; Barrett et al., 2001). Como consequência dessas alterações na estrutura do pasto, ocorre a progressiva redução na taxa de ingestão de forragem e na área do bocado (Ungar et al., 2001), com reflexos no consumo diário (Barrett et al., 2001; Baumont et al., 2004). Amaral (2009) em protocolos de curta duração constatou que, por conta da diminuição drástica na massa de lâminas foliares durante o rebaixamento do

pasto, os animais desistiram de pastejar, isso poderia causar danos ao intento de consumo de alta quantidade de nutrientes em pouco tempo.

Este fenômeno ocorre, segundo Carvalho et al. (2001b), em situações onde se permite maior rebaixamento do pasto. Nessas condições a estrutura do pasto se altera rapidamente. No pastoreio rotativo o animal pode estar usando a chamada memória de trabalho que segundo Bailey et al. (1996) o animal utiliza dessa memória para comparar informações do alimento disponível com o valor nutritivo ingerido nas últimas 8h. Sendo assim, ao se deparar com uma estrutura demasiadamente alterada, o animal pode desistir de pastejar e esperar a troca do potreiro. Segundo Bailey et al. (1996), o animal também seria capaz de armazenar registros do valor nutritivo de alimentos colhidos ao longo de 21 dias. Assim ele poderia identificar esta alteração e esperar a troca do potreiro. Ainda segundo os mesmos autores, ao se deparar com a “novidade” que é a estrutura de pasto do novo potreiro, os parâmetros de memória de curto prazo agem para estimulá-lo ao consumo e o novo rebaixamento do pasto tem início.

Quando da entrada dos animais no novo potreiro tem-se plantas intactas, não pastejadas, com predominância de folhas na porção superior do dossel. Considere-se o pressuposto de que a profundidade de bocados seja constantemente a metade da altura do pasto (p.e. Burlison et al., 1991; Carrère et al., 2001; Gonçalves et al., 2009). A partir deste pressuposto, Baumont et al. (2004), propuseram um modelo teórico onde o processo de pastejo ocorreria com remoção de camadas sucessivas, equivalentes à metade da altura do pasto. Segundo esta proposição o animal não pastejaria a porção colmos antes de ter exaurido a porção folha. No entanto, Baumont et al. (2004) estimaram que a mudança de horizonte acontecesse, na verdade, quando a área ocupada pelo horizonte superior se torna menor que 25%, e Ungar (1998) estimou que esse limite fosses de 15-30% da superfície. Fonseca (2011) observaram uma forte redução na taxa de ingestão em função da área não pastejada, com mudança significativa quando ainda restavam de 20-30% de área não pastejada no topo do dossel.

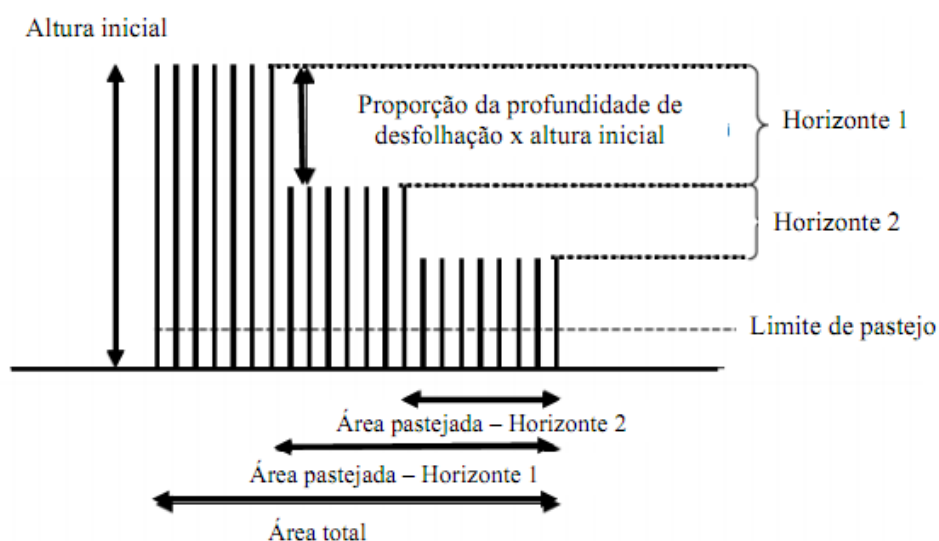


Figura 3. Representação teórica do processo de pastejo por horizonte do pasto, considerando haver limite inferior ao pastejo (Baumont et al., 2004).

Visto que colmos exigem maior gasto de energia para colheita, causam maior impedimento à profundidade de bocado e, por conseguinte, causa diminuição a massa do bocado (Barre et al., 2006; Benvenuti et al., 2006). Além disso, os colmos requerem um maior tempo de manipulação na boca, compreendido entre a apreensão e a deglutição do bocado, quando comparados a lâminas foliares e mesmo a bainhas (Hodgson, 1990; Laca et al., 1994). Tem-se, portanto, que a manutenção de uma taxa de ingestão alta é função do tempo de permanência do animal em pastejo no primeiro horizonte do pasto.

Para enfatizar a importância de qualquer método, inicialmente é essencial se observar certos confundimentos (Briske et al., 2008) e em relação a métodos de pastoreio, os autores ressaltam que esta confusão, frequentemente aparece em comparações onde um dos métodos apresenta algum erro de manejo.

O método de pastoreio define-se, ou justifica-se pelo controle da frequência e da intensidade da desfolhação (Carnevali et al., 2006; Barbosa et al., 2007), combinação essa que afeta diretamente a estrutura do dossel. Via de regra, o pastoreio rotativo é capaz de definir a alocação espaço-temporal dos bocados por meio da definição dos períodos de ocupação e de descanso. Já o pastoreio contínuo tem menor capacidade de determinar onde e quando ocorrerá uma desfolha (Carvalho et al., 2009b). Não obstante, isto não significa uma desvantagem propriamente dita para um ou outro método (Briske et al., 2008).

A preponderância da evidência gerada a partir de experimentos em pastejo tem indicado consistentemente que o pastoreio rotativo não é superior ao contínuo (Briske et al., 2008). Sbrissia et al. (2000), fazendo uma revisão com o mesmo objetivo, evidenciou que, entre 24 trabalhos revisados, 7 apresentaram vantagens para o rotativo, 3 para o contínuo e em 14 trabalhos não foram observadas diferenças significativas. O próprio autor pergunta: “Por que os resultados são tão contraditórios e inconsistentes?”

Um aspecto importante a ser considerado é que o pastoreio contínuo não implica na desfolhação contínua de um mesmo perfilho. É contínua a ocupação do potreiro, não a visitação a uma mesma planta. Este fenômeno foi originalmente demonstrado por Hodgson (1966) que monitorou o intervalo de tempo entre desfolhações de azevém perene por ovinos em pastoreio contínuo sob alta e média taxa de lotação, observando intervalos de 7-8 e 11-14 dias, respectivamente. Portanto, a taxa de lotação é ferramenta importante para se regular frequência de desfolhação (Hodgson, 1990).

Independentemente do método, sistema ou arranjo de pastejo as metas de construção de estruturas de pasto devem aliar elevada ingestão de forragem durante o período de ocupação, com a possibilidade da planta se restabelecer rapidamente. Ou seja, garantir que a planta disponha de área foliar suficiente no pós-pastejo para que o pasto atinja alta taxa de crescimento imediatamente após a saída dos animais. Assim como propõe a Figura 4 de Parsons (1988). Desse modo, restando área foliar para a retomada da fotossíntese, pode-se fazer inferência que a seletividade do animal por folhas foi proporcionada.

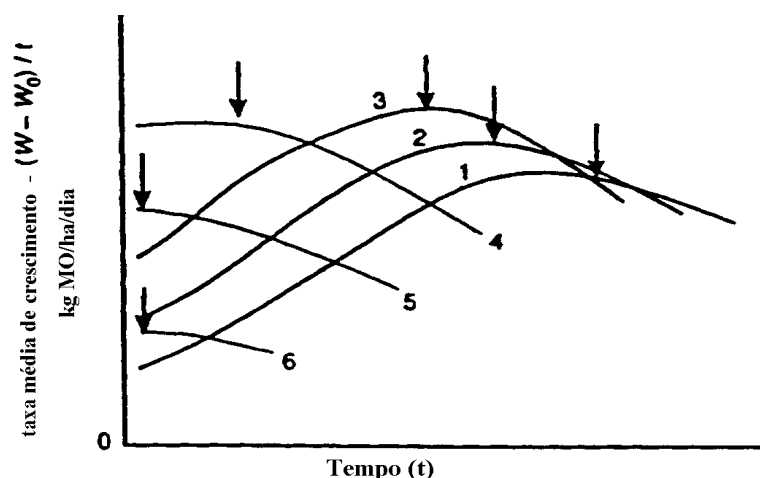


Figura 4: Taxa média de crescimento de uma pastagem a partir de índices de área foliar residual (IAF) de 0,5, 0,8, 1,1, 3,4, 5,3 e 6,8 (numeradas de 1 a 6 respectivamente). As flechas indicam a época ótima de colheita (adaptado de Parsons et al. (1988).

A proposição de Parsons apresenta seis situações de IAF residual (pós-pastejo) e o crescimento vegetal seguinte. O desafio está em propor metas de manejo do pastejo que aliem, ao mesmo tempo, ou próximas, as produções vegetais e animais. Segundo Carvalho et al. (2009b) é possível que pastejos mais frequentes e menos intensos oportunizem, sob o ponto de vista animal, a colheita de forragem em quantidade e valor nutritivo elevados. E, sob o ponto de vista da planta, a rápida e vigorosa rebrota com uma estrutura com elevada proporção de folhas (Da Trindade, 2007), o que asseguraria, segundo Carvalho et al. (2009b), a manutenção da produção animal no longo prazo.

É fundamental a comparação entre as distintas estratégias. Note-se que há dois grupos de estratégias: 1; 2 e 3 que se caracterizam por baixo IAF pós-pastejo e longo período entre pastejos. Já 4; 5 e 6 são estratégias que mantêm maior IAF e menor intervalo entre pastejos. Dentre esses dois grupos as estratégias 3 e 4 têm em comum semelhante ponto de máximo crescimento diário em um determinado dia do ciclo de cada estratégia. O diferencial entre elas é que tendo o IAF sido reduzido a 1,1 a estratégia 3 tem um período de crescimento exponencial até atingir o crescimento máximo. A partir desse ponto o crescimento líquido diário passa a decrescer por conta do aumento da senescência. Já a estratégia 4, por ter IAF de 3,4 no pós-pastejo tem a garantia de área foliar residual e por consequência alto crescimento líquido diário. O problema dessa estratégia de manejo é que em pouco tempo pós-pastejo já se inicia processo de competição por luz, senescência e acúmulo de colmos.

No entanto, este aparente problema apresentado pela estratégia de manejo 4 proposta por Parsons pode ser facilmente contornada ao se adotar uma menor frequência de pastejos, como indicado na Figura 5 com a flecha. Desse modo pode-se suprimir o período de menor crescimento por conta da senescência e a manutenção de alto IAF garante que o pasto irá permanecer com crescimento líquido acima de qualquer estratégia que permita maior

remoção.

No entanto, a proposição 4 guia a uma nova forma de uso e nova percepção do sistema pasto. Contrário aos objetivos propostos por Sampson (1913, vide Briske et al., 2008) ao propor o método de pastoreio. Esses objetivos específicos fazem alusão a metas de: (1) melhorar a composição de espécies e/ou a produtividade do pasto. (2) Reduzir a seletividade de forragem pelo aumento da lotação animal para diminuir a heterogeneidade do pasto. (3) Garantir a distribuição mais uniforme dos animais em áreas, por meio da melhor distribuição de água e / ou cercas.

Com base na revisão feita por Briske et al. (2008), as diferenças observadas no sistema pastoril decorrem, especialmente em função de diferenças na carga animal e não no método de pastoreio. A adoção do pastoreio rotativo tem como vantagem a flexibilidade de manejo. Permitindo com maior facilidade o uso de áreas para feno, diferimento, sobressemeadura, entre outras. Além da proposição 3 de Sampson, a qual garante que ao utilizar este método pode-se distribuir o pastejo de forma mais uniforme em toda a área. Fato que é extremamente positivo se for usado para manter toda a área dentro da estratégia 4, p.e. como proposto por Parsons et al. (1988).

1.4.5 Da taxa de ingestão ao consumo diário

A taxa de ingestão (massa do bocado x número de bocado) difere do consumo diário (taxa de ingestão x tempo de pastejo) em relação à escala de tempo que são medidas e aos mecanismos que são considerados para explicá-los (Utsumi, 2002). Ambos tem em comum que são respostas da estrutura do pasto (Laca, 1992). A taxa de ingestão é medida em intervalos de tempo de alguns bocados, em geral dentro de uma refeição. Os mecanismos que definem a resposta nesta escala se devem especialmente à capacidade de colheita do animal. Já o consumo diário recebe interferências de fatores ingestivos, digestivos e interação entre eles (Utsumi, 2002). O enchimento ruminal (Chilibroste et al., 1997) e a taxa de passagem do alimento pelo trato gastrointestinal podem interferir no consumo diário (Varga & Harpster, 1995). Apesar de taxa de ingestão e consumo diário terem sido analisadas separadamente, as variações no consumo diário podem ser atribuídas à taxa de ingestão instantânea (Laca, 1992) e às influências de fatores externos ao longo do dia (Chilibroste et al., 2007). Por isso, é de suma importância estudar a relação entre a taxa de ingestão e fatores estruturais do pasto a fim de se compreender como o consumo diário se estabelece (Utsumi, 2002).

Segundo Ungar (1996) o consumo diário pode ser explicado por três situações em relação à massa de forragem:

1) quando a massa de forragem por área é alta, a taxa de ingestão e o tempo de pastejo não são prejudicados;

2) quando a massa de forragem por área é intermediária, a taxa de ingestão diminui e o tempo de pastejo é aumentado como estratégia de compensação para manter o consumo diário;

3) quando a massa de forragem por área é baixa, a taxa de ingestão diminui e o aumento no tempo de pastejo não é capaz de compensar a diminuição na taxa de ingestão e o nível de consumo diário diminui;

1.4.6 Contraste entre espécies C3 e C4 em relação à taxa de ingestão

O processo de ingestão de forragem guarda estreita relação com o processo de formação do bocado e a manipulação para a ingestão (Spalinger & Hobbs, 1992; Demment & Laca, 1994; Ungar, 1996; Laca et al., 2001). Dependendo dos atributos da vegetação, a manipulação da forragem pode se sobrepor à atividade de busca e desta forma a afetar a resposta ingestiva, p.e. em taxa de ingestão (Utsumi, 2002). Segundo Spalinger & Hobbs (1992) em pastos que proporcionem massas de bocados baixa, a busca assume um custo fixo, proporcionalmente maior que em pastos que proporcionem massas de bocado maiores (Ungar & Noy Meir, 1988; Laca & Demment, 1990; Newmann et al., 1994; Hirata et al., 2010a e Carvalho et al., 2012).

Illiuss et al. (1995) ignoraram a força aplicada pelo animal para agarrar a forragem e definiram que a força aplicada no bocado se deve ao ato de romper e apreender a forragem. Ou seja, este custo fixo pode ser o limitante para a ingestão em espécies tropicais (Utsumi, 2002). Tem sido relatado que o animal gasta maior tempo por unidade de consumo ao ingerir espécie C4 comparado a C3, como demonstra a compilação realizada por Carvalho et al. (2012), apresentada na Figura 5. Já em pastagens que permitem bocados de maior massa a superposição entre as atividades de manipulação e busca explicaria porque a limitação da taxa de ingestão se dá pela capacidade de processar a forragem durante a mastigação (Utsumi, 2002).

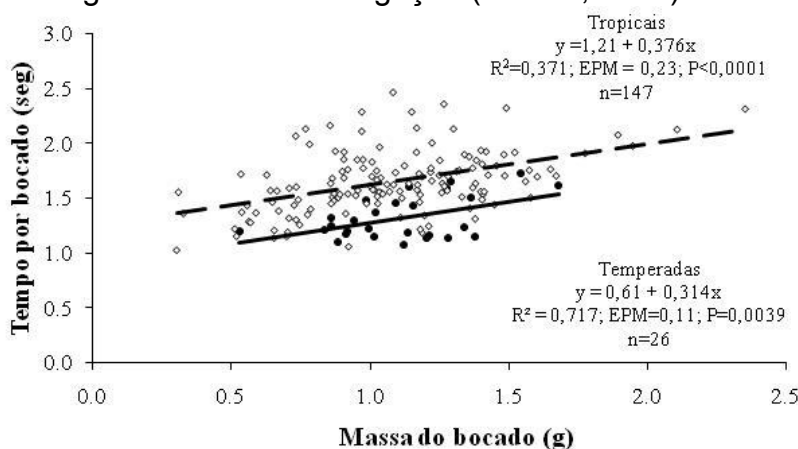


Figura 5: Tempo por bocado de bovinos em função da massa do bocado em pastos de clima tropical e temperado. Pastos de clima temperado (●, —): 1-Azevém anual em pastoreio rotativo (Amaral, 2009); e de clima tropical (○, — — 2-Sorgo em pastoreio contínuo e 3-em rotativo (Fonseca, 2011); 4-Capim-marandu em pastoreio rotativo (Da Trindade, 2007); 5-pastagem natural em pastoreio contínuo (Bremm, 2010) (dados compilação por Carvalho et al., 2012)

Este tempo fixo tem sido explicado por alguns trabalhos que tem relatado que o animal realiza maior número de movimentos mandibulares de manipulação ao consumir espécies tropicais, em sua grande maioria, antes de apreender o bocado, ou seja, são movimentos de captura e manipulação fora da boca (Ungar, 1996; Hodgson et al., 1994; Gordon & Benvenuti, 2006; Fonseca, 2011).

Além disso, a qualidade da forragem consumida tem forte influência no tempo de manipulação na boca, antes de ser ingerido (Balch, 1971; De Boever et al., 1990). A proporção de esclerênquima do tecido vegetal é um fator importante na determinação da força e da energia necessária para este tecido ser colhido (Illius et al., 1995). Zhang et al. (2004) observaram que a área média de esclerênquima em uma secção transversal da lâmina de folha de plantas C3 foi menor do que em plantas C4. Ou seja, para o consumo de uma mesma massa de bocado o animal demanda maior energia para colheita na espécie C4.

O menor desempenho animal em pastos tropicais deve ser melhor estudado (Da Silva & Carvalho, 2005), pois a diferença em relação aos pastos temperados não está somente na qualidade digestiva dos pastos, mas também na qualidade ingestiva. Por isso o conceito de Laca & Ortega (1995) de que o bocado é o átomo do pastejo é tão importante. E porque estes autores o definiram assim? Por que o bocado pode se repetir por 30 mil vezes por dia (Milne, 1994), ou seja, é um ínfimo componente que só tem importância devido à escala de frequência. Mesmo sendo ele um erro em escala de fração de segundo, o somatório de erros se agravará ao longo do dia e terá consequências potencialmente grandes ao desempenho animal por ser um sistemático e cumulativo (Shipley, 2007). A princípio ao se observar a Figura 5 pode passar despercebido a diferença de intercepto, no entanto, um animal de 300 kg de peso vivo, p.e. que consuma bocados de 1g, irá necessitar de 1,5 hora a mais em pastejo na espécie C4 em relação a C3. Isso não parece muito, mas pode ser determinante no desempenho animal, visto que outros fatores como temperatura e tempo diário disponível de pastejo irão entrar nesta interação.

2. CAPITULO II

Adaptations of the Type IV functional response for estimating short-term intake rate by grazing herbivores¹

¹ Artigo elaborado de acordo com as normas da revista Functional Ecology (Apêndice 1)

Short title: Functional response by grazing herbivores

Adaptations of the Type IV functional response for estimating short-term intake rate by
grazing herbivores

Summary

- 1.** The Type IV functional response (i.e. dome-shaped relationship between resource intake rate and resource availability) has been poorly reported with large herbivores. However, conditions of its occurrence can have large implications for both foraging theory and grazing management.
- 2.** Here we report a Type IV functional response with heifers grazing monocultures of *Cynodon sp.* and *Avena strigosa*. Intake rate decreased at high sward height values due to a decrease in bite mass whereas bite rate re-increased. Smaller bite mass requires less grazing jaw movements to harvest and swallowing and therefore the bite rate re-increases. Heifers did not need any additional time to take a bite of a given mass off a tall sward than off a shorter one, refuting the hypothesis of a shift from process 3 to process 2 (*census* Spalinger & Hobbs 1992) explains the decrease of the functional response.
- 3.** Different mechanisms (i.e. sward height vs structural components) controlled the increase and decrease of the short-term intake rate. Accordingly, the use of two distinct equations to model the increasing and decreasing parts of the functional response releases the fit of each part from the influence of the other part. Particularly, it allowed a better capture of the maximum region of the functional response. As a result, it greatly impact predictions on the sward height target to maximize short-term intake rate.

4. The resulting Type IV functional response under process 3 foraging involve that the mechanism leading to the decrease of intake rate in tall sward is a diminution of the mean size of appropriated bite and not a diminution of their density or of the time needed to manipulate them. It seems that the animals behaviorally respond to the change in the sward structure by altering the dimension of their bite to maintain high quality bites and/or to avoid a high cost on bite rate.

Key-words: model selection, bite mass, foraging mechanisms, foraging processes, functional response model, short term intake rate

Introduction

The functional response (i.e., the relationship between resource intake rate and resource availability, Holling 1959) plays a central role in the interaction between herbivores and vegetation (Crawley 1983; Spalinger & Hobbs 1992). The shape of this relationship and a proper understanding of the factors controlling it proved to be critical in modeling plant-herbivores interactions and understanding herbivores foraging strategies (Stephens & Krebs 1986; Ungar & Noy-Meir 1988), population dynamics (Sutherland 1996) or impact of various management strategies on animal production (Parsons et al. 1994; Smallegange & Brunsting 2002; Delagarde et al. 2011).

Spalinger & Hobbs (1992) derived a general model of functional response for herbivores based on three processes of resource acquisition. Process 3 applies when the resource is spatially concentrated and apparent, a case generally encountered with mammalian herbivores grazing dense, homogeneous pasture. Under process 3, the time needed for a new bite to be taken does not limit intake as it is shorter and completely overlaps with the time needed to process (chew and swallow) it. On the other hand, the

time committed to severa bite (T_c in min) and to process it (T_p in min) are mutually exclusive. As a result, time per bite (handling time, T_h) is the sum of T_c and T_p . T_c is considered to be constant whereas T_p increases linearly with bite mass (BM in g). It follows that under process 3, T_h is a linear function of BM:

$$T_h = T_c + \frac{BM}{R_{max}}, \quad (1)$$

where R_{max} ($\text{g}\cdot\text{min}^{-1}$) is the theoretical maximum rate of processing a bite. Intake rate (IR, in $\text{g}\cdot\text{min}^{-1}$) is the product of BM and bite rate (BR, in $\text{bite}\cdot\text{min}^{-1}$):

$$IR = BM * BR. \quad (2)$$

As BR is the inverse of T_h , we can substitute BR in equation (2) by the inverse of equation (1) and express IR as an asymptotical function of BM:

$$IR = \frac{R_{max} BM}{T_c R_{max} + BM}, \quad (3)$$

with R_{max} as the asymptote value. Under process 2, the resource is apparent but dispersed in space. The time needs to travel from one bite to the other still overlaps with T_p but takes longer. It results that the herbivore will forage under process 2 if the time per bite (T_h) respects the following condition:

$$T_c > T_c + \frac{BM}{R_{max}}, \quad (4)$$

with T_c and R_{max} defined when the herbivore forage under process 3. Here, T_h is no

more a linear function of BM.

Under process 3, herbivores short-term intake rate has commonly been observed to increase asymptotically with herbage mass or sward height as a Type II functional response (e.g. Gross, Hobbs & Wunder 1993; Black & Kenney 1984; Baumont et al. 2000; Bergman et al. 2001; Hirata, Kunieda & Tobisa 2010; Delagarde et al. 2011). Some studies reported a quadratic relationship between intake rate and sward height (Type IV functional response), mainly with Anatidae (Durant et al. 2003; Heuermann et al. 2011). The reduction in intake rate resulted from an increase in time per bite (caused by the need for the animal to find appropriated bites) while bite mass remained constant, i.e., animals shifted from process 3 to process 2 foraging in tall sward. Apparently, the occurrence of a Type IV functional response under a process 3 foraging has never been reported. Following Spalinger & Hobbs (1992), this should appear if at high grass biomass, bite mass decreases but maintains its linear relationship with handling time.

To describe functional responses, past studies mostly used a mechanistic model based on one unique equation over the entire range of resource availability (e.g. Spalinger, Hanley & Robbins 1988; Gross et al. 1993; Heuermann et al. 2011). In the case of a Type IV functional response, it is however possible that the mechanical constraints on intake rate are different during the increasing (e.g. handling time) and the decreasing (e.g. encountering time) part of the equation. This could justify the use of two distinct mechanistic models, freeing each model from the constraint of fitting points that result from a different mechanism.

The aims of this study are: (i) to describe the functional response of cattle grazing a large range of sward height of both a tropical and a temperate species, (ii) to test whether two separate mechanistic models are more efficient than one to describe a

Type IV functional response, (iii) to determine the relationship between sward structure and the components of short-term intake rate to identify the mechanisms leading to the functional response and (iv) to determine under which process (2 or 3) the observed functional response took place.

Materials and methods

EXPERIMENTAL SITE

The first experiment was carried out in an area of 1.3 ha of *Cynodon sp.* cv. Tifton 85 (*Cynodon sp.*) established in 2008 at Dois Vizinhos, Brazil (25° 45' 00"S, 53° 03' 25"W). Nitrogen, phosphorus and potassium were applied uniformly in the area (20 kg N/ha, 20 kg P₂O₅ and K₂O/ha) throughout the three months of experimentation.

A second experiment was carried out at the Federal University of Rio Grande do Sul Research Station, Brazil (30°05' 95 27"S, 51°40'18"W) in area of 2.6 ha of *A. strigosa* cv. Iapar 61 (*A. strigosa*). The sward was direct-drilled with a sowing density of 80 kg/ha and a distance of 0.17 m between adjacent lines. The area was sown in four stages: June 15 and 23; July 13 and 28, 2011, to obtain different sward heights on the same day. The same cultural practices were used in all sowings. Nitrogen, phosphorus and potassium were applied uniformly in the area twice, at sowing (20 kg N/ha, 100 kg P₂O₅ and K₂O/ha) and 20 days after sowing (60 kg N/ha).

ANIMALS

Six Jersey heifers (20±2 months old, 318±13 kg body weight [BW]) were used in the *Cynodon sp.* Experiment. Three crossbred Angus x Brahman heifers (45±2 months old, 349±20 kg BW) were used in *A. strigosa* Experiment. Thirty days prior each experiment,

heifers were trained to the experimental protocol in adjacent areas with the swards of respectively experiment. Heifers were not fasted before grazing sessions in all experiments to avoid interfering with their normal ingestive behavior patterns (Gregorini, Soder & Kensinger 2009).

TREATMENTS

Experiment 1: This experiment explored the relationship between sward height and short term intake rate using *Cynodon sp.* at six sward heights (10; 15; 20; 25; 30 e 35 cm) after a mechanical mowing height between 5 and 7 cm. Twenty four tests were conducted during grazings of 45 ± 5 minutes duration. The experiment was carried out from January 14 and February 2, 2011.

Experiment 2: This experiment determined the relationship between sward height and short term intake rate using *A. strigosa* at eight sward heights (15; 20; 25; 30; 35; 40; 45 e 50 cm). 32 tests were conducted of 45 ± 5 minutes duration. The experiment was between July 27 and August 22, 2011.

Both experiments used a randomised complete block design with four replicates. The blocking criterion was the time of day when assessments were conducted (morning or afternoon). The experimental unit was the grazing area where sessions took place), taken from the average of the three animals. The area for each grazing scenario was scaled so that sward height remained relatively constant over the grazing period (varying by less than 5%). This way, the same sward structure (at the bite level) was available for the animal both at the beginning and at the end of the grazing trial. The grazing scenario in all experiments had areas of 500 m^2 . The 45 ± 5 min grazing periods were defined as the minimum period of time necessary to detect weight fluctuations

accurately with an electronic scale (± 10 g) during the evaluation of the STIR (adapted from Penning & Hooper 1985).

SWARD MEASUREMENTS

To determine sward height, a sward stick was used to measure 200 points per experimental unit both pre and post-grazing. To determine the pre-grazing herbage mass (HM), five points were cut using a 0.153 m² quadrats. All samples were separated into damaged HM (e.g., pieces of broken or trampled plants) and intact herbage. All samples were separated into leaf lamina, stem and dead material and were then weighed. They were then dried at 55°C for at least 72 h for dry matter (DM) determination. The total HM was the sum of the mass of each component.

ANIMAL MEASUREMENTS

Before each grazing session, heifers were fitted with faeces and urine collectors and an automatic grazing jaw-movement recorder (IGER behaviour recorders). Data obtained from the recordings were later analysed using Graze software (Rutter et al. 2000) to identify and characterize jaw movements (bite and non-bite jaw movements [manipulation + ingestive mastication]) and to determine the net eating time (time at which heifers were head down and completely involved in severing, manipulating and masticating bites; [grazing = eating + searching times]) was disregarding the intervals intra-meals [less than three seconds]). These data was used to calculate the STIR, bite mass (BM), bite rate (BR). After the grazing session, heifers were moved to an adjacent non-vegetated area without food or water for 45 min, to measured their insensible loss (H₂O evaporation and CO₂ and CH₄ loss and production).

The STIR was determined using the double weighting technique described by Penning & Hooper (1985). All weights (pre and post-grazing and pre and post-insensible weight losses) were taken on a balance with an accuracy of 10 g. The STIR was calculated by the equation:

$$STIR = \frac{(W2 - W1)}{(t2 - t1)} + \frac{(W3 - W4)}{(t4 - t3)} \times \frac{(t2 - t1)}{ET} , \quad (5)$$

where: STIR=short-term intake rate; W1 and W2=animal's weight pre and post-grazing; t1 and t2=time pre and post-grazing; W3 and W4=animal's weight pre and post-insensible weight losses; t3 and t4=time pre and post-insensible weight losses; and ET=effective eating time.

The STIR was corrected for the forage dry matter (DM) content in all experiments. The DM content was estimated by collecting two samples, composed by ten subsamples per grazing plot both before and after grazing. The samples were collected from the upper halves of the canopy because there was a proportional relationship between the herbage removal with each bite and 50% SH (Cangiano et al. 2002). The BM (mg DM) was calculated by dividing herbage dry matter intake (DMI) during the grazing session by the total number of bites. The BR (bites per min) was determined by dividing the total number of bites by the net eating time.

MODELS DEVELOPMENT

To model the dome-shaped variations of STIR, bite mass and bite rate with sward height, we develop different compound models based on the use of two distinct

mechanistic equations for the increasing and the decreasing part of the relationships. STIR and bite mass have been reported to be either linear or asymptotical increasing function of sward height (van Gils, Gyimesi & Lith 2007; Hirata et al. 2010). Bite rate has generally been reported to decrease either linearly or asymptotically with sward height (Durant et al. 2003; Heuermann et al. 2011). As no consistent model has been developed for the decreasing part of a type IV functional response, we used a linear function to model the right side of the relationships. The double-linear model uses linear functions for both left and right sides:

$$Y = \min \{p + a_1 * (H - v), p + a_2 * (H - v)\}, \quad (6)$$

where H is sward height, p and v the y and x values of the breakpoint and a₁ and a₂ the slopes. Note that for bite rate, we used the maximum and not minimum of the two functions. The Michaelis-Menten broken line model (MichM-b.l.), used for STIR and bite mass, is based on the asymptotical Michaelis-Menten equation for the left side and on a linear function for the right side:

$$Y = \min \left\{ \left(\frac{Max * H}{T_0 + H} \right), p + a_2 * (H - v) \right\} \text{ with } T_0 = v * \left(\frac{Max - p}{p} \right), \quad (7)$$

where Max is the maximum asymptotical value and T₀ the sward height value at which Y reach half of Max. The Asymptotic exponential broken line model (AsyExp-b.l.), only used for bite rate, is based on a three parameters asymptotic exponential equation for the left side and a linear function for the right side:

$$Y = \max\{a - (b * \exp(-c * H)), p + a_2 * (H - v)\} \text{ with } c = \log\left(\frac{b}{(a - p)}\right) / v, (8)$$

where a, b and c are equation parameters.

STATISTICAL ANALYSES

Parameters were estimated by fitting each model to the data based on a minimization of the deviance using the ‘optimum’ function of the stats package in R 2.12.0 (R Development Core Team, 2010). All models were tested for significance using a simple quadratic model and Fisher’s F test. When compound models were significantly different from the quadratic one, the best model was selected based on Akaike’s information criterion (AIC). Correlations between sward variables were done using the Pearson correlation coefficient. Significant differences between treatments were determined for each sward variable based on Tukey’s honest significant difference test. The effect of the forage species or of the increasing versus decreasing part of the functional response on the slope and intercept of the different linear relationships were tested using Student’s t-test from analysis of covariance (ANCOVA). Significance of these linear relationships was tested using Fisher’s F test. All statistical models respected homoscedasticity and normal distribution of the residuals without need of transformation of the variables. All analyses were conducted on R 2.12.0 GUI (R Development Core Team 2010).

Results

SWARD DESCRIPTION

Differences in sward variables between treatment and forage species are presented in

Table 1. Total above-ground herbage mass ranged from 315 g to 708 g DM.m⁻² for sward heights of 10 cm to 35 cm on *Cynodon sp.*, and ranged from 51 g to 316 g DW m⁻² for sward heights of 15 cm to 50 cm on *A. strigosa*. The total biomass was strongly correlated with sward height in both *Cynodon sp.* ($r=0.92$) and *A. strigosa* ($r=0.96$). The bulk density was higher when *Cynodon sp.* had 10 cm while other treatments were similar to each other. In contrast, in the *A. strigosa* the treatment kept at 15 cm showed lower bulk density than the others, which too did not differ among themselves (Table 1).

Table 1: Sward characteristics in two grazing experiments with *Cynodon sp.* and *A. strigosa*.

