

FERNANDA ALTIERI FERREIRA

**Efeito do processamento do concentrado sobre a seleção de dieta por
bovinos**

Pirassununga - SP

2003

FERNANDA ALTIERI FERREIRA

**Efeito do processamento do concentrado sobre a seleção de dieta por
bovinos**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Nutrição Animal da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Medicina Veterinária

Departamento:

Nutrição e Produção Animal

Área de concentração:

Nutrição Animal

Orientador:

Prof. Dr. Paulo Henrique Mazza Rodrigues

Pirassununga - SP

2003

Autorizo a reprodução parcial ou total desta obra, para fins acadêmicos, desde que citada a fonte.

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO-NA-PUBLICAÇÃO

(Biblioteca da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo)

T.1301 Ferreira, Fernanda Altieri
FMVZ Efeito do processamento do concentrado sobre a seleção de dieta
 por bovinos / Fernanda Altieri Ferreira. -- Pirassununga : F. A.
 Ferreira, 2003.
 109 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade de São Paulo. Faculdade de
Medicina Veterinária e Zootecnia. Departamento de Nutrição e
Produção Animal, 2003.

Programa de Pós-graduação: Nutrição Animal.
Área de concentração: Nutrição Animal.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Henrique Mazza Rodrigues.

1. Bovinos. 2. Dieta (seleção). 3. Energia. 4. Floculação.
5. Ingestão. I. Título.



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia
Cidade Universitária "Armando de Salles Oliveira"


Comissão Bioética

CERTIFICADO

Certificamos que o Projeto intitulado "Viabilidade da utilização da seleção da dieta como ferramenta para determinar as exigências nutricionais dos ruminantes. I. Efeito do processamento dos grãos sobre a seleção da dieta", Protocolo nº 34/2002, sob a responsabilidade do Prof.Dr. Paulo Henrique Mazza Rodrigues, está de acordo com os princípios éticos de experimentação animal da Comissão de Bioética da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo, sendo aprovado "ad referendum".

(We certify that the Research "Viability of the use of diet selection as a tool to determine the nutritional requirements of ruminants. I. Effects of grain processing on diet selection" protocol number 34/2002, under the responsibility of Prof.Dr. Paulo Henrique Mazza Rodrigues, agree with Ethical Principles in Animal Research adopted by Bioethic Commission of the Faculty of Veterinary Medicine and Zootechny of University of São Paulo and was approved "ad referendum" meeting.)

São Paulo, 21 de junho de 2002

Prof^a Dr^a 
Presidente da Comissão de Bioética
FMVZ/USP

FOLHA DE AVALIAÇÃO

Nome: FERREIRA, Fernanda Altieri

Título: Efeito do processamento do concentrado sobre a seleção de dieta por bovinos

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Nutrição Animal da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Medicina Veterinária

Aprovado em: ____ / ____ / ____

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____

Assinatura : _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Prof. Dr. _____

Assinatura : _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Prof. Dr. _____

Assinatura : _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

À minha querida e amada mãe, Adelina, e ao meu querido e amado pai, Sérgio Luiz, por me criarem em um ambiente familiar de amor, respeito, compreensão e por sempre me incentivarem a buscar o saber e nunca esmorecer ante as dificuldades,

Às minhas irmãs Cecília e Renata, eternas companheiras de jornada que sempre me ensinaram a ser uma pessoa melhor, e ao meu querido cunhado Henrique,

Ao meu avô Ami e à minha avó Helena, dois anjos terrenos,

Ao meu avô Amadeu, à minha avó Irma e à Luzia (Ia), três anjos celestes,

Dedico este trabalho, com todo o meu amor, respeito e gratidão!

Ao Professor Doutor Paulo Henrique Mazza Rodrigues, orientador sempre presente, pela confiança depositada em mim e por me apresentar ao maravilhoso mundo da pesquisa,

À Doutora Roberta Passini, por tudo o que me ensinou e pela sincera amizade,

E a ambos, pelos bons momentos que tornaram o mestrado uma experiência indelével da minha vida,

Registro aqui meus mais sinceros agradecimentos!

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Doutor Félix Ribeiro de Lima e a todos os docentes do Departamento de Nutrição e Produção Animal (VNP),

À CAPES e a Pró-Reitoria de Pós-graduação da USP, pela concessão da bolsa de estudos,

A todos os funcionários do VNP e em especial às secretárias Cris, Lúcia e Alessandra que tanto nos ajudaram pelo empenho e eficiência e pela delicadeza com que nos distinguiram,

A dois incríveis profissionais, Gilmar e Everson, da seção do estábulo experimental, pelo cuidados com os animais e pela atenção, respeito e amizade com que sempre nos trataram e ao Rondon, pela grande ajuda no período experimental,

À equipe do laboratório de bromatologia do VNP: Ari, pelos ensinamentos, pela paciência e dedicação dispensados a mim e ao presente trabalho, Gilson, Simi e Isabel, pela inestimável ajuda nas análises laboratoriais e aos colegas Adriana Fuzeto e Plínio Silvestrini, pela amizade e apoio durante este período,

Ao Professor Stefano Juliano Tavares de Andrade, pela oportunidade no programa PAE e ao colega Arlindo (Minhoca), pela ajuda com as aulas práticas,

Aos funcionários das bibliotecas da FZEA e da FMVZ, em especial a bibliotecária Maria Cláudia Pestana (FMVZ), pelo auxílio com as pesquisas e com a formatação do trabalho,

À Paula Meyer, por sua gentileza em revisar as versões para a língua inglesa,

Ao pessoal da fábrica de ração do Campus Administrativo de Pirassununga,

A todos meus colegas de pós-graduação da FMVZ e da FZEA, pela amizade e convivência harmônica e feliz,

À Paulie, Isabele, Laura, Tatiana, Vanessa e Angélica, amigas especiais semeadas durante estes dois anos e que espero que rendam frutos para toda a vida,

Aos todos meus amigos que, apesar da distância, sempre estiveram perto e torceram por mim, em especial a Guilherme (Loyd), Rodrigo (Cururu), Honda e Pati, Thais, Caio Fontana, Carol e Maurício Salles, Camilla, Rafaella e Carol (Natasha). Obrigada pelo que foram, são e sempre serão para mim!