Sward description	Treatment (SH) – <i>Cynodon sp.</i>							
	10	15	20	25	30	35		
Sward height (cm)	9.8 ^f	14.3 ^e	19.3 ^d	24.3 ^c	28.2 ^b	34.8 ^a		
Herbage mass (g DM/m ²)	315 ^c	382 ^{bc}	383 ^{bc}	462 ^b	692 ^a	708 ^a		
Green leaf mass (g DM/m ²)	55 ^d	115 ^c	128 ^{bc}	153 ^b	207 ^a	210 ^a		
Stem + Sheath mass (g DM/m ²)	169 ^b	165 ^b	165 ^b	205 ^b	289 ^a	317 ^a		
Herbage mass 50% (g/m ²) [#]	109 ^b	110 ^b	105 ^b	119 ^b	201 ^a	200 ^a		
Bulk density 50% (g DM/m ³) [#]	2215 ^a	1339 ^b	1073 ^b	970 ^b	1394 ^b	1141 ^b		
Sward description	Treatment (SH) – <i>A. strigosa</i>							
	15	20	25	30	35	40	45	50
Sward height (cm)	14.7 ^h	19.8 ^g	24.2 ^f	29.4 ^e	34.4 ^d	38.7 ^c	44.4 ^b	49.3 ^a
Herbage mass (g DM/m ²)	51 ^d	116 ^c	165 ^{bc}	193 ^b	216 ^b	255 ^a	293 ^a	316 ^a
Green leaf mass (g DM/m ²)	40 ^c	93 ^b	96 ^b	119 ^{ab}	122 ^a	115 ^{ab}	121 ^{ab}	145 ^a
Stem + Sheath mass (g DM/m ²)	11 ^c	12 ^c	77 ^b	64 ^b	94 ^b	117 ^{ab}	135 ^a	147 ^a
Herbage mass 50% (g/m ²) [#]	13 ^c	50 ^d	60 ^d	80 ^c	98 ^b	113 ^a	119 ^a	124 ^a
Bulk density 50% (g DM/m ³) [#]	180 ^b	515 ^a	494 ^a	545 ^a	565 ^a	586 ^a	535 ^a	502 ^a

[#] Herbage mass above 50% sward height; [#]bulk density above 50% sward height.

Means followed by the same letter within lines are not statistically different, as determined by Tukey's test ($P < 0.05$).

FUNCTIONAL RESPONSE

For both forage species, the variation of STIR with sward height indicated a Type IV functional response (i.e. intake first increased with sward height up to a maximum value before decreasing constantly, Figs. 1a,b). The model that best fitted the data was the compound MichM-b.l. model showing a significantly better fit than the quadratic model for both *Cynodon sp.* and *A. strigosa* species (Table 2). The double linear model gave slightly higher R^2 and lower AIC values, but failed to predict a biologically realistic value of intake at the origin (Table 2). The MichM-b.l. model predicted a realistic null intake for a sward height of 0 cm. Predicted asymptotical values of the first increasing part of the model were very high (96 g DM.min⁻¹ for *Cynodon sp.* and 170 g DM.min⁻¹ for *A. strigosa*) but never reached a break point in the intake (as the model predicted) at 19 cm (39.2 g DM.min⁻¹) with *Cynodon sp.* and 29 cm (54.2 g DM.min⁻¹) with *A. strigosa* from where intake decreased linearly with sward height (Table 2).

Table 2. Comparison between the different models predicting the variation of short-term intake rate (STIR) as a function of sward height (SH) for the two forage species

Model	y for x = 0 ¹	Max. STIR ²	x at Max STIR	R^2	AIC	F	F test ³	P value ³
<i>Cynodon sp.</i> (n=47)								
Quadratic	6.5	36.3	23.3	0.44	278	17.2		
Double linear	10.4	39.3	19.0	0.56	267	28.4	12.5	<0.001
Mich-M – broken l.	0	39.2	19.2	0.55	270	17.8	5.5	0.007
<i>A. strigosa</i> (n=45)								
Quadratic	-7.6	51.4	33.3	0.64	268	37.3		
Double linear	13.5	54.3	29.2	0.73	254	57.2	14.3	<0.001
Mich-M – broken l.	0	54.2	29.2	0.73	256	37.3	7.0	0.002

¹Value of predicted intake for a sward height of 0 cm

² Value of STIR predicted by the model at the breakpoint

³The F test determine whether the double linear or the MichM-b.l. models are significantly different from the simple quadratic model

Equations for each model are, *Cynodon sp.* Quadratic: $y = 6.52 + 2.56 x - 0.055 x^2$; Double linear: $y_1 = 40.81 + 2.34 * (x - 19.0)$; $y_2 = 40.81 - 0.67 * (x - 19.0)$; MichM-b.l.: $y_1 = (95.83 x) / (27.77 + x)$; $y_2 = 39.20 - 0.63 * (x - 19.2)$; *A. strigosa* Quadratic: $y = -7.65 + 3.54 x - 0.053 x^2$; Double linear: $y_1 = 54.30 + 1.45 * (x - 29.2)$; $y_2 = 54.30 + (-0.75) * (x - 29.2)$; Mich-M – broken line: $y_1 = (170.14 x) / (62.36 + x)$; $y_2 = 54.12 - 0.73 * (x - 29.2)$

COMPONENTS OF STIR

As observed for STIR, bite mass on *Cynodon sp.* and *A. strigosa* both increased with sward height up to a maximum value before decreasing constantly (Figs. 1c,d). The variation of bite rate was the opposite: bite rate first decreased with sward height before bouncing up when bite mass decreased (Figs. 1e,f). As a result, the Type IV functional response observed for STIR was a consequence of the dome shaped relationship between bite mass and sward height and did not result from a sharp fall in bite rate on tall sward. For *Cynodon sp.*, the two compound models (double linear and MichM-b.1.) were equivalent and significantly better than the simple quadratic model in their fit of the relationship between bite mass and sward height (Table 3). For *A. strigosa*, all three models were equivalent (Table 3). For bite rate, the two compound models had higher R^2 and lower AIC values than the quadratic one for *Cynodon sp.* (Table 3). They were, however, non-significantly different from the quadratic model. For *A. strigosa*, all three models were equivalent and non significantly different, with a slightly higher R^2 and lower AIC value for the quadratic model (Table 3).

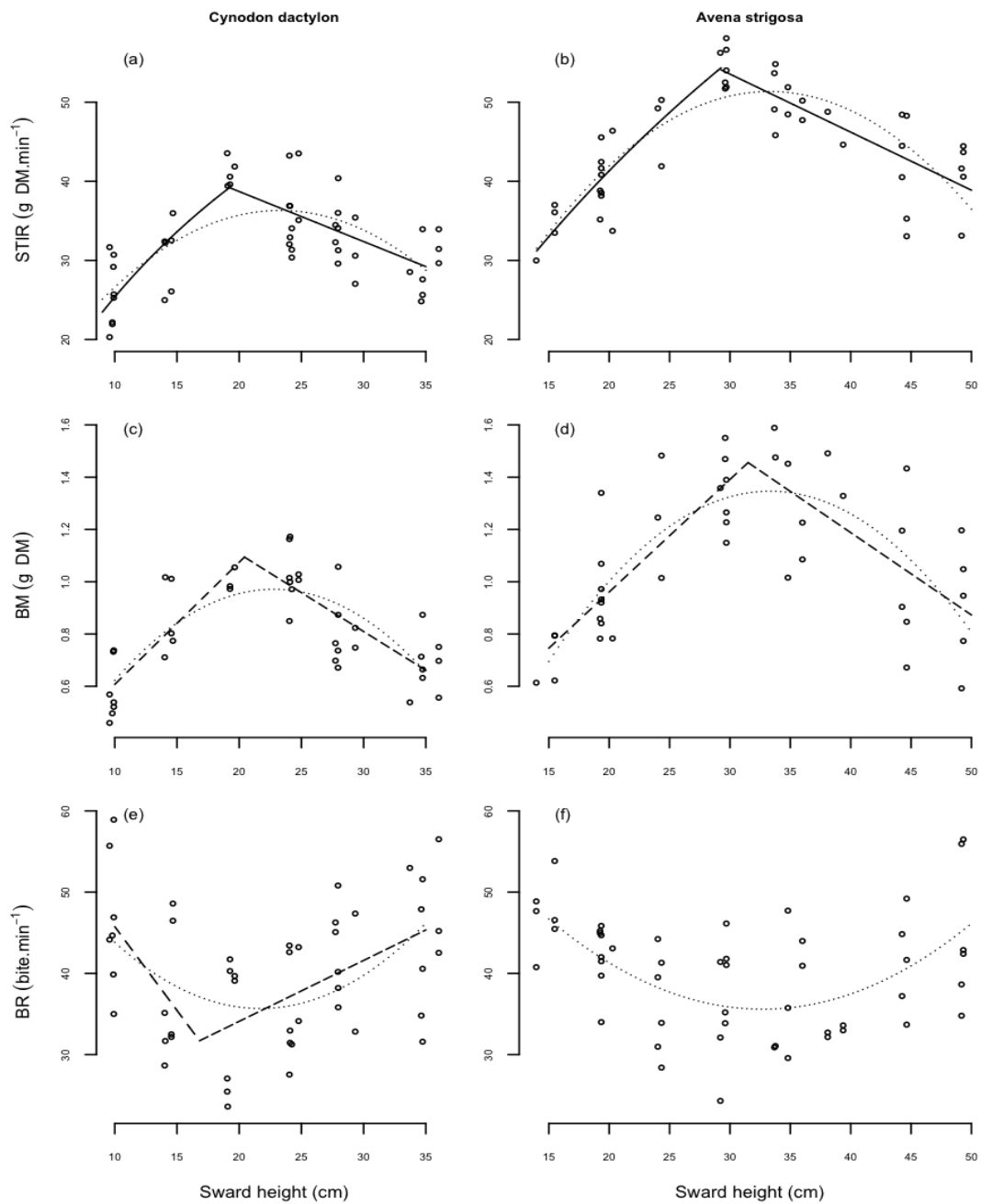


Figure 1: Relationships between short term intake rate (STIR, a-b), bite mass (BM, c-d) and bite rate (BR, e-f) of cattle as a function of sward height in monoculture of *Cynodon* sp. (left) and *A. strigosa* (right). Solid lines: MichM-b.l. composite model. Dashed lines: double linear composite model. Dotted lines: simple quadratic model. Composite models are only shown if they gave higher R^2 and lower AIC than the quadratic model.

Table 3. Comparison between different models predicting the variation of bite mass and bite rate as a function of sward height for *Cynodon sp.* and *A. strigosa*.

Model	Var ¹	y for x = 0 ²	R ²	AIC	F	F test ³	P value ³
<i>Cynodon sp.</i> (n=39)							
Quadratic	BM	-0.14	0.58	-43.9	24.7		
Double linear	BM	0.14	0.65	-50.7	32.9	6.9	0.012
MichM – b.l.	BM	0	0.65	-49.2	21.8	3.4	0.036
<i>A. strigosa</i> (n=41)							
Quadratic	BM	-0.81	0.56	-11.7	24.0		
Double linear	BM	0.10	0.57	-12.4	24.8	0.68	0.41
MichM – b.l.	BM	0	0.57	-10.6	16.2	0.43	0.66
<i>Cynodon sp.</i> (n=46)							
Quadratic	BR		0.23	323.5	6.3		
Double linear	BR		0.29	319.7	8.7	3.7	0.062
Asym-Exp – b.l.	BR		0.30	321.1	5.9	2.1	0.13
<i>A. strigosa</i> (n=45)							
Quadratic	BR		0.32	332.4	11.3		
Double linear	BR		0.29	334.7	9.8	2.1	0.15
Asym-Exp – b.l.	BR		0.31	335.3	7.0	0.41	0.66

¹Variable considered. BM: bite mass, BR: bite rate.

²Value of predicted bite mass for a sward height of 0 cm.

³The F test determine whether the composite models are significantly different from the simple quadratic model.

FACTORS CAUSING THE DECREASE IN BITE MASS

The pattern of the relationship between bite mass and sward height was remarkably similar between the two forage species. Considering the double linear model (which gave the highest R² and the lowest AIC values, Table 3), slopes and intercepts of the increasing part of the relationship were not significantly different between forage species (*Cynodon sp.*: BM = 0.046 * SH + 0.14; *A. strigosa*: BM = 0.043 * SH + 0.10; t-test slope = 0.31, *P* = 0.76; t-test intercept = 1.47, *P* = 0.15). For the decreasing part of the relationship, slopes remained equivalent but the intercept for *Cynodon sp.* was much smaller than for *A. strigosa* (*Cynodon sp.*: BM = -0.30 * SH + 1.70; *A. strigosa*: BM = -0.31 * SH + 2.45; t-test slope = 0.17, *P* = 0.87; t-test intercept = 7.82, *P* < 0.001). As a result, the only divergence between the two forage species in their relationship between

bite mass and sward height was the sward height at which bite mass started to decrease.

One possible explanation for this divergence between the two forage species is the higher presence of structural components (stems and sheath) in *Cynodon sp.* than in *A. strigosa* (Fig. 2). The total biomass of structural components in *Cynodon sp.* remained constant around 150 g DM.m⁻² up to 20 cm before increasing linearly with sward height, jointly with the decrease of bite mass (Fig. 3). In *A. strigosa*, the biomass of structural components increased constantly with sward height but remained lower than 150 g DM.m⁻². Furthermore, considering only data from the decreasing part of the relationship between bite mass and sward height, bite mass responded equally for the two forage species to variations in the total biomass of structural components (Fig. 3, t-test slope = 1.57, $P = 0.13$; t-test intercept = 0.61, $P = 0.54$). For this part of the data, total biomass of structural components efficiently explained the variation of bite mass for the two species jointly ($F_{1,44} = 46.9$, $P < 0.001$) when sward height failed ($F_{1,47} = 0.23$, $P = 0.64$).

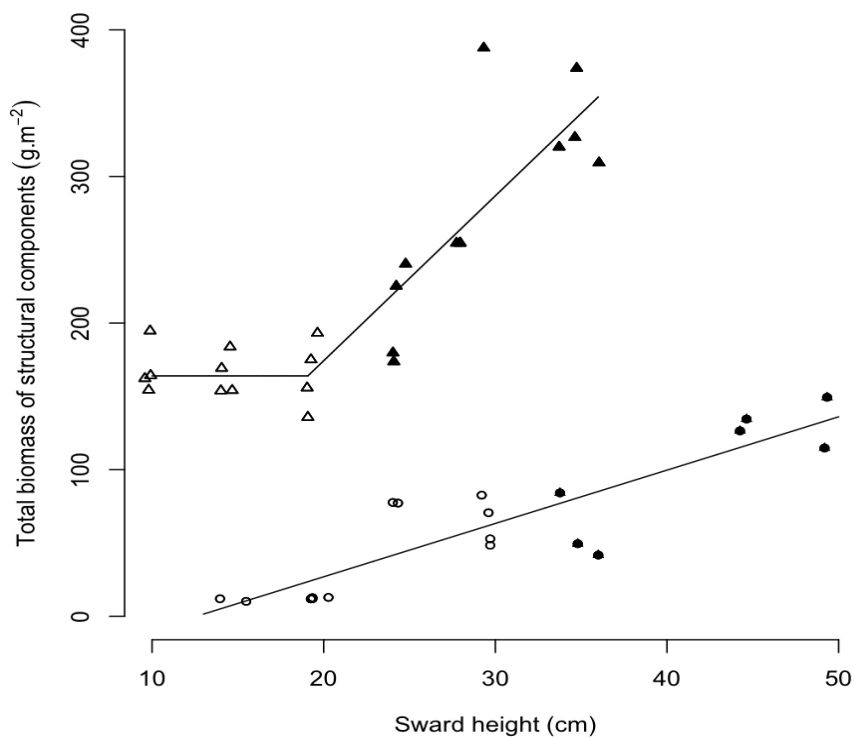


Figure 2: Relationships between the total biomass of structural components (stem + sheath mass) and sward height of monoculture of *Cynodon sp.* (triangles) and *A. strigosa* (circles). Open symbols correspond to points from the increasing part of the relationship between bite mass and sward height and solid symbols to points from the decreasing part. Solid lines show the linear (*A. strigosa*) or threshold linear (*Cynodon sp.*) functions minimizing least square of the fitted values.

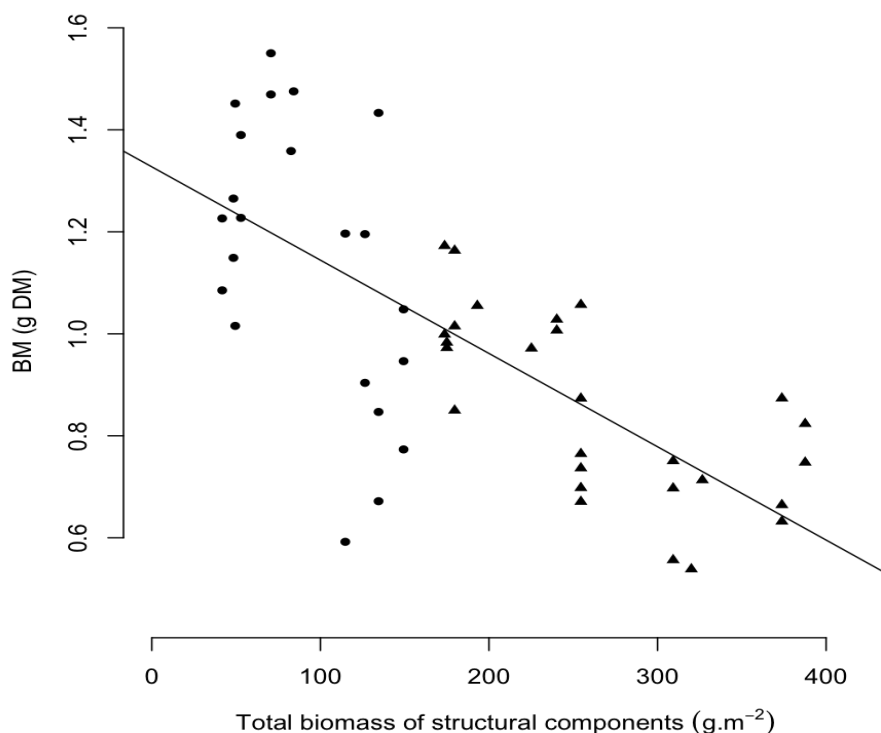


Figure 3: Relationships between bite mass (BM) and the total biomass of structural components (stem + sheath) of cattle foraging on monoculture of *Cynodon sp.* (triangles) and *A. strigosa* (circles). Plotted values correspond to points from the decreasing part of the relationship between bite mass and sward height for *Cynodon sp.* and *A. strigosa*. The solid line shows the linear regression minimizing least squares of the fitted values.

RELATION BETWEEN BITE MASS AND TIME PER BITE

Time per bite, the inverse of bite rate, increased linearly with bite mass for both *Cynodon sp.* and *A. strigosa* (Fig. 4). The phase of the functional response (i.e. the increasing or the decreasing part) influenced neither the slope (*Cynodon sp.*: $t = 0.607$, $P = 0.55$, $df = 35$; *A. strigosa*: $t = 0.536$, $P = 0.33$, $df = 36$) nor the intercept (*Cynodon sp.*: $t = 0.098$, $P = 0.92$, $df = 35$; *A. strigosa*: $t = 0.536$, $P = 0.60$, $df = 36$) of this relationship. This indicates that the time to make a bite for a given bite mass is similar on the increasing or on the decreasing part of the functional response.

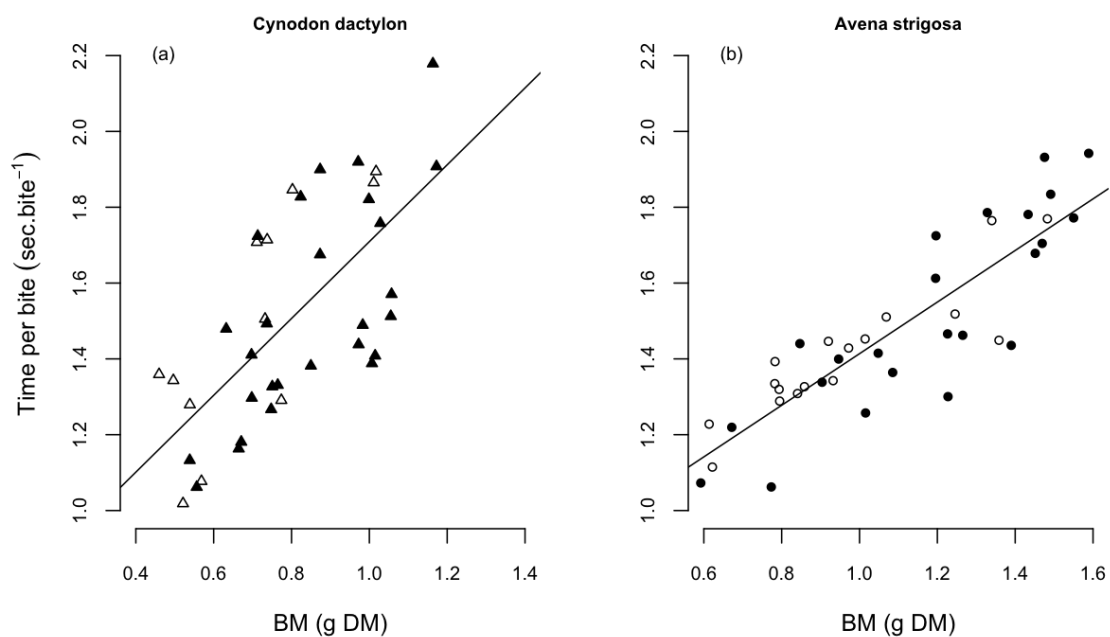


Figure 4: Relationships between time per bite and bite mass of cattle foraging on monoculture of *Cynodon sp.* (a) and *A. strigosa* (b). Open symbols correspond to the increasing phase of the functional response and solid symbols to the decreasing phase. Solid lines show the linear regression minimizing least squares for the two phases together, *Cynodon sp.*: $y = 0.70 + 1.01 * BM$; *A. strigosa*: $y = 0.73 + 0.68 * BM$.

Discussion

TYPE IV FUNCTIONAL RESPONSE

The variation of STIR points to a Type IV functional response with a clear decrease of intake rate at high sward height values (Fig. 1a,b). As predicted by the model of Spalinger & Hobbs (1992) and often reported for large herbivores (e.g. Gross et al. 1993; Bergman, Fryxell & Gates 2000; Hirata et al. 2010), the first, increasing part of the functional response was asymptotical. However, the increase in intake rate stopped well before reaching a plateau to decrease linearly with sward height. Apparently, this is the first time such a decrease is reported for ruminants grazing homogeneous swards.

Durant et al. (2003) as well as Heuermann et al. (2011) reported such Type IV functional response, but it was with small Anatidae herbivores (i.e. birds such as ducks and geese). In both studies, the shape of the functional response resulted from a decrease of bite rate in tall sward where as bite mass remained constant (i.e. reached an asymptotical maximum). Authors explained the decrease in bite rate by the increasing time needed to locate and manipulate appropriate bites in tall, dense sward.

The Type IV functional observed here with cattle had a different origin. The decrease of intake rate in tall sward resulted from a decrease in bite mass while bite rate re-increased (Fig. 1c,f). Indeed, over the entire range of sward height, the relationship between time per bite and bite mass remained constant (Fig. 4). It means that the animals did not need more time to locate or manipulate bites of a given mass in tall sward than they needed in short sward. That indicates that the Type IV functional response observed could be a result of a decrease in bite size in mature sward.

MECHANISMS CAUSING THE DECREASE IN BITE MASS

The dome-shaped relationship we obtained between bite mass and sward height contrast with the common observation that bite depth, bite area and, as a result, bite mass, increase asymptotically with sward height in several animal species (e.g. Laca et al. 1992; Gross et al. 1993; Gong, Lambert & Hodgson 1996; Hirata et al. 2010). However, mature sward is characterized by the rapid emergence of stems and other structural components, which can act as foraging structural deterrents (Bergman et al. 2000; Drescher et al. 2006). Using hand constructed micro-swards under constant sward height, various studies confirmed that increase in the presence of structural components resulted in a decrease of bite area and bite mass (Ginnett et al. 1999; Drescher et al.

2006; Benvenuti, Gordon & Poppi 2006; Benvenuti et al. 2008a). Same results have been reported with an increase of plant tissues tensile resistance, another characteristic of maturing forages (Griffiths & Gordon 2003; Benvenuti et al. 2008b).

In the present *Cynodon sp.* experiment, bite mass increased with sward height as long as the total biomass of structural components remained constant and decreased as soon as structural components increased (Fig. 2). With *A. strigosa*, the biomass of structural components increased constantly but remained much smaller than for *Cynodon sp.*. For *A. strigosa* sward heights lower than 30 cm, biomass of structural components was probably too low to significantly affect bite mass. The effect of structural components on the decrease of bite mass in tall sward could not be demonstrated in this study. Other variables such as tissues tensile resistance or fiber content could also have affected bite mass (Benvenuti et al. 2008b). These seem a valuable explanation as experimental studies clearly reported such a causality effect (Ginnett et al. 1999; Drescher et al. 2006; Benvenuti et al. 2006, 2008a). Consistency of the relationship between bite mass and total biomass of structural components between the two species for the decreasing part of the functional response (Fig. 3) strengthen this hypothesis.

It is remarkable that the only difference between forage species in the response of bite mass to sward height was the sward height at which bite mass started to drop. Both rates of increase and decrease of bite mass were equal. Hence, it seems that the higher presence of structural components (or other properties of the sward structure) leaded the animal to start decreasing its bite mass at smaller sward height in *Cynodon sp.* than in *A. strigosa* pastures. This leads to the hypothesis that even within species, depending on the cycle of grazing, the structural composition of the canopy will change,

advancing or delaying the sward height at which bite mass start to drop.

As bulk density remained constant over nearly the entire range of sward height (Table 1), the drop in bite mass was a result of a decrease in bite area and/or bite depth. The two processes have different implications. A decrease in bite depth would indicate that lower stratum structural component acted as a physical barrier (Griffiths, Hodgson & Arnold 2003; Benvenuti et al. 2008a; Flores et al. 1993; Ginnett et al. 1999). However, several studies reported that larger herbivores typically graze a constant proportion (between 50-65%) of the grazing horizon (Cangiano et al. 2002; Benvenuti et al. 2008a; Gonçalves et al. 2009; see also Griffiths et al. 2003). On the other hand, a drop in bite area reveals the selection of higher quality plant tissues at the scale of a bite. Several studies reported such a drop in bite area while bite depth remained constant with increasing stems density (Drescher et al. 2006; Benvenuti et al. 2008a).

FORAGING PROCESSES

In dense, homogeneous swards, potential bite density tends toward infinity and time required to chew and swallow a bite exceeds time required to find another bite. These conditions correspond to process 3 foraging as defined by Spalinger & Hobbs (1992). In process 3, time per bite is a linear, positive function of bite mass (Eq. 1). In tall mature swards, however, the presence of structural foraging components can reduce the density of bites and the time required to find a new bite can exceed the time required to chew and swallow it (Drescher et al. 2006; Heuermann et al. 2011). This corresponds to process 2 foraging, where time per bite depends of the encounter rate with bites and is no longer correlated with bite mass (Spalinger & Hobbs 1992). The shape of the relationship between time per bite and bite mass acts, therefore, as a diagnostic sign to discriminate between foraging process 2 and 3.

The positive linear relationship found in this study between time per bite and bite mass for both the increasing and the decreasing parts of the functional response points out to a process 3 foraging in both cases (Fig. 4). Furthermore, points from the decreasing part of the functional response merged with points from the increasing part. Heifers did not need additional time to take a bite of a given mass in short grass than they did in taller one, refuting the hypothesis that a shift from process 3 to process 2 would explain the decrease of the functional response. Apparently, this is the first time that a Type IV functional response under process 3 foraging is reported for large herbivores.

Regression parameters of the relationships between STIR, time per bite and bite mass supports the conclusion. Calculation of the maximum processing rate (R_{\max}) from the relationship between time per bite and bite mass (Fig. 4) as defined under process 3 (Eq. 1) gave $59.2 \text{ g}\cdot\text{min}^{-1}$ for *Cynodon sp.* and of $88.2 \text{ g}\cdot\text{min}^{-1}$ for *A. strigosa*. Under process 3, R_{\max} is also to the asymptotical parameter of the Michaelis-Menten relationship between STIR and bite mass (Eq. 3). Using this equation, predicted R_{\max} was $59.9 \text{ g}\cdot\text{min}^{-1}$ for *Cynodon sp.* and $90.0 \text{ g}\cdot\text{min}^{-1}$ for *A. strigosa* (this represents a 50% difference). Similarity in the two ways of calculating R_{\max} points out that the models describing foraging under process 3 successfully explain the current data, indicating that heifers effectively foraged under process 3.

As mentioned earlier, the increasing presence of tall sward structural components explained, at least partly, the drop of the functional response. However, structural components did not significantly reduced the effective density of appropriated bites, as this would have lead to process 2. More likely, they acted as foraging deterrents, forcing the animal to be more selective in the quality of the plant parts taken

in one bite through, for example, a decrease in the bite area. Interestingly, this mechanism did not result in an increase of time per bite, as it could have been expected from a selective behaviour (Dresher et al. 2006; Benvenuti et al. 2008a). To put it differently, structural components reduced bite size without increasing the time needed to sever them. An alternative hypothesis to explain the observed response is that an increase in fibre content in tall sward increases the tensile resistance of the grass and thus the effort or time needed to break it. To avoid this effect, the animal could decrease its bite area and therefore bite mass. Previous studies (Illius et al. 1995; Gordon, Illius & Milne 1996) suggested that such hypothesis was unlikely.

BROKEN LINE AND SWARD MANAGEMENT

The use of the two different mechanistic equations for the two parts of the functional response proved to give a significantly better fit of the data than a unique equation. This is not surprising as two equations will better incorporate the distinct effects of two processes than a single one. The two phases of the functional response are controlled by different processes. Sward height limits the increasing part of the functional response whereas the relative presence of structural foraging deterrents seems to limit the decreasing part. Furthermore, the use of two distinct equations frees up the portion that is inconsistent with the functional response (increasing and decreasing). If the two parts of the functional response are effectively under the control of two different processes, parameters from the decreasing part of the model should not influence parameters from the increasing part. Values of the maximum point will also be less sensible to independent variation of each part. Particularly, the use of compound models allows to better capture the parameters of the maximum value (the break point of the functional

response). It has a great impact on the predicted sward height when this maximum value occur.

Estimated values by the best alternative models revealed that the quadratic model overestimated the threshold of canopy height - in which the STIR is maximized - by 4 cm in both species, in relation to the break model. This difference between the quadratic and MichM-b.l. indicates that the sward structure that maximizes the STIR in both species is rapidly lost. The sward management strategies aim to maximize STIR over short and long runs, and allow the animal to capture a high quality diet with predominance of leaves (Benvenuti et al. 2006; Drescher et al. 2006). Therefore, knowledge of the sward structures as affecting STIR is of paramount importance for efficient animal performance in grazing systems. In the long term, low differences in canopy height can determine a sward structure with higher proportion of leaf lamina (Barbosa et al. 2007; Aguinaga et al. 2008). While no increase in herbage accumulation may be detected within a certain sward height interval (defined by quadratic and MichM-b.l.), increases in senescence and structural components of *Cynodon sp.* (Pinto et al. 2001) and *A. strigosa* (Aguinaga et al. 2008) still occur.

Conclusion

The study detected Type IV functional responses in cattle grazing homogeneous swards. Heifers did not need any additional time to take bites of a given mass in tall grass compared to a shorter one, leading to the resusal of the hypothesis that a shift from process 3 to process 2 would explain the decrease observed in the functional response. The use of two distinct equations frees up the portion of the dispersion that is inconsistent with the functional response (increasing and decreasing). Values at

maximum will also be less sensible to independent variation of each part. This allows for a greater and more reliable impact on the predicted sward height. Particularly, compound models pinpoint a maximum value (the break point of the functional response), which is a very useful grazing management tool.

Acknowledgements

The authors thank CNPq for the scholarship granted to the first author; the farms Pampa Italia for providing animals and experimental grounds to experiment 1 and Cerro Coroado, for providing animals for the experiment 2; and lastly UFRGS experimental station for providing farm space for experiment 2. All experiments were conducted in accordance to the legal requirements of Brazilian animal, ethical, labor and environmental legislation.

References

- Aguinaga, A.A.Q., Carvalho, P.C. de F., Anghinoni, I., Pilau, A., Aguinaga, A.J.Q. & Gianluppi, G.F. (2008) Componentes morfológicos e produção de forragem de pastagem de aveia e azevém manejada em diferentes alturas *Brazilian Journal of Animal Science*, **37**, 1523-1530.
- Barbosa, R.A., Nascimento Jr., D., Euclides, V.P.B., Silva, S.C. da, Zimmer, A.H. & Júnior, R.A. de A.T. (2007) Tanzânia grass subjected to combinations of intensity and frequency of grazing. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, **42**, 329-340.
- Baumont, R., Prache, S., Meuret, M. & Morand-Fehr, P. (2000) How forage characteristics influence behaviour and intake in small ruminants: a review. *Livestock Production Science*, **64**, 15-28.
- Benvenuti, M.A., Gordon, I.J., Poppi, D.P., Crowther, R., Spinks, W. & Moreno F.C.

- (2009) The horizontal barrier effect of stems on the foraging behaviour of cattle grazing five tropical grasses. *Livestock Science*, **126**, 229-238.
- Benvenuti, M.A., Gordon, I.J., Poppi, D.P., Crowther, R. & Spinks, W. (2008a) The effects of stem density of tropical swards and age of grazing cattle on their foraging behaviour. *Grass and Forage Science*, **63**, 1-8.
- Benvenuti, M.A., Gordon, I.J., Poppi, D.P., Crowther, R. & Spinks, W. (2008b) Foraging mechanics and their outcomes for cattle grazing reproductive tropical swards. *Applied Animal Behaviour Science*, **113**, 15-31.
- Benvenuti, M.A., Gordon, I.J. & Poppi, D.P. (2006) The effect of the density and physical properties of grass stems on the foraging behaviour and instantaneous intake rate by cattle grazing an artificial reproductive tropical sward. *Grass and Forage Science*, **61**, 272-281.
- Bergman, C.M., Fryxell, J.M., Gates, C.C. & Fortin, D. (2001) Ungulate foraging strategies: energy maximizing or time minimizing? *Journal of Animal Ecology*, **70**, 289-300.
- Bergman, C.M., Fryxell, J.M. & Gates, C.C. (2000) The effect of tissue complexity and sward height on the functional response of Wood Bison. *Functional Ecology*, **14**, 61-69.
- Black, J.L. & Kenney, P.A. (1984) Factors affecting diet selection by sheep. II. Height and density of pasture. *Australian Journal of Agricultural Research*, **35**, 565-578.
- Cangiano, C.A., Galli, J.R., Pece, M.A., Dichio, L. & Rozsypalek, S.H. (2002) Effect of live weight and pasture height on cattle bite dimensions during progressive defoliation. *Australian Journal of Agricultural Research*, **53**, 541-549.

- Crawley, M. J. 1983. *Herbivory: the dynamics of animal-plants interaction*, Blackwell scientific Publications, Oxford.
- Delagarde, R., Faverdin, P., Baratte, C. & Peyraud, J.L. (2011) GrazeIn: a model of herbage intake and milk production for grazing dairy cows. 2. Prediction of intake under rotational and continuously stocked grazing management. *Grass and Forage Science*, **66**, 45-60.
- Drescher, M., Heitkonig, I.M.A., Raats, J.G. & Prins, H.H.T. (2006) The role of grassstems as structural foraging deterrents and their effects on the foraging behaviour of cattle. *Applied Animal Behaviour Science*, **101**, 10-26.
- Durant, D., Fritz, H., Blais, S. & Duncan, P. (2003) The functional response in three species of herbivorous Anatidae: effects of sward height, body mass and bill size. *Journal of Animal Ecology*, **72**, 220-232.
- Flores, E., Laca, E.A., Griggs, T.C. & Demment, M.W. (1993) Sward height and vertical morphological-differentiation determine cattle bite dimensions. *Agronomy Journal*, **85**, 527-532.
- Ginnett, T.F., Dankosky, J.A., Deo, G. & Demment, M.W. (1999) Patch depression in grazers: the roles of biomass distribution and residual stems. *Functional Ecology*, **13**, 37-44.
- Gonçalves, E.N., Carvalho, P.C. de F., Devincenzi, T., Lopes, M.L.T., Freitas, F. K. & Jacques, A.V.A. (2009) Plant-animal relationships in a heterogeneous pastoral environment: displacement patterns and feeding station use. *Brazilian Journal of Animal Science*, **38**, 2121-2126.
- Gong, Y., Lambert, M.G. & Hodgson, J. (1996) Effects of contrasting sward heights within forage species on short-term ingestive behaviour of sheep and goats

- grazing grasses and legumes. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, **39**, 83-93.
- Gordon, I.J., Illius, A.W. & Milne, J.D. (1996) Sources of variation in the foraging efficiency of grazing ruminants. *Functional Ecology*, **10**, 219-226.
- Gregorini, P., Soder, K.J. & Kensing, R.S. (2009) Effect of rumen fill on foraging behavior, intake rate, and plasma ghrelin, serum insulin and glucose levels of cattle grazing a vegetative micro-sward. *Journal of Dairy Science*, **92**, 2095-2105.
- Griffiths, W.M. & Gordon, I.J. (2003) Sward structural resistance and biting effort in grazing ruminants. Review article. *Animal Research*, **52**, 145-160.
- Griffiths, W.M., Hodgson, J. & Arnold, G.C. (2003) The influence of sward canopy structure on foraging decisions by grazing cattle. II. Regulation of bite depth. *Grass and Forage Science*, **58**, 125-137.
- Gross, J.E., Hobbs, N.T. & Wunder, B.A. (1993) Independent variables for predicting intake rate of mammalian herbivores: biomass density, plant density, or bite size? *Oikos*, **68**, 75-81.
- Heuermann, N., van Langevelde, F., van Wieren, S.E. & Prins, H.H.T. (2011) Increased searching and handling effort in tall swards lead to a Type IV functional response in small grazing herbivores. *Oecologia*, **166**, 659-669.
- Hirata, M., Kunieda, E. & Tobisa, M. (2010) Short-term ingestive behaviour of cattle grazing tropical stoloniferous grasses with contrasting growth forms. *Journal of Agricultural Science*, **148**, 615-624.
- Holling, C.S. (1959) The components of predation as revealed by a study of small-mammal predation of the European pine sawfly. *The Canadian Entomologist*, **91**, 293-320.

- Illiuss, A.W., Gordon, I.J., Milne, J.D. & Wright, W. (1995) Costs and benefits of foraging on grasses varying in canopy structure and resistance to defoliation. *Functional Ecology*, **9**, 894-903.
- Laca, E.A., Ungar, E.D., Seligman, N.G. & Demment, M.W. (1992) Effects of sward height and bulk density on bite dimensions of cattle grazing homogeneous swards. *Grass and Forage Science*, **47**, 91-102.
- Parsons, A.J., Newman, J.A., Penning, P.D., Harvey, A. & Orr, R.J. (1994) Diet preference of sheep: effects of recent diet, physiological-state and species abundance. *Journal of Animal Ecology*, **63**, 465-478.
- Penning, P.D. & Hooper, G.E.N. (1985) A evaluation of the use of short-term weight changes in grazing sheep for estimating herbage intake. *Grass and Forage Science*, **40**, 79-84.
- Pinto, L.F. de M., Silva, S.C. da., Sbrissia, A.F., Carvalho, C.A.B. de, Carnevalli, R.A., Fagundes, J.L. & Pedreira, C.G.S. (2001) Dinâmica do acúmulo de material seca em pastagens de Tifton 85 sob pastejo. *Scientia Agricola*, **58**, 439-447.
- Rutter, S.M. (2000) Graze: a program to analyze recordings of the jaw movements of ruminants. *Behavior Research Methods, Instruments & Computers*, **32**, 86-92.
- Smallegange, I.M., Brunsting, A.M.H. (2002) Food supply and demand, a simulation model of the functional response of grazing ruminants. *Ecological Modelling*, **149**, 179-192.
- Solomon, M.E. (1949) The natural control of animal populations. *Journal of Animal Ecology*, **18**, 1-35.
- Spalinger, D.E., Hanley, T.A. & Robbins, C.T. (1988) Analysis of the functional response in foraging in the sitka black-tailed deer. *Ecology*, **69**, 1166-1175.

- Spalinger, D.E. & Hobbs, N.T. (1992) Mechanisms of foraging in mammalian herbivores: new models of functional response. *American Naturalist*, **140**, 325-348.
- Stephens, D.W. & Krebs, J.R. (1986) *Foraging Theory*. Princeton: Princeton University Press, 239 p.
- Sutherland, W.J. (1996) *From individual behaviour to population ecology*. Oxford University Press, Oxford.
- Ungar, E.D. & Noy-Meir, I. (1988) Herbage intake in relation to availability and sward structure - grazing processes and optimal foraging. *Journal of Applied Ecology*, **25**, 1045-1062.
- Van Gils, J.A., Gyimesi, A. & van Lith, B. (2007) Avian Herbivory: An Experiment, a Field Test, and an Allometric Comparison with Mammals. *Ecology*, **88**, 2926-2935.

3.CAPITULO III

**Relações planta-animal em pastagens de clima temperado e tropical:
contrastes sob alturas de pasto e métodos de pastoreio¹**

¹Artigo elaborado de acordo com as normas da revista Applied Animal Behaviour Science (Apêndice 2)

Relações planta-animal em pastagens de clima temperado e tropical: contrastes sob alturas de pasto e métodos de pastoreio

Resumo: O processo de ingestão dos animais em pastejo é dependente de estruturas de pasto facilitadoras à captura da forragem. Os objetivos deste trabalho foram investigar o processo de pastejo sob diferentes alturas do pasto em pastoreio contínuo e rotativo e contrastar espécies de clima temperado e tropical. Duas espécies foram usadas em contraste: *Cynodon dactylon* cv. Tifton 85 (*Cynodon* sp.) e *Avena strigosa* cv. Iapar 61 (*A. strigosa*). Os experimentos (1 e 2) com *Cynodon* sp. aconteceram em Dois Vizinhos-PR, entre janeiro e março de 2011. Os com *A. Strigosa* (3 e 4) aconteceram na Estação Experimental Agronômica da UFRGS em Eldorado-RS, entre julho e setembro de 2011. Nos experimentos 1 e 3 foram mensuradas as taxa de ingestão (TI) em estruturas de pasto que simulavam o pastoreio contínuo. Assim foi determinada a altura que proporciona máxima TI, altura esta que foi considerada como altura pré-pastejo nos experimentos 2 e 4, que simulavam o pastoreio rotativo. Nesta segunda sequência de experimentos, a partir da altura considerada ótima se impôs níveis de rebaixamento de 20; 40; 60 e 80% desta altura. O delineamento utilizado em todos os experimentos foi o de blocos completos casualizados com quatro repetições. A TI foi estimada pela técnica da dupla pesagem e corrigida para a perda de peso metabólico. Os animais foram equipados com aparelhos registradores de movimentos mandibulares. Observou-se TI máxima em alturas de 20 e 30 cm para *Cynodon* sp. e *A. strigosa*, respectivamente. Os animais gastaram mais tempo por bocado para consumir uma equivalente massa de bocado em *Cynodon* sp. em relação à *A. Strigosa*, em ambos os métodos de pastoreio. Nas alturas que maximizaram a TI, os animais necessitaram de 1,8 e 1,1 movimentos mandibulares para consumirem 1g de MS, para *Cynodon* sp. e *A. strigosa*, respectivamente, o que representa uma diferença de 63% em requerimento de tempo. No pastoreio rotativo, estes valores atingiram 14 e 8 movimentos, respectivamente para *Cynodon* sp. e *A. strigosa* no rebaixamento mais intenso. A construção da TI se deve essencialmente ao sucesso do animal em colher elevadas massas de bocado.

Palavras Chaves: estrutura do pasto, consumo em pastejo, altura do pasto, depleção do pasto, métodos de pastoreio

1. Introdução

O trabalho de Allden & Whittaker (1970) definiu a ingestão de forragem em termos dos componentes do comportamento ingestivo, massa do bocado, taxa de bocados e tempo de pastejo. Este trabalho serviu de base para a compreensão da influência da estrutura do pasto sobre a massa do bocado e a relação recíproca entre esta e a taxa de bocados. Em massas de bocado baixas o animal necessita menor número de movimentos mandibulares (MM) para mastigação e pode dedicar maior número à colheita. Já quando a massa de bocado é elevada, a necessidade de mastigação é maior e, portanto, o número de bocados diminui, mantendo-se o número de movimentos mandibulares totais (MMT) praticamente constante (Penning, 1986). No entanto, a cada bocado o animal gasta um tempo fixo apenas para abrir e fechar a boca (Newman et al., 1994; Hirata et al., 2010). Por este motivo, não há compensação equivalente em número de bocados, para certa magnitude de diminuição da massa do bocado. Ou seja, para manter o consumo diário constante, ao ter a massa do bocado diminuída, o animal, inevitavelmente, terá que aumentar o tempo diário de pastejo. No entanto, esta compensação também tem limites, uma vez que o tempo diário de pastejo compete com o tempo de ruminação, de atividades sociais, descanso e outras (Hodgson et al., 1997).

Da Silva & Carvalho (2005) sugeriram que essas relações de compensação estão na origem do baixo desempenho animal em forrageiras de clima tropical, cuja amplitude de arranjos estruturais seria mais desafiadora ao animal em pastejo quando comparado às forrageiras de clima temperado. A anatomia das gramíneas forrageiras tropicais e sua composição química tem sido usadas para caracterizar seu menor valor nutritivo, que pretensamente explicaria o baixo desempenho animal nesses tipos de pastagens. Por exemplo, Sollenberger & Burns (2001) afirmam que “pastagens tropicais

produzem forragem de baixa qualidade, com alta densidade de colmos + bainhas e são adequadas apenas para baixos níveis de desempenho animal”. No entanto, estudos recentes tem demonstrado que os princípios de manejo do pastejo e produção animal em pastagens tropicais precisam ser reavaliados (Da Silva & Carvalho, 2005). Novas metas de manejo devem ser sugeridas baseadas na preponderante influência da estrutura do pasto no processo de ingestão de forragem em animais em pastejo (Carvalho et al., 2007).

A estrutura do pasto que é apresentada ao animal se modifica a todo instante em consequência da dinâmica de crescimento e senescência, bem como do próprio efeito da desfolhação. Em pastoreio rotativo, com a depleção da forragem, este efeito se torna mais pronunciado, especialmente sob alta intensidade de rebaixamento. Nesses casos a densidade de matéria seca incrementa e a relação folha/colmo diminui (Ungar et al., 2001; Barrett et al., 2001). Como consequência, ocorre a progressiva redução na taxa de ingestão (Fonseca et al., in press) e na área do bocado (Ungar et al., 2001), com reflexos no consumo diário de forragem (Barrett et al., 2001; Baumont et al., 2004). Ao longo desse processo, pastos de clima tropical e temperado podem impor diferentes limitações ao consumo em função do incremento da participação de colmos + bainhas (Griffiths et al., 2003). Por conta da seletividade por folhas pelo animal (Benvenuti et al., 2006; Drescher et al., 2006), a distribuição do componente colmo terá distintos efeitos na espécie tropical e temperada, a tal ponto que, ao impor elevada intensidade de rebaixamento, os animais podem desistir de pastejar numa atitude de esperar pela troca de piquete (Amaral, 2009; Ribeiro Filho et al., 2003).

Os objetivos desse trabalho foram investigar o processo de pastejo sob os efeitos de (i) diferentes alturas do pasto em pastoreio contínuo e (ii) de intensidades de

rebaixamento em pastoreio rotativo, (iii) contrastar espécies de clima temperado e tropical quanto ao seu potencial de ingestão associado às características estruturais e (iv) inferir sobre o processo de ingestão em regimes simulados de pastoreio contínuo e rotativo, considerando a escala de bocado.

2. Material e métodos

2.1. Área e preparo experimental

Foram conduzidos dois experimentos com *Cynodon dactylon* cv. Tifton 85 (*Cynodon sp.*) em Dois Vizinhos-PR (25° 45' 00"S, 53° 03' 25"W), entre janeiro e março de 2011. Utilizou-se uma área de 1,3 ha estabelecida em 2008. Aplicou-se 20 kg/ha de N, e 20 kg/ha de P₂O₅ e K₂O ao longo do período experimental. Outros dois experimentos foram conduzidos com *Avena strigosa* cv. IAPAR 61 (*A. strigosa*) na Estação Experimental Agronômica da UFRGS, em Eldorado do Sul-RS (30° 05' 27"S, 51° 40' 18"W), entre julho e setembro de 2011. A área experimental de 2,6 ha foi semeada em quatro oportunidades, em 15 e 23 de junho e 13 e 28 de julho de 2011, a fim de escalonar o crescimento do pasto e obter diferentes alturas de plantas no mesmo período. Utilizou-se semeadora de precisão com linhas espaçadas de 17 cm e densidade de semeadura de 80 kg/ha de sementes viáveis. Utilizaram-se os mesmos tratamentos culturais em todos os plantios. Aplicou-se 20 kg/ha de N, além de 100 kg/ha de P₂O₅ e K₂O no momento do plantio. Vinte dias após a semeadura, aplicou-se 60 kg/ha de N.

2.2. Tratamentos

Experimento 1: determinação da altura de pasto para máxima taxa de ingestão (TI). Utilizou-se como modelo de pasto de clima tropical o *Cynodon sp.*. Os tratamentos

consistiram de contrastes de seis alturas para pastejo (10; 15; 20; 25; 30 e 35 cm). Foram realizados 24 testes de pastejo de 45±5 minutos de duração. O experimento ocorreu entre 14 de janeiro e 02 de fevereiro de 2011.

Experimento 2: níveis de rebaixamento a partir da altura de pasto que proporcionou máxima TI no experimento 1. Os níveis de rebaixamento foram de 0; 20; 40; 60 e 80% (proporções de redução da altura de entrada). Foram realizados 20 testes de 45±5 minutos, no período entre 4 e 15 de março de 2011.

Experimento 3: determinação da altura de pasto para máxima TI. Utilizou-se como modelo de pasto de clima temperado a *A. strigosa* com contraste de oito alturas para pastejo (15; 20; 25; 30; 35; 40; 45 e 50 cm). Foram realizados 32 testes de pastejo de 45±5 minutos entre 27 de julho e 22 de agosto de 2011.

Experimento 4: níveis de rebaixamento a partir da altura de pasto que proporcionou máxima TI no experimento 3. Os níveis de rebaixamento foram de 0; 20; 40; 60 e 80% (proporções de redução da altura de entrada). Foram realizados 20 testes de 45±5 minutos, no período entre 25 de agosto e 19 de outubro de 2011.

Os experimentos 1 e 3 ocorreram em estruturas de pasto em crescimento livre, depois de roçada mecânica em altura de 6 cm no *Cynodon sp.*, e no primeiro crescimento na *A. strigosa*. O tamanho das unidades experimentais foi ajustado para que a variação das alturas mensuradas em cada tratamento, no início e no final dos testes de pastejo, não fosse superior a 5%. Colocado de outra forma, a área tinha tamanho suficiente para que a altura medida antes da entrada dos animais fosse praticamente a mesma medida após a saída deles. Este procedimento procurou assegurar que todos os bocados ocorressem numa mesma estrutura, limitando a possibilidade de ocorrência de bocados onde o pasto já tivesse sido desfolhado. Essa condição de ensaio procurou

simular, assim, o equivalente a uma refeição em pastoreio contínuo.

Nos experimentos 2 e 4 (*Cynodon sp.* e *A. strigosa*, respectivamente), as estruturas de pasto apresentadas aos animais foram decorrentes do rebaixamento a partir das alturas que proporcionaram a máxima taxa de ingestão nos experimentos 1 e 3, respectivamente. Por este motivo, são considerados como pastoreio rotativo. A exemplo dos experimentos 1 e 3, o tamanho da área foi dimensionado de forma que a altura do pasto não diminuísse em mais que 5% ao longo do período de ocupação, visando, assim, que a estrutura do pasto (objeto de estudo) que o animal encontrasse fosse sempre a mesma. Para tanto, um grupo de animais não experimentais foi usado para rebaixar a proporção da altura requerida pelo tratamento. Uma vez que o rebaixamento era alcançado, o grupo de animais experimentais entrava na parcela para pastejar a estrutura já rebaixada no nível (proporção da altura inicial) a ser estudado. Com a estrutura do pasto não se alterando em mais que 5% ao longo do período de ocupação, considerou-se que os parâmetros estudados fossem função de uma estrutura de pasto controlada. Com essa estratégia experimental, os resultados que expressam o rebaixamento do tratamento 20%, por exemplo, não significam a média do que ocorre entre a entrada (100% da altura) e a saída dos animais (80% da altura), mas efetivamente a condição de 80% da altura inicial.

Em todos os experimentos o delineamento experimental utilizado foi o de blocos completos inteiramente casualizados, com quatro repetições. O critério de bloqueamento foi o período do dia de realização das avaliações (manhã ou tarde). Em todos os experimentos, foram realizadas duas avaliações por dia (manhã e tarde), sendo dois dias de avaliação por tratamento.

2.3. Medições no pasto

A altura do pasto foi determinada utilizando-se um bastão graduado (*Sward stick*; Barthram, 1986). Foram medidos 200 pontos de altura do pasto por unidade experimental no pré e no pós-pastejo, nos quatro experimentos. Nos experimentos 2 e 4, no momento de medir as alturas do pasto, foram discriminados os toques em diferentes componentes morfológicos da planta: lâmina pastejada, lâmina não-pastejada e colmos + bainhas. A proporção de toques em lâmina não-pastejada foi usada para definir a área não-pastejada e a soma de toques colmos + bainhas para definir o aparecimento de colmos + bainhas no topo do dossel.

Nos experimentos 1 e 3, o pasto foi amostrado com cortes estratificados a cada 5 cm de altura, utilizando-se um quadro de 0,153 m². Cinco amostras por unidade experimental foram coletadas. Nos Experimentos 2 e 4 amostrou-se a massa de forragem total (MFT) no pré e no pós-pastejo, em três cortes com quadro de 0,25 m². Todas as amostras foram posteriormente separadas em lâmina foliar, colmos + bainhas e material morto. Depois de separadas, foram secas em estufa a 55°C por no mínimo 72 horas. A MFT para os experimentos 1 e 3 correspondeu à média do somatório das massas de lâmina foliar, de colmo + bainha e de material morto de cada amostra, expressas em kg de matéria seca (MS) por hectare. A MFT dos experimentos 2 e 4 correspondeu ao somatório da matéria seca de lâminas verdes (MSLV), de colmos + bainhas e material morto de cada amostra, expressas em kg de MS por hectare.

2.4. Medições nos animais

Nos experimentos com *Cynodon sp.* foram utilizadas seis novilhas (raça Jersey, com idade inicial de 20±2 meses e peso médio de 318±13 kg), divididas em dois grupos

de três novilhas cada. Os testes foram conduzidos de tal forma que os dois grupos passassem duas vezes por cada tratamento, totalizando as quatro repetições. Na *A. strigosa* foram utilizadas três novilhas (cruza Angus x Brahman, idade de 45 ± 2 meses e peso médio de 349 ± 20 kg), sendo utilizados os mesmos três animais em todas as quatro repetições. Todos os animais foram habituados previamente ao procedimento experimental e permaneceram em área de pastagem adjacente idêntica à presente nas áreas experimentais ao longo de todo o período experimental. Nos dias de avaliação, antes de iniciar cada teste de pastejo (início da manhã e final da tarde, caracterizados pela primeira e última refeição, respectivamente; Hodgson, 1990), os animais eram recolhidos da área adjacente e levados ao centro de manejo, equipados com coletores de fezes e urina e registrador automático de movimentos mandibulares (IGER - behaviour recorder). Este aparelho registra os movimentos mandibulares (MM) que são posteriormente analisados via software Graze (Rutter, 2000), pelo qual se distinguem MM de bocado e de não-bocado (manipulação + mastigação) e se define o tempo efetivo de alimentação (TA). O TA corresponde à soma dos períodos em que o animal esteve movimentando a mandíbula, excluindo intervalos > 3 seg de inatividade.

Após o teste de pastejo de 45 ± 5 min, os animais permaneceram no centro de manejo por período de igual duração, sem acesso à água e alimento, para determinação das perdas metabólicas (evaporação de H_2O , perda e produção de CO_2 e CH_4). Esta perda de peso foi posteriormente adicionada ao consumo em pastejo. Para a determinação da TI, utilizou-se a técnica da dupla pesagem, descrita por Penning & Hooper (1985). Todas as pesagens (pré e pós-pastejo e pré e pós-perdas metabólicas) foram realizadas utilizando balança com precisão de 10 g. A TI foi calculada por meio da equação:

$$TI = \frac{(P2 - P1)}{(t2 - t1)} + \frac{(P3 - P4)}{(t4 - t3)} \times \frac{(t2 - t1)}{TA}$$

Onde: TI = taxa de ingestão de forragem; P1 e P2 = peso dos animais antes e após o pastejo; t1 e t2 = horário pré e pós-pastejo; P3 e P4 = peso dos animais antes e após as perdas metabólicas; t3 e t4 = horário pré e pós-perdas metabólicas; e TA = tempo efetivo de alimentação.

O total de forragem consumida foi corrigido pelo teor de MS da forragem. Esse teor foi estimado pelo corte de seis amostras por unidade experimental, no pré, meio e pós-pastejo. Em ambos os experimentos, os cortes foram realizados na metade superior das plantas, considerando haver relação de proporcionalidade entre a profundidade do bocado e a altura da planta (Cangiano et al., 2002; Gonçalves et al., 2009).

A massa do bocado foi calculada pelo quociente entre o consumo de matéria seca durante o teste de pastejo, e o número total de bocados, ajustada para o peso vivo do animal. O tempo por bocado (TPB) foi calculado dividindo-se o número de bocados pelo TA. A relação de movimentos mandibulares totais por bocado (MMT/B) foi calculada pelo número de MMT dividido pelo número de bocados. A variável relação entre movimentos mandibulares totais por g de MS apreendida (MMT/g) foi calculada dividindo-se o número de MMT pelo consumo de matéria seca durante o teste de pastejo.

2.5 Análises estatísticas

Para todas as variáveis do pasto, nos quatro experimentos, foram realizadas

análises de variância em nível de 5% de significância e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste Tukey ($P < 0,05$). A parcela foi considerada a unidade experimental para todas as variáveis do pasto e comportamentais (média dos animais testers). Para a comparação entre variáveis comportamentais, foi realizada análise de regressão linear ($y = a + bx + \epsilon_{ij}$) para cada espécie forrageira. Quando as equações de mesma variável em ambas as espécies forrageiras foram significativas, foi realizada a comparação entre elas por meio dos testes de paralelismo e de igualdade de interceptos ($P < 0,05$). Havendo semelhança uma nova equação foi gerada com todos os pontos.

As variáveis tempo por bocado, taxa de ingestão e movimentos mandibulares por bocado foram corrigidas para o efeito da massa do bocado. As variáveis corrigidas (Y_i') foram obtidas pela adição do efeito da massa do bocado (X) aos valores estimados para uma massa do bocado média:

$$Y_i' = Y_i - f(X_i) + f(X)$$

onde Y_i é a variável original, $f(X_i)$ é o modelo que se relaciona Y_i com massa do bocado e X é a massa do bocado média.

Para todas as análises estatísticas utilizou-se o software JMP versão 10 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

3. Resultados

3.1 Características do pasto: experimentos 1 e 3 As alturas do pasto foram contrastantes entre tratamentos em ambas as espécies forrageiras (Tabela 1). A MFT, no *Cynodon sp.*, variou de 3 a 7 t/ha de MS, enquanto na *A. strigosa* a variação foi de 0,5 a 3 t/ha de MS. De modo geral, as MSLV aumentaram com os tratamentos em ambas as espécies. Já a massa de colmos + bainhas + material morto não diferiu no *Cynodon sp.*,

enquanto que na *A. strigosa* foi maior nas maiores alturas do pasto.

Tabela 1: Caracterização estrutural de pastos de *Cynodon sp.* e *A. strigosa* sob diferentes alturas

Altura do pasto pretendida (cm) – <i>Cynodon sp.</i>										
	10	15	20	25	30	35	P	EPM		
Altura do pasto (cm)	9,8 ^f	14,3 ^e	19,3 ^d	24,3 ^c	28,2 ^b	34,8 ^a	<0,0001	0,56		
Massa de forragem (kg/ha)	3148 ^c	3816 ^{bc}	3826 ^{bc}	4623 ^b	6968 ^a	7477 ^a	<0,0001	462		
Massa seca de lâminas verdes (kg/ha) ¹	300 ^c	737 ^b	705 ^b	794 ^b	1572 ^a	1624 ^a	<0,0001	67		
Massa seca de colmos + bainhas (kg/ha) ¹	267	228	138	181	270	321	0,10	90		
Altura do pasto pretendida (cm) – <i>A. strigosa</i>										
	15	20	25	30	35	40	45	50	P	EPM
Altura do pasto (cm)	14,7 ^h	19,8 ^g	24,2 ^f	29,4 ^e	34,4 ^d	38,7 ^c	44,4 ^b	49,3 ^a	<0,0001	0,57
Massa de forragem (kg/ha)	511 ^d	1155 ^c	1653 ^{bc}	1927 ^b	1962 ^b	2546 ^a	2935 ^a	3157 ^a	<0,0001	181
Massa seca de lâminas verdes (kg/ha) ¹	117 ^d	470 ^{bc}	414 ^c	593 ^{ab}	687 ^a	685 ^a	607 ^{ab}	649 ^a	<0,0001	49,7
Massa seca de colmos + bainhas (kg/ha) ¹	16 ^d	34 ^d	183 ^{cd}	212 ^c	291 ^{bc}	449 ^{ab}	582 ^a	587 ^a	<0,0001	52,8

¹Medido na metade superior do pasto

Médias seguidas de letras diferentes, na linha, diferem entre si pelo teste Tukey a 5%

EPM: erro padrão da média

P: nível de significância

3.2 Características do pasto: experimentos 2 e 4

A altura do pasto, a MFT e a área não-pastejada diminuíram significativamente ao longo das proporções de rebaixamento pretendidas, em ambas as espécies (Tabela 2). Por outro lado, houve aumento no aparecimento de colmos + bainhas no topo do dossel, ao longo do rebaixamento, em ambas as espécies.

Tabela 2: Caracterização estrutural de pastos de *Cynodon sp.* e *A. strigosa* sob diferentes níveis de rebaixamento

Rebaixamento (% da altura de entrada) – <i>Cynodon sp.</i>							
	0	20	40	60	80	P	EPM
Altura do pasto (cm)	19,3 ^a	14,8 ^b	11,4 ^c	7,8 ^d	5,2 ^e	<0,0001	0,60
Massa de forragem (kg/ha)	3826 ^a	3318 ^b	2917 ^{bc}	2634 ^{cd}	2448 ^d	<0,0001	149
Área não-pastejada (%)	na	43 ^a	23 ^b	9 ^{bc}	3 ^c	<0,0001	6,7
Colmos+bainhas (%)	na	0 ^b	15 ^{ab}	32 ^a	25 ^a	<0,0001	7,3
Rebaixamento (% da altura de entrada) – <i>A. strigosa</i>							
Altura do pasto (cm)	29,5 ^a	22,3 ^b	17,1 ^c	12,0 ^d	7,1 ^e	<0,0001	1,19
Massa de forragem (kg/ha)	1870 ^a	1396 ^b	1085 ^{bc}	752 ^c	398 ^d	<0,0001	141
Área não-pastejada (%)	88 ^a	46 ^b	24 ^c	3 ^d	1 ^d	<0,0001	6,8
Colmos+bainhas (%)	7 ^b	23 ^b	21 ^b	51 ^{ab}	93 ^a	0,0069	17,7

Médias seguidas de letras diferentes, na linha, diferem entre si pelo teste Tukey a 5%

P: nível de significância

EPM: erro padrão da média

na: não avaliado

3.3 Comportamento ingestivo: Experimentos 1 e 3

A maior TI foi verificada em alturas de 20 cm no *Cynodon sp.* e entre 30 e 40 cm na *A. strigosa*. No *Cynodon sp.* foram observadas TI semelhantes em alturas contrastantes, 10 e 35 cm. Na *A. strigosa*, as menores (15 e 20 cm) e as maiores alturas avaliadas (45 e 50 cm) também proporcionaram TI semelhantes, indicando que as maiores alturas também impõem restrições à TI, tanto quanto as menores alturas. As maiores massas do bocado foram observadas entre 20 e 25 cm no *Cynodon sp.* e entre 25 e 45 cm na *A. strigosa*. O TPB não diferiu em ambas as espécies ($P>0,05$). O número de MMT/B foi superior em alturas intermediárias do pasto no *Cynodon sp.*, enquanto que na *A. strigosa* foram observados maiores valores entre alturas de 35 e 40 cm. Os menores valores de MMT/g foram observados entre 20 e 30 cm no *Cynodon sp.* e entre

30 e 40 cm na *A. strigosa* (Tabela 3).

Tabela 3: Parâmetros do comportamento ingestivo de novilhas em pastos de *Cynodon sp.* e *A. strigosa* sob diferentes alturas

Altura do pasto (cm) – <i>Cynodon sp.</i>										
	10	15	20	25	30	35	P	EPM		
Taxa de ingestão (g/min)	26 ^c	31 ^{bc}	42 ^a	35 ^b	32 ^b	25 ^c	<0,0001	2,5		
Massa do bocado (g)	0,6 ^b	0,8 ^b	1,3 ^a	1,0 ^{ab}	0,8 ^b	0,7 ^b	0,0016	0,20		
Tempo por bocado (s)	1,5 ^{ns}	1,8	1,8	1,8	1,5	1,5	0,41	0,28		
Movimentos mandibulares totais (nº/bocado)	1,39 ^b	2,13 ^a	2,19 ^a	1,98 ^{ab}	1,81 ^{ab}	1,78 ^{ab}	0,0261	0,317		
Movimentos mandibulares totais (nº/g de MS apreendida)	3,3 ^a	2,9 ^{ab}	1,8 ^d	2,0 ^d	2,2 ^{cd}	2,7 ^{bc}	<0,0001	0,27		

Altura do pasto (cm) – <i>A. strigosa</i>										
	15	20	25	30	35	40	45	50	P	EPM
Taxa de ingestão (g/min)	33 ^e	40 ^{de}	44 ^{bcd}	55 ^a	51 ^{ab}	51 ^{ab}	41 ^{de}	42 ^{de}	<0,0001	2,6
Massa do bocado (g)	0,7 ^d	0,9 ^{cd}	1,2 ^{ab}	1,2 ^{ab}	1,3 ^a	1,4 ^a	1,1 ^{ab} cd	0,9 ^{bc} d	0,0002	0,13
Tempo por bocado (s)	1,3 ^{ns}	1,4	1,7	1,6	1,7	1,8	1,6	1,4	0,1347	0,19
Movimentos mandibulares totais (nº/bocado)	1,36 ^b	1,54 ^a b	1,63 ^a b	1,50 ^a b	1,74 ^a	1,83 ^a	1,69 ^a b	1,44 ^a b	0,65	0,13
Movimentos mandibulares totais (nº/g de MS apreendida)	2,4 ^a	1,7 ^{ab}	1,4 ^{ab}	1,1 ^b	1,2 ^b	1,2 ^b	1,6 ^{ab}	2,0 ^{ab}	0,0113	0,34

Médias seguidas de letras diferentes, na linha, diferem entre si pelo teste Tukey a 5%

P: nível de significância

EPM: erro padrão da média

3.4 Comportamento ingestivo: Experimentos 2 e 4

Como pode ser observado na Tabela 4, a TI foi maior nos menores níveis de rebaixamento (0 a 20% no *Cynodon sp.* e no 0% na *A. strigosa*). A massa do bocado declinou ao longo dos níveis de rebaixamento em ambas as espécies. O tempo por bocado foi maior no tratamento 0% e foi menor no maior nível de rebaixamento, tanto no *Cynodon sp.*, quanto na *A. strigosa*. O número de MMT/B foi superior no tratamento 0% de rebaixamento no *Cynodon sp.*, e não foi diferente na *A. strigosa*. O número de

MMT/g foi superior com 80% de rebaixamento em ambas as espécies.

Tabela 4: Parâmetros do comportamento ingestivo de novilhas em pastos de *Cynodon sp.* e *A. strigosa* sob níveis de rebaixamento

	Rebaixamento (%) – <i>Cynodon sp.</i>						EPM
	0	20	40	60	80	P	
Taxa de ingestão (g/min)	41 ^a	41 ^a	29 ^b	15 ^c	5 ^c	<0,0001	3,6
Massa do bocado (g)	1,10 ^a	0,78 ^b	0,56 ^c	0,31 ^d	0,09 ^e	<0,0001	0,08
Tempo por bocado (s)	1,5 ^a	1,2 ^{ab}	1,3 ^{ab}	1,2 ^{ab}	1,1 ^b	0,0261	0,11
Movimentos mandibulares totais (nº/bocado)	2,2 ^a	1,5 ^b	1,7 ^{ab}	1,5 ^b	1,3 ^b	0,0096	0,27
Movimentos mandibulares totais (nº/g de MS apreendida)	1,8 ^b	1,6 ^b	2,6 ^b	5,6 ^b	13,7 ^a	<0,0001	2,08
	Rebaixamento (%) – <i>A. strigosa</i>						
Taxa de ingestão (g/min)	51 ^a	39 ^b	29 ^b	17 ^c	11 ^c	<0,0001	4,6
Massa do bocado (g)	1,31 ^a	0,75 ^{ab}	0,63 ^{bc}	0,30 ^{cd}	0,15 ^d	<0,0001	0,14
Tempo por bocado (s)	1,3 ^a	1,1 ^{ab}	1,3 ^{ab}	1,1 ^{ab}	1,0 ^b	0,0313	0,18
Movimentos mandibulares totais (nº/bocado)	1,4	1,4	1,4	1,3	1,2	0,3574	0,15
Movimentos mandibulares totais (nº/g de MS apreendida)	1,2 ^c	1,8 ^c	2,3 ^c	4,0 ^b	8,4 ^a	0,0006	1,41

Médias seguidas de letra diferente, na linha, diferem entre si pelo teste Tukey a 5%

P: nível de significância

EPM: erro padrão da média

3.5 Processo de construção da taxa de ingestão – uso do tempo

A relação entre TI e massa do bocado demonstra que houve efeito da espécie forrageira sobre o intercepto dos modelos, sem diferença na inclinação, em ambos os métodos de pastoreio (Figuras 1a,b). Ou seja, no pastoreio contínuo, para uma massa do bocado equivalente, a TI (g/min) é 9g maior na *A. strigosa* ($y=24,46 + 18,91x$; $R^2=0,67$; $P<0,0001$) que no *Cynodon sp.* ($y=15,60 + 18,91x$; $R^2=0,60$; $P<0,0001$). No pastoreio rotativo essa diferença é de 2,8g (*A. strigosa* $y=5,53 + 39,15x$; $R^2=0,97$; $P<0,0001$; *Cynodon sp.* $y=2,68 + 39,15x$; $R^2=0,94$; $P<0,0001$).