À 334, 255, 259, 323, 261, 247, Diana, 339, 266, 240 (Veinha), 325 e 238, sem as quais este trabalho não existiria,

A todos os que contribuíram direta ou indiretamente para realização deste trabalho,

Agradeço sinceramente!

Ao pai Deus que, na sua eterna bondade e sabedoria, me concedeu a graça de estar viva e com saúde e me permitiu partilhar deste momento com todas estas pessoas, realizando o trabalho que tanto amo- a pesquisa!

RESUMO

FERREIRA, F. A. **Efeito do processamento do concentrado sobre a seleção de dieta por bovinos**. [Effect of corn processing on diet selection by bovine]. 2003. 109 f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

Foi objetivo do presente estudo avaliar o efeito do processamento do milho sobre o processo de seleção de dieta em bovinos através de um ensaio delineado em blocos casualizados, utilizando-se doze vacas Holandesas secas, não gestantes e portadoras de cânulas ruminais. O ensaio foi conduzido em dois períodos de 20 dias cada e contou com três tratamentos correspondentes aos diferentes tipos de processamentos do milho disponíveis para o animal manifestar suas preferências, sendo: A) cana-de-açúcar e milho moído grosso, B) cana-de-açúcar e milho moído fino e C) cana-de-açúcar e milho floculado. Uréia foi utilizada em todos os tratamentos junto com a cana-de-açúcar a fim de se fixar um nível de proteína bruta (10% PB) nas dietas experimentais para que a seleção de dieta dos animais para ingestão de energia não fosse influenciada pela proteína. A avaliação do processo de escolha foi feita através da comparação da composição química das dietas selecionadas pelos animais nos diferentes tratamentos e dos parâmetros do conteúdo ruminal de cada animal (pH, ácidos graxos voláteis e nitrogênio amoniacal) colhidos diariamente. Os animais do tratamento C ingeriram 45,08% e 42,08% menos concentrado, 24,52% e 22,58% menos matéria seca (MS) total, 29,83% e 27,59% menos nutrientes digestíveis totais (NDT) em kg, 9,29% e 8,62% menos NDT em porcentagem e 45,7% e 47,19% mais fibra em detergente neutro em porcentagem do que os animais dos tratamentos A e B, respectivamente. Já o consumo de MS degradável em kg e amido degradável em kg e em porcentagem não diferiu entre os tratamentos. Isto sugere que o processamento do milho influenciou a seleção de dieta, provavelmente pela energia disponível no grão e que os animais foram capazes de reconhecer diferenças na

degradabilidade dos milhos que não são determinadas pelas análises bromatológicas comumente feitas. Quanto aos parâmetros ruminais, não foi possível observar diferenças entre o pH e a concentração de AGVs totais, acetato, butirato e N-NH₃ no fluido ruminal dos animais estudados nos diferentes tratamentos. Estes achados podem estar seguindo a hipótese de alguns estudos que afirmam que os animais, através de escolhas não aleatórias de dietas, objetivam a manutenção de seu ambiente ruminal ótimo, corrigindo desbalanços e minimizando seu desconforto. Em contrapartida, os animais do tratamento C apresentaram 12,00% e 21,79% menor concentração de propionato em seu fluido ruminal do que os animais dos tratamentos A e B, respectivamente. Esta característica pode ter sido provocada pela menor disponibilidade de substrato para fermentação que por sua vez foi causada pela menor ingestão de milho floculado pelos animais do tratamento C.

Palavras-chave: Bovinos. Dieta (seleção). Energia. Floculação. Ingestão.

ABSTRACT

FERREIRA, F. A. **Effect of corn processing on diet selection by bovine.** [Efeito do processamento do concentrado sobre a seleção de dieta por bovinos]. 2003. 109 f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

The effect of corn, processed by three different ways, on ability of food selection by ruminants was studied in a randomized block design with 12 fistulated dry cows. The trial was conducted in two periods (8 animals/treatment) of 20 days each one. Treatments allowed selection of different processed corn grain by the animals: A) sugar cane and coarsely ground corn grain, B) sugar cane and finely ground corn grain, and C) sugar cane and steam-flaked corn grain. Urea was used with sugar cane in all treatments in the same proportion, ensuring 10% of crude protein in this ingredient. All ingredients had the same crude protein level (10%) to avoid nitrogen (N) influence over the selection process. The evaluation of selection process was done through comparison among chemical composition (total digestible nutrients, neutral-detergent fiber) of selected diet by the animals in different treatments and through cows' ruminal patterns (pH, volatile fatty acids, ammonia N). Intake of corn by cows in C group was 45.08 and 42.08% lower than that ones in A and B groups, respectively. This causes 24.52 and 22.58% lower total dry matter intake (DMI), 29.83 and 27.59% lower TDN (kg) intake, 9.29 and 8.62 lower TDN (%) intake and 45.70 and 47.19% higher NDF intake by cows on C group than A and B, respectively. However, degradable dry matter intake (kg) and degradable starch (kg and %) did not differ among treatments. These data suggest that corn processing influenced diet selection process, probably due to different energy content and availability in processed grains used in this trial, and the animals were able to recognize differences among corn degradabilities, which are not determined by usual chemical analyses. Total VFAs, acetate and butirate concentration, pH and ammonia N did not differ among treatments, which indicates that animals do make wisely choices with the objective to keep an

ideal ruminal environment. However, differences in propionate concentration and acetate: propionate ratio were observed, probably by lower intake of steam-flaked corn in C group.

Key words: Bovine. Diet (selection). Energy. Intake. Steam-flaking.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

CAPÍTULO III

- FIGURA 1** - Ingestão de matéria seca total, em kg, em função do tempo, dentro de cada tratamento 83
- FIGURA 2** - Consumo de NDT, em porcentagem, em função do tempo da coleta, dentro de cada tratamento 83
- FIGURA 3** - Consumo acumulado de milho moído grosso menos consumo de cana-de-açúcar em função do consumo acumulado da matéria seca total, de cada animal, dentro do tratamento A (cana + milho grosso) 84
- FIGURA 4** - Consumo acumulado de milho moído fino menos consumo de cana-de-açúcar em função do consumo acumulado da matéria seca total, de cada animal, dentro do tratamento B (cana + milho fino) 85
- FIGURA 5** - Consumo acumulado de milho floculado menos consumo de cana-de-açúcar em função do consumo acumulado da matéria seca total, de cada animal, dentro do tratamento C (cana + milho floculado) 86

CAPÍTULO IV

FIGURA 1 - Concentração molar de propionato no fluido ruminal, em porcentagem, em função do tempo, dentro de cada tratamento....	102
FIGURA 2 - Relação da concentração de acetato/propionato no fluido ruminal, em função do tempo, dentro de cada tratamento	102
FIGURA 3 - Médias dos valores de pH do fluido ruminal, em função do tempo, dentro de cada tratamento	103
FIGURA 4 - Médias das concentrações de nitrogênio amoniacal (N-NH ₃) do fluido ruminal, em função do tempo, dentro de cada tratamento .	103

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO III

TABELA 1 - Composição química dos ingredientes usados para compor as dietas experimentais com base na matéria seca (MS).....	76
TABELA 2 - Médias do consumo diário dos alimentos e dos nutrientes pela seleção nos diferentes tratamentos, com os coeficientes de variação (C.V.) e probabilidades estatísticas	82

CAPÍTULO IV

TABELA 1 - Composição química dos ingredientes usados para compor as dietas experimentais com base na matéria seca (MS).....	98
TABELA 2 - Concentração total de ácidos graxos voláteis (AGVs) no rúmen, porcentagens molares dos ácidos acético, propiônico e butírico, relação acético/propiônico, pH ruminal e concentração de nitrogênio amoniacal (N-NH ₃) no fluido ruminal, obtidos no dia 14, nos diferentes tratamentos, com os coeficientes de variação (C.V.) e probabilidades estatísticas.....	101

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AGVs	- ácidos graxos voláteis
Ca	- cálcio
CMS	- consumo de matéria seca
CV	- coeficiente de variação
EE	- extrato etéreo
FB	- fibra bruta
FDA	- fibra em detergente ácido
FDN	- fibra em detergente neutro
h	- hora
kg	- quilos
MM	- matéria mineral
MS	- matéria seca
N	- nitrogênio
NDT	- nutrientes digestíveis totais
N-NH ₃	- nitrogênio amoniacal
NS	- não significativo
P	- fósforo
PB	- proteína bruta
PNDR	- proteína não degradável no rúmen
Prob.	- probabilidade
PV	- peso vivo
SNC	- sistema nervoso central
TGI	- trato gastrointestinal

TMP - tamanho médio de partícula

Trat. - tratamento

SUMÁRIO

CAPÍTULO I INTRODUÇÃO	21
CAPÍTULO II REVISÃO DE LITERATURA	23
1 <u>O processamento de grãos</u>	23
1.1 Propriedades químicas do amido	24
1.2 Propriedades físicas do amido	25
1.3 Gelatinização do grão	27
1.4 Retrogradação e dextrinização	28
1.5 Hidrólise do amido	29
1.6 Determinação do grau de gelatinização do amido	30
1.7 Floculação	30
1.8 Digestão do amido	31
1.8.1 Digestão ruminal do amido	31
1.8.2 Digestão intestinal do amido	33
2 <u>Seleção de dieta</u>	36
2.1 Teoria da seleção de dieta	37
2.2 Evidências da seleção de dieta	38
2.3 Pré-requisitos para seleção de dieta	39
2.4 O processo de aprendizagem na escolha de alimentos	40
2.5 Teoria do desconforto total mínimo	44
2.6 Limitações à seleção de dieta	45

2.7 Integração do aprendizado e sinais metabólicos dentro da teoria de ingestão e escolha dietária dos alimentos.....	46
2.8 Seleção não aleatória de dieta.....	48
2.9 Influência do rúmen no processo de escolha pelos ruminantes	50
3 <u>Controle da ingestão de alimentos</u>.....	53
4 <u>Referências</u>	60

CAPÍTULO III – Efeito do processamento do concentrado sobre a seleção de dieta pelos bovinos. 1. Dados de consumo.....	70
Resumo.....	70
Abstract.....	72
Introdução.....	73
Materiais e métodos	74
Resultados e discussão	77
Conclusões.....	87
Referências	88

CAPÍTULO IV - Efeito do processamento do concentrado sobre a seleção de dieta pelos bovinos. 2. Dados de fermentação ruminal	91
Resumo	91
Abstract.....	93
Introdução.....	94
Materiais e métodos	96
Resultados e discussão	99
Conclusões.....	104
Referências	105
CAPÍTULO V - CONSIDERAÇÕES FINAIS	109

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

Muitos pesquisadores vêm realizando estudos no esforço de confirmar a hipótese de que os animais conseguem fazer escolhas alimentares inteligentes. Tais escolhas não seriam baseadas apenas nas exigências nutricionais, como se acreditava, mas também no que o animal julga ser melhor para seu próprio organismo, sob o aspecto de mantê-lo em conforto ou desconforto mínimo.