O tempo por bocado é diretamente relacionado a massa do bocado, independente do método e espécie forrageira (Figuras 1c,d). No pastoreio contínuo os animais necessitaram mais tempo (0,27s) para colher uma equivalente massa do bocado no *Cynodon sp.* ($y=1,06 + 0,92x$; $R^2=0,48$; $P=0,0002$) em relação a *A. strigosa* ($y=0,79 + 0,92x$; $R^2=0,62$; $P<0,0001$). No pastoreio rotativo, as linhas paralelas determinam um tempo por bocado 0,12s superior para uma equivalente massa do bocado no *Cynodon sp.* ($y=1,07 + 0,41x$; $R^2=0,39$; $P=0,0555$) em relação a *A. strigosa* ($y=0,95 + 0,41x$; $R^2=0,60$; $P=0,0003$).

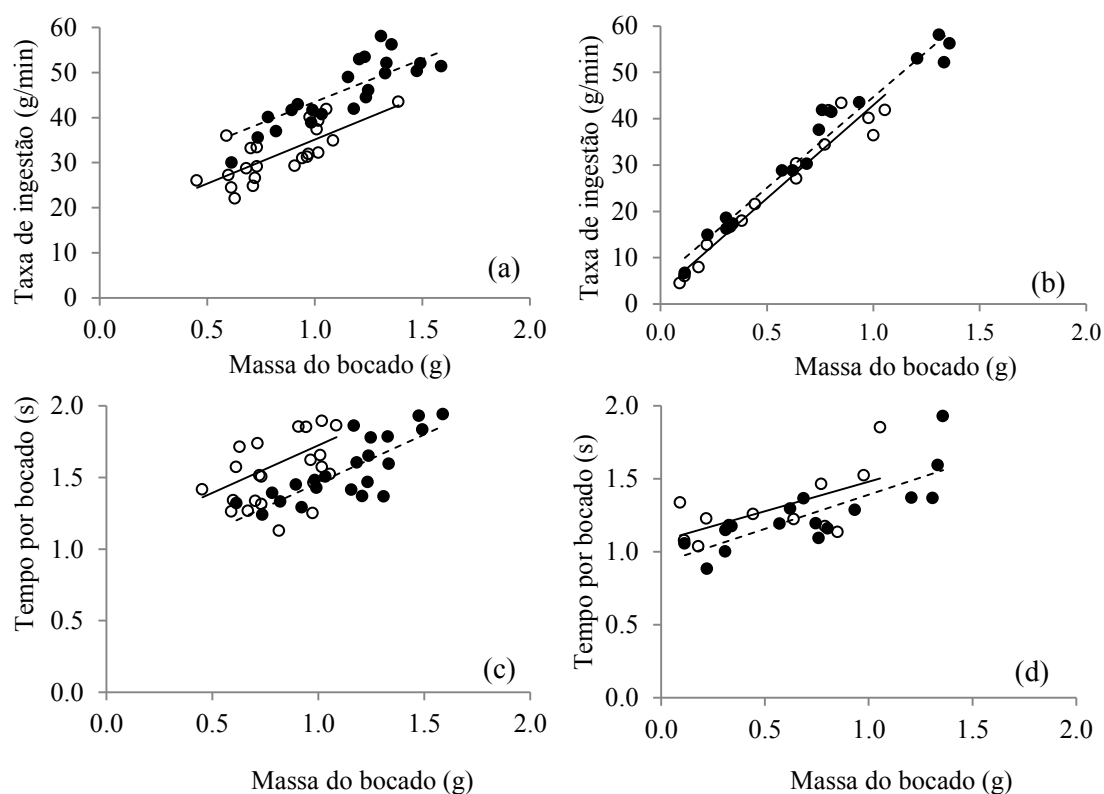


Figura 1: Relações entre a taxa de ingestão de forragem e a massa do bocado em pastoreio contínuo (a) e rotativo (b); relação entre o tempo por bocado e a massa do bocado de bovinos em pastoreio contínuo (c) e rotativo (d) em pastos de *Cynodon sp.* (○; —); *A. strigosa* (●; - -) em função de alturas e ao longo do rebaixamento dos pastos. Apresenta-se os modelos paralelos quando não houve diferença de inclinação. Os modelos apresentados não são os que minimizam a variância para cada espécie, e

sim os significativos pela análise de igualdade de interceptos e paralelismo

3.6 Processo de construção da taxa de ingestão – uso dos movimentos mandibulares

No pastoreio contínuo (Figura 2a), os animais necessitam maior número de MMT/B no *Cynodon sp.* ($y=1,21 + 0,77x$; $R^2=0,56$; $P<0,0001$) para consumir equivalente massa do bocado em relação a *A. strigosa* ($y=0,72 + 0,77x$; $R^2=0,45$; $P=0,0006$). No pastoreio rotativo (Figura 2b) esta relação se repete (*Cynodon sp.*; $y=1,17 + 0,27x$; $R^2=0,37$; $P=0,0368$; *A. strigosa*; $y=1,39 + 0,27x$; $R^2=0,29$; $P=0,0254$).

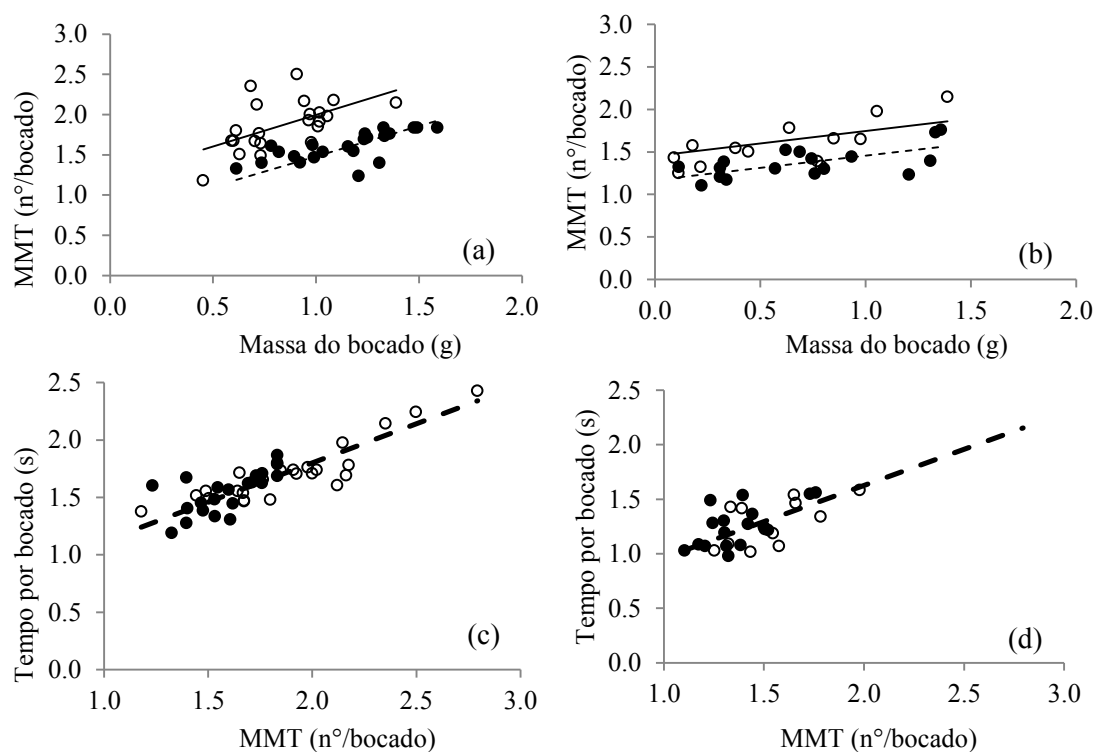


Figura 2: Relação entre o número de movimentos mandibulares totais por bocado e a massa do bocado no pastoreio contínuo (a) e no rotativo (b); relação entre o tempo por bocado o número de movimentos mandibulares totais por bocado no pastoreio contínuo (c) e no rotativo (d) de bovinos em pastos de *Cynodon sp.* (○; —); *A. strigosa* (●; - - -); ambas as espécies (— —) em função de alturas e ao longo do rebaixamento dos pastos. Apresenta-se os modelos paralelos quando não houve diferença de inclinação. Os modelos apresentados não são os que minimizam a variância para cada espécie, e sim os significativos pela análise de igualdade de interceptos e paralelismo

A análise de contrastes indicou que os modelos entre tempo por bocado e MMT/B foram paralelos e coincidentes no pastoreio contínuo (Figura 2c). Portanto, para um equivalente número de MMT/B os animais gastaram tempo por bocado semelhante ($y=0,439 + 0,680x$; $R^2=0,68$; $P<0,0001$). No pastoreio rotativo (Figura 2d) esta relação se repetiu, porém, com intercepto menor, mas com coeficiente de regressão semelhante ($y=0,306 + 0,670x$; $R^2=0,48$; $P<0,0001$).

4. Discussão

O pastejo é um processo tempo-dependente, onde os movimentos mandibulares de apreensão, de manipulação e de mastigação são competidores entre si (Spalinger & Hobbs, 1992). Nessa competição por tempo, a eficiência de colheita de forragem pelo animal (alta taxa de ingestão) está diretamente relacionada com a colheita de elevadas massa do bocado (Figura 1ab). A massa do bocado pode ser prejudicada tanto por baixas alturas do pasto (Tabela 3 e 4; Laca et al., 1992) quanto por componentes estruturais do pasto que dificultam o processo de formação do bocado, como colmos e bainhas, tanto em pastos muito altos (Tabela 1; Carvalho et al., 2001; Gonçalves et al., 2009; Fonseca et al., 2012 in press), quanto em intensos níveis de rebaixamento dos pasto (Tabela 2; Benvenuti et al., 2006; Fonseca et al., in press). Ao longo do rebaixamento o animal tem a área e profundidades do bocado diminuídas, determinando, assim, a redução na massa do bocado (Ungar et al., 2001). Ao colher baixa massa do bocado o animal diminui o tempo por bocado (observado para ambas as espécies – Tabela 4), e pode aumentar os movimentos mandibulares dedicados à colheita (redução no tempo por bocado – Tabela 3) numa tentativa de conseguir manter a TI elevada

(Ungar, 1996). No entanto, esta compensação é limitada por conta do tempo fixo de cada movimento mandibular (Newman et al., 1994; Figura 2 a,b).

4.1 Massa do bocado e taxa de ingestão

Funcionalmente a massa do bocado é definida pela área e profundidade do bocado (cilindro do bocado) e pela massa de forragem existente nesse cilindro. A profundidade tem sido reportada como uma proporção constante em cerca da metade da altura do pasto por diversos trabalhos (Hodgson et al., 1994; Cangiano et al., 2002; Gonçalves et al., 2009). A área do bocado, em pastos baixos, sofre limitações por conta da dificuldade que o animal encontra em usar a varredura da língua (Illius & Gordon, 1987). Por fim, o que irá definir o volume colhido é a disponibilidade de forragem neste cilindro hipotético. Como se pode observar na Tabela 1 a MF disponível acima de 50% da altura do pasto seguiu aumentando (função do aumento da altura do pasto) além da altura onde ocorre a inflexão da massa do bocado. Em ambas as espécies o incremento da altura do pasto, até alturas intermediárias, proporcionou aumento na massa do bocado (Tabela 1), assim como observado por Laca et al. (1992). Este aumento na massa do bocado foi observado como aumento direto na taxa de ingestão (Figura 1a), confirmando que a altura do pasto tem efeito positivo sobre a profundidade e área do bocado (Cangiano et al., 2002).

No entanto, esta resposta foi evidente apenas até alturas intermediárias, em ambas as espécies forrageiras (experimentos 1 e 3). Em pastos altos a massa do bocado diminuiu em ambas as espécies (Tabela 3), resposta semelhante à observada em diversos trabalhos (Gonçalves et al., 2009; Fonseca et al., 2012; Bremm et al., 2012; Hirata et al., 2010; Heuermann et al., 2011). Tem-se relacionado esta resposta a fatores

complicadores do processo de formação do bocado, o que leva a aumento no tempo por bocado, como observado por Gonçalves et al. (2009) e Fonseca et al. (2012). No entanto, neste trabalho não foi observada diferença no tempo por bocado (Tabela 3). Ou seja, outros fatores estariam limitando a massa do bocado nessas alturas de pasto.

Estes complicadores referem-se, tanto à estrutura e composição da planta como à habilidade ingestiva do animal. Laca et al. (1992) encontraram efeitos negativos da densidade da forragem sobre a taxa de incremento da área de bocado em função do aumento da altura do pasto. Benvenuti et al. (2008a) observaram acentuada diminuição da massa do bocado e da área do bocado, ocasionada em função do aumento da densidade de colmos + bainhas no estrato pastejado. Nestas condições de pastos altos, a disponibilidade de forragem aumenta no cilindro hipotético, mas a quantidade de componentes estruturais que causam restrição à formação do bocado também aumenta (Tabela 1). Neste caso o animal não estaria usando todo o potencial de área de bocado a fim de ser seletivo (evitando colmos+bainhas). Tal resposta foi observada por Benvenuti et al. (2008a) ao oferecer aos animais pastagens construídas com diferentes porcentagens de colmos. Carvalho et al. (2001) em trabalho pioneiro que observou queda na taxa de ingestão por ovinos em pastos altos, os autores observaram que a dispersão espacial das folhas poderia limitar a ingestão de forragem, mas não por falta de densidade, e sim, por um aumento no tempo necessário ao processo de captura da folha pela boca do animal.

No pastoreio rotativo, mais que em outros métodos, o manejador define os parâmetros ingestivos do animal ao definir, por exemplo, a porcentagem de rebaixamento do pasto (Fonseca et al., 2012). Por esse motivo é de suma importância que no início do rebaixamento seja permitido ao animal consumir forragem com alta

massa de bocado (Artigo 1), já que esta responde pela maior parte da variância da taxa de ingestão (Figura 1b). O potencial ingestivo no tratamento 0% de rebaixamento foi equivalente à melhor condição de pasto no pastoreio contínuo, em ambas as espécies (Tabela 3). Com isso tem-se que os parâmetros ingestivos considerados bons podem ser inicialmente mantidos, porém, inevitavelmente sofrerão consequências negativas ao longo do rebaixamento (Ungar et al., 2001; Fonseca et al., 2012).

Na Tabela 2 pode-se observar que a remoção de forragem foi similar ao longo das porcentagens de rebaixamento. Este fato gera um indicativo da condição do pasto e permite se fazer menção acerca da mudança de horizonte de pastejo. Ou seja, no tratamento 40%, em ambas as espécies, foram observados valores de área não-pastejada de 23 e 24% (Tabela 2). Estes valores são muito similares a outros trabalhos que atribuíram mudança de horizonte de pastejo. Ungar (1998) sugeriu que o animal altera sua preferência para o segundo horizonte quando ainda restam 15 a 30% do horizonte que está sendo pastejado. Baumont et al. (2004) estimaram esta mudança em 25% e Fonseca (2011) observou diminuição brusca na taxa de ingestão quando ainda restavam entre 20 e 30% de área não-pastejada.

A cada mudança de horizonte de pastejo, os animais se deparam mais frequentemente com componentes estruturais do pasto (Tabela 2) complicadores do processo de formação do bocado (Gordon & Benvenuti, 2006; Benvenuti et al., 2006). O processo se complica ainda mais quando o encontro do segundo horizonte passa a ser maior que o encontro do primeiro horizonte, causando maior redução na TI (Fonseca et al., 2012). Dessa forma, ao se considerar a altura que permite a máxima taxa de ingestão no pastoreio contínuo como a estrutura de pasto pré-pastejo no rotativo, tem que estes complicadores do processo ingestivo são mínimos (Fonseca et al., 2012).

4.2 Tempo por bocado e uso dos movimentos mandibulares

Em alturas intermediárias se observou o menor número de MM necessários para a ingestão de 1g de MS (Tabela 3). Com valores próximos a 2 no *Cynodon sp.* e a 1 na *A. strigosa*. Fonseca et al. (2012 in press) trabalhando com sorgo forrageiro observou 1,3 MMT/g na altura de pasto que permitiu máxima TI. Este parâmetro parece indicar ser este um ponto de maior eficiência do pastejo, em pastoreio contínuo.

Ao longo do rebaixamento esta relação aumenta consideravelmente atingindo a necessidade de 14 e 8 MMT/g nas maiores porcentagens de rebaixamento no *Cynodon sp.* e *A. strigosa*, respectivamente (Tabela 4). Em ambas as espécies foram observados aumentos nas TB à medida que menores bocados foram tomados, confirmando que ao ter a massa do bocado diminuída o animal necessita menor número de movimentos mandibulares para ingerir. Assim o animal pode dedicar maior número de movimentos mandibulares para tomar bocados, o que reduz o tempo por bocado (Tabela 4; Benvenuti et al., 2008b; Fonseca et al., 2012 in press). Porém, esta diminuição no tempo por bocado compensou apenas parte da diminuição da massa do bocado, fazendo com que a TI diminuísse drasticamente ao longo do rebaixamento em ambas as espécies (Tabela 4). Cabe frisar que com 80% de rebaixamento a massa do bocado equivale a 10% da observada no início do rebaixamento (0%). No entanto, o número de movimentos mandibulares totais por bocado diminuiu 40 e 14%, respectivamente no *Cynodon sp.* e *A. strigosa*.

Esta compensação apenas parcial se deve ao fato que a cada bocado o animal gasta um tempo fixo apenas para abrir e fechar a boca (Newman et al., 1994; Hirata et al., 2010). Este tempo se refere a um custo fixo por bocado que inclui movimentos de

cabeça até novos bocados serem capturados e qualquer movimento exclusivo que possa ser necessário para engolir (Laca et al., 1994b) e independe do alimento ingerido (Figura 2a,b). Considerando uma mesma massa do bocado, tem-se que os custos fixos foram semelhantes entre si no pastoreio contínuo (Figura 2c) e no rotativo (Figura 2d). A inclinação de 0,68 e 0,67s no pastoreio contínuo e rotativo, respectivamente, indicam o tempo fixo necessária para o animal completar este movimento mandibular. Portanto, a maior parte do tempo por bocado, 0,68 s se devem a este tempo fixo necessário para o animal realizar um movimento mandibular, sendo que, o restante do tempo por bocado está associado à massa do bocado colhida (Illius et al., 1995). Esta associação entre tempo por bocado e massa do bocado demonstrou que, ao pastejarem uma equivalente massa de bocado os animais gastaram 0,27 s a mais no *Cynodon sp.* em relação a *A. strigosa* (interceptos das equações das Figuras 1 c,d) no pastoreio contínuo e 0,12s a mais no pastoreio rotativo. Sendo que os valores observados para o *Cynodon sp.* são similares ao observado por Hirata et al. (2010) com espécies tropicais.

De forma semelhante, a eficiência de uso dos MMT diferiu entre espécies (linhas paralelas, Figura 2 a,b), demonstrando que na *A. strigosa* os animais necessitaram menor número de MMT para colher uma massa do bocado equivalente ao *Cynodon sp.*. Esta resposta evidencia que as restrições qualitativas das espécies tropicais podem se expressar ainda antes do animal colher a forragem. Carvalho et al. (2001) descrevem esta resposta como pastejo tipo “espaguete” onde em elevadas alturas do pasto a dispersão espacial das folhas poderia limitar a ingestão de forragem não por falta de densidade, e sim, por um aumento no tempo necessário ao processo de captura da folha até a boca.

Ou seja, de acordo com estes resultados mesmo manejando cada pasto na sua

estrutura ótima para o pastejo, o animal necessitará mais tempo para pastejar *Cynodon sp.* que *A. strigosa* por conta do maior tempo demandado para colher uma massa do bocado equivalente no *Cynodon sp.*. Portanto, independente do método e espécie forrageira, qualquer estratégia de manejo do pasto que permita ao animal colher massa do bocado elevada, é de suma importância para que o processo de aquisição de nutrientes possa ser eficiente e rápido (Bergman et al., 2001).

5. Conclusões

A massa do bocado foi altamente relacionada com a taxa de ingestão independentemente da espécie forrageira e do método de pastoreio estudado. A massa do bocado é o parâmetro mais prejudicado quando o animal acessa horizontes inferiores do pasto, mais comumente observado nos tratamentos de maior rebaixamento. Em *Cynodon sp.*, o potencial de ingestão é limitado pelo maior número de movimentos mandibulares necessários para colher um grama de MS, em relação à *A. strigosa*.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq, às propriedades Pampa Itália por fornecer animais e área experimental para os experimentos 1 e 2 e Cerro Coroado por fornecer animais utilizados nos experimentos 3 e 4.

6. Referências

Allden, W.G., Whittaker, I.A. McD., 1970. The determinants of herbage intake by grazing sheep: the interrelationship of factors influencing herbage intake and availability. Aust. J. Agr. Res. 21, 755–766.

Amaral, M.F. Estruturas de pasto para elevadas velocidades de ingestão: um modelo para sistemas leiteiros. Dissertação (Zootecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2009.

Barrett, P.B., Laidlaw, A.S., Mayne, C.S., Christie, H., 2001. Pattern of herbage intake rate and bite dimensions of rotationally grazed dairy cows as sward height declines. *Grass. Forage Sci.* 56, 362–373.

Barthram, G.T., 1986. Experimental techniques: the HFRO sward stick. Biennial Report. Hill Farming Research Organization, pp. 29–30.

Baumont, R., Cohen-Salmon, D., Prache, S., Sauvant, D., 2004. A mechanistic model of intake and grazing behaviour in sheep integrating sward architecture and animal decisions. *Anim. Feed Sci. Tech.* 112, 5–28.

Benvenuti, M.A., Gordon, I.J., Poppi, D.P., 2008a. The effects of stem density of tropical swards and age of grazing cattle on their foraging behavior. *Grass. Forage Sci.* 63, 1–8.

Benvenuti, M.A., Gordon, I.J., Poppi, D.P., Crowther, R., Spinks, W., 2008b. Foraging mechanics and their outcomes for cattle grazing reproductive tropical swards. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 113, 15–31.

Benvenuti, M.A., Gordon, I.J., Poppi, D.P., 2006. The effect of the density and physical properties of grass stems on the foraging behaviour and instantaneous intake rate by cattle grazing an artificial reproductive tropical sward. *Grass Forage Sci.*, 61, 272–281.

Bremm, C., Laca, E.A., Fonseca, L., Mezzalira, J.C., Elejalde, D.A.G., Gonda, H.L., Carvalho, P.C. de F. 2012. Foraging behaviour of beef heifers and ewes in natural grasslands with distinct proportions of tussocks. *Appl. Anim. Behav. Sci.*

Cangiano, C.A., Galli, J.R., Pece, M.A., Dichio, L., Rozsypalek, S. H. 2002. Effect of live weight and pasture height on cattle bite dimensions during progressive defoliation. *Aust. J. Agr. Res.* 53, 541–549.

Carvalho, P.C. de F., Kozloski, G.V., Ribeiro Filho, H.M.N., Reffatti, M.V., Genro, T.C.M., Euclides, V.P.B., 2007. Avanços metodológicos na determinação do consumo de ruminantes em pastejo. *R. Bras. Zootec.* 36, suplemento especial, 151–170,

Carvalho, P.C. de F.; Marçal, G.K.; Ribeiro Filho, H.M.N., Poli, C.H.E.C., Trindade, J.K., Oliveira, J.O.R. Nabinger, C. Pastagens altas podem limitar o consumo dos animais. In: Reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia, 38., 2001, Piracicaba. *Anais... Piracicaba: Esalq*, 2001, pp. 265–268.

Da Silva, S.C., Carvalho, P.C.F., 2005. Foraging behaviour and intake in the favourable tropics/sub-tropics. In: McGiloway, D.A. (Ed.), *Grassland: a global resource*. Wageningen Academic Publishers, pp. 81–95.

Drescher, M., Heitkonig, I.M.A., Raats, J.G., Prins, H.H.T., 2006. The role of grass stems as structural foraging deterrents and their effects on the foraging behaviour of cattle. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 101, 10–26.

Fonseca, L.; Mezzalira, J.C.; Bremm, C., Filho, R.S.A., Gonda, H.L., Carvalho, P.C.de F., 2012. Management targets for maximising the short-term herbage intake rate of cattle grazing in *Sorghum bicolor*. *Livest. Sci.*, 145, 205–211,

Fonseca, L., Carvalho, P.C.F., Mezzalira, J.C., Galli, J.R., Gregorini, P., 2012 in press. Effect of sward surface height and level of herbage depletion on bite features of cattle grazing *Sorghum bicolor* swards. *J. Anim.Sci.*

Fonseca, L. Metas de manejo para sorgo forrageiro baseadas em estruturas de pasto que maximizem a taxa de ingestão. Porto Alegre. UFRGS/PPG Zootecnia, 2011.

188 p.

Gonçalves, E.N., Carvalho, P.C.F., Kunrath, T.R., Carassai, I.J., Bremm, C. Fischer, V., 2009. Relações planta-animal em ambiente pastoril heterogêneo: processo de ingestão de forragem. *Rev. Bras. Zootec.* 38, 1655–1662.

Gordon, I.J., Benvenuti, M., 2006. Food in 3D: How Ruminant Livestock Interact with Sown Sward Architecture at the Bite Scale. In: Bels, V. (Ed.). *Feeding in Domestic Vertebrates*. Wallingford: CAB International, pp.273–287.

Hirata, M., Kunieda, E., Tobisa, M., 2010. Short-term ingestive behaviour of cattle grazing tropical stoloniferous grasses with contrasting growth forms. *J. Agr. Sci.* 148, 615–624.

Hodgson, J., Cosgrove, G.P., Woodward, S.J.R., 1997. Research on foraging behaviour: progress and priorities. In: Buchanan-Smith, J.G., Bailey, L.D. & McCaughey, P. (eds.) *Proceedings of the 18th International Grassland Congress*, Winnipeg, Canada, pp. 109–118.

Hodgson, J., Clark, D.A., Mitchell, R.J., 1994. Foraging behaviour in grazing animals and its impact on plant communities. In: Fahey, G.C. Jr., Moser, L.E., Mertens, D.R. et al. (eds.), *Proceedings of national conference on forage quality, evaluation and utilization*. Nebraska: University of Nebraska, pp. 796–827,

Hodgson, J., 1990. *Grazing Management: Science into Practice*. Longman Scientific and technical, 1 ed. London: Longman Group, pp. 203.

Illius, A.W., Gordon, I.J., Milne, J.D., Wright, W., 1995. Costs and benefits of foraging on grasses varying in canopy structure and resistance to defoliation. *Funct. Ecol.*, 9, 894-903.

Illius, A.W., Gordon, I.J., 1987. The allometry of food intake in grazing

ruminants. *J. Anim. Ecol.* 56, 989–999.

Laca, E.A., Ungar, E.D., Demment, M.W., 1994. Mechanisms of handling time and intake rate of a large mammalian grazer. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 39, 3–19.

Laca, E.A.; Ungar, E.D.; Seligman, N.G., Demment, M.W., 1992. Effects of sward height and bulk density on the bite dimensions of cattle grazing homogeneous sward. *Grass Forage Sci.* 47, 91–102.

Newman, J.A., Parsons, A.J., Penning, P.D., 1994. A note on the behavioural strategies used by grazing animals to alter their intake rates. *Grass Forage Sci.* 49, 502–505.

Penning, P.D., 1986. Some effects of sward conditions on grazing behaviour and intake by sheep. In: Gudmundsson, O. (Ed.), *Grazing research at northern latitudes*. Hyanneyri: Nato, pp. 219-226.

Penning, P.D., Hooper, G.E.N., 1985. A evaluation of the use of short-term weight changes in grazing sheep for estimating herbage intake. *Grass. Forage Sci.*, 40, 79–84.

Ribeiro Filho, H.M.N., Delagarde, R., Peyraud, J. L., 2003. Inclusion of white clover in strip-grazed perennial ryegrass swards: herbage intake and milk yield of dairy cows at different ages of sward regrowth. *Animal Sci.* 77, 499–510.

Rutter, S.M., 2000. Graze: a program to analyze recordings of the jaw movements of ruminants. *Behav. Res. Meth. Ins.C.* 32, 86–92.

Spalinger, D.E., Hobbs, N.T., 1992. Mechanisms of foraging in mammalian herbivores: new models of functional response. *Am. Nat.* 140, 325–348.

Sollenberger, L.E., Burns, J.C., 2001. Canopy characteristics, ingestive behaviour and herbage intake in cultivated tropical grasslands. In: J.A. Gomide, W.R.S.

Mattos & S.C. Da Silva (eds.) Proceedings of the 19th International Grassland Congress, São Pedro, SP, Brazil, 321-327.

Ungar, E.D., Ravid, N., Bruckental, I., 2001. Bite dimensions for cattle grazing herbage at low levels of depletion. *Grass. Forage Sci.* 56, 35–45.

Ungar, E.D., 1998. Changes in bite area and bite depth during patch depletion by cattle. In: Gibb, M.J. (Ed.). European intake workshop on techniques for investigating intake and ingestive behaviour by farm animals. 10., 1998, North Wyke. Proceedings... North Wyke, pp. 81–82.

Ungar, E.D., 1996. Ingestive behaviour. In: Hodgson, J., Illius, A. (Eds.), *The ecology and management of grazing systems*. Wallingford: CABI, pp.185-218.

4.CAPITULO IV

Meta de manejo do pastejo via maximização da taxa de ingestão por bovinos em pastagem tropical e temperada¹

¹Artigo elaborado de acordo com as normas da revista Grassland Science (Apêndice 3).

Título breve: Manejo do pastejo pela taxa de ingestão

Meta de manejo do pastejo via maximização da taxa de ingestão por bovinos
em pastagem tropical e temperada²

Jean Carlos Mezzalira*

*Grupo de Pesquisa em Ecologia do Pastejo, Universidade Federal do Rio
Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul 91540–000, Brasil.

Correspondência

Jean Carlos Mezzalira, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto
Alegre, Rio Grande do Sul 91540–000, Brasil.

E-mail: mezzalirajc@gmail.com

Tel: +55 (51) 8575–2625

Resumo: A disponibilidade e forma de apresentação da forragem definem o potencial de ingestão por herbívoros. A hipótese desse trabalho é que a estrutura do pasto criada por distintas alturas do pasto afeta o processo de ingestão pelos animais em pastejo, e que existe uma altura de pasto na qual a taxa de ingestão é maximizada. Uma vez definida esta estrutura ela poderia ser considerada como altura inicial do pasto a ser almejada no pastoreio rotativo. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi determinar a estrutura do pasto que maximize a taxa de ingestão e, a partir dessa altura, testar a taxa de ingestão ao longo do rebaixamento no pastoreio rotacionado. Para isso utilizou-se duas espécies contrastantes sendo uma espécie de clima tropical e uma de clima temperado. Foram conduzidos dois experimentos com *Cynodon dactylon* cv. Tifton 85 (*Cynodon sp.*) em Dois Vizinhos–PR (25° 45' 00"S, 53° 03' 25"W), entre janeiro e março de 2011, e dois com *Avena strigosa* cv. IAPAR 61 (*A. strigosa*) na Estação Experimental Agronômica da UFRGS em Eldorado–RS (30° 05' 27"S, 51° 40' 18"W), entre julho e setembro de 2011. Em cada espécie determinou-se a altura do pasto que proporcionou a máxima taxa de ingestão. A partir dessa altura fez-se rebaixamento de 20; 40; 60 e 80%. O delineamento utilizado foi blocos completos com quatro repetições. A taxa de ingestão foi determinada por dupla pesagem. Os animais foram equipados com um aparelho registrador de movimentos mandibulares, denominado IGER-Behaviour recorder. A máxima taxa de ingestão foi observada em 20 e 30 cm, respectivamente para *Cynodon sp.* e *A. strigosa*, e a partir dessa altura, manteve-se constante no pastoreio rotativo, até que 31 e 18% da altura inicial fossem removidos, respectivamente.

Palavras Chaves: Altura do pasto; pastejo; rebaixamento do pasto; taxa de ingestão.

1. Introdução

As relações de causa-efeito entre a estrutura do pasto e o comportamento ingestivo de bovinos em espécies temperadas tem sido amplamente estudadas (p.e. Soder *et al.* 2009, Utsumi *et al.* 2009, Amaral *et al.* 2012). Para espécies de clima tropical estas relações foram estudadas inicialmente por Stobbs (1973ab), e mais recentemente uma série de trabalhos tem avançado o entendimento das relações entre a estrutura do pasto e o consumo de forragem em pastejo (Benvenuti *et al.* 2006, 2008, 2009, Palhano *et al.* 2006, 2007, Boval *et al.* 2007, Fonseca *et al.* 2012).

Além de pastejar, os animais realizam um serie de outras atividades fundamentais para sua sobrevivência, como ruminação, vigilância, descanso etc. Portanto, qualquer ação de manejo que permita que o animal colha seus requerimentos diários no menor tempo possível é imprescindível para o sucesso da produção animal (Fonseca *et al.* 2012). Neste contexto, a escolha, feita pelo animal, por uma determinada espécie de planta ou por parte desta, está fortemente influenciada pela sua taxa de consumo potencial, a qual é controlada pela altura do pasto (Laca *et al.* 1992, Flores *et al.* 1993), densidade (Laca *et al.* 1992), distribuição vertical da forragem ou densidade em diferentes estratos (Black e Kenney 1984, Burlison *et al.* 1991, Laca *et al.* 1994), estado fenológico (Stobbs 1973a, Prache 1997), largura das lâminas foliares (Flores *et al.* 1993), altura dos colmos (Ginnett *et al.* 1999) e densidade dos colmos (Ganskopp *et al.* 1993). Vários estudos confirmam a importância da altura do pasto na definição do consumo, via determinação das dimensões do bocado, em particular a influência da profundidade do bocado (Laca *et al.* 1992,

Hodgson *et al.* 1994, Gonçalves *et al.* 2009).

Portanto, cabe aos manejadores do pasto proporcionar estas estruturas adequadas para que o animal possa suprir suas necessidades. Com isso formulou-se duas hipóteses: (1) a estrutura do pasto criada por suas distintas alturas afeta o processo de ingestão pelos animais em pastejo, e que, há uma altura de pasto ótima que cria uma condição estrutural que permite o animal maximizar a taxa de ingestão de MS; e (2) uma vez definida esta estrutura, ela pode ser considerada como a altura inicial do pasto no pastoreio rotativo, mantendo-se o potencial máximo de taxa de ingestão dessa estrutura inicial até que 40% da mesma seja removida. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi determinar a estrutura do pasto, resultante de suas distintas alturas, que maximize a taxa de ingestão. A partir dessa altura, testar a taxa de ingestão ao longo do rebaixamento em pastoreio rotacionado.