A fim de se testar a hipótese da seleção de dieta, alguns modelos experimentais foram criados. Aves, por exemplo, foram utilizadas desde o começo de século XX, quando se começou a explorar a idéia. Animais de laboratório também serviram aos pesquisadores, pela praticidade em seu uso.

Atualmente, o foco destes ensaios recaiu sobre os animais de produção -aves poedeiras, frangos de corte, suínos, ovinos e bovinos- por sua importância econômica e pelo impacto ambiental da produção animal, hoje, sobre o mundo. Os experimentos geralmente são realizados por grupos de pesquisa sediados em alguns países como Inglaterra, Escócia, Estados Unidos e Austrália.

A base destes estudos geralmente é em função do conteúdo protéico das dietas, talvez pelo fascínio que a proteína exerce sobre os pesquisadores desde o primeiro coacervado, talvez pela importância do nitrogênio para a vida dos seres vivos, talvez pela proteína ser o nutriente mais oneroso das dietas animais. Com raras exceções, o conteúdo energético das

dietas não é explorado, a despeito da importância deste para o crescimento adequado dos animais.

Este estudo objetivou relacionar a idéia de seleção de dieta com a disponibilidade energética da mesma modificada pelo processamento do grão do milho, técnica muito utilizada, atualmente, na confecção de rações animais.

CAPÍTULO II

REVISÃO DE LITERATURA

1 O processamento de grãos

A preparação dos grãos de cereais na alimentação animal tem sido praticada pelo homem há muitos anos. Tais métodos de processamento têm a finalidade de melhorar o consumo e aproveitamento de alguns alimentos pelos ruminantes, principalmente bovinos, que utilizam melhor os grãos processados que ovinos e caprinos, pela habilidade natural destes últimos em bem aproveitar grãos inteiros (HALE, 1973; ØRSKOV, 1976).

Há pelo menos dezoito diferentes maneiras de processar grãos. Segundo Hale (1973) os métodos são classificados em processamentos a seco e úmidos. Desta forma, moer, quebrar, peletizar e tostar são considerados processamentos a seco, enquanto flocular, explodir e cozer sob pressão são práticas úmidas.

O amido é o nutriente primário em dietas de ruminantes usadas para promover altos níveis de produção. A ótima utilização do mesmo é fundamental para melhorar a eficiência de produção de alimentos de origem animal. As principais fontes de amido nestas dietas são os grãos dos cereais, mais comumente milho e sorgo (THEURER, 1986). A melhora do aproveitamento dos grãos depende do método de processamento, de espécie animal em questão e da fonte do grão. Amido é o polissacarídeo de reserva das plantas superiores e uma das fontes principais de energia para os animais. Representa cerca de 70 a 80% da maioria dos

grãos dos cereais, uma grande porcentagem de muitas raízes e tubérculos e é o componente principal de alguns legumes. A indústria da produção animal depende, essencialmente, de milho, sorgo e cevada como fontes de energia e proteína (ROONEY; PFLUGFELDER, 1986).

O efeito do processamento dos grãos sobre a utilização do amido deve ser avaliado no grão intacto e não sobre o amido isolado, pois a relação deste com outros componentes do grão pode ser alterada com o processamento (HALE, 1973).

A magnitude do efeito de processamento na utilização do amido é maior no milho e sorgo do que na cevada. Este fato se relaciona com as diferenças inerentes entre estes grãos na digestibilidade do amido e proteína (THEURER, 1986).

Estudos com processamento de grãos são divididos em desempenho e eficiência de utilização do alimento, medidas *in vitro* de mudanças estruturais do amido, taxas de fermentação ruminal, degradação enzimática e determinações de digestão total, ruminal e pós-ruminal (THEURER, 1986).

1.1 Propriedades químicas do amido

Segundo Rooney e Pflugfelder (1986), em revisão sobre os fatores que afetam a digestibilidade do amido dos grãos de milho e sorgo, o amido é um glucano composto de dois principais tipos de moléculas: amilose e amilopectina. Outro componente, a amilose ramificada, pode estar presente, porém em menor quantidade no grão.

A amilose é um polímero linear com ligações α 1-4 entre suas unidades de glicose que forma complexo azul ou roxo com o iodo. A proporção de amilose no amido depende da espécie da planta em questão e também das variações genéticas dentro da mesma espécie. Geralmente, os cereais mais comumente utilizados para alimentação animal contêm de 20 a 30% de amilose, enquanto os cereais do tipo cerosos contêm reduzida ou nenhuma quantidade da mesma.

Amilopectina é um polímero ramificado sendo o componente de maior abundância no amido. Na maioria dos cereais, há entre 70 e 80% de amilopectina no amido dos mesmos. Para cada 20 ou 25 unidades de glicose há uma ramificação, cuja ligação é do tipo α 1-6. A estrutura resultante, apesar de parecer uma árvore ramificada ao acaso, é muito organizada (FRENCH, 1984).

1.2 Propriedades físicas do amido

Segundo Nocek e Tamminga (1991), o amido é organizado em grânulos nos quais as moléculas de amilopectina e amilose são unidas por pontes de hidrogênio. Cada espécie vegetal produz grânulos com determinadas características, como tamanho, forma e propriedades. Os grânulos do amido são insolúveis em água fria e, uma vez intumescidos, podem voltar ao estado normal. O amido de raízes e tubérculos intumescem mais que o amido dos cereais. Na aveia e no arroz, muitos grânulos são sintetizados dentro de cada amiloplasto durante o desenvolvimento da raiz, resultando assim em grânulos compostos que se separam em grânulos pequenos e angulares. Este fato não ocorre no milho e no sorgo, que possuem grânulos simples. A densidade verdadeira do amido varia de 1,4 a 1,6 g/cm³ e o tamanho do

grânulo pode atingir 200 μm ou mais. Os grânulos do sorgo e do milho são praticamente iguais, medindo de 2 a 30 μm de diâmetro, tendo forma que varia entre esférica e poligonal. Outra propriedade física do grão do amido é um fenômeno conhecido como birrefringência, cuja intensidade dependerá da espessura, tamanho, forma e estrutura molecular do grão. De maneira geral, um grânulo de amido apresentando birrefringência é considerado em seu estado normal.

Distinguem-se duas regiões nos grânulos do amido: cristalina e amorfa. A região cristalina ou micelar é organizada e composta principalmente de amilopectina. É resistente a entrada de água e ao ataque enzimático e responsável pela birrefringência do grânulo. Já a região amorfa (fase gel) é rica em amilose e apresenta menor densidade que a área cristalina. A água move-se livremente sobre esta área, onde o ataque da amilase começa (FRENCH, 1973).

O papel exato da amilose no grânulo do amido é desconhecido. Amidos cerosos aquecidos em água incham mais que os não cerosos, indicando que a amilose tem papel restritor no inchaço do grânulo. É possível que as moléculas de amilose orientem elas mesmas dentro dos cristais de amilopectina, causando assim um aumento de intensidade das pontes de hidrogênio intermoleculares. Esta ligação, ainda mais fortalecida, pode ser fator limitante para o processo de inchaço do grânulo e hidrólise enzimática, segundo Rooney e Pflugfelder (1986). Outra teoria sustenta que a amilose é locada primariamente na região amorfa, onde é complexada com lipídios. A amilose é preferencialmente lixiviada do grânulo do amido durante os primeiros estágios da gelatinização, sugerindo que pelo menos parte deste processo ocorre na área amorfa.

1.3 Gelatinização do grão

Segundo Lund (1984) e Zobel (1984), os grânulos do amido sofrem gelatinização quando há perda irreversível de sua estrutura nativa devido a uma determinada energia aplicada, que é responsável pela quebra das pontes de hidrogênio intermoleculares. Pode ser causada devido a agentes térmicos, mecânicos ou químicos ou então por várias combinações entre os mesmos. Durante a gelatinização, os grânulos do amido absorvem água, incham, expõem parte da amilose, tornam-se mais suscetíveis à degradação enzimática e perdem birrefringência. Este processo começa nas áreas amorfas, atingindo as regiões cristalinas mais lentamente. É uma sucessão de eventos em que o estresse gerado pelo inchaço das áreas amorfas age no rompimento dos cristais.

Maurice et al. (1985) descreveram o amido como um polímero em partes cristalino que exibe comportamento inconstante em relação à fusão. De acordo com esta teoria, os pontos de ramificação da amilopectina constituem a região amorfa do grânulo e as cadeias curtas compõem a região cristalina. As áreas amorfas dependem da água disponível para se fundir. A água envolve os cristais, provendo-os assim de suficiente mobilidade a fim de que derretam. Desta forma, quando a água é elemento limitante, há a necessidade de mais calor ou energia mecânica para que os cristais das regiões amorfas sejam desorganizados. A flocculação do milho, por exemplo, pode produzir inadequada gelatinização do grão até mesmo sob altas temperaturas, devido a água ser limitante.

A gelatinização mecânica do amido ocorre durante a moagem e a trituração dos grãos dos cereais, que resulta no amido denominado danificado (EVERS; STEVENS, 1985). O amido danificado, então, pode ser atacado pelas amilases, enquanto que o amido não danificado tem baixa suscetibilidade aos ataques de enzimas. Os processos de trituração e

moagem produzem quantidades variáveis de amido danificado dependendo do grão em questão, umidade e condições do processamento (ROONEY; PFLUGFELDER, 1986).

Quando há o aquecimento do amido em água abundante, há o intumescimento do grão à medida que as pontes de hidrogênio intermoleculares são quebradas e a água liga-se às moléculas do amido. A temperatura de gelatinização de um determinado amido é aquela em que o mesmo perde 50% de sua birrefringência. Perto da temperatura de evaporação, os grânulos se expandem e perdem completamente sua integridade.

Calor, umidade, ação mecânica e química são agentes comumente utilizados no processamento de alimentos com amido. O processo de floculação envolve movimento da água e calor para dentro do grão, causando assim o intumescimento do mesmo. Na passagem pelo calor, o grão umedecido separa alguns dos grânulos intumescidos, formando assim uma cola que liga fortemente o outro material em um floco. A área de superfície e a suscetibilidade às enzimas do amido são aumentadas por este método. Flocos com ligações mais fracas são quebrados facilmente quando há produção insuficiente da cola citada anteriormente durante o processo de floculação. Fatores críticos afetando este processo relacionam-se diretamente com a entrada de água para o endosperma, o que permite que a gelatinização ocorra (ROONEY; PFLUGFELDER, 1986).