2. Material e métodos

2.1 Área e preparo experimental

Foram conduzidos dois experimentos com *Cynodon sp.* em Dois Vizinhos–PR (25° 45' 00"S, 53° 03' 25"W), entre janeiro e março de 2011. Utilizou-se uma área de 1,3 ha de *Cynodon sp.* implantada em 2008. A área foi dividida em 18 unidades experimentais. Aplicou-se o equivalente a 20 kg ha⁻¹ de N, além de 20 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e K₂O ao longo do período experimental de três meses. Também foram conduzidos dois experimentos (entre julho e setembro de 2011) com *A. strigosa* na Estação Experimental Agronômica da UFRGS em Eldorado–RS (30° 05' 27"S, 51° 40' 18"W). A área experimental de

2,6 ha foi semeada em quatro oportunidades, em 15 e 23 junho e 13 e 28 julho, a fim de obter diferentes alturas de plantas no mesmo dia, possibilitando assim, aleatorizar os tratamentos. Utilizou-se semeadora de precisão com linhas espaçadas 17 cm com densidade de semeadura de 80 kg ha^{-1} de sementes viáveis. Utilizaram-se os mesmos tratos culturais em todos os plantios. Aplicou-se o equivalente a 20 kg ha^{-1} de N, além de 100 kg/ha de P_2O_5 e K_2O no momento do plantio e após 20 dias da semeadura aplicou-se o correspondente a 60 kg ha^{-1} de N.

2.2 Tratamentos

O tamanho das unidades experimentais (piquete) em todos os quatro experimentos, que serão descritos abaixo, foram determinados via testes prévios, onde se buscou o tamanho de piquete tal que a altura do pasto pré-pastejo diminuísse no máximo 5% ao longo dos 45 minutos do teste de pastejo. Com isso foi possível proporcionar ao animal o encontro de uma estrutura de pasto semelhante entre o pré e o pós-pastejo. Ou seja, com a estrutura do pasto não se alterando, de forma significativa, ao longo do período de ocupação, é possível afirmar que os parâmetros avaliados são função unicamente da estrutura do pasto e não de sua alteração. Em todos os experimentos o delineamento utilizado foi blocos completos inteiramente casualizados com quatro repetições nos quatro experimentos. Utilizou-se como critério de bloqueamento o período do dia (manhã ou tarde). Nos experimentos 1 e 2 as avaliações aconteceram sempre as $7:30\text{h} \pm 10 \text{ min}$ pela manhã e $18:00\text{h} \pm 10 \text{ min}$ pela tarde. E nos experimentos 3 e 4 o horário das avaliações foi $8:30\text{h} \pm$

10 min pela manhã e 16:00h \pm 10 min pela tarde.

Experimento 1: determinação da altura de pasto que permita máxima taxa de ingestão. Utilizou-se como modelo o *Cynodon sp.* com um contraste de seis alturas (10; 15; 20; 25; 30 e 35 cm) em crescimento livre depois de roçada a 5 cm. Foram realizados 24 testes de pastejo de 45 minutos no período de 14 de janeiro até 02 de fevereiro de 2011.

Experimento 2: porcentagem de rebaixamento da altura pré-pastejo. Foram determinadas porcentagens de rebaixamento em função da altura pré-pastejo do experimento 1 que proporcionou máxima taxa de ingestão aos animais. As proporções de rebaixamento foram 0; 20; 40; 60 e 80%. Um grupo de animais não-experimentais foi utilizado para rebaixar o pasto desde a altura indicada no experimento 1 até a porcentagem de rebaixamento do tratamento específico no experimento 2, quando então se realizava o teste de pastejo. Foram realizados 20 testes de 45 \pm 5 minutos, no período entre 4 e 15 de março de 2011.

Experimento 3: determinação da altura de pasto que permita máxima taxa de ingestão. Utilizou-se como modelo a *A. strigosa* com um contraste de oito alturas (15; 20; 25; 30; 35; 40; 45 e 50 cm). Foram realizados 32 testes de pastejo de 45 minutos no período de 27/julho até 22/agosto de 2011.

Experimento 4: porcentagem de rebaixamento da altura pré-pastejo. Foram determinadas porcentagens de rebaixamento em função da altura pré-pastejo do experimento 3 que proporcionou máxima taxa de ingestão aos animais. As proporções de rebaixamento foram 0; 20; 40; 60 e 80%. Um grupo de animais não-experimentais foi utilizado para rebaixar o pasto desde a altura

indicada no experimento 3 até a porcentagem de rebaixamento do tratamento específico no experimento 4, quando então se realizava o teste de pastejo. Foram realizados 20 testes de 45 ± 5 minutos, no período entre 25/agosto até 19/outubro de 2011.

2.3 Medições no pasto

A altura do pasto foi determinada utilizando-se um bastão graduado (*Sward stick*, Barthram 1986). Foram medidos 200 pontos por unidade experimental no pré e no pós-pastejo, nos quatro experimentos. Para determinação da massa de forragem pré-pastejo foram realizados cinco cortes com um quadro de $0,153 \text{ m}^2$, nos experimentos 1 e 3. Nos experimentos 2 e 4 amostrou-se a massa de forragem total no pré e no pós-pastejo, em três cortes de área $0,25 \text{ m}^2$. Todas as amostras dos 4 experimentos foram posteriormente separadas em lâmina foliar, colmo+bainha e material morto. Depois de separadas, foram secas em estufa a 55°C por no mínimo 72 horas. A massa de forragem total correspondeu ao somatório da massa de forragem de lâminas foliares, de colmos+bainhas e material morto de cada amostra.

2.4 Medições nos animais

Em *Cynodon sp.* (experimentos 1 e 2) foram utilizadas seis novilhas (raça Jersey, com idade inicial de 20 ± 2 meses e peso médio de $318 \pm 13 \text{ kg}$), divididas em dois grupos de três novilhas cada. Os testes foram conduzidos de tal forma que os dois grupos passassem duas vezes por cada tratamento, uma vez pela manhã e outra pela tarde, totalizando as quatro repetições. Em *A. strigosa*

foram utilizadas três novilhas (cruza Angus x Brahman, com idade de 45 ± 2 meses e peso médio de 349 ± 20 kg), sendo utilizados os mesmos três animais em todas as quatro repetições.

Os animais foram habituados previamente ao procedimento experimental e permaneceram em área de pastagem adjacente idêntica a presente nas áreas experimentais ao longo de todo o período experimental. Nos dias de avaliação, antes de iniciar cada teste de pastejo (início da manhã e final da tarde, caracterizados pela primeira e última refeição, respectivamente, Hodgson 1990), os animais eram recolhidos da área adjacente e levados ao centro de manejo, equipados com coletores de fezes e urina e registrador automático de movimentos mandibulares (*IGER – behaviour recorder*). Este aparelho registra os movimentos mandibulares que são posteriormente analisados via software Graze (Rutter 2000), o qual define o tempo efetivo de alimentação, que é a soma períodos envolvendo movimentos mandibulares, excluindo intervalos entre 3 s e 5 minutos (Gibb *et al.* 1999), e distingue os movimentos mandibulares de bocado e manipulação+mastigação. Após cada teste de pastejo, os animais permaneceram no centro de manejo por um período de igual duração (aproximadamente 45 min), sem acesso à água e alimento, para determinação das perdas metabólicas (evaporação de H_2O , perda e produção de CO_2 e CH_4). Estas perdas de peso foram utilizadas para a correção do consumo (vide equação abaixo).

Para a determinação da taxa de ingestão utilizou-se a técnica da dupla pesagem, descrita por Penning e Hooper (1985). Todas as pesagens (pré e pós-pastejo e pré e pós-perdas metabólicas) foram realizadas utilizando

balança com precisão de 10 g. A taxa de ingestão foi calculada por meio da equação:

$$TI = \frac{(P2 - P1)}{t2 - t1} + \frac{(P3 - P4)}{t4 - t3} \times \frac{(t2 - t1)}{TA} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde: TI = taxa de ingestão de forragem; P1 e P2 = peso dos animais antes e após o pastejo; t1 e t2 = horário pré e pós-pastejo; P3 e P4 = peso dos animais antes e após as perdas metabólicas; t3 e t4 = horário pré e pós-perdas metabólicas; e TA = tempo efetivo de alimentação.

O total de forragem consumida foi corrigido pelo teor de matéria seca (MS) da forragem. Esse teor foi estimado pelo corte de seis amostras por unidade experimental, no pré, meio e pós-pastejo. Em todos os experimentos os cortes foram realizados na metade superior das plantas, considerando haver uma relação de proporcionalidade entre a profundidade do bocado e a altura da planta (Cangiano *et al.* 2002, Gonçalves *et al.* 2009).

2.5 Ingestão potencial acumulada

Esta variável foi calculada tomando-se cada estrutura de pasto de ambas as espécies forrageiras e métodos de pastoreio. No pastoreio contínuo a taxa de ingestão obtida (g/min) foi atribuída as horas seguintes de alimentação, considerando-se apenas o período de alimentação. Ao longo do rebaixamento, considerou-se a massa do bocado potencial de cada fase do rebaixamento dos pastos (artigo 2), levando-se em conta o número de bocados e tempo de permanência em cada horizonte de pastejo, tomando como

referência os resultados de taxa de rebaixamento do pasto obtidos por Amaral (2009) com vacas leiteiras pastejando azevém anual e por Fonseca (2011) com novilhas de corte pastejando sorgo forrageiro.

2.6 Análise estatística

A parcela foi considerada a unidade experimental para todas as variáveis do pasto e comportamentais (média dos animais testers). Para as variáveis, altura média do pasto e porcentagem do rebaixamento real, foi realizada análise de variância em nível de 5% de significância e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste Tukey ($P < 0,05$).

As variáveis: massa de forragem, massa seca de lâminas foliares e massa seca de colmos+bainhas foram analisados por meio de regressão linear ($y_{ij} = a + bx + \varepsilon_{ij}$) e quadrática ($y_{ij} = a + bx + cx^2 + \varepsilon_{ij}$). Para a variável taxas de ingestão nos experimentos 2 e 4 foram utilizados equação segmentada (*broken line*, $y_{ij} = L + U * (R < x) (R - x) + \varepsilon_{ij}$). Nos experimentos 1 e 3 utilizou-se modelos adaptados para as equações quadráticas das respostas funcionais, propostos no artigo 1). O melhor modelo foi selecionado pelo menor valor AICc (Akaike 1974), desde que significativas em nível de 5% de significância. Para todas as análises estatísticas utilizou-se o software JMP versão 10 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

3. Resultados

3.1 Altura ideal para máxima taxa de ingestão – pastoreio contínuo

A porcentagem de matéria seca do estrato pastejado do pasto

(aproximadamente a metade superior da altura do pasto) não diferiu entre tratamentos em ambos os experimentos (média 24%; $P=0,5811$ para *A. strigosa* e 39%; $P=0,0715$ para *Cynodon sp.*). A altura do pasto diferiu entre os tratamentos, indicando sucesso na imposição dos contrastes de alturas, em ambas as espécies. Em média houve diminuição de 2,5% da altura inicial, atendendo, dessa forma, a proposição de o animal poder encontrar a mesma estrutura de pasto ao longo do teste de pastejo. A massa de forragem total ajustou-se ao modelo linear em função da altura do pasto para o *Cynodon sp.* ($y=1082,8+169,5x$; $R^2= 0,82$; $P<0,0001$), assim como para a *A. strigosa* ($y= -290,35 + 71,18x$; $R^2= 0,92$; $P<0,0001$). Do mesmo modo, a MSLF ajustou-se ao modelo linear no *Cynodon sp.* ($y=86,4+59,94x$; $R^2= 0,85$; $P<0,0001$), e na *A. strigosa* ($y= 412,54 + 21,45x$; $R^2= 0,64$; $P<0,0001$). O componente estrutural colmo+bainha também ajustou-se ao modelo linear em função da altura do pasto no *Cynodon sp.* ($y=692,6+66,54x$; $R^2= 0,64$; $P<0,0001$) e na *A. strigosa* ($y= -497,15 + 38,26x$; $R^2= 0,80$; $P<0,0001$) (Tabela 1).

Tabela 1: Altura do pasto (cm); Massa de forragem (MF; kg ha⁻¹); Massa seca de lâminas foliares (MSLF; kg ha⁻¹); Massa seca de colmos + bainhas (MSCB; kg ha⁻¹) em função de alturas de pastos de *Cynodon sp.* e *A. strigosa*

Descritores do pasto	Altura do pasto (cm) – <i>Cynodon sp.</i>							
	10	15	20	25	30	35		
Altura do pasto (cm)	9,8 ^f	14,3 ^e	19,3 ^d	24,3 ^c	28,2 ^b	34,8 ^a		
MF (kg ha ⁻¹ de MS)	3148	3816	3826	4623	6923	7082		
MSLF (kg ha ⁻¹ de MS)	547	1153	1281	1535	2074	2096		
MSCB (kg ha ⁻¹ de MS)	1688	1652	1649	2047	2895	3168		
Descritores do pasto	Altura do pasto (cm) – <i>A. strigosa</i>							
	15	20	25	30	35	40	45	50
Altura do pasto (cm)	14,7 ^h	19,8 ^g	24,2 ^f	29,4 ^e	34,4 ^d	38,7 ^c	44,4 ^b	49,3 ^a
MF (kg ha ⁻¹ de MS)	511	1156	1653	1927	2162	2546	2935	3157
MSLF (kg ha ⁻¹ de MS)	397	927	965	1187	1218	1146	1214	1450
MSCB (kg ha ⁻¹ de MS)	111	123	774	636	944	1174	1305	1321

P: nível de significância (ns: não significativo a 5%)

Segundo modelos apresentados na Figura 1, em ambas as espécies ocorreram uma fase de incremento assintótico da taxa de ingestão em função do aumento da altura do pasto. No entanto, este aumento ocorre até 19 e 29 cm, respectivamente para *Cynodon sp.* e *A. strigosa*. A partir dessa altura ocorre diminuição linear da taxa de ingestão, no entanto, a taxa de diminuição após o ponto de quebra é menor que a taxa de incremento antes do ponto de quebra, em ambas as espécies.

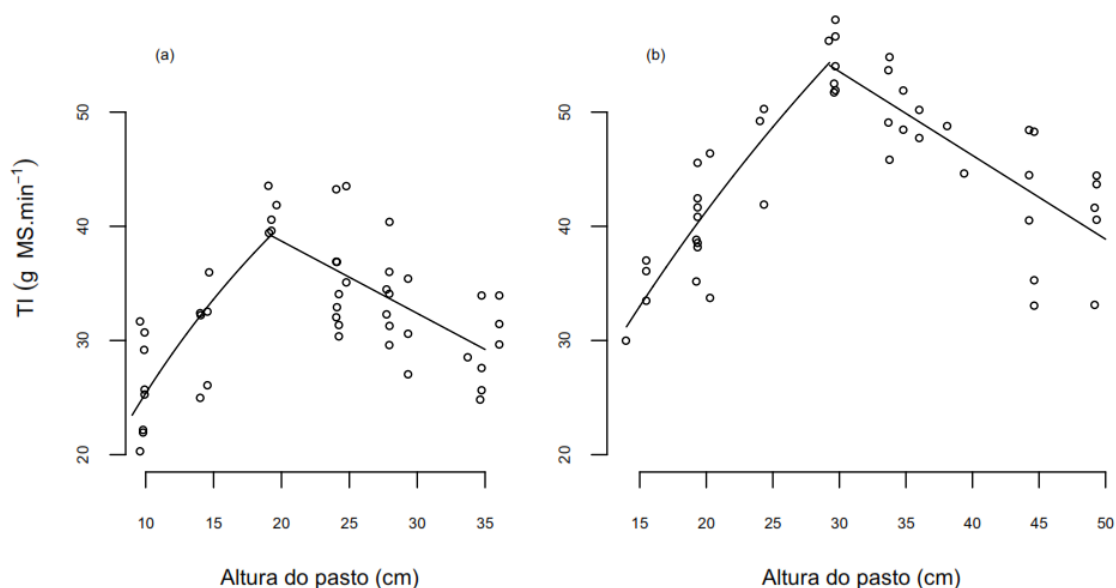


Figura 1: Taxa de ingestão em função da altura de pastos de *Cynodon sp.* e *A. strigosa* pastejados por novilhas – função de ajuste MichM-b.I. [*Cynodon sp.*: $y_1 = (95,83 x) / (27,77 + x)$; $y_2 = 39,20 - 0,63 * (x - 19,2)$; $R^2 = 0,55$; $P < 0,0001$; *A. strigosa*: $y_1 = (166,9 x) / (60,81 + x)$; $y_2 = 54,16 - 0,736 * (x - 29,2)$; $R^2 = 0,73$; $P < 0,0001$] (Modelos propostos no artigo 1)

3.2. Pastoreio rotativo – manutenção da taxa de ingestão

A porcentagem de matéria seca não diferiu entre tratamentos em ambos os experimentos (20%; $P = 0,1874$ para *A. strigosa* e 40%; $P = 0,5236$ para *Cynodon sp.*). A altura do pasto diferiu entre os tratamentos, indicando sucesso na imposição dos contrastes de alturas. Em média houve diminuição de 4,1% da altura inicial, atendendo o pressuposto de que todos os bocados tomados ao longo do teste de pastejo tivessem a mesma oportunidade de estruturas de pasto. A massa de forragem total diminuiu linearmente tanto no *Cynodon sp.* ($y = 3744,86 - 16,229 * x$; $R^2 = 0,89$; $P < 0,0001$) quanto na *A. strigosa* ($y = 1950,32 - 21,24 * x$; $R^2 = 0,93$; $P < 0,0001$). Do mesmo modo a MSLF diminuiu no *Cynodon sp.* ($y = 1246,21 - 11,907 * x$; $R^2 = 0,91$; $P < 0,0001$) e na *A. strigosa* ($y = 1053,89 -$

14,45*x; $R^2=0,89$; $P<0,0001$). No entanto, ao passo que, o componente estrutural diminuiu linearmente no *Cynodon sp.* ($y= 1651,182 - 6,040*x$; $R^2=0,57$; $P=0,0017$), na *A. strigosa* ($y= 656,56 - 4,69*x + 0,05*(x-47,26)^2$; $R^2=0,64$; $P=0,0013$), houve ajuste quadrático (Tabela 2).

Tabela 2: Altura do pasto (cm); Rebaixamento (%); Massa de forragem (MF; kg ha⁻¹); Massa seca de lâminas foliares (MSLF; kg ha⁻¹); Massa seca de colmos + bainhas (MSCB; kg ha⁻¹) em função do rebaixamento de pastos de *Cynodon sp.* e *A. strigosa*

Descritores do pasto	Tratamentos – <i>Cynodon sp.</i>				
	0	20	40	60	80
Altura do pasto (cm)	19,3 ^a	14,8 ^b	11,4 ^c	7,8 ^d	5,2 ^e
Rebaixamento (%)	2,6 ^e	26,4 ^d	44,3 ^c	60,6 ^b	73,5 ^a
MF (kg ha ⁻¹ de MS)	3826	3317	2917	2854	2447
MSLF (kg ha ⁻¹ de MS)	1281	925	714	615	286
MSCB (kg ha ⁻¹ de MS)	1649	1471	1453	1396	1124
Descritores do pasto	Tratamentos – <i>A. strigosa</i>				
	0	20	40	60	80
Altura do pasto (cm)	29,4 ^a	22,3 ^b	17,0 ^c	12,0 ^d	7,1 ^e
Rebaixamento (%)	2,15 ^a	25,7 ^b	43,2 ^c	60,1 ^d	76,2 ^e
MF (kg ha ⁻¹ de MS)	2063	1380	889	608	445
MSLF (kg ha ⁻¹ de MS)	1135	678	339	107	46
MSCB (kg ha ⁻¹ de MS)	766	573	376	425	343

ÉPM: erro padrão da média

P: nível de significância (ns: não significativo a 5%)

A Figura 2 demonstra que a taxa de ingestão instantânea ao longo do rebaixamento de pastos de *Cynodon sp.* mantém-se constante até um nível de rebaixamento de 30% da altura inicial. No caso da *A. strigosa*, esta queda já ocorre em 20% da altura inicial rebaixada. Além disso, no *Cynodon sp.* a taxa

de decréscimo após o ponto de quebra é maior que na *A. strigosa*.

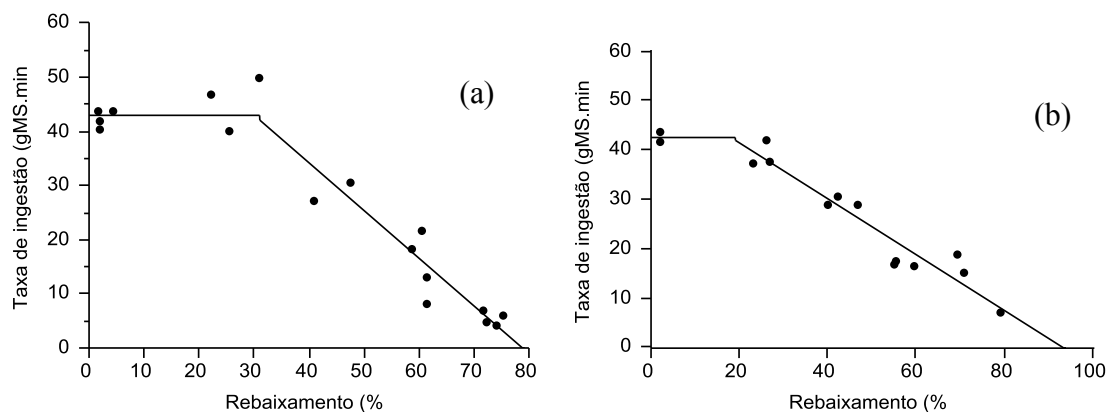


Figura 2: Taxa de ingestão de matéria seca por novilhas em pastos de *Cynodon sp.* e *A. strigosa* ao longo de distintas proporções de rebaixamento *Cynodon* - ($y=42,08+(0,881(31-x))$, se $x>31$, e $y=42,08$ se $x<31$; $R^2=0,87$; $P<0,0001$); *Avena* - ($y=41,92+0,566(19-x)$, se $x>19$, e $y=41,92$ se $x<19$; $R^2=0,93$; $P<0,0001$)

4. Discussão

4.1 Estrutura ideal para pastejo - Experimentos 1 e 3

A altura do pasto tem sido relatada como bom preditor de parâmetros do comportamento ingestivo (Soder *et al.* 2009). Parâmetros estes que devem ser otimizados, com o objetivo de melhorar a eficiência do sistema produtivo, isso, pois mesmo um simples bocado que é decidido em escala de segundo, tem grande consequência em nível diário (Shiple 2007), visto que esta ação se repete milhares de vezes num único dia. Animais consumindo pastos em alturas inadequadas podem não conseguir atingir um nível de consumo ideal, mesmo que a área seja grande (Dillon 2006). Animais como vacas leiteiras, removidas um certo tempo para a ordenha, tem dificuldade em aumentar o

tempo de pastejo e, assim, regular o consumo diário. Portanto, é imprescindível o fornecimento de um pasto em condições estruturais adequadas que permitam consumir o que os animais necessitam, o mais rapidamente possível.

No presente trabalho foi encontrado que as alturas para maximização da taxa de ingestão são: 20 cm para o *Cynodon sp.* e 30 cm para a *A. strigosa*. Estas alturas permitem ao animal colher forragem a uma taxa de 38 e 51 g de MS min^{-1} , respectivamente. Valores estes que estão consonantes com resultados de outros experimentos, como o caso de Fonseca *et al.* (2012), que observaram 54 g de MS min^{-1} para novilhas de corte em pastos de sorgo, Damasceno *et al.* (2003) que encontraram valores de 38 g de MS min^{-1} com novilhas em capim-tanzânia e Utsumi *et al.* (2009) que observaram 70 e 41 g de MS min^{-1} com vacas leiteiras pastejando alfafa e festuca, respectivamente. Portanto, o acerto inicial nos sistemas de produção a pasto passam pela definição da exata altura do pasto que maximize a taxa de ingestão dos animais (Figuras 1a,b), sendo este o primeiro passo na busca pela estrutura de pasto ideal ao pastejo, essencial para o sucesso do processo de pastoreio.

A máxima taxa de ingestão observada nas alturas intermediárias (Figuras 1a,b) deve-se a uma combinação de fatores estruturais como: altura, densidade e proporção de folha em relação a colmos (Laca *et al.* 1992). Tanto em pastos muito baixos quanto em muito altos, a taxa de ingestão é prejudicada, especialmente pela baixa massa de bocado colhida (Fonseca *et al.* 2012). No caso de pastos muito baixos este fato é devido, principalmente, a menor profundidade de bocado potencial (Gonçalves *et al.* 2009). Já em situação de pastos muito altos, a diminuição na massa do bocado se deve a

dificuldades de colheita e manipulação da forragem, processos estes ainda pouco estudados (veja Gordon e Benvenuti 2006, Fonseca *et al.* 2012). Em ambos os casos, o aumento da taxa de ingestão (desde alturas baixas até o ponto máximo) é o dobro da taxa de decréscimo que ocorre após o platô dos modelos (ver coeficientes dos modelos na legenda da Figura 1). Isso demonstra que a capacidade do animal de ajustar os componentes do comportamento ingestivo é mais prejudicada nas estruturas do pasto criadas nas alturas inferiores a ótima.

Quanto à altura superiores à altura ótima, poucos são os trabalhos que tem relatado prejuízos da taxa de ingestão nestas estruturas. Provavelmente por não haver altura suficientemente elevada para que fosse observado este prejuízo de ingestão em pastos muito altos. Fonseca *et al.* (2012) trabalhando com sorgo forrageiro atribuíram parte do decréscimo da taxa de ingestão em alturas superiores a ótima para o pastejo à maior proporção de colmos observado e a menor densidade da forragem em maiores alturas. Na Tabela 1 observa-se que a massa de colmos + bainhas aumenta consideravelmente em ambas as espécies em alturas acima da ideal. Este aumento de colmos + bainhas prejudica a apreensão de forragem pelos animais, que tentam desviar colmos para prender lâminas (Ginnett *et al.* 1999, Benvenuti *et al.* 2006).

Portanto, com base no exposto acima é prudente considerar que, independente do método de pastoreio, pastos de *Cynodon sp.* e *A. strigosa* devem ser manejados em alturas de 20 e 30 cm, respectivamente. Estas alturas podem ser consideradas como pré-pastejo no método rotativo.

4.2 Processo de rebaixamento e consumo cumulativo - experimentos 2 e 4

No método de pastoreio rotativo, a ação do animal de tomar um bocado em um determinado tempo e espaço é uma ação que depende da gestão do pastejo adotada pelo manejador. Quando o animal tem possibilidade de escolha, ele escolhe locais que permitam a colheita de bocados de maiores massas, maximizando, assim a taxa de ingestão (Bergman *et al.* 2001). E, quando a taxa de ingestão dentro de uma mancha (*patch*) diminui, a valores abaixo da média disponível no piquete, o animal se desloca para outro *patch* (Illius e Gordon 1999). Considerando que a estrutura do pasto é causa e consequência do processo de pastejo, a maximização do processo de ingestão, no caso do pastoreio rotativo, se dá em função do tempo de permanência do animal antes que esta estrutura ótima se altere em decorrência do próprio pastejo. Este processo pode ter uma fase estável, onde a alteração na estrutura do pasto ainda não é suficiente para ser traduzida em interferência negativa em nível de bocado (Figuras 2a,b). Numa segunda fase a diminuição da massa de forragem, principalmente de lâminas foliares e o aparecimento de colmos (Tabela 2), componente limitante ao processo de pastejo (Benvenuti *et al.* 2006), causam diminuição na massa do bocado (Fonseca *et al.* 2012 submetido) e por consequência levam a diminuição na taxa de ingestão (Figura 2ab, Fonseca *et al.* 2012).

Portanto, diante do exposto acima, no método de pastoreio rotativo, a ação do animal pode ser maximizada por duas interferências básicas do manejador: (1) proporcionar estruturas de pasto que permitam maior eficiência de colheita por unidade de tempo e (2) manutenção desta estrutura de pasto

disponível por maior tempo possível. Ou seja, proporcionar aos animais área suficiente para que estes supram suas necessidades diárias antes que esta taxa de ingestão diminua demasiadamente (Fonseca *et al.* 2012).

De acordo com a Figura 2a,b com rebaixamento de 30 e 20% da altura inicial para o *Cynodon sp.* e *A. strigosa*, respectivamente, o animal já tem prejuízo na taxa de ingestão. No presente trabalho, a taxa de ingestão começou a diminuir antes do ponto relatado por Fonseca *et al.* (2012), que observaram que a taxa de ingestão média do período de ocupação manteve-se constante até remoção de 40% da altura inicial. É importante ressaltar que no trabalho de Fonseca *et al.* (2012) a estrutura pré-pastejo era semelhante para todos os tratamentos e se permitia rebaixamento até a proporção definida. Por isso a discrepância nos dados do presente trabalho, onde os animais iniciavam o pastejo com a estrutura já rebaixada. Então é possível que ao longo do rebaixamento, propriamente dito, tendo iniciado o pastejo a uma alta taxa de ingestão (superior a 40 g de MS min⁻¹), o animal terá pastejado por um determinado período até sofrer as consequências negativas sobre a taxa de ingestão que, segundo a Figura 2ab começa a ocorrer em 30 e 20%. Isso ocorre, pois ao longo do rebaixamento do pasto, a estrutura do pasto interfere negativamente nas dimensões do bocado (Spalinger e Hobbs 1992, Laca *et al.* 1992, Ungar *et al.* 2001), levando a diminuição na taxa de ingestão. Para compensar esta redução na taxa de ingestão o animal pode usar a estratégia de aumento no tempo de pastejo diário (Fryxell 1992, Penning *et al.* 1995), por meio do aumento no número ou na duração das refeições (Penning *et al.* 1995). Na Figura 3 são apresentadas simulações de tempo diário de alimentação

necessário para o animal atingir o potencial de ingestão em cada estratégia de rebaixamento.

Hipoteticamente, se os animais mantivessem a taxa de ingestão observada no experimento (pico de ingestão pela manhã e tarde), sob altura de 20 cm no *Cynodon* sp. e 30 cm na *A. strigosa* os animais atingiriam consumo de 3% do peso vivo em 4 horas de alimentação (Figura 3). No entanto, a taxa de ingestão diminui ao longo da refeição mesmo que o pasto mantenha a altura (Chillibroste et al. 2005), então espera-se que esse tempo seja superior a 4 horas nesses tratamentos. Por outro lado, tratamentos como 10 cm no *Cynodon* sp. e 15 cm na *A. strigosa* os animais necessitariam de aproximadamente oito horas de alimentação, ou seja, o tempo de pastejo provavelmente ultrapassaria a disponibilidade diária de pastejo (Hodgson, 1990).

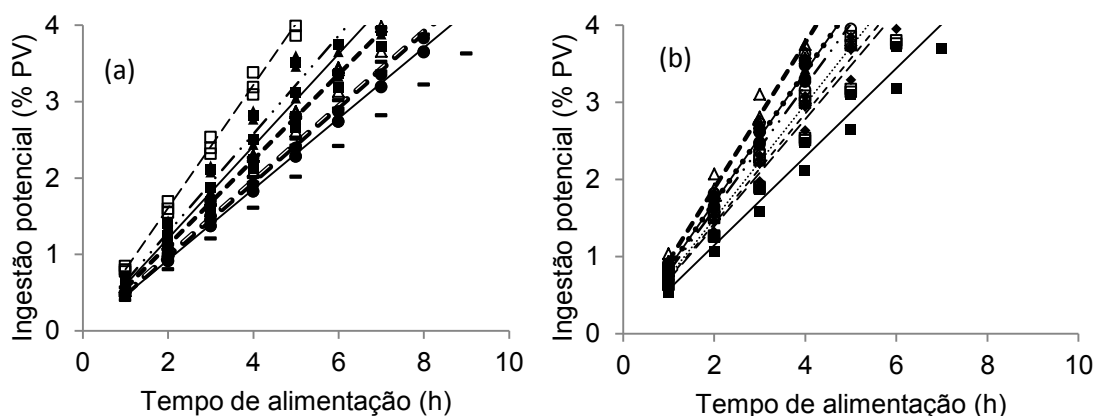


Figura 3: Ingestão potencial acumulada de matéria seca em função do tempo de alimentação em cada altura dos pastos de *Cynodon* sp. (a) e *A. strigosa* (b) (10—; 15■; 20□; 25▲; 30△; 35●; 40○; 45◆; 50◇)

Em se tratando de pastoreio rotacionado (Figura 4), o animal conseguiria

consumir 3% do PV em aproximadamente 6 horas de alimentação, nos tratamentos 20 e 40% de rebaixamento da altura inicial (a partir de 20 cm no *Cynodon* sp. e 30 cm na *A. strigosa*). No tratamento 60% de rebaixamento esse nível de consumo poderia ser atingido com aproximadamente 10 h. Já o tratamento 80% indica que, mesmo com 10 h diárias de alimentação, o nível de ingestão chegaria a 2% do PV. Sendo que Hodgson (1990) sugere como limite diário de 10 h o tempo de pastejo, determinadas categorias animais, como vacas leiteiras, por exemplo, teriam sua disponibilidade diária de pastejo diminuída devido ao tempo de ordenhas, e por isso uma possível compensação em tempo de pastejo é prejudicada.

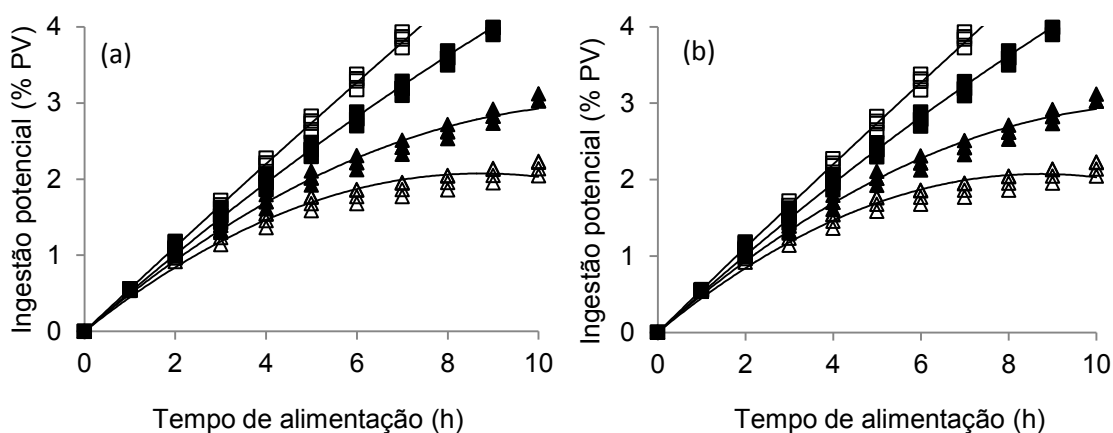


Figura 4: Ingestão potencial acumulada de matéria seca em função da do tempo de alimentação em cada estratégia de rebaixamento do pasto; *Cynodon* sp. (a) e *A. strigosa* (b) (20□; 40■; 60▲; 80△)

Há que se considerar os diversos fatores que interagem ao longo do dia para definir o nível de consumo diário: (1) tempo diário disponível para alimentação (p.e. animais lactentes); (2) alterações na taxa de ingestão devidas a fatores alheios a estrutura do pasto, tais como: condição fisiológica do animal,

nível de saciedade, ou estrutura social do rebanho (Chilibroste *et al.* 2005); (3) disposição do animal em pastejar uma estrutura de pasto que se alterou ao longo do dia. Ou seja, em determinados níveis de rebaixamento do pasto o animal pode desistir de pastejar e esperar a mudança para um novo piquete (Ribeiro Filho *et al.* 2003, Amaral *et al.* 2012). Finalizando, com rebaixamento de até 40% da altura inicial, o animal consegue atingir o consumo diário com tempo de alimentação de até 5 h, se permitido amplo acesso a tal condição.