1.4 Retrogradação e dextrinização

Retrogradação é a reassociação das moléculas de amido separadas durante a gelatinização, resultando assim na liberação de água que estava ligada à cola de amido. Este processo pode ser considerado o oposto da gelatinização. As pontes de hidrogênio entre a

amilose e as cadeias A de amilopectina são novamente formadas, apesar de que o amido que passa por este processo não tem a característica pseudocristalina do amido *in natura*. O grau de retrogradação depende de muitos fatores, como a estrutura da amilopectina e da amilose, umidade do grão, temperatura, agentes que atuam nas ligações (lipídios, por exemplo) e a concentração de amido no sistema todo. A retrogradação do amido nos alimentos pode diminuir a digestibilidade dos mesmos, mas provavelmente aumenta a durabilidade dos grãos floculados (FRENCH, 1973; ROONEY; PFLUGFELDER, 1986).

Dextrinização pode ocorrer durante o processamento dos grãos por calor seco. As dextrinas são fragmentos de amilose e amilopectina formadas por aquecimento do amido seco na presença de umidade, ácidos ou sais. O amido dextrinizado é parcialmente solúvel em água e tende a ser adesivo (ROONEY; PFLUGFELDER, 1986).

1.5 Hidrólise do amido

As amilases hidrolisam o amido e são classificadas de acordo com diferentes critérios incluindo sua fonte, produtos resultantes da hidrólise, estrutura protéica, modo de hidrólise e efeitos na viscosidade do amido (WHISTLER; BEMILLER; PASCHALL, 1984). As α -amilases hidrolisam as ligações α 1-4 dentro das moléculas de amido, produzindo assim maltose e dextrinas lineares e ramificadas (atividade endo-amilase). Estes produtos são hidrolisados muito mais rapidamente pelas amiloglicosidases intestinais do que moléculas inteiras de amido. As β -amilases e glicoamilases, por sua vez, atacam resíduos terminais de glicose, produzindo então maltose e glicose, respectivamente (atividade exo-amilase).

As amilases salivares e pancreáticas têm papel relevante na digestão do amido de não ruminantes.

1.6 Determinação do grau de gelatinização do amido

Esta estimativa se faz necessária a fim de se monitorar a efetividade do processamento dos alimentos. Assim, a birrefringência, suscetibilidade do amido às enzimas e densidade dos flocos são índices utilizados no monitoramento do grau de floculação e micronização do grão. A densidade do floco tem sido um índice muito utilizado, segundo Rooney e Pflugfelder (1986), pois sua técnica é rápida, simples, reproduzível e requer poucos equipamentos. A densidade decresce em proporção direta à espessura dos flocos e depende da espécie em questão.

1.7 Floculação

A floculação é um processo mais complexo e com maior controle de qualidade do que outros tipos de processamento de grãos como a laminação a seco e a vapor. Segundo Swingle et al. (1999), o grão é exposto ao vapor por 30 a 60 minutos em câmara vertical, de aço inoxidável cujas dimensões são geralmente 3,1 a 9,2 m de altura e 91 a 183 cm de diâmetro. Esta etapa tem a finalidade de aumentar a umidade do grão, de forma que este fique com 18 a 20% de umidade para que depois possa ser floculado entre cilindros pré-aquecidos até que se alcance a densidade de floco desejada (geralmente 309 a 386 g/l). Os cilindros tornam-se

quentes conforme o grão inchado pelo vapor passe por estes, o que é importante no processo de floculação. A magnitude do processo (pressão de floculação) aumenta conforme a densidade de floco diminui. A qualidade de um grão que passou pelo processo de floculação a vapor pode ser testada por métodos laboratoriais, como a hidrólise enzimática do amido ou porcentagem de amido gelatinizado (SWINGLE et al., 1999; XIONG; BARTLE; PRESTON, 1991).

1.8 Digestão do amido

A digestão ruminal e intestinal do amido não podem ser completamente separadas pois a pré-digestão ruminal influencia tanto a quantidade quanto a composição do amido que chega ao intestino delgado, segundo Owens, Zinn e Kim (1986).

1.8.1 Digestão ruminal do amido

Hale (1973) e Theurer (1986) afirmaram ser o rúmen o sítio de maior digestão do amido.

Estudos anteriores contribuíram para esta conclusão. Ørskov (1986) concluiu que grãos como cevada ou trigo, quando oferecidos inteiros ou quebrados ao ruminante, têm pelo menos 90% de seu amido fermentado no rúmen. Já o milho apresenta comportamento diferente. Devido a menor taxa de digestão do amido, até 40% do mesmo pode escapar da fermentação

ruminal. Segundo Owens, Zinn e Kim (1986), a digestão ruminal do amido consumido, segundo compilação de dados provenientes de 28 ensaios, foi de 72,3%,

Por outro lado, se o amido do milho for processado antes de ser oferecido, a porcentagem que irá ser fermentada no rúmen aumenta (ØRSKOV, 1986). Segundo Owens, Zinn e Kim (1986), se houver mínimo processamento do grão, é comum que a digestão ruminal do amido consumido seja da ordem de 65% enquanto que para grãos processados adequadamente esta taxa seja superior a 85%.