5. Conclusão

Máximas taxas de ingestão foram observadas em alturas de pasto de 19 e 29 cm para *Cynodon sp.* e *A. strigosa*, respectivamente. Quando estas alturas são adotadas para condições pré-pastejo em pastoreio rotativo, a taxa de ingestão manteve-se constante até rebaixamentos de 31 e 19% da altura pré-pastejo, respectivamente para *Cynodon sp.* e *A. strigosa*.

O potencial da estrutura do pasto, em ambas as espécies, permitiria um rebaixamento até 40% da altura pré-pastejo, via aumento do tempo de pastejo, sendo esta porcentagem de rebaixamento o limite para a manutenção da máxima taxa de ingestão.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq pela bolsa de estudo ao primeiro autor. Às propriedades Pampa Itália por fornecer animais e área experimental para os experimentos 1 e 2 e Cerro Colorado por fornecer animais utilizados nos experimentos 3 e 4. Também agradecem Pablo Chilibroste por seus valiosos

comentários na primeira versão do manuscrito.

6. Referências

Alden AG, Whittaker IAMcD (1970) The determinants of herbage intake by grazing sheep: The interrelationship of factors influencing herbage intake and availability. *Austr J Agric Res* 21: 755–766.

Akaike H (1974) A new look at the statistical model identification. *IEEE Trans Automat Contr AC* 19: 716–723.

Amaral MF, Mezzalira JC, Bremm C, Da Trindade JK, Gibb MJ, Genro TCM, Carvalho PCF (2012) Dynamics of sward depletion in annual ryegrass grazed by dairy cows. *Dairy Sci*.

Amaral MF, Mezzalira JC, Bremm C, Da Trindade JK, Gibb MJ, Silva R, Carvalho PCF (2012) Sward structure management for a maximum short-term intake rate in annual ryegrass. *Grass Forage Sci*.

Barthram GT (1986) *Experimental techniques: the HFRO sward stick*. Biennial Report. Hill Farming Research Organization 29–30.

Benvenuti MA, Gordon IJ, Poppi DP (2006) The effect of the density and physical properties of grass stems on the foraging behaviour and instantaneous intake rate by cattle grazing an artificial reproductive tropical sward. *Grass Forage Sci* 61: 272–281.

Benvenuti MA, Gordon IJ, Poppi DP (2008) The effects of stem density of tropical swards and age of grazing cattle on their foraging behaviour. *Grass Forage Sci* 63: 1–8.

Benvenuti MA, Gordon IJ, Poppi DP, Crowther R, Spinks W, Moreno FC

(2009) The horizontal barrier effect of stems on the foraging behaviour of cattle grazing five tropical grasses. *Livest Sci* 126: 229–238.

Bergman CM, Fryxell JM, Gates CC, Fortin D (2001) Ungulate foraging strategies: energy maximizing or time minimizing? *J Anim Ecol* 70: 289–300.

Black JL, Kenney PA (1984) Factors affecting diet selection by sheep. II Height and density of pastures. *Aust J Agr Res* 35: 565–578.

Boval M, Fanchone A, Archimède H, Gibb MJ (2007) Effect of structure of a tropical pasture on ingestive behavior, digestibility of diet and daily intake by grazing cattle. *Grass Forage Sci* 62: 44–54.

Burlison AJ, Hodgson J, Illius AW (1991) Sward canopy structure and bite dimensions and bite weight on grazing sheep. *Grass Forage Sci* 46: 29–38.

Cangiano CA, Galli JR, Pece MA, Dichio L, Rozsypalek SH (2002) Effect of live weight and pasture height on cattle bite dimensions during progressive defoliation. *Aust J Agr Res* 53: 541–549.

Chilibroste P, Gibb M, Tamminga S (2005) Pasture Characteristics and Animal Performance. In: *Quantitative Aspects of Ruminant Digestion and Metabolism*. 2nd edition (eds J Dijkstra, JM Forbes and J France). CAB International 681–706.

Damasceno JC, Rego FLA, Frohmut KR, Roehsig L, Cortes C, Cecato U (2003) Bite characteristics in response to intake rate by steers and sward structure in *Panicum maximum* (Tanzânia grass), *Brachiaria brizantha* and *Arachis pintoi* pastures. In: *World Conference on Animal Production*, 9, Proceedings...Porto Alegre, p.120.

Dillon P (2006) Achieving high dry-matter intake from pasture with grazing

dairy cows. In: Elgersma, A., Dijkstra, J., Tamminga, S. (Ed.). *Fresh herbage for dairy cattle*. Springer, p.1–26

Flores ER, Laca EA, Griggs TC, Demment MW (1993) Sward height and vertical morphological differentiation determine cattle bite dimensions. *Agron J* 3: 527–532.

Fonseca L (2011) *Metas de manejo para sorgo forrageiro baseadas em estruturas de pasto que maximizem a taxa de ingestão*. Porto Alegre. UFRGS/PPG Zootecnia. 188 p.

Fonseca L, Mezzalira JC, Bremm C, Filho RSA, Gonda HL, Carvalho PCF (2012) Management targets for maximising the short-term herbage intake rate of cattle grazing in *Sorghum bicolor*. *Livest Sci* 145: 205–211.

Fonseca L, Carvalho PCF, Mezzalira JC, Bremm C, Galli JR, Gregorini P (2012). *Journal of Animal Science* tramitando.

Fryxell JM (1992) Foraging quality and aggregation by large herbivores. *Am Nat* 138: 478–498.

Ganskopp D, Angell R, Rose J (1993) Effect of low density of senescent stems in the crested wheatgrass on plant selection and utilization by beef cattle. *Appl Anim Behav Sci* 38: 227–233.

Gibb MJ, Huckle CA, Nuthall R, Rook AJ (1999) The effect of physiological state (lactating or dry) and sward surface height on grazing behaviour and intake by dairy cows. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 63: 269–287.

Ginnett TE, Dankosky JA, Deo G, Demment MW (1999) Patch depression in grazers: the roles of biomass distribution and residual stems. *Funct Ecol* 13: 37–44.

Gonçalves EN, Carvalho PCF, Kunrath TR, Carassai IJ, Bremm C, Fisher V (2009) Relações planta-animal em ambiente pastoril heterogêneo: processo de ingestão de forragem. *Rev Bras Zootec* 38: 1655–1662.

Gordon IJ, Benvenuti M (2006) Food in 3D: how ruminant livestock interact with sown sward architecture at bite scale. In: *Feeding in domestic vertebrates: from structure to behavior*. CAB International. 15, 263–277.

Gordon IJ, Lascano C (1993) Foraging strategies of ruminant livestock on intensively managed grassland: potential and constraints. In: *International Grassland Congress*. (17, 1993, Niza). Proceedings. p. 681–690.

Hodgson J, Clark DA, Mitchell RJ (1994) Foraging behavior in grazing animals and its impact on plant communities. In: Fahey, G.C. (Ed.). *Forage quality and utilization*. Lincoln: American Society of Agronomy, p. 796–827.

Hodgson J (1990) *Grazing management. Science into Practice*. London, Longman. 200 p. (Longman Handbooks in Agriculture).

Hodgson J (1985) The significance of sward characteristics in the management of temperate sown pastures. In: *International Grassland Congress*, Kyoto, 1985. Proceedings. Kyoto: 15° Japanese Society of Grassland Science, Kyoto, Japan, 63–66.

Illius AW, Gordon IJ (1999) The physiological ecology of mammalian herbivory. In: Jung HJG, Fahey Jr GC (Eds.). *Nutritional Ecology of Herbivores. International Symposium on the nutrition of herbivores*, San Antonio, USA. Proceedings... 5, 71–96.

Laca EA, Distel RA, Griggs TC, Demment MW (1994) Effects of canopy structure on patch depression by grazers. *Ecology* 75: 706–716

Laca EA, Ungar ED, Seligman N, Demment MW (1992) Effects of sward height and bulk density on bite dimensions of cattle grazing homogeneous swards. *Grass Forage Sci* 47: 91–102.

Palhano AL, Carvalho PCF, Dittrich JR, Moraes A de, Silva SC da, Monteiro ALG (2007) Características do processo de ingestão de forragem por novilhas holandesas em pastagens de capim-mombaça. *Rev Bras Zootec* 36: 1014–1021.

Palhano AL, Carvalho PCF, Dittrich JR, Moraes A de, Silva SC da, Monteiro ALG (2006) Padrões de deslocamento e procura por forragem de novilhas leiteiras em pastagem de capim-mombaça. *Rev Bras Zootec* 35: 2253–2259.

Penning PD, Parsons AJ, Orr RJ, Harvey A, Champion RA (1995) Intake and behaviour responses by sheep in different physiological states when grazing monocultures of grass or white clover. *Appl Anim Behav Sci* 45: 63–78.

Penning PD, Hooper GEN (1985) A evaluation of the use of short-term weight changes in grazing sheep for estimating herbage intake. *Grass Forage Sci* 40: 79–84.

Rutter SM (2000) Graze: A program to analyze recordings of the jaw movements of ruminants. *Behav Res Meth Ins C* 32: 86–92.

Soder KJ, Orr RJ, Rubano MD, Rook AJ (2009) Use of a micro-sward technique for determining bite mass of four grass species in short-term tests. *Euphytica* 168: 135–143.

Shipley LA (2007) The influence of bite size on foraging at larger spatial and temporal scales by mammalian herbivores. *Oikos* 12: 1964–1974.

Spalinger DE, Hobbs NT (1992) Mechanisms of foraging in mammalian herbivores: new models of functional response. *Am Nat* 140:325–348.

Stobbs TH (1973a) The effect of plant structure on the intake of tropical pastures. I Variation in the bite size of grazing cattle. *Aust J Agr Res* 24: 809–819.

Stobbs TH (1973b) The effect of plant structure on the intake of tropical pastures. *Aust J Agr Res* 24: 819–829.

Utsumi SA, Cangiano CA, Galli JR, McEachern MB, Demment MW, Laca EA (2009) Resource heterogeneity and foraging behaviour of cattle across spatial scales. *BMC Ecology* 9:9.

5.CAPITULO V

5.1 Considerações finais

5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1.1 Sobre a importância de entender as relações de causa efeito - redirecionamento das pesquisas científicas

Neste item é importante pensarmos como uma relação de causa-efeito que se dá em escalas de minuto, de segundo ou até em frações de segundo e os efeitos dessas relações em longo prazo (dia, dias, semanas etc.). Será possível que 0,2 s tenha algum impacto importante na produção animal? Note-se que, 0,2 s é a diferença de tempo a mais que o animal gasta para deflagrar um bocado de equivalente massa na espécie tropical aqui estudada, em relação à temperada. Pois esta pequena diferença pode se traduzir em um aumento de 1,5 hora no tempo de pastejo diário, para atendimento do mesmo nível de consumo de forragem.

Estes são os parâmetros, segundo Carvalho e Moraes (2005) que qualificam o ambiente pastoril, via comportamento ingestivo. Estas são as respostas que buscase na etologia (como animal e ambiente relacionam-se). Mesmo que o objetivo seja a produção animal, este tipo de ponderação deve compor uma resposta que explique ou melhore um determinado nível de produção animal. Assim, independente da escala em que estas relações se dêem, elas ajudaram na compreensão do uso dos recursos e de sua preservação.

5.1.2 Benefícios da pesquisa em escala de bocado aos diferentes sistemas de produção

É importante que novos conhecimentos e proposições em nível de bocados sejam integrados com outras respostas na explicação de uma variável de maior escala como produção diária, por exemplo. Da mesma forma é importante que as perguntas acerca de variáveis nessas escalas maiores sejam investigadas até micro-escalas (bocados, segundo, etc.).

Para isso é de suma importância a comunhão interdisciplinar dos diversos conceitos de respostas funcionais de solo-planta-animal a fim de compor uma resposta final. Por exemplo, o pastejo é um distúrbio dos mais importantes para a planta em termos de perda de área foliar (Huntly, 1991). A capacidade fotossintética do dossel após uma desfolha depende da quantidade de área foliar residual e da capacidade fotossintética das folhas remanescentes (Pedreira et al., 2002). Animais preferem folhas jovens (Flores et al., 1993; Ginnett et al., 1999; Benvenuti et al., 2006; Drescher et al., 2006), logo, de maior capacidade fotossintética. Se o IAF pré-pastejo for demasiadamente elevado, as folhas remanescentes terão baixa capacidade fotossintética (Prioul et al., 1980a,b; Robson et al., 1988), ou se a remoção for severa, o baixo IAF irá comprometer a captação de energia. Por isso a rebrota inicial será lenta até que um número suficiente de folhas tenha se expandido e passe a contribuir substancialmente para a fotossíntese da cultura (Nabinger, 1997). Este é apenas um exemplo simples da importância de se integrar os conceitos de forma multidisciplinar.

Por um lado, a literatura na área identifica, em nível de segundo, que a massa do bocado pode variar de 1g até 0,1g se for removido 80% da altura pré-pastejo, efeito da diminuição da profundidade potencial do bocado,

diminuição da área do bocado (Ungar, 1996), como efeito da depleção da forragem. Por outro lado, numa desfolha severa em que a maior parte do tecido fotossintetizante é removido, a planta também é prejudicada. Nesse caso a remoção da área foliar fotossintetizante causa diminuição da fixação de carbono. Este fato faz com que a reposição desta área foliar se dê, predominantemente, a partir da mobilização de reservas da planta. Como resultado, quanto mais severa for a desfolha, maior será a fase de balanço negativo de carbono, e maior a mobilização de reservas (Parsons et., 1988; Nabinger, 1997).

Na Tabela 1 (abaixo) tem-se alguns efeitos simulados das diferentes proporções de rebaixamento a partir da altura ótima definida nesta tese para o ciclo anual destas duas plantas pesquisadas. Nesta simulação, as intensidades de remoção de 20 e 40% da altura inicial se parecem muito, entre si, na maioria dos parâmetros estimados. No entanto, estas intensidades de remoção diferem muito, especialmente da estratégia de 80% de rebaixamento.

Tabela 1: Simulação de produção de pastos de tifton 85 e aveia IAPAR 61 sob metas de altura do pasto que permitem máxima taxa de ingestão e porcentagens de rebaixamento dessa altura

		Tratamento (% de rebaixamento)			
		20	40	60	80
MS removida /pastejo (kg/ha)	Cynodon sp.	854	1.112	1.774	2.072
	A. strigosa	540	967	1.425	1.898
Intervalos entre pastejos (dias)	Cynodon sp.	7	10	18	26
	A. strigosa	7	14	24	42
N° pastejos	Cynodon sp.	26	18	10	7
	A. strigosa	17	9	6	3
MS total removida (t/ha)	Cynodon sp.	21,9	20,0	17,8	14,3
	A. strigosa	9,3	8,3	7,8	5,4
Taxa de acúmulo diário (kg/ha)	Cynodon sp.	122	111	99	80
	A. strigosa	77	69	65	45
Capacidade de suporte (UA de 450 kg)	Cynodon sp.	7,7	7,1	6,3	5,1
	A. strigosa	4,9	4,4	4,1	2,9

UA: unidade animal de 450 kg – consumo 3,5%

Para todos os cálculos desta tabela utilizou-se o modelo de taxa de acúmulo proposto por Parsons et al. (1988). Para efeito de comparação utilizamos a linha de crescimento número 3 (Figura 4 - página 28 dessa tese). O ponto indicado pela flexa no modelo de Parsons foi adotado como correspondente a MF 100% (pré-pastejo de cada espécie). E a MF pós-pastejo foi à esquerda desta flexa, indicando o número de dias entre pastejos. A taxa de acúmulo máxima foi adotada como 200 e 60 kg/ha/dia para *Cynodon sp.* e *A. strigosa*.

Para efeito comparativo, utilizou-se as estratégias 40 e 80% de cada espécie. Observa-se que na estratégia 80% tem-se o dobro de forragem removida num único pastejo em relação a estratégia 40% (para ambas as espécies). Neste ponto reside um equívoco a ser corrigido pela assistência técnica e extensão rural junto ao produtor, pois, para se ter a metade da

remoção num pastejo (40%), será necessário, aproximadamente, o dobro da área disponível, por dia, para os mesmos animais. O produtor interpreta esta orientação como um contrasenso, na busca de maior eficiência produtiva por área. Alia-se a isso os fatos que, com frequência, o produtor passa por períodos de déficit de forragem por conta de intempéries, planejamento forrageiro inadequado, desbalanço da carga animal, dentre outros. Ou seja, duplicar a área disponível ou reduzir a carga animal instantânea pela metade não é a melhor forma de transmitir esta tecnologia, ou não parece, a primeira vista a solução.

No entanto, a sequência da Tabela 1 demonstra o efeito das distintas colheitas por pastejo. Ao remover 40% da altura a planta poderá estar pronta para novo pastejo em 10 e 14 dias no *Cynodon sp.* e *A. strigosa*, respectivamente. Já ao se permitir remoção de 80%, o retorno do animal deverá ocorrer em 26 e 42 dias no *Cynodon sp.* e *A. strigosa*, respectivamente.

Apesar de que na estratégia 40% de rebaixamento a MS removida por pastejo é 2 vezes menor que na estratégia 80%, o número de pastejos pode ser 3 vezes maior. Ou seja, a matéria seca colhida ao longo de um ciclo da cultura pode ser 40 a 50% superior nas estratégias de manejo mais lenientes em relação a remoções de 80%, segundo a estimativa apresentada na Tabela 1. Neste ponto reside o segredo da estratégia leniente e o ponto chave de convencimento, levando a um potencial aumento da capacidade de suporte dos pastos. Ao manter maior porcentagem de folhas expandidas na composição da massa de forragem tem-se que a taxa de acúmulo pós-pastejo deve ser maior (Nabinger, 1997). Então, um menor efeito negativo do pastejo resulta em maior capacidade de rebrota e, conseqüentemente, em menor intervalo entre pastejos, promovendo, assim, uma maior capacidade de suporte do pasto (Tabela 1).

5.1.3 Sobre a reprodutibilidade das metas de manejo

É pouco comum se observar que uma resposta obtida em escala de hora se reproduza com tanta clareza em escala diária. No entanto, as pesquisas de Gonçalves et al. (2009) em escala de 45 minutos e de Da Trindade (2011) em escala diária observaram exatamente a mesma faixa de altura proporcionando a máxima taxa de ingestão. Evidentemente que a correlação entre resposta diária ou desempenho animal com um parâmetro específico do pasto como a altura irá responder por menor proporção da variância, comparado com uma relação taxa de ingestão x altura do pasto. Soder et al. (2009) observou menor correlação dos parâmetros do bocado quando estudado em escala diária em relação à escala de segundo. Pois existem outras relações de causa-efeito interferindo, mas este deve ser um ponto de partida para se definir estas outras relações e dar peso a cada uma delas e não ser um ponto final, onde a conclusão seja que na prática a resposta é diferente.

Os resultados deste trabalho indicam que a estrutura de pasto que permite máxima taxa de ingestão, está disponível em apenas um pequeno intervalo de altura do pasto, inclusive podendo este estar disponível apenas por um dia. Ou seja, ao não ter disponível a estrutura de pasto da meta de manejo o animal poderá aumentar o tempo de pastejo, ou colher uma dieta de menor

qualidade, diminuindo a seletividade, na tentativa de manter o consumo de matéria seca ou de nutrientes. O importante é compreender uma relação de causa-efeito como esta e traduzí-la como uma meta de manejo. Nesta ótica, inúmeras relações de causa-efeito otimizadas geram uma resposta final otimizada. E por isso são menos importantes as decisões do tipo “produção x conservação”, “taxa de ingestão x consumo diário” ou “produção animal x produção vegetal”. Pois o bom uso de um recurso ou otimização de uma relação terá efeitos colaterais benéficos em outros parâmetros, mesmo que estes não estejam sendo controlados.

6.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLDEN, A. G.; WHITTAKER, I. A. McD. The determinants of herbage intake by grazing sheep: the interrelationship of factors influencing herbage intake and availability. **Australian Journal of Agricultural Research**, Queensland, v. 21, n. 5, p. 755–766, 1970.

AMARAL, M. F. et al. **Dynamics of sward depletion in annual ryegrass grazed by dairy cows**. 2013. (Artigo submetido à revista Dairy Science, Champaign.)

AMARAL, M. F. **Estruturas de pasto para elevadas velocidades de ingestão: um modelo para sistemas leiteiros**. 2009. 163 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

ANDERSEN, R.; SAETHER, B. E. Functional response during winter of a herbivore, the moose, in relation to age and size. **Ecology**, Washington, v. 73, n. 2, p. 542–550, 1992.

BAILEY, D. W.; PROVENZA, F. D. Mechanisms determining large herbivore distribution. In: PRINS, H.; VAN LAGEVELDE, F. **Resource ecology: spatial and temporal dynamics of foraging**. Netherlands: Springer, 2008. p. 7–28.

BAILEY, D. W. et al. Mechanisms that result in large herbivore grazing distribution patterns. **Journal of Range Management**, Arizona, v. 49, n. 5, p. 386–400, 1996.

BALCH, C. C. Proposal to use time spent chewing as an index of the extent to which diets for ruminants possess the physical property of fibrousness characteristic of roughages. **British Journal of Nutrition**, London, v. 26, n. 1, p. 383–392, 1971.

BARBOSA, C. M. P. et al. Terminação de cordeiros em pastagens de azevém anual manejadas em diferentes intensidades e métodos de pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n. 6, p. 1953–1960, 2007.

BARRE, P. et al. Morphological characteristics of perennial ryegrass leaves that influence short-term intake in dairy cows. **Agronomy Journal**, Madinson, v. 98, n. 4, p. 978–985, 2006.

BARRETT, P. B. et al. Pattern of herbage intake rate and bite dimensions of rotationally grazed dairy cows as sward height declines. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 56, n. 4, p. 362–373, 2001.

BARTHAM, G. T.; GRANT, S. A. Defoliation of ryegrass-dominated swards by sheep. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 39, n. 3, p. 211–219, 1984.

BAUMONT, R. et al. A mechanistic model of intake and grazing behaviour in sheep integrating sward architecture and animal decisions. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 112, n. 1, p. 5–28, 2004.

BAUMONT, R. et al. How forage characteristics influence behaviour and intake in small ruminants: a review. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 64, n. 1, p. 15–28, 2000.

BELOVSKY, G.E. Optimal foraging and community structure: implications for a guild of generalist grassland herbivores. **Oecologia**, Heidelberg, v. 70, n. 1, p. 35–52, 1986.

BELOVSKY, G. E. Diet optimization in a generalist herbivore: the moose. **Theoretical Population Biology**, Stanford, v. 14, n. 1, p. 105–134, 1978.

BENVENUTTI, M. A. The effects of stem density of tropical swards and age of grazing cattle on their foraging behaviour. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 63, n. 1, p. 1-8, 2008.

BENVENUTTI, M. A.; GORDON, I. J.; POPPI, D. P. The effect of the density and physical properties of grass stems on the foraging behaviour and instantaneous intake rate by cattle grazing an artificial reproductive tropical sward. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 61, n. 3, p. 272–281, 2006.

BERGMAN, C. M. et al. Ungulate foraging strategies: energy maximizing or time minimizing? **Journal of Animal Ecology**, London, v. 70, n. 2, p. 289–300, 2001.

BETTERIDGE, K. et al. Rate of removal of grass from mixed pastures by cattle, sheep and goat grazing. In: NEW ZEALAND GRASSLAND ASSOCIATION, 56., 1994, Hamilton. **Proceedings...** Hamilton, 1994. p. 61–65.

BLACK, J. L. Nutrition of the grazing ruminant. In: NEW ZEALAND SOCIETY OF ANIMAL PRODUCTION, 50., 1990, Hamilton. **Proceedings...** Hamilton, 1990. p. 7–27.

BLACK, J. L.; KENNEY, P. A. Factors affecting diet selection by sheep. II. Height and density of pasture. **Australian Journal of Agricultural Research**, Collingwood, v. 35, n. 4, p. 565–578, 1984.

BREMM, C. **Padrões de ingestão e deslocamento de bovinos e ovinos em ambientes pastoris complexos**. 2010. 182 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

BRISKE, D. et al. Rotational grazing on rangelands: reconciliation of perception and experimental evidence. **Rangeland of Ecology & Management**, Arizona, v. 61, v. 1, p. 3–18, 2008.

BRISKE, D. D. Plant traits determining grazing resistance: why have they proved so elusive? In: INTERNATIONAL RANGELAND CONGRESS, 6., 1999, Queensland. **Proceedings...** Queensland, 1999. p. 901–905.

BURLISON, A. J.; HODGSON, J.; ILLIUS, A. W. Sward canopy structure and bite dimensions and bite weight on grazing sheep. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 46, n. 1, p. 29–38, 1991.

CANGIANO, C. A. et al. Effect of live weight and pasture height on cattle bite dimensions during progressive defoliation. **Australian Journal of Agricultural Research**, Queensland, v. 53, n. 5, p. 541–549, 2002.

CARNEVALLI, R. A. et al. Herbage production and grazing losses in *Panicum maximum* cv. Mombaça under four grazing managements. **Tropical Grasslands**, Queensland, v. 40, n. 3, p. 165–176, 2006.

CARVALHO, P. C. F. et al. **Can intake differences between tropical and temperate forages be (partially) explained by specific bite formation characteristics?** 2012. (Artigo submetido à revista *Grassland Science*, Tohigi.)

CARVALHO, P. C. F. et al. Seleção de forragens pelos ovinos em pastejo: construindo estruturas para pastejo que otimizem a ingestão. In: RODRIGUES, K. F. et al. (Org.). **Produção Animal e Sustentabilidade**, Palmas, 2010, v. 1, p. 1–18.

CARVALHO, P. C. F. et al. Do bocado ao sítio de pastejo: manejo em 3D para compatibilizar a estrutura do pasto e o processo de pastejo. In: SIMPÓSIO DE FORRAGICULTURA E PASTAGEM, 7., 2009a, Lavras. **Anais...** Lavras, 2009. p. 160–173.

CARVALHO, P. C. F. et al. Consumo de forragem por animais em pastejo: analogias e simulações em pastoreio rotativo. In: SILVA, S. C. et al. (Ed.). **INTENSIFICAÇÃO DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTO**, 25., 2009, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2009b. p. 61–94.

CARVALHO, P. C. F. et al. Características estruturais do pasto e o consumo de forragem: o quê pastar, quanto pastar e como se mover para encontrar o pasto. In: PEREIRA, O.G. et al. (Eds.). **SYMPOSIUM ON STRATEGIC MANAGEMENT OF PASTURE AND 2ND INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ANIMAL PRODUCTION UNDER GRAZING**, 4., 2008, Viçosa. **Proceedings...** Viçosa: 2008. 1 CD–ROOM.

CARVALHO, P. C. F. O manejo da pastagem como gerador de ambientes pastoris adequados à produção animal. In: PEDREIRA, C.G.S. et al. (Org.). **TEORIA E PRÁTICA DA PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTAGENS**. 1., 2005, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba, 2005. p. 7–32.

CARVALHO, P. C. F. et al. Pastagens altas podem limitar o consumo dos

animais. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001a, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: ESALQ, 2001a. p. 265–268.

CARVALHO, P. C. F. et al. Importância da estrutura da pastagem na ingestão e seleção de dietas pelo animal em pastejo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: ESALQ, 2001b. p. 853–871.

CARVALHO, P. C. F.; PRACHE, S.; MORAES, A. DE. Profundidade do bocado de ovinos em pastagens de Dactilis e Festuca. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1998, Botucatu. **Anais...** Botucatu: SBZ, 1998. p. 215–217.

CARVALHO, P. C. F. **Relações entre a estrutura da pastagem e o processo de pastejo com ovinos**. 1997. 150 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós Graduação em Zootecnia, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Jaboticabal, 1997.

CARRÈRE, P. et al. How does the vertical and horizontal structure of a perennial ryegrass and white clover sward influence grazing? **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 56, n. 2, p. 118–130, 2001.

CASASÚS I. et al. Intake capacity of two breeds of suckler cattle of different milk yield potential and validation of prediction models. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 89, n. 2, p. 195–207, 2004.

CHACON, E. A.; STOBBS, T. H. Influence of progressive defoliation of a grass sward on the eating behavior of cattle. **Australian Journal of Agricultural Research**, Queensland, v. 27, n. 5, p. 709–727, 1976.

CHILIBROSTE, P. et al. Short term fasting as a tool to design effective grazing strategies for lactating dairy cattle: a review. **Australian Journal of Agricultural Research**, Queensland, v. 47, n. 9, p. 1075–1084, 2007.

CHILIBROSTE, P.; TAMMINGA, S.; BOER, H. Effects of length of grazing session, rumen fill and starvation time before grazing on dry-matter intake, ingestive behaviour and dry-matter rumen pool sizes of grazing lactating dairy cows. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 52, n. 3, p. 249–257, 1997.

CLARK, H. Influence of sward characteristics on the diet selection by grazing sheep in perennial ryegrass swards maintained at two sward heights. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 17., 1993, Palmerston North. **Proceedings...** Palmerston North, 1993. p. 728–730.

CRUZ, P. et al. Leaf traits as functional descriptors of the intensity of continuous grazing in native grasslands in the South of Brazil. **Rangeland Ecology and Management**, v. 63, n. 3, p. 350–358, 2010.

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

DA TRINDADE, J. K. **Modificações na estrutura do pasto e no comportamento ingestivo de bovinos durante o rebaixamento do capim-marandu submetido a estratégias de pastejo rotacionado**. 2007. 162 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Pastagens, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

DE BOEVER, J. E.; ANDRIES, J. I.; DE BRAVANDER, D. L. Chewing activity of ruminants as a measure of physical structure. A review of factors affecting it. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 27, n. 4, p. 281–291, 1990.

DELAGARDE R. et al. GrazIn: a model of herbage intake and milk production for grazing dairy cows. 3. Simulations and external validation of the model. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 66, n. 1, p. 61–77, 2011.

DEMMENT M. W.; LACA E. A. Reductionism and synthesis in the grazing sciences: models and experiments. In: AUSTRALIAN SOCIETY OF ANIMAL PRODUCTION, 20., 1994, Perth. **Proceedings...** Perth, 1994. p. 6–16.

DEMMENT, M. W. et al. Selective behaviour of cattle grazing ryegrass swards with horizontal heterogeneity in patch height and bulk density. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 17., 1993, Palmerston North. **Proceedings...** Palmerston North, 1993. p. 712–714.

DITTRICH, J. R. et al. Comportamento ingestivo de equinos em pastejo sobre diferentes dosséis. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 8, n. 1, p. 87–94, 2007.

DITTRICH, J. R. et al. Preferência de equinos em Pastejo: Efeito da Altura de Dosséis de Gramíneas do Gênero Cynodon. **Archives of Veterinary Science, Curitiba**, v. 10, n. 2, p. 61–67, 2005.

DRESCHER, M. et al. The role of grass stems as structural foraging deterrents and their effects on the foraging behaviour of cattle. **Applied Animal Behaviour Science**, Amsterdam, v. 101, n. 1, p. 10–26, 2006.

DRESCHER, M. **Grasping complex matter: large herbivore foraging in patches of heterogeneous resources**. 2003. 184 f. Thesis (PhD) - University of Netherlands, Wageningen, 2003.

ELLIOT, A. W.; HUGHES, T. P. Short term intake in Friesian heifers grazing three pasture species. In: NEW ZEALAND SOCIETY OF ANIMAL PRODUCTION, 51., 1991, Hamilton. **Proceedings...** Hamilton, 1991. p. 265–

268.

FLORES, E. R. et al. Sward height and vertical morphological differentiation determine cattle bite dimensions. **Agronomy Journal**, Madison, v. 85, n. 3, p. 527–532, 1993.

FONSECA, L. et al. Management targets for maximising the short-term herbage intake rate of cattle grazing in *Sorghum bicolor*. **Livestock Science**, Amsterdam, v. 145, n. 1, p. 205–211, 2012.

FONSECA, L. **Metas de manejo para sorgo forrageiro baseadas em estruturas de pasto que maximizem a taxa de ingestão**. 2011. 188 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

FORBES, T. D. A. Researching the plant-animal interface: the investigation of ingestive behaviour in grazing animals. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 66, n. 9, p. 2369–2379, 1988.

FORTIN, D. et al. Foraging ecology of bison at the landscape and plant community levels: the applicability of energy maximization principles. **Oecologia**, Heidelberg, v. 134, n. 2, p. 219–227, 2003.

FORTIN, D.; FRYXELL, J. M.; PILOTE, R. The temporal scale of foraging decisions in bison. **Ecology**, Washington, v. 83, n. 4, p. 970–982, 2002.

FRYXELL, J. M. Predictive modelling of patch use by terrestrial herbivores. In: PRINS, H.; VAN LAGEVELDE, F. (Ed.). **Resource ecology**: spatial and temporal dynamics of foraging. Netherlands: Springer: 2008. p. 105–124.

FRYXELL J. M.; WILMSHURST J. F.; SINCLAIR A. R. E. Predictive models of movement by Serengeti grazers. **Ecology**, Washington, v. 85, n. 9, p. 2429–2435, 2004.

GANSKOPP, D.; ANGELL, R.; ROSE, J. Effect of low density of senescent stems in the crested wheatgrass on plant selection and utilization by beef cattle. **Applied Animal Behaviour Science**, Amsterdam, v. 38, n. 3, p. 227–233, 1993.

GIBB, M. J. et al. Effect of sward surface height on intake and grazing behaviour by lactating Holstein Friesian cows. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 52, n. 3, p. 309–321, 1997.

GIBB, M. J. Terminology for animal grazing/intake studies. In: OCCASIONAL PUBLICATION - WORKSHOP HELD IN DUBLIN, 3., 1996, Dublin. **Proceedings...** Dublin: EIRE 3-CT93-0947, 1996. 1 CD-ROOM.

GINNETT, T. F. et al. Patch depression in grazers: the roles of biomass distribution and residual stems. **Functional Ecology**, Cambridge, v. 13, n. 1, p. 37–44, 1999.

GONÇALVES, E. N. et al. Relações planta-animal em ambiente pastoril heterogêneo: processo de ingestão de forragem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, n. 9, p. 1655–1662, 2009.

GORDON, I. J.; BENVENUTTI, M. Food in 3D: how ruminant livestock interact with sown sward architecture at bite scale. In: BELS, V. (Ed.). **Feeding in domestic vertebrates: from structure to behavior**. Wallingford: CAB International, 2006. p. 263–277.

GORDON, I. J.; LASCANO, C. Foraging strategies of ruminant livestock on intensively managed grasslands: potential and constraints. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 17., 1993, Palmerston North. **Proceedings...** Palmerston North: 1993. p. 681–690.