Apesar dos protozoários e dos fungos participarem dos processos digestíveis no rúmen, a maioria da fermentação é realizada pelas bactérias ruminais. Segundo Huntington (1997), o passo inicial chave para compreender-se a digestão pelas bactérias é a ligação destas com o alimento; aproximadamente três quartos da digestão da fibra, proteína e amido são realizados por bactérias que estão fraca ou fortemente aderidas às partículas de alimentos (MCCALLISTER et al., 1994). Kotarski, Waniska e Thurn (1992) identificaram 15 cepas de bactérias amilolíticas e caracterizaram oito enzimas amilolíticas produzidas por essas bactérias. Pelo menos algumas dessas bactérias participam do processo de hidrólise da amilopectina e da amilose, quebrando as ligações α 1-4 e α 1-6 destas moléculas. Entretanto, nem todas as bactérias possuem o conjunto completo de enzimas digestivas. Logo, é necessário que haja integração entre as espécies de bactérias amilolíticas para que a digestão do amido a monossacarídeo seja máxima.

O grão inteiro com pericarpo intacto é quase completamente resistente à digestão dos ruminantes por ser refratário ao ataque das bactérias. Em contrapartida, se houver o processamento do grão por calor, umidade, ação mecânica ou combinações entre os mesmos há o aumento da digestibilidade do amido pela maior exposição ao ataque das bactérias.

A taxa e a extensão da digestão do amido no rúmen são determinadas por relações entre diversos fatores, incluindo-se a fonte deste amido, composição da dieta, quantidade de

alimento consumido por unidade de tempo, alterações mecânicas (processamento, ruminação), alterações químicas (gelatinização) e grau de adaptação da microbiota ruminal à dieta. Huntington (1997) resumiu trabalhos envolvendo processamento de alguns tipos de grãos e chegou à conclusão que comparada à laminação a seco, a floculação aumenta a digestibilidade ruminal do amido do milho e do sorgo em 13 e 19 unidades percentuais, respectivamente. A mesma compilação de dados concluiu que a floculação não apresentou efeito significativo para aumento de digestibilidade do trigo e da aveia, sugerindo-se que quanto pior a qualidade do grão, maior o efeito positivo que o processamento irá exercer no tocante a digestibilidade do mesmo.

Não há estreita correlação entre ingestão de amido e digestibilidade ruminal, segundo Huntington (1997). Logo, aparentemente, não há limite para o rúmen digerir amido. Porém, há de ser convir que há efeitos colaterais deletérios ao animal, como a acidose ruminal, advindos de dietas com alta quantidade de amido, que devem ser evitados.

1.8.2 Digestão intestinal do amido

Em média, 5 a 20% do amido consumido é digerido após passagem pelo rúmen. A maioria deste amido que passa incólume a ação ruminal é digerido no intestino delgado, segundo Hill et al. (1991); Streeter et al. (1989) e Zinn (1991). A digestão enzimática do amido no intestino delgado dos ruminantes é semelhante a dos animais de outras espécies. O pâncreas secreta α -amilase que hidrolisa amilose e amilopectina em dextrinas e oligossacarídeos lineares de duas ou três unidades de glicose (GRAY, 1992; HARMON,

1993). O processo é completado por oligossacaridasas de superfície que estão localizadas nas membranas de borda em escova das microvilosidades intestinais.

Há interesse na determinação da capacidade dos ruminantes em digerir amido no intestino porque a absorção e metabolismo da glicose parecem ser mais eficientes do ponto de vista energético do que a fermentação e absorção de ácidos orgânicos (OWENS; ZINN; KIM, 1986). Harmon (1993) concluiu que a secreção e produção de amilases no intestino dependem mais do montante de energia ingerido pelo animal do que da quantidade de amido consumida pelo mesmo. Croom, Bull e Taylor (1992) concluíram que, em virtude de serem fermentadores pré-gástricos, os ruminantes têm um fluxo constante de digesta em direção ao duodeno, o que excluiria parte do controle neuroendócrino de secreção pancreática observada em outras espécies.

Harmon (1992) reportou percentuais de digestibilidade do amido no intestino delgado de novilhas e novilhos variando de 17,3 a 84,9%. A ingestão de amido destes animais era em torno de 2 a 4,6 kg/dia. Kreikemeier et al. (1991) infundiram amido de milho no abomaso de novilhos e obtiveram um decréscimo na taxa de desaparecimento deste amido de 86 para 55% conforme o total de amido infundido aumentava. Owens, Zinn e Kim (1986) encontraram resultado similar quanto a digestibilidade intestinal de sorgo e milho. Estes estudos, segundo Huntington (1997), confirmam trabalhos mais antigos que identificaram a falta de atividade amilase pancreática adequada como a razão primária de não haver 100% de digestibilidade do amido no intestino delgado. Outra conclusão tirada por este mesmo autor é que a secreção de amilase pancreática é diretamente proporcional à ingestão de energia.

Segundo Owens, Zinn e Kim (1986), o processamento de grãos, ao aumentar a superfície suscetível do amido ao ataque microbiano no rúmen, diminui ainda mais a fração que chega ao intestino. Apesar deste fato, há uma tendência em aumento de digestibilidade intestinal do amido de grãos processados. Owens, Zinn e Kim (1986) propuseram duas

explicações para tal paradoxo: a presença de menos substrato na luz intestinal resultaria em mais eficiente digestão ou os métodos de processamento, que aumentam a digestão no rúmen, também aumentariam a digestão intestinal.

A hipótese de que haveria um limite para digestão intestinal do amido foi testada por Owens, Zinn e Kim (1986) através de um gráfico que relacionou desaparecimento do amido no intestino delgado em função do suprimento do mesmo neste órgão. A conclusão deste estudo é de que conforme o suprimento de amido no intestino delgado aumenta, a digestão também segue o mesmo comportamento, indicando que não há um limite para digestão intestinal. Os autores concluíram que o aumento da digestão de grãos processados no intestino delgado deve-se muito mais a mudanças na disponibilidade do amido em si do que por atender a um limite fisiológico do órgão.