GOSSE, G.; CHARTIER, M.; VARLET-GRANCHER, C. Prediction maximale de matière sèche et rayonnement solaire intercepté par un couvert végétal. **Agronomie**, Narbonne, v. 6, n.1, p. 47–58, 1986.

GRIFFITHS, W. M.; GORDON, I. J. Sward structural resistance and biting effort in grazing ruminants. **Animal Research**, Les Ulis, v. 52, n. 2, p. 145–160, 2003.

GRIFFITHS, W. M.; HODGSON, J.; ARNOLD, G. C. The influence of sward canopy structure on foraging decisions by grazing cattle. II. Regulation of bite depth. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 58, n. 1, p. 125–137, 2003.

GRIGGS, T. C.; DISTEL, R. A.; DEMMENT, M. W. Bite dimensions of cattle determined by sward height, bulk density and grazing time. In: GRAZING LIVESTOCK NUTRITION CONFERENCE, 2., 1991, Steamboat. **Proceedings...** Steamboat, Springs, 1991. p. 172.

GROSS, J. E. et al. Functional response of herbivores in food-concentrated patches: tests of a mechanistic model. **Ecology**, Washington, v. 74, n. 3, p. 778–791, 1993.

HENGEVELD, G. M. **Moving to eat: animal foraging movements in a heterogeneous environment - moving to eat, optimal foraging and environmental heterogeneity**. 2007. 123 f. Thesis (PhD) - Wageningen University, Wageningen, 2007.

HIRATA, M.; KUNIEDA, E.; TOBISA, M. Short-term ingestive behaviour of cattle grazing tropical stoloniferous grasses with contrasting growth forms. **Journal of Agricultural Science**, Toronto, v. 148, n. 5, p. 615–624, 2010a.

HIRATA, M.; YAMAMOTO, K.; TOBISA, M. Selection of feeding areas by cattle

in a spatially heterogeneous environment: selection between two tropical grasses differing in accessibility and abiotic environment. **Journal of Ethology**, v. 28, n. 1, p. 95–103, 2010b.

HODGSON, J.; CLARK, D. A.; MITCHELL, R. J. Foraging behaviour in grazing animals and its impact on plant communities. In: NATIONAL CONFERENCE ON FORAGE QUALITY, EVALUATION AND UTILIZATION, 1., 1994, Nebraska. **Proceedings...** Nebraska: University of Nebraska, 1994. p. 796–827.

HODGSON, J. **Grazing management**: science into practice. Harlow: Longman Scientific and Technical, 1990. p. 203.

HODGSON, J. Variations in the surface characteristics of the sward and the short-term rate of herbage intake by calves and lambs. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 36, n. 1, p. 49–57, 1981.

HODGSON, J. et al. The influence of sward characteristics in the herbage intake of grazing cattle. **Journal of Agricultural Science**, Queensland, v. 89, n. 3, p. 743–750, 1977.

HOLLING, C. S. Some characteristics of simple types of predation and parasitism. **The Canadian Entomologist**, Quebec, v. 91, n. 7, p. 385–398, 1959.

HUNTLY, N. Herbivores and the dynamics of communities and ecosystems. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Palo Alto, v. 22, n. 1, p. 477–503, 1991.

ILLIUS, A. W. Advances and retreats in specifying the constraints on intake in grazing ruminants. In: INTERNATIONAL GRASSLANDS CONGRESS, 18., 1997, Saskatoon Saskatchewan. **Proceedings...** Saskatoon Saskatchewan, 1997. 1 CD-ROOM.

ILLIUS, A. W.; CLARK, D. A.; HODGSON, J. Discrimination and patch choice by sheep grazing grass-clover swards. **Journal of Animal Ecology**, London, v. 61, n. 1, p. 183–194, 1992.

ILLIUS, A. W.; GORDON, I. J. Prediction of intake and digestion in ruminants by a model of rumen kinetics integrating animal size and plant characteristics. **Journal of Agricultural Science**, Toronto, v. 116, n. 1, p. 145–157, 1991.

ILLIUS, A. W.; GORDON, I. J. Constraints on diet selection and foraging behaviour in mammalian herbivores. In: HUGHES, R. N. (Ed.). **Behavioural mechanisms of food selection**. New York: Springer-Verlag, 1990. p. 369 – 393.

KENNY, P.A.; BLACK, J.L. Factors affecting diet selection by sheep. I. Potential

intake and acceptability of feed. **Australian Journal of Agricultural Research**, Queensland, v. 35, n. 4, p. 551–563, 1984.

LACA, E. A.; SHIPLEY, L. A.; REID, E. D. Structural anti-quality characteristics of range and pasture plants. **Journal of Range Management**, Arizona, v. 54, n.4, p. 413–419, 2001.

LACA, E. A.; LEMAIRE, G. Measuring sward structure. In: T'MANNETJE, L.; JONES, R. M. (Ed.). **Field and laboratory methods for grassland and animal production research**. New York: CABI, 2000, p. 103–122.

LACA, E. A.; ORTEGA, I. M. Integrating foraging mechanisms across spatial and temporal scales. In: INTERNATIONAL RANGELAND CONGRESS, 5., 1995, Salt Lake City. **Proceedings...** Salt Lake City, 1995. p. 129–132.

LACA, E. A.; UNGAR, E. D.; DEMMENT, M. W. Mechanisms of handling time and intake rate of a large mammalian grazer. **Applied Animal Behaviour Science**, Amsterdam, v. 39, n. 1, p. 3–19, 1994.

LACA, E. et al. Field test of optimal foraging with cattle: the marginal value theorem successfully predicts patch selection and utilisation. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS. 17., 1993, Palmerston North. **Proceedings...** Palmerston North: 1993. p. 709–710.

LACA, E. A. **The feeding ecology of grazing ruminants**: experiments and models on the mechanisms and factors that determine intake rate. 1992. 258 f. Thesis (PhD), University of California, Davis, 1992.

LACA, E. A. et al. Effects of sward height and bulk density on bite dimensions of cattle grazing homogeneous swards. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 47, n. 1, p. 91–102, 1992.

LACA, E. A.; DEMMENT, M. W. Herbivory: the dilemma of foraging in a spatially heterogeneous food environment. In: PALO, R. T.; ROBBINS, C. T. (Ed.). **Plant defenses against mammalian herbivory**. Boca Raton: CRC, 1991. p. 29–44.

LACA, E. A.; DEMMENT, M. W. Modelling intake of a grazing ruminant in heterogeneous environment. In: SHIOBARA SEMINAR ON VEGETATION-HERBIVORE RELATIONSHIP, 1., 1990, Tochigi. **Proceedings...** Tochigi, 1990. p. 57–76.

LANGVATN, R.; HANLEY, T. A. Feeding-patch choice by red deer in relation to foraging efficiency: an experiment. **Oecologia**, Heidelberg, v. 95, n. 2, p. 164–170, 1993.

LEMAIRE, G.; AGNUSDEI, M. Leaf tissue turn-over and efficiency of herbage utilization. In: LEMAIRE, G. et al. (Eds.). **Grassland ecophysiology and**

grazing ecology. Curitiba: UFPR, 1999. p. 165–186.

LESAMA, M. F. et al. Estrutura da pastagem e profundidade do bocado de vacas leiteiras: Efeito da espécie forrageira e da aplicação de nitrogênio. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36., 1999, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SBZ. 1999. 1 CD–ROOM.

MEISSNER, H. H.; PAULSMEIER, D. V. Plant compositional constituents affecting between-plant and animal species prediction of forage intake. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 73, n. 8, p. 2447–2457, 1995.

MERTENS, D. R. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 64, n. 5, p. 1548–1558, 1987.

MILNE, J. A. Comparative abilities of different herbivorous species to graze in upland areas: Consequences for productivity and vegetation. **Annales de Zootechnie**, Les Ulis, v. 43, n. 1, p. 3–9, 1994.

NABINGER, C. Eficiência do uso de pastagens: disponibilidade e perdas de forragem. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 14., 1997, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1997. p. 213–251.

NEWMAN, J. A.; PARSONS, A. J.; PENNING, P. D. A note on the behavioural strategies used by grazing animals to alter their intake rates. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 49, n. 4, p. 502–505, 1994.

OWEN-SMITH, N.; NOVELLIE, P. What should a clever ungulate eat? **The American Naturalist**, Chicago, v. 119, n. 2, p. 151–178, 1982.

PALHANO, A. L. et al. Estrutura do pasto e padrões de desfolhação em capim-mombaça em diferentes alturas do dossel forrageiro. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 6, p. 1860–1870, 2005.

PARSONS, A. J.; JOHNSON, I. R.; HARVEY, A. Use of a model to optimise the interaction between the frequency and severity of intermittent defoliation and to provide a fundamental comparison of the continuous and intermittent defoliation of grass. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 43, n. 1, p. 49–59, 1988.

PENNING, P. D. The European intake workshop: how far have we come since 1974? In: EUROPEAN INTAKE WORKSHOP - TECHNIQUES FOR INVESTIGATING INTAKE AND INGESTIVE BEHAVIOUR BY FARM ANIMALS, 9., 1998, North Wyke. **Proceedings...** North Wyke: 1998. p. 67–73.

PONTES, L. S. **Dinâmica de crescimento em pastagens de azevém anual (*Lolium multiflorum* Lam.) manejadas em diferentes alturas.** 2001. 102 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto

Alegre, 2001.

POPPI, D. P.; MINSON, D. J.; TERNOUTH, J. H. Studies of cattle and sheep eating leaf and stem fractions of grasses. The voluntary intake, digestibility and retention time in the reticulo-rumen. **Australian Journal of Agricultural Research**, Queensland, v. 32, n. 1, p. 99–108, 1980.

PRACHE, S. Intake rate, intake per bite and time per bite of lactating ewes on vegetative and reproductive swards. **Applied Animal Behaviour Science**, Amsterdam, v. 52, n. 1, p. 53–64, 1997.

PRIOUL, J. L.; BRANGEON, J.; REYSS, A. Interaction between external and internal conditions in the development of photosynthetic features in a grass leaf. I. Regional responses along a leaf during and after low-light or high-light acclimation. **Plant Physiology**, Waterbury, v. 66, n. 4, p. 762–769, 1980a.

PRIOUL, J. L.; BRANGEON, J.; REYSS, A. Interaction between external and internal conditions in the development of photosynthetic features in a grass leaf. II. Reversibility of light-induced responses as a function of developmental stages. **Plant Physiology**, Waterbury, v. 66, n. 4, p. 770–774, 1980b.

PYKE, G. H. Optimal foraging theory: a critical review. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Palo Alto, v. 15, n. 1, p. 523–575, 1984.

RIBEIRO FILHO, H. M. N.; DELAGARDE, R.; PEYRAUD, J. L. Inclusion of white clover in strip-grazed perennial ryegrass swards: herbage intake and milk yield of dairy cows at different ages of sward regrowth. **Animal Science**, Auburn, v. 77, n. 3, p. 499–510, 2003.

SCHWINNING, S.; PARSONS, A. J. The stability of grazing systems revisited: spatial models and the role of heterogeneity. **Functional Ecology**, Cambridge, v. 13, n. 6, p. 737–747, 1999.

SBRISSIA, A. F.; DA SILVA, S. C. “Pastejo contínuo e rotacionado”: avaliação segundo um enfoque de ecofisiologia de plantas forrageiras. In: Semana da zootecnia, 4., 2007, Chapecó. Anais... Chapecó, 2007. 1 CD-ROM.

SHIPLEY, L. A. The influence of bite size on foraging at larger spatial and temporal scales by mammalian herbivores. **Oikos**, Copenhagen, v. 116, n. 12, p. 1964–1974, 2007.

SHIPLEY, L. A.; SPALINGER, D. E. Influence of size and density of browse patches on intake rates and foraging decisions of young moose and white-tailed deer. **Oecologia**, Heidelberg, v. 104, n. 1, p. 112–121, 1995.

SHORT, J. The functional response of sheep, kangaroos and rabbits in an arid grazing system. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v. 22, n. 2, p. 435–447, 1985.

SKARPE, C. Effects of large herbivores on competition and succession in natural savannah rangelands. In: TOWN, P. G.; LAZENBY, A. (Ed.). **Competition and succession in pastures**. Wallingford: CAB International, 2001. p. 175–192.

SPALINGER, D. E.; HOBBS, N. T. Mechanisms of foraging in mammalian herbivores: new models of functional response. **The American Naturalist**, Chicago, v. 140, n. 2, p. 325–348, 1992.

SPALINGER, D. E.; HANLEY, T. A.; ROBBINS, C. T. Analysis of the functional response in foraging in the Sitka blacktailed deer. **Ecology**, Washington, v. 69, n. 4, p. 166–1175, 1988.

STEPHENS, D. W.; KREBS, J. R. **Foraging theory**. New Jersey: Princeton University Press, 1986. p. 247.

UNGAR, E. D.; RAVID, N.; BRUCKENTAL, I. Bite dimensions for cattle grazing herbage at low levels of depletion. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 56, n. 1, p. 35–45, 2001.

UNGAR, E. D. Changes in bite area and bite depth during patch depletion by cattle. In: GIBB, M. J. (Ed.). EUROPEAN INTAKE WORKSHOP ON TECHNIQUES FOR INVESTIGATING INTAKE AND INGESTIVE BEHAVIOUR BY FARM ANIMALS, 10., 1998, North Wyke. **Proceedings...** North Wyke: 1998. p. 81–82.

UNGAR, E. D. Ingestive behaviour. In: HODGSON, J.; ILLIUS, A. (Ed.). **The ecology and management of grazing systems**. Wallingford: CABI, 1996. p. 185–218.

UNGAR, E. D.; GENIZI, A.; DEMMENT, M. W. Bite dimensions and herbage intake by cattle grazing short hand-constructed swards. **Agronomy Journal**, Madinson, v. 83, n. 6, p. 973–978, 1991.

UNGAR, D.; NOY-MEIR, I. Herbage intake in relation to availability and sward structure: grazing processes and optimal foraging. **Journal Applied of Ecology**, Londres, v. 25, n. 3, p. 1045–1062, 1988.

UTSUMI, S. A. et al. Resource heterogeneity and foraging behavior of cattle across spatial scales. **BMC Ecology**, London, v. 9, n. 9, 2009.

UTSUMI, S. A. **Efecto de la distribución espacial del forraje sobre el comportamiento de vacas en pastoreo**. 2002. 255 f. Thesis (PhD) - Universidad Nacional de Mar del Plata, Mar del Plata, 2002.

VARGA, G. A.; HARPSTER, H. W. Gut size and rate of passage. In: SYMPOSIUM: INTAKE BY FEEDLOT CATTLE. OKLAHOMA AGRICULTURAL EXPERIMENT STATION – DIVISION OF AGRICULTURAL SCIENCES AND

NATURAL RESOURCES, 1., 1995, Oklahoma. **Proceedings...** Oklahoma: State University, 1995. p. 85–96.

VILLALBA, J. J.; PROVENZA, F. D. Learning and dietary choice in herbivores. **Journal of Range Management**, Arizona, v. 62, n. 5, p. 399–406, 2009.

WADE, M. H. **Factors affecting the availability of vegetative lolium perenne to grazing dairy cows with special reference to sward characteristics, stocking rate and grazing method.** 1991. 53 f. Thesis (PhD) - Université de Rennes, Rennes, 1991.

WALLIS DE VRIES, M. F.; DALEBOUDT, C. Foraging strategy of cattle in patchy grassland. **Oecologia**, Heidelberg, v. 100, n. 1–2, p. 98–106, 1994.

WESTOBY, M. An analysis of diet selection by large generalist herbivores. **The American Naturalist**, Chicago, v. 108, n. 961, p. 290–303, 1974.

WOODWARD, S. J. R. Formulae for predicting animals' daily intake of pasture and grazing time from bite weight and composition. **Livestock Science**, Amsterdam, v. 52, n. 1, p. 1–10, 1997.

ZHANG, J. M.; AKIMOTO, M.; HONGO, A. Effects of applied nitrogen and leaf density of orchardgrass (*Dactylis glomerata*) on the grazing behavior of sheep. **Grassland Science**, Tochigi, v. 49, p. 563–570, 2004.

7.APÊNDICES

Apêndice 1. Normas em que foi escrito o capítulo II

Functional Ecology

Copyright © 2012 British Ecological Society

A Journal of the British Ecological Society

Edited by: Duncan Irschick, Charles Fox, Ken Thompson and Alan Knapp

Author Guidelines

INSTRUCTIONS FOR AUTHORS

Standard Papers. A standard paper is a typical experimental, comparative or theoretical paper. Although we do not impose length restrictions on papers, we do require that papers make appropriate use of the space available.

The typescript should be arranged as follows:

Title page. This should contain the following.

- A concise and informative title. Do not include the authorities for taxonomic names in the title.
- A list of authors' names, with names and addresses of their Institutions.
- The name, address and e-mail address of the correspondence author to whom proofs will be sent.
- A running headline of not more than 45 characters.

Summary. This should list the main results and conclusions, using simple, factual, numbered statements.

- Summaries are typically less than 350 words and should be understandable in isolation and by the non-specialist.
- Summaries should start with a bullet point 1 describing the broad conceptual question addressed by the study, and only delve into the study system and specific question in bullet point 2.
- Summaries should also end with a final bullet point highlighting the conceptual advance(s) that comes from the current study; i.e. it should highlight the broader conceptual implication of the results and conclusions of the current study.
- Advice for optimizing your Summary (and Title) so that your paper is more likely to be found in online searches is provided at <http://authorservices.wiley.com/bauthor/seo.asp>

Key-words. A list in alphabetical order not exceeding ten words or short phrases, excluding words used in the title.

Introduction. The Introduction should state the reason for doing the work, the nature of the hypothesis or hypotheses under consideration, and the essential background. Though the exact structure of Introductions will vary among papers, they should always start by developing the broad conceptual context for the work before delving into the details of the study system and the specific question as framed for this paper.

(CONTINUAÇÃO) Apêndice 1. Normas em que foi escrito o capítulo II

Materials and methods. This section should provide sufficient details of the techniques to enable the work to be repeated. Do not describe or refer to commonplace statistical tests in Methods but allude to them briefly in Results. Details that are valuable but not critical can be presented in an Appendix to be published as online supporting information.

Results. The results should draw attention in the text to important details shown in tables and figures.

Discussion. This should point out the significance of the results in relation to the reasons for doing the work, and place them in the context of other work.

Acknowledgements. In addition to acknowledging collaborators, research assistants, and previous reviewers of your manuscript, include relevant permit numbers (including institutional animal use permits), acknowledgment of funding sources, and give recognition to nature reserves or other organizations that made this work possible.

References (see Specifications)

Tables (see Specifications). These should be referred to in the text as Table 1, Table 2, etc. Do not present the same data in both figure and table form. Do not use an excessive number of digits when writing a decimal number to represent the mean of a set of measurements (the number of digits should reflect the precision of the measurement).

Figures (see Specifications). Figures should be referred to in the text as Fig. 1, etc. (note Figs 1 and 2 with no period). Illustrations should be referred to as Figures. When possible, include a key to symbols on the figure itself rather than in the figure legend.

Reviews and Perspectives. Most Reviews and Perspectives will be in essay format, with the subject headings dependent on the topic of the paper. See recent editions of the journal for examples.

Manuscript Specifications

Manuscripts. Manuscripts should be typed in double spacing with a generous margin. The paper must include sequential line numbering throughout, and pages should be numbered consecutively, including those containing acknowledgements, references, tables and figure legends.

Authors should submit the main document as a RTF or Word file. Figures can be embedded or uploaded as separate files. The RTF and Word will be converted to PDF (portable document format) upon upload. Reviewers will review the PDF version while the Word file will remain accessible by the Editorial Office. Manuscripts must be in English, and spelling should conform to the Concise Oxford Dictionary of Current English. Please refer to the Functional Ecology Manuscript Template for an example of manuscript formatting.

(CONTINUAÇÃO) Apêndice 1. Normas em que foi escrito o capítulo II

Figures. Please submit electronic artwork as TIFF files (for half-tones) or non-rasterized EPS files (for vector graphics) if possible. Detailed information on the publisher's digital illustration standards is available at <http://authorservices.wiley.com/electronicartworkguidelines.pdf>. When uploaded the appropriate file designation should be selected from the options on Manuscript Central. Please ensure that symbols, labels, etc. are large enough for 50% reduction. Figures should not be boxed and tick marks should be on the inside of the axes. If several photographs are used together to make one figure, they should be well matched for tonal range. All figure files should be labelled with the manuscript number and figure number. Colour photographs or other figures online incur no costs however it is the policy of Functional Ecology for authors to pay the full cost for their print reproduction (currently £150 for the first figure, £50 thereafter). If no funds are available to cover colour costs, the journal offers free colour reproduction online (with black-and-white reproduction in print). If authors require this, they should write their figure legend to accommodate both versions of the figure, and indicate their colour requirements on the Colour Work Agreement Form.

Figure legends. In the full-text online edition of the journal, figure legends may be truncated in abbreviated links to the full-screen version. Therefore the first 100 characters of any legend should inform the reader of key aspects of the figure.

Tables. Each table should be on a separate page, numbered and titled.

References. References to work by up to three authors in the text should be in full on first mention, e.g. (Able, Baker & Charles 1986), and subsequently abbreviated (Able et al. 1986). When different groups of authors with the same first author and date occur, they should be cited thus: (Able, Baker & Charles 1986a; Able, David & Edwards 1986b), then subsequently abbreviated to (Able et al. 1986a; Able et al. 1986b). If the number of authors exceeds three, they should always be abbreviated thus: (Carroll et al. 2007). References in the text should be listed in chronological order. References in the list should be in alphabetical order with the journal name in full. The format for papers, entire books, and chapters in books is as follows.

Carroll, S.P., Hendry A.P., Reznick, D.N. & Fox, C.W. (2007) Evolution on ecological time-scales. *Functional Ecology*, 21, 387-393.

Darwin, C. (1859) *On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life*. J. Murray, London.

Travis, J. (1994) Evaluating the adaptive role of morphological plasticity. *Ecological Morphology* (eds P.C. Wainwright & S.M. Reilly), pp. 99-122. University of Chicago Press, Chicago.

Platenkamp, G.A.J. (1989) Phenotypic plasticity and genetic differentiation in the demography of the grass *Anthoxanthum odoratum* L. PhD thesis, University of California, Davis.

References should be cited as 'in press' only if the paper has been accepted for publication. Other references should be cited as 'unpublished' and not included in the list. Any paper cited as 'in press' must be uploaded with the manuscript as a file 'not for review' so that it can be seen by the editors and, if necessary, made available to the reviewers. Work not yet submitted for publication may be cited in the text and attributed to its author as: 'full author name, unpublished data'.

(CONTINUAÇÃO) Apêndice 1. Normas em que foi escrito o capítulo II

Scientific names. Give the Latin names of each species in full (together with the authority for that name for the species studied) at first mention in the main text. If there are many species, cite a Flora or checklist that may be consulted instead of listing them in the text. Do not give authorities for species cited from published references. Use scientific names in the text (with colloquial names in parentheses, if desired).

Makers' names. Special pieces of equipment should be described such that a reader can trace specifications by writing to the manufacturer; thus: 'Data were collected using a solid-state data logger (CR21X, Campbell Scientific, Utah, USA).' Where commercially available software has been used, details of the supplier should be given in parentheses or the reference given in full in the reference list.

Units and symbols. Authors are requested to use the International System of Units (SI, *Système International d'Unités*) where possible for all measurements (see *Quantities, Units and Symbols*, 2nd edn (1975) The Royal Society, London). Note that mathematical expressions should contain symbols not abbreviations. If the paper contains many symbols, they should be defined as early in the text as possible, or within a subsection of the Materials and methods section.

Mathematical material. Mathematical expressions should be carefully represented. Suffixes and operators such as *d*, *log*, *ln* and *exp* will be set in Roman type; matrices and vectors will be set in bold type; other algebraic symbols (except Greek letters) will be set in italic. Make sure that there is no confusion between similar characters like 'l' (ell) and '1' (one). Also make sure that expressions are spaced as they should appear and, if there are several equations, they should be identified by a number in parentheses.

Numbers in text. Numbers from one to nine should be spelled out except when used with units; e.g. two eyes, but 10 stomata and 5 years.

Apêndice 2. Normas em que foi escrito o capítulo III

APPLIED ANIMAL BEHAVIOUR SCIENCE

Guide for Authors

Types of paper

1. Original Research Papers (Regular Papers)
2. Review Articles
3. Letters to the Editor
4. Book Reviews

Original Research Papers should report the results of original research on topics that are within the scope of the journal (<http://www.elsevier.com/locate/applanim>). The material should not have been previously published elsewhere, except in a preliminary form. *Review Articles* Review Articles should cover subjects falling within the scope of the journal which are of active current interest. They may be spontaneously submitted or invited. Invited reviews will normally be solicited by the Review's Editor, but suggestions for appropriate review topics may be sent to:

D. Weary

Department of Animal Science and Centre for Applied Ethics

University of British Columbia

Suite 208 - 2357 Main Mall

Vancouver V6T 1Z4

Canada

e-mail: dan.weary@ubc.ca

Letters to the Editor offering comment or useful critique on material published in the journal are welcomed. The decision to publish submitted letters rests purely with the Editors-in-Chief. It is hoped that the publication of such letters will permit an exchange of views which will be of benefit to both the journal and its readers.

Book Reviews will be included in the journal on a range of relevant books which are not more than 2 years old. Book reviews will be solicited by the Book Review Editor. Unsolicited reviews will not usually be accepted, but suggestions for appropriate books for review may be sent to the Book Review Editor:

M. Mendl

Department of Clinical Veterinary Science

University of Bristol

Langford House

Langford BS40 5DU

UK

e-mail: mike.mendl@bris.ac.uk

(CONTINUAÇÃO) Apêndice 2. Normas em que foi escrito o capítulo III

Preparation

The use of English, punctuation and grammar should be of a sufficient high standard to allow the article to be easily read and understood. Do not quote decimals with naked points (e.g. use 0.08, not .08). Times of day should be in the format 10:00 h. Numbers less than 10 should be text, unless they are followed by a unit of measurement or are used as designators e.g. seven pigs from Group 3 were each trained for 7 days, with three sessions each lasting 3 min. Numbers greater than nine should be written as numerals.

Article Structure

Manuscripts in general should be organized in the following order:

- Title (should be clear, descriptive and not too long)
- Name(s) of author(s) - we would like to publish full first names rather than initials, and would appreciate it if you would provide this information
- Complete postal address(es) of affiliations
Full telephone, Fax No. and e-mail address of the corresponding author
Present address(es) of author(s) if applicable
Complete correspondence address including e-mail address to which the proofs should be sent
- Abstract
- Keywords (indexing terms), maximum 6 items
- Introduction
- Material studied, area descriptions, methods, techniques and ethical approval
- Results
- Discussion
- Conclusion
- Acknowledgment and any additional information concerning research grants, etc.
- References
- Tables
- Figure captions
- Tables (separate file(s))
- Figures (separate file(s)).

Manuscripts should have numbered lines, with wide margins and double spacing throughout, i.e. also for abstracts, footnotes and references. Every page of the manuscript, including the title page, references, tables, etc., should be numbered. However, in the text no reference should be made to page numbers; if necessary one may refer to sections. Avoid excessive usage of italics to emphasize part of the text. Articles should not normally exceed 25 pages of text (11-point font, aligned left and double spaced) and contain a maximum of six or seven Tables and Figures in total.

(CONTINUAÇÃO) Apêndice 2. Normas em que foi escrito o capítulo III

Subdivision - numbered sections

Divide your article into clearly defined and numbered sections. Subsections should be numbered 1.1 (then 1.1.1, 1.1.2, ...), 1.2, etc. (the abstract is not included in section numbering). Use this numbering also for internal cross-referencing: do not just refer to 'the text'. Any subsection may be given a brief heading. Each heading should appear on its own separate line.

Introduction

State the objectives of the work and provide an adequate background, avoiding a detailed literature survey or a summary of the results.

The introduction "sets the scene" for your work. Do not over-reference statements; two or three key references should suffice unless each adds something specific. The introduction should not normally be more than 750 words (approximately three pages).

Material and methods

Provide sufficient detail to allow the work to be reproduced. Methods already published should be indicated by a reference: only relevant modifications should be described.

When locations are given, it should be remembered that this is an international journal and provide the state/county and country, or longitude and longitude for lesser-known locations. Full details of commercial products and technical equipment should be provided, as necessary, including name of the model, manufacturer and location of manufacture, and any Trademarks. As appropriate, a statement should be made that the work has received ethical approval or that the authors have read the policy relating to animal ethics and confirm that their study complies. Data collection and collation: units of all measures need to be specified; the experimental design should be explained together with an explanation of the experimental unit; the ways in which data are derived must be specified (e.g. individual scores were summed for the four, 12-h periods and the mean used for the analysis); the methods used for determining the normality of distribution of the residuals and homogeneity of variances need to be specified; any transformations of data need to be described; statistical analyses need to be reported in full.

Results

This section should include only results that are relevant to the hypotheses outlined in the Introduction and considered in the Discussion. Present results in tabular or graphical form (see following sections) wherever possible. Sufficient data should be presented so that the reader can interpret the results independently. If data have been transformed then these are the data that should be presented because these were the data analysed. For biological meaning, back-transformed means (but not errors) should be presented. Include the type of test, the precise data (including a measure of variability) to

(CONTINUAÇÃO) Apêndice 2. Normas em que foi escrito o capítulo III

which it was applied, the value of the relevant statistic, the sample size and/or degrees of freedom, and the probability level (abbreviated as an upper case P). Any assumptions that have been made should be stated. In doubt, a statistical expert should be consulted.

Discussion

The discussion should interpret the results, and set them in the context of what is already known in the appropriate field. This section should normally start with a brief summary of the main findings. The discussion should be focused and limited to the actual results presented, and should normally not exceed about 1500 words. All results presented in the Results section should be discussed (if they do not warrant discussion, they do not warrant inclusion) and there should be no presentation and discussion of results that have not been presented in the Results section (i.e. no new data presented in the Discussion). Any necessary extensive discussion of the literature should be placed in the Discussion, and not in the Introduction.

Conclusions

The main conclusions of the study may be presented in a short Conclusions section, which may stand alone or form a subsection of a Discussion or Results and Discussion section.

It should provide a brief "take home" message and briefly outline the application/implications of the study's findings.

Essential title page information

- **Title.** Concise and informative. Titles are often used in information-retrieval systems. Avoid abbreviations and formulae where possible.
- **Author names and affiliations.** Where the family name may be ambiguous (e.g., a double name), please indicate this clearly. Present the authors' affiliation addresses (where the actual work was done) below the names. Indicate all affiliations with a lower-case superscript letter immediately after the author's name and in front of the appropriate address. Provide the full postal address of each affiliation, including the country name and, if available, the e-mail address of each author.
- **Corresponding author.** Clearly indicate who will handle correspondence at all stages of refereeing and publication, also post-publication. **Ensure that telephone and fax numbers (with country and area code) are provided in addition to the e-mail address and the complete postal address. Contact details must be kept up to date by the corresponding author.**
- **Present/permanent address.** If an author has moved since the work described in the article was done, or was visiting at the time, a 'Present address' (or 'Permanent address') may be indicated as a footnote to that author's name. The address at which the author actually did the work must be retained as the main, affiliation address. Arabic numerals are used for such footnotes.

(CONTINUAÇÃO) Apêndice 2. Normas em que foi escrito o capítulo III

Abstract

A concise and factual abstract is required. The abstract should state briefly the purpose of the research, the principal results and major conclusions. An abstract is often presented separately from the article, so it must be able to stand alone. For this reason, References should be avoided, but if essential, then cite the author(s) and year(s). Also, non-standard or uncommon abbreviations should be avoided, but if essential they must be defined at their first mention in the abstract itself.

As this is the most-read part of a paper, it is useful to provide some data and significance levels in the description of the main results. The Abstract should not be longer than 400 words.

Abbreviations

Define abbreviations that are not standard in this field in a footnote to be placed on the first page of the article. Such abbreviations that are unavoidable in the abstract must be defined at their first mention there, as well as in the footnote. Ensure consistency of abbreviations throughout the article.

Nomenclature and Units

1. Authors and Editors are, by general agreement, obliged to accept the rules governing biological nomenclature, as laid down in the International Code of Botanical Nomenclature, the International Code of Nomenclature of Bacteria, and the International Code of Zoological Nomenclature. 2. All botica (crops, plants, insects, birds, mammals, etc.) should be identified by their scientific names when the English term is first used, with the exception of common domestic animals. 3. All biocides and other organic compounds must be identified by their Geneva names when first used in the text. Active ingredients of all formulations should be likewise identified. 4. For chemical nomenclature, the conventions of the International Union of Pure and Applied Chemistry and the official recommendations of the IUPAC-IUB Combined Commission on Biochemical Nomenclature should be followed. Units and abbreviations should conform to the Systeme International d'Unites.

Math formulae

Present simple formulae in the line of normal text where possible and use the solidus (/) instead of a horizontal line for small fractional terms, e.g., X/Y. In principle, variables are to be presented in italics. Powers of e are often more conveniently denoted by exp. Number consecutively any equations that have to be displayed separately from the text (if referred to explicitly in the text).

(CONTINUAÇÃO) Apêndice 2. Normas em que foi escrito o capítulo III

In chemical formulae, valence of ions should be given as, e.g. Ca^{2+} , not as Ca^{++} . Isotope numbers should precede the symbols e.g. ^{18}O . The repeated use of chemical formulae in the text is to be avoided where reasonably possible; instead, the name of the compound should be given in full. Exceptions may be made in the case of a very long name occurring very frequently or in the case of a compound being described as the end product of a gravimetric determination (e.g. phosphate as P_2O_5).

Footnotes

Footnotes should be used sparingly. Number them consecutively throughout the article, using superscript Arabic numbers. Many wordprocessors build footnotes into the text, and this feature may be used. Should this not be the case, indicate

Apêndice 2. Normas em que foi escrito o capítulo III (continuação)

the position of footnotes in the text and present the footnotes themselves separately at the end of the article. Do not include footnotes in the Reference list.

Table footnotes

Indicate each footnote in a table with a superscript lowercase letter.

Artwork

Electronic artwork

General points

- Make sure you use uniform lettering and sizing of your original artwork.
- Save text in illustrations as 'graphics' or enclose the font.
- Only use the following fonts in your illustrations: Arial, Courier, Times, Symbol.
- Number the illustrations according to their sequence in the text.
- Use a logical naming convention for your artwork files.
- Provide captions to illustrations separately.
- Produce images near to the desired size of the printed version.
- Submit each figure as a separate file.

A detailed guide on electronic artwork is available on our website:

<http://www.elsevier.com/artworkinstructions>

You are urged to visit this site; some excerpts from the detailed information are given here.

Formats

Regardless of the application used, when your electronic artwork is finalised, please 'save as' or convert the images to one of the following formats (note the resolution requirements for line drawings, halftones, and line/halftone combinations given below):

EPS: Vector drawings. Embed the font or save the text as 'graphics'.

(CONTINUAÇÃO) Apêndice 2. Normas em que foi escrito o capítulo III

TIFF: Color or grayscale photographs (halftones): always use a minimum of 300 dpi.

TIFF: Bitmapped line drawings: use a minimum of 1000 dpi.

TIFF: Combinations bitmapped line/half-tone (color or grayscale): a minimum of 500 dpi is required.

If your electronic artwork is created in a Microsoft Office application (Word, PowerPoint, Excel) then please supply 'as is'.

Please do not:

- Supply files that are optimised for screen use (e.g., GIF, BMP, PICT, WPG); the resolution is too low;
- Supply files that are too low in resolution;
- Submit graphics that are disproportionately large for the content.

Color artwork

Please make sure that artwork files are in an acceptable format (TIFF, EPS or MS Office files) and with the correct resolution. If, together with your accepted article, you submit usable color figures then Elsevier will ensure, at no additional charge, that these figures will appear in color on the Web (e.g., ScienceDirect and other sites) regardless of whether or not these illustrations are reproduced in color in the printed version. **For color reproduction in print, you will receive information regarding the costs from Elsevier after receipt of your accepted article.** Please indicate your preference for color: in print or on the Web only. For further information on the preparation of electronic artwork, please see

<http://www.elsevier.com/artworkinstructions>.

Please note: Because of technical complications which can arise by converting color figures to 'gray scale' (for the printed version should you not opt for color in print) please submit in addition usable black and white versions of all the color illustrations.

Figure captions

Ensure that each illustration has a caption. Supply captions separately, not attached to the figure. A caption should comprise a brief title (**not** on the figure itself) and a description of the illustration. Keep text in the illustrations themselves to a minimum but explain all symbols and abbreviations used.

Figure captions should be understandable without reference to the main text. Figures should not duplicate results described elsewhere in the article.

Tables

Number tables consecutively in accordance with their appearance in the text. Place footnotes to tables below the table body and indicate them with superscript lowercase letters. Avoid vertical rules. Be sparing in the use of tables and ensure that the data presented in tables do not duplicate results described elsewhere in the article.

(CONTINUAÇÃO) Apêndice 2. Normas em que foi escrito o capítulo III

Table captions should provide sufficient detail that the Table can be understood without reference to the main text.

Limitations

Authors should take notice of the limitations set by the size and lay-out of the journal. Large tables should be avoided. Reversing columns and rows will often reduce the dimensions of a table.

References

Citation in text

Please ensure that every reference cited in the text is also present in the reference list (and vice versa). Any references cited in the abstract must be given in full. Unpublished results and personal communications are not recommended in the reference list, but may be mentioned in the text. If these references are included in the reference list they should follow the standard reference style of the journal and should include a substitution of the publication date with either 'Unpublished results' or 'Personal communication'. Citation of a reference as 'in press' implies that the item has been accepted for publication.

Web references

As a minimum, the full URL should be given and the date when the reference was last accessed. Any further information, if known (DOI, author names, dates, reference to a source publication, etc.), should also be given. Web references can be listed separately (e.g., after the reference list) under a different heading if desired, or can be included in the reference list.

References in a special issue

Please ensure that the words 'this issue' are added to any references in the list (and any citations in the text) to other articles in the same Special Issue.

Reference style

Text: All citations in the text should refer to:

1. *Single author:* the author's name (without initials, unless there is ambiguity) and the year of publication;
2. *Two authors:* both authors' names and the year of publication;
3. *Three or more authors:* first author's name followed by 'et al.' and the year of publication.

Citations may be made directly (or parenthetically). Groups of references should be listed first alphabetically, then chronologically.

Examples: 'as demonstrated (Allan, 2000a, 2000b, 1999; Allan and Jones, 1999). Kramer et al. (2010) have recently shown

(CONTINUAÇÃO) Apêndice 2. Normas em que foi escrito o capítulo III

List: References should be arranged first alphabetically and then further sorted chronologically if necessary. More than one reference from the same author(s) in the same year must be identified by the letters 'a', 'b', 'c', etc., placed after the year of publication.

Examples:

Reference to a journal publication:

Van der Geer, J., Hanraads, J.A.J., Lupton, R.A., 2010. The art of writing a scientific article. *J. Sci. Commun.* 163, 51–59.

Reference to a book:

Strunk Jr., W., White, E.B., 2000. *The Elements of Style*, fourth ed. Longman, New York.

Reference to a chapter in an edited book :

Mettam, G.R., Adams, L.B., 2009. How to prepare an electronic version of your article, in: Jones, B.S., Smith, R.Z. (Eds.), *Introduction to the Electronic Age*. E-Publishing Inc., New York, pp. 281–304.

References to books

If a book or monograph is cited as a source of specific information, then please give the relevant page(s).

Journal abbreviations source

Journal names should be abbreviated according to Index Medicus journal abbreviations:

☞ <http://www.nlm.nih.gov/tsd/serials/lji.html>;

List of title word

abbreviations:

☞ <http://www.issn.org/2-22661-LTWA-online.php>;

CAS (Chemical Abstracts Service):

☞ <http://www.cas.org/sent.html>.

Video data

Elsevier accepts video material and animation sequences to support and enhance your scientific research. Authors who have video or animation files that they wish to submit with their article are strongly encouraged to include these

within the body of the article. This can be done in the same way as a figure or table by referring to the video or animation content and noting in the body text where it should be placed. All submitted files should be properly labeled so that they directly relate to the video file's content. In order to ensure that your video or animation material is directly usable, please provide the files in one of our recommended file formats with a preferred maximum size of 50 MB. Video and animation files supplied will be published online in the electronic version of your article in Elsevier Web products, including ScienceDirect:

(CONTINUAÇÃO) Apêndice 2. Normas em que foi escrito o capítulo III

☞ <http://www.sciencedirect.com>. Please supply 'stills' with your files: you can choose any frame from the video or animation or make a separate image. These will be used instead of standard icons and will personalize the link to your video data. For more detailed instructions please visit our video instruction pages at <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>. Note: since video and animation cannot be embedded in the print version of the journal, please provide text for both the electronic and the print version for the portions of the article that refer to this content.

Supplementary data

Elsevier accepts electronic supplementary material to support and enhance your scientific research. Supplementary files offer the author additional possibilities to publish supporting applications, high-resolution images, background datasets, sound clips and more. Supplementary files supplied will be published online alongside the electronic version of your article in Elsevier Web products, including ScienceDirect: ☞ <http://www.sciencedirect.com>. In order to ensure that your submitted material is directly usable, please provide the data in one of our recommended file formats. Authors should submit the material in electronic format together with the article and supply a concise and descriptive caption for each file. For more detailed instructions please visit our artwork instruction pages at <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>.

Submission checklist

The following list will be useful during the final checking of an article prior to sending it to the journal for review. Please consult this Guide for Authors for further details of any item.

Ensure that the following items are present:

One author has been designated as the corresponding author with contact details:

- E-mail address
 - Full postal address
 - Telephone and fax numbers
- All necessary files have been uploaded, and contain:

- Keywords
- All figure captions
- All tables (including title, description, footnotes)

Further considerations

- Manuscript has been 'spell-checked' and 'grammar-checked'
- References are in the correct format for this journal
- All references mentioned in the Reference list are cited in the text, and vice versa
- Permission has been obtained for use of copyrighted material from other sources (including the Web)

(CONTINUAÇÃO) Apêndice 2. Normas em que foi escrito o capítulo III

- Color figures are clearly marked as being intended for color reproduction on the Web (free of charge) and in print, or to be reproduced in color on the Web (free of charge) and in black-and-white in print
- If only color on the Web is required, black-and-white versions of the figures are also supplied for printing purposes

For any further information please visit our customer support site at <http://support.elsevier.com>.

Apêndice 3. Normas em que foi escrito o capítulo IV

GRASSLAND SCIENCE

Author Guidelines

SUBMISSION OF MANUSCRIPTS

All articles submitted to the Journal must comply with these instructions. Failure to do so will result in return of the manuscript and possible delay in publication. A Word template which may help you prepare your article can be downloaded from [here](#).

OR: [http://www.blackwellpublishing.com/pdf/Word template for GRS v17 E N.doc](http://www.blackwellpublishing.com/pdf/Word_template_for_GRS_v17_E_N.doc)

Manuscripts should be submitted online at <http://mc.manuscriptcentral.com/grssci> and upload your manuscript following the instructions given on the screen. For Authors unable to submit their manuscript online, please consult with the Managing Editor at the Editorial Office. Email: grassl-sci@naro.affrc.go.jp; Tel: 81 287 37 7684; Fax: 81 287 37 7684.

Manuscripts should be prepared as a Word (.doc) file, double-spaced on A4 paper with top, bottom and side margins of at least 30 mm. All pages should be numbered consecutively, beginning with the title page. Text pages should have numbered lines. Please use only standard fonts, such as Times, Times New Roman, or Arial for text; in particular, please do not use Japanese or other Asian fonts. Do not use automated or manual hyphenation. Figures should be uploaded as separate files whereas tables should be included in the manuscript file.

STYLE OF THE MANUSCRIPT

Spelling: The Journal uses US spelling and authors should therefore follow the latest edition of the Merriam-Webster's Collegiate Dictionary.

Units: All measurements must be given in SI or SI-derived units.

Abbreviations: Abbreviations should be used sparingly – only where they ease the reader's task by reducing repetition of long, technical terms. Initially use the word in full, followed by the abbreviation in parentheses. Thereafter use the abbreviation only.

Trade names: Chemical substances should be referred to by the generic name only. Trade names should not be used.

(CONTINUAÇÃO) Apêndice 3. Normas em que foi escrito o capítulo IV

Scientific names: Upon its first use in the title, abstract and text, the common name of a species should be followed by the scientific name (genus, species and authority) in parentheses. However, for well-known species, the scientific name may be omitted from the article title. If no common name exists in English, the scientific name should be used only.

PARTS OF THE MANUSCRIPT

The length of an article (including references, tables and appendices) should not exceed 6 pages for research papers, 3 pages for short reports and 12 pages for review papers.

Manuscripts should be presented in the following order: (i) title page, (ii) abstract and key words, (iii) text, (iv) acknowledgments, (v) references, (vi) appendices, (vii) figure legends, (viii) tables (each table complete with title and footnotes) and (ix) figures. Footnotes to the text are not allowed and any such material should be incorporated into the text as parenthetical matter.

Title page

The title page should contain (i) the title of the paper, (ii) the full names of the authors and (iii) the addresses of the institutions at which the work was carried out together with (iv) the full postal and email address, plus facsimile and telephone numbers, of the author to whom correspondence about the manuscript should be sent. The present address of any author, if different from that where the work was carried out, should be supplied in a footnote. The title should be short and informative. Do not use abbreviations in the title. A short running title (less than 40 characters) should also be provided.

Abstract and key words

All articles must have a brief unstructured abstract that states in 200-300 words (100-150 words for short report) or fewer the purpose, basic procedures, main findings and principal conclusions of the study. The abstract should not contain abbreviations or references.

Five or fewer key words (three or fewer for short report) should be supplied (for the purposes of indexing) below the abstract in alphabetical order.

Text

Authors should use the following subheadings to divide the sections of their manuscript: Introduction, Materials and Methods, Results and Discussion.

Statistics

Whenever possible, researchers should consult a statistician before designing an experiment and when analyzing results to avoid inappropriate descriptions.

Describe statistical methods with enough detail to enable the reader to verify the reported results. Indicate the computer program used, if any.

(CONTINUAÇÃO) Apêndice 3. Normas em que foi escrito o capítulo IV

Acknowledgments

The source of financial grants and other funding must be acknowledged, including a frank declaration of the authors' industrial links and affiliations. The contribution of colleagues or institutions should also be acknowledged. Personal thanks and thanks to anonymous reviewers are not appropriate.

References

The Harvard (author, date) system of referencing is used (examples are given below). In the text give the author's name followed by the year in parentheses: Smith (2000). If there are two authors use 'and': Smith and Jones (2001); (Smith and Jones 2001). When reference is made to a work by three or more authors, the first name followed by *et al.* should be used: MacDonald *et al.*(2002). In the reference list, references should be listed in alphabetical order. In the reference list, cite the names of all authors when there are six or fewer; when seven or more, list the first three followed by *et al.* Do not use *ibid.* or *op cit.* Reference to unpublished data and personal communications should not appear in the list but should be cited in the text only (e.g. Smith A, unpublished data). All citations mentioned in the text, tables or figures must be listed in the reference list.

Authors are responsible for the accuracy of the references.

Journals

Hirata M, Sato R, Ogura S (2002) Effects of progressive grazing of a pasture on the spatial distributions of herbage mass and utilization by cattle: a preliminary study. *Ecol Res* 17: 381–393.

Online article not yet published in an issue

An online article that has not yet been published in an issue (therefore has no volume, issue or page numbers) can be cited by its Digital Object Identifier (DOI). The DOI will remain valid and allow an article to be tracked even after its allocation to an issue.

Souter NJ, Milne T (2009) Grazing exclusion as a conservation measure in a South Australian temperate native grassland. *Grassl Sci*, doi: 10.1111/j.1744-697X.2009.00142.x

Books

Samejima J, Tsujii T, Umezawa S (1993) *Wild Flowers of Hokkaido*. Hokkaido University Press, Sapporo, 1-346.

Chapter in a book

Hirosaki S (1978) Basic experimental layout. In: *Applied Statistical Handbook* (Ed Okuno T), Yokendo, Tokyo, 202–229.

Use 'Eds' when the book is edited by two or more editors: (Eds Okuno T,

FAO (1999) Guidelines on social analysis for rural area development planning. Agricultural policy support service, FAO, Rome, available from URL:<http://www.fao.org/tc/Tca/pubs/tmap34/tmap34.htm> [cited 2 November 2004].

(CONTINUAÇÃO) Apêndice 3. Normas em que foi escrito o capítulo IV

Appendices

These should be placed at the end of the paper, numbered in Roman numerals and referred to in the text. If written by a person other than the author of the main text, the writer's name should be included below the title.

Tables

Tables should be self-contained and complement, but not duplicate, information contained in the text. Number tables consecutively in the text in Arabic numerals. Type tables on a separate sheet with the legend above. Legends should be concise but comprehensive – the table, legend and footnotes must be understandable without reference to the text. Vertical lines should not be used to separate columns. Column headings should be brief, with units of measurement in parentheses; all abbreviations must be defined in footnotes. Footnote symbols: †, ‡, §, ¶, should be used (in that order) and *, **, *** should be reserved for P-values. Statistical measures such as SD or SEM should be identified in the headings.

Figures

All illustrations (line drawings and photographs) are classified as figures. Figures should be cited in consecutive order in the text. Each figure page should have name of author(s) and figure number in the bottom margin. Figures should be sized to fit within the column (80.5mm), intermediate (110mm) or the full text width (168mm).

Line figures should be supplied as sharp, black and white graphs or diagrams, drawn professionally or with a computer graphics package. Lettering must be included and should be sized to be no larger than the journal text. Individual photographs forming a composite figure should be of equal contrast, to facilitate printing, and should be accurately squared.

Magnifications should be indicated using a scale bar on the illustration.

If supplied electronically, graphics must be supplied as high resolution (at least 300 d.p.i.).

Figure legends

Type figure legends on a separate sheet. Legends should be concise but comprehensive – the figure and its legend must be understandable without reference to the text. Include definitions of any symbols used and define/explain all abbreviations and units of measurement.

Supporting Information

Supporting Information may be attached to the manuscript at the submission stage. The material, the length of which is judged to be reasonable by the Editor-in-Chief, will be considered acceptable. It should be clearly referred to in other sections of the manuscript. Supporting Information will only be published with the online version of the article. Material will be posted online as is supplied by the author. There is no editing or proofreading during the production process. Wiley-Blackwell will not be responsible for the contents or functionality of any supporting materials supplied by the author.

(CONTINUAÇÃO) Apêndice 3. Normas em que foi escrito o capítulo IV**MANUSCRIPTS FOR SHORT REPORTS**

Manuscripts for short papers should be organized basically in the same style as a research paper. However, the arrangement of the main text (introduction, materials and methods, results and discussion) need not necessarily follow that for a research paper, as long as the essence of the study or observation is properly described within the page allowance. The specific requirements for a short report are as follows:

- The abstract should be in 100-150 words or fewer.
- Three or fewer key words should be supplied.
- The length of an article (including references, tables and appendices) should not exceed 3 pages.

WORD PROCESSING

- Do not use the carriage return (enter) at the end of lines within a paragraph.
- Turn the hyphenation option off; include only those hyphens that are essential to the meaning.
- Specify any special characters used to represent non-keyboard characters.
- Take care not to use l (ell) for 1 (one), O (capital o) for 0 (zero) or ß (German esszett) for β (Greek beta).
- Use a tab, not spaces, to separate data points in tables. If you use a table editor function, ensure that each data point is contained within a unique cell (i.e. do not use carriage returns within cells).
- Please note that Word 2007 is not yet compatible with journal production systems. Unfortunately, the Journal cannot accept Microsoft Word 2007 documents until such time as a stable production version is released. Please use Word's 'Save As' option therefore to save your document as an older (.doc) file type.

Apêndice 4. Input de dados Pasto - Experimentos 1 e 3

Trat	Bloco	Esp	Alt Pré (cm)	Alt Pós (cm)	Alt Média (cm)	MFT (kg/ha)	MF Sup (kg/ha)
10	1	C*	10,0	9,9	9,9	3118	1034
10	1	C	9,6	9,6	9,6	2986	906
10	2	C	9,9	9,7	9,8	2988	1090
10	2	C	10,0	9,8	9,9	3501	1340
15	1	C	15,0	14,3	14,7	4258	1272
15	1	C	14,1	14,1	14,1	3402	1144
15	2	C	14,8	14,3	14,5	4248	716
15	2	C	14,5	13,5	14,0	3355	776
20	1	C	19,5	18,6	19,0	3605	822
20	1	C	19,3	18,9	19,1	3737	1105
20	2	C	19,8	19,4	19,6	3990	1204
20	2	C	19,5	19,1	19,3	3971	1055
25	1	C	24,3	24,2	24,2	4635	1108
25	1	C	24,5	23,5	24,0	4422	968
25	2	C	24,4	23,8	24,1	4746	1086
25	2	C	24,9	24,7	24,8	4690	1600
30	1	C	28,6	27,3	27,9	6590	1966
30	1	C	28,2	27,2	27,7	6425	1868
30	1	C	30,1	28,6	29,3	8267	2183
30	1	C	28,1	27,8	28,0	6590	2006
35	1	C	34,6	32,9	33,7	7353	2109
35	1	C	36,1	36,0	36,0	7092	1893
35	2	C	34,8	34,5	34,6	7435	1961
35	2	C	34,9	34,6	34,7	8030	2031
15	m	A*	15,5	15,5	15,5	491	127
15	t	A	14,3	13,6	14,0	531	137
20	T	A	19,3	19,2	19,3	1125	536
20	t	A	20,3	20,3	20,3	1274	553
20	m	A	19,4	19,3	19,3	1226	478
20	t	A	19,4	19,3	19,3	996	450
25	m	A	25,2	23,5	24,3	1611	640
25	t	A	24,5	23,6	24,0	1695	555
30	t	A	29,6	28,8	29,2	1600	767
30	t	A	29,6	29,6	29,6	2079	854
30	m	A	30,4	29,0	29,7	2048	830
30	m	A	30,6	28,8	29,7	1982	770
35	t	A	35,0	35,0	35,0	1925	1010
35	t	A	35,0	35,0	35,0	1962	965
35	M	A	34,1	33,5	33,8	1757	957
35	M	A	34,1	33,3	33,7	2205	.
40	T	A	39,1	37,1	38,1	2762	1164
40	T	A	40,3	38,4	39,4	2331	1104
45	m	A	45,1	43,4	44,3	2888	1141
45	t	A	44,8	44,5	44,6	2983	1238
50	m	A	50,2	48,2	49,2	2983	1238
50	t	A	50,2	48,5	49,3	3331	1235

*C – *Cynodon sp.*; A – *Avena strigosa*

Apêndice 4. (Continuação) Input de dados Pasto - Experimentos 1 e 3

Trat	Bloco	Esp	MSLV (kg/ha)	MSCB (kg/ha)	MSLV Sup (kg/ha)	MSCB Sup (kg/ha)	DT Sup (g/m ³)
10	1	C*	726	1643	423	398	2077
10	1	C	539	1622	289	275	1886
10	2	C	543	1543	330	330	2207
10	2	C	380	1947	279	197	2691
15	1	C	1244	1541	821	190	1694
15	1	C	1053	1692	713	362	1627
15	2	C	1176	1837	723	104	965
15	2	C	1141	1538	692	255	1071
20	1	C	1175	1558	624	23	845
20	1	C	1432	1357	710	102	1148
20	2	C	1289	1931	828	258	1214
20	2	C	1227	1750	656	168	1085
25	1	C	1740	2252	727	131	913
25	1	C	1776	1796	794	67	789
25	2	C	1288	1737	794	147	891
25	2	C	1337	2403	862	379	1287
30	1	C	2265	2545	1628	240	1374
30	1	C	2101	2545	1510	246	1323
30	1	C	2000	3876	1504	346	1452
30	1	C	2265	2545	1645	248	1426
35	1	C	2195	3201	1627	328	1220
35	1	C	2198	3093	1545	307	1050
35	2	C	2293	3266	1610	325	1128
35	2	C	2528	3738	1711	323	1164
15	m	A*	389	102	109	18	164
15	t	A	411	120	124	13	196
20	T	A	994	118	497	39	557
20	t	A	1146	129	500	53	545
20	m	A	698	120	449	29	494
20	t	A	869	127	435	16	466
25	m	A	733	772	430	210	526
25	t	A	797	776	399	156	462
30	t	A	1065	826	533	234	525
30	t	A	1205	706	602	251	577
30	m	A	1310	528	655	175	559
30	m	A	1167	484	584	186	518
35	t	A	1471	495	735	275	577
35	t	A	1356	418	678	287	551
35	M	A	1054	842	647	310	567
35	M	A	.	.	.	.	.
40	T	A	.	.	700	464	611
40	T	A	.	.	670	434	561
45	m	A	1293	1265	646	495	516
45	t	A	1136	1439	568	670	555
50	m	A	1136	1439	568	670	503
50	t	A	1460	1494	730	505	501

*C – *Cynodon sp.*; A – *Avena strigosa*

Apêndice 5. Input de dados comportamentais - experimentos 1 e 3

Trat	Bloco	Esp	TB (num/ min)	MB (gMs)	TI (gMS/ min)	MMT/ boc	Tempo/ boc	MMT (num)	MMT/g (num/gMS)
10	1	C*	47	0,599	27	1,67	1,3	3272	2,87
10	1	C	50	0,452	26	1,18	1,4	3177	3,35
10	2	C	45	0,629	22	1,50	1,7	3669	3,70
10	2	C	40	0,732	29	1,64	1,5	2813	.
15	1	C	48	0,590	36	1,67	1,3	3937	2,85
15	1	C	32	1,017	32	2,02	1,9	2945	2,85
15	2	C	32	0,907	29	2,50	1,9	3353	2,76
15	2	C	29	0,683	29	2,35	2,1	3788	3,33
20	1	C	26	1,806	44	2,79	2,4	3481	1,54
20	1	C	38	1,389	43	2,15	1,9	3970	1,87
20	2	C	39	1,055	42	1,98	1,5	3664	1,90
20	2	C	41	0,978	40	1,65	1,5	2768	1,71
25	1	C	31	0,971	32	2,00	1,9	3166	2,20
25	1	C	38	1,009	37	1,85	1,7	3452	1,87
25	2	C	32	1,086	35	2,17	1,9	2973	2,00
25	2	C	39	1,017	39	1,91	1,6	3322	1,88
30	1	C	46	0,704	33	1,67	1,3	3643	2,43
30	1	C	46	0,731	33	1,49	1,3	3332	2,04
30	1	C	35	0,943	31	2,16	1,9	3517	2,43
30	1	C	37	0,965	31	1,93	1,6	3491	1,99
35	1	C	41	0,612	24	1,80	1,6	3647	3,05
35	1	C	48	.	.	1,44	1,3	3239	2,19
35	2	C	37	0,713	25	2,12	1,7	3536	3,10
35	2	C	41	0,723	27	1,76	1,5	2601	2,57
15	m	A*	49	0,737	36	1,40	1,2	2633	1,92
15	t	A	46	0,614	30	1,33	1,3	1812	2,91
20	T	A	45	0,820	37	1,53	1,3	3169	1,87
20	t	A	43	0,783	40	1,61	1,4	2790	2,05
20	m	A	42	0,991	42	1,47	1,4	2510	1,48
20	t	A	40	1,034	41	1,53	1,5	2294	1,52
25	m	A	35	1,249	46	1,71	1,8	2522	1,15
25	t	A	38	1,182	42	1,55	1,6	1933	1,59
30	t	A	33	1,358	56	1,76	1,9	2089	0,81
30	t	A	35	1,333	52	1,73	1,6	2682	1,21
30	m	A	44	1,309	58	1,40	1,4	3030	1,06
30	m	A	41	1,207	53	1,23	1,4	2650	1,16
35	t	A	38	1,234	53	1,69	1,5	2853	1,19
35	t	A	42	1,156	49	1,60	1,4	3028	1,39
35	M	A	31	1,475	50	1,83	1,9	2731	1,12
35	M	A	30	1,589	51	1,83	1,9	2731	1,09
40	T	A	32	1,491	52	1,83	1,8	2731	1,14
40	T	A	33	1,328	50	1,83	1,8	2731	1,22
45	m	A	37	1,239	44	1,76	1,7	3107	1,48
45	t	A	42	0,984	39	1,62	1,5	3069	1,73
50	m	A	43	0,894	42	1,48	1,5	2971	2,56
50	t	A	47	0,923	43	1,40	1,3	3066	1,54

*C – *Cynodon sp.*; A – *Avena strigosa*

Apêndice 6. Input de dados pasto - experimento 2 e 4

Trat	Bloco	Esp	Reb (%)	Alt Pré (cm)	Alt Pós (cm)	Alt Média (cm)	MFT (kg/ha)	MSLV (kg/ha)
0	1	C*	0,0	19,5	18,6	19,5	3605	1175
0	1	C	0,0	19,3	18,9	19,3	3737	1432
0	2	C	0,0	19,8	19,4	19,8	3990	1289
0	2	C	0,0	19,5	19,1	19,5	3971	1227
20	1	C	14,3	15,4	13,2	19,2	3262	793
20	1	C	7,0	14,6	13,6	20,5	3240	1057
20	2	C	11,4	16,8	14,9	20,5	3451	.
20	2	C	.	.	.	.	.	.
40	1	C	7,4	11,1	10,3	20,5	2837	690
40	1	C	9,2	12,6	11,5	20,5	2998	739
40	2	C	.	.	.	.	.	.
40	2	C	.	.	.	.	.	.
60	1	C	0,2	8,4	8,4	20,5	2648	527
60	1	C	1,5	8,1	8,0	20,5	2511	704
60	2	C	5,9	7,6	7,2	19,2	2749	.
60	2	C	6,7	7,7	7,2	19,2	2629	.
80	1	C	3,1	5,4	5,2	19,2	2636	314
80	1	C	1,5	5,0	4,9	19,2	2502	305
80	2	C	0,7	5,0	5,0	20,5	2209	465
80	2	C	0,5	5,4	5,4	19,2	2443	62
0	3	A*	2,5	29,6	28,8	29,6	2079	1065
0	3	A	0,2	29,6	29,6	29,6	2048	1205
0	3	A	4,6	30,4	29,0	30,4	1537	864
0	3	A	5,9	30,6	28,8	30,6	1345	756
0	1	A	4,3	30,0	28,7	30,0	1257	414
0	2	A	4,2	30,0	28,8	30,0	932	341
20	1	A	28,1	22,7	21,6	30,0	873	401
20	2	A	25,8	23,7	22,3	30,0	861	274
20	3	A	29,0	22,4	21,3	30,1	607	73
40	1	A	43,8	17,7	16,9	30,0	675	117
40	2	A	40,6	18,0	17,8	30,0	617	123
40	3	A	47,5	16,1	15,8	30,1	534	114
60	1	A	61,9	12,7	11,4	30,0	625	61
60	2	A	56,1	13,4	13,2	30,0	611	90
60	3	A	55,7	13,6	13,3	30,1	308	20
60	4	A	70,0	9,2	9,0	30,0	235	14
80	1	A	71,9	8,9	8,5	30,0	2079	1065
80	2	A	75,0	7,5	7,5	30,1	2048	1205
80	3	A	79,5	6,3	6,2	30,0	1537	864
80	4	A	79,4	6,2	6,2	30,0	1345	756

*C – *Cynodon sp.*; A – *Avena strigosa*

Apêndice 6. (Continuação) Input de dados pasto - experimento 2 e 4

Trat	Bloco	Esp	Reb (%)	MSCB (kg/ha)	Área past (%)	Área Npast (%)	Área colmo (%)
0	1	C*	0,0	1558	0,0	0,0	0,0
0	1	C	0,0	1357	0,0	0,0	0,0
0	2	C	0,0	1931	0,0	0,0	0,0
0	2	C	0,0	1750	0,0	0,0	0,0
20	1	C	14,3	1321	40,6	59,4	0,0
20	1	C	7,0	1621	70,7	29,3	0,0
20	2	C	11,4	.	59,7	40,3	0,0
20	2	C	.	.	.	.	.
40	1	C	7,4	1647	82,3	17,7	13,6
40	1	C	9,2	1260	70,9	29,1	15,5
40	2	C	.	.	.	.	.
40	2	C	.	.	.	.	.
60	1	C	0,2	1744	91,0	9,0	31,8
60	1	C	1,5	1649	89,0	11,0	31,2
60	2	C	5,9	.	92,2	7,8	31,8
60	2	C	6,7	.	90,8	9,2	34,6
80	1	C	3,1	1619	94,8	5,2	37,8
80	1	C	1,5	972	95,3	4,7	36,0
80	2	C	0,7	1252	97,2	2,8	18,1
80	2	C	0,5	1153	98,2	1,8	7,8
0	3	A*	2,5	826	.	.	.
0	3	A	0,2	706	.	.	.
0	3	A	4,6	528	.	.	.
0	3	A	5,9	484	.	.	.
0	1	A	4,3	706	9,3	90,7	6,4
0	2	A	4,2	300	14,1	85,9	6,8
20	1	A	28,1	347	43,5	56,5	23,7
20	2	A	25,8	482	.	.	.
20	3	A	29,0	455	64,3	35,7	22,8
40	1	A	43,8	476	80,5	19,5	24,1
40	2	A	40,6	400	67,3	32,7	12,4
40	3	A	47,5	368	80,9	19,1	26,0
60	1	A	61,9	472	97,5	2,5	40,5
60	2	A	56,1	467	97,6	2,4	44,6
60	3	A	55,7	239	93,2	6,8	27,4
60	4	A	70,0	192	100,0	0,0	90,9
80	1	A	71,9	826	98,4	1,6	85,7
80	2	A	75,0	706	.	.	.
80	3	A	79,5	528	100,0	0,0	100,0
80	4	A	79,4	484	100,0	.	.

*C – *Cynodon sp.*; A – *Avena strigosa*

Apêndice 7. Input de dados comportamentais - experimentos 2 e 4

Trat	Bloco	Esp	TB (num/ min)	MB (gMs)	TI (gMS/min)	Tempo/Boc (s)	MMT/g (num/gMS)	MMT/Boc (num/num)
0	1	C*	26,3	.	.	2,4	1,5	2,8
0	1	C	37,6	1,4	43,5	1,9	1,9	2,1
0	2	C	39,4	1,1	41,9	1,5	1,9	2,0
0	2	C	41,0	1,0	40,1	1,5	1,7	1,7
20	1	C	51,2	0,8	39,4	1,2	1,8	1,4
20	1	C	52,8	0,8	41,8	1,1	1,7	1,3
20	2	C	42,5	0,8	43,3	1,2	1,3	1,7
20	2	C	.	.	.	.	.	.
40	1	C	0,0	0,6	30,3	1,2	2,5	.
40	1	C	42,4	0,6	27,1	1,5	2,8	1,8
40	2	C	.	.	.	.	.	.
40	2	C	.	.	.	.	.	.
60	1	C	47,8	0,4	17,9	1,3	4,1	1,5
60	1	C	49,1	0,4	21,6	1,2	3,4	1,5
60	2	C	57,9	0,2	12,7	1,0	6,0	1,3
60	2	C	44,9	0,2	7,9	1,3	8,8	1,6
80	1	C	49,0	0,1	4,5	1,2	15,8	1,4
80	1	C	58,3	.	.	1,1	17,1	1,2
80	2	C	56,8	0,1	6,0	1,1	11,8	1,3
80	2	C	52,9	.	.	1,2	9,9	1,2
0	3	A*	32,6	1,4	56,2	1,9	0,8	1,8
0	3	A	34,5	1,3	52,1	1,6	1,2	1,7
0	3	A	44,0	1,3	58,1	1,4	1,1	1,4
0	3	A	41,0	1,2	53,0	1,4	1,2	1,2
0	1	A	51,9	0,8	41,5	1,2	1,6	1,3
0	2	A	46,6	0,9	43,5	1,3	1,5	1,4
20	1	A	54,9	0,8	41,9	1,1	1,6	1,2
20	2	A	45,8	.	.	.	.	1,5
20	3	A	50,6	0,7	37,5	1,2	1,9	1,4
40	1	A	43,9	0,7	30,3	1,4	2,2	1,5
40	2	A	46,3	0,6	28,8	1,3	2,4	1,5
40	3	A	50,4	0,6	28,8	1,2	2,3	1,3
60	1	A	52,3	0,3	16,2	1,1	4,2	1,3
60	2	A	53,4	0,3	17,3	1,2	3,6	1,2
60	3	A	50,8	0,3	16,6	1,2	4,2	1,4
60	4	A	60,1	0,3	18,6	1,0	3,9	1,2
80	1	A	68,0	0,2	14,9	0,9	5,0	1,1
80	2	A	.	.	.	.	.	.
80	3	A	57,4	0,1	6,7	1,1	11,8	1,3
80	4	A	26,3	.	.	2,4	1,5	2,8

*C – *Cynodon sp.*; A – *Avena strigosa*

8.VITA

Jean Carlos Mezzalira nasceu em 18 de julho de 1982 na cidade de Dois Vizinhos/PR, filho de Marilí e Deonildo Mezzalira. Coursou o ensino fundamental entre 1989 e 1996. E o ensino médio entre 1997 e 1999. Em 2001 ingressou no CEFET –PR – Pato Branco, onde em 2006 graduou-se engenheiro agrônomo. Durante o curso de agronomia desenvolveu atividades de iniciação científica, atuando de atividades laboratoriais e de campo nas áreas de Botânica, Fisiologia vegetal, Bovinocultura e Forragicultura. Foi bolsista da EMBRAPA em projeto de Silvipastoralismo. Atuou nas áreas de melhoramento de campo nativo, manejo de espécies forrageiras anuais, bovinocultura de leite, dentre outras. No ano de 2006 trabalhou com assistência técnica a produtores de leite pela Secretaria de Agricultura do Município de Pato Branco. Em 2007 iniciou o curso de Mestrado junto ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da UFRGS, na área de concentração Plantas Forrageiras, como bolsista CNPq. Em fevereiro de 2009 obteve o grau de Mestre em zootecnia. Em março de 2009 ingressou no curso de Doutorado junto ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da UFRGS, na área de concentração Plantas Forrageiras, como bolsista CNPq.