Apesar de não haver este limite, a eficiência com a qual o amido após passagem pelo rúmen é digerido decresce, segundo Nocek e Tamminga (1991), sugerindo que esta é uma limitação a ser investigada. Nesta revisão sobre os locais de digestão do amido, os autores sugerem que a despeito de haver amido a ser digerido no intestino, não há absorção de glicose na veia porta e os níveis séricos de glicose permanecem inalterados. Esta situação pode ser conseqüente à grande exigência metabólica de glicose por parte dos tecidos esplâncnicos (trato gastrointestinal- TGI, pâncreas, baço e gordura do omento e mesentérica), acarretando em um desvio da glicose absorvida pós-rúmen, que seria utilizada por estes órgãos no metabolismo oxidativo de suas células.

2 Seleção de dieta

Nos modernos sistemas de criação, os animais normalmente recebem os alimentos misturados ou em quantidades predeterminadas. Esta não é a situação na qual a maioria das espécies está adaptada e pode ser considerada antinatural. Os ancestrais de nossos animais domésticos sempre tiveram oportunidade de selecionar uma ampla variedade de alimentos e, obviamente, eram capazes de balancear uma mistura que garantisse seu desenvolvimento e reprodução. É possível que ingerindo uma grande quantidade de alimentos pudessem obter nutrientes suficientes para a sobrevivência, mas talvez fosse insuficiente em algumas situações como, por exemplo, quando fontes tóxicas de alimentos eram uma parte significativa do alimento disponível. Isso explica o fato de algumas espécies terem se especializado em consumir apenas um tipo de alimento (seleção de dieta inata). Entretanto, a maioria das espécies, entre elas os ruminantes, consome uma variedade de alimentos e devem aprender suas propriedades (FORBES, 1995).

Segundo Forbes (1995), muitas são as oportunidades para a aplicação da seleção de dieta, seja nos campos científico ou profissional. A percepção de que é necessário que os animais estejam aptos a perceberem os diferentes valores nutricionais dos alimentos por suas características organolépticas e a necessidade de aprenderem a relacionar tais características com as conseqüências metabólicas da ingestão dos mesmos torna possível vislumbrar que um apetite específico para cada nutriente pode ser desenvolvido. No momento, há mais certeza de que este argumento pode ser usado em uma situação de escolha de alimentos para melhorar o balanço entre as exigências do animal e o que o mesmo ingere.

A compreensão de como a seleção da dieta e a ingestão de alimentos são controladas são preocupações importantes nos campos da nutrição, fisiologia e psicologia. No caso dos

ruminantes, há duas razões para o interesse no assunto: a complexidade de seu sistema digestivo, com conseqüentes peculiaridades metabólicas e sua importância ecológica e agropecuária (econômica).

2.1 Teoria da seleção de dieta

Os princípios de seleção de dieta foram descritos por Emmans (1991). Quando são consideradas duas propriedades nutricionais de dois alimentos como as proporções destes dois alimentos necessárias para atender as exigências nutricionais do animal destes dois nutrientes, pode-se imaginar uma linha reta. Nos extremos desta linha, podem estar dois nutrientes como, por exemplo, energia e proteína. Se houver dois alimentos que se situam no meio de tal linha, qualquer mistura destes dois alimentos satisfará o animal de sua exigência protéico-energética. Porém, se houver a combinação de dois alimentos que estejam perto do pólo energético (ricos em energia), não haverá combinação possível destes dois que possa satisfazer o animal de sua exigência protéica. Se houver o oferecimento de dois alimentos, um rico em proteína e outro em energia, o animal poderá escolher proporções destes dois a fim de atender as suas exigências.

Conforme vão se acrescentando nutrientes, este modelo geométrico ganha dimensões. Assim, quando são levadas em conta às exigências animais para minerais a figura torna-se um triângulo, quando se adicionam à energia e proteína exigências para cálcio e fósforo a figura torna-se um tetraedro (quatro vértices) e assim sucessivamente. Para que se elabore um experimento para se testar a hipótese de seleção de um nutriente é necessário que pelo menos um alimento oferecido seja pobre neste nutriente estudado.

2.2 Evidências da seleção de dieta

Evidências consideráveis foram sendo acumuladas por diversos estudos feitos com animais de laboratório que puderam escolher sua dieta em função de acesso a alguns alimentos diferentes. Tais experimentos vêm sendo mais recentemente repetidos com animais de produção.

Já no início do século, Kempster (1916) e Rugg (1925) observaram que poedeiras que tinham acesso à escolha de alimentos puderam balancear sua própria ração; estes animais produziram mais ovos que aqueles que eram submetidos ao manejo nutricional tradicional (uma única ração). Poedeiras jovens, frangos de corte e perus jovens também mostraram habilidade de balancearam suas próprias dietas a partir de acesso a certos alimentos que, quando oferecidos sozinhos, não atendiam as exigências nutricionais dos animais em questão, segundo Forbes e Shariatmadari (1994). Frangos de corte conseguiram selecionar sua dieta a partir do acesso a nove diferentes gêneros alimentares, que proviam os animais de proporções similares dos nutrientes às que eram recomendadas, segundo Rose e Kyriazakis (1991).

Estudo realizado com suínos por Kyriazakis, Emmans e Whittemore (1990) mostra que quando eram oferecidos dois alimentos aos animais, um com nível alto de proteína e outro com nível baixo, eles eram capazes de consumir uma mistura dos dois que garantisse o nível de proteína adequado para sua exigência. Já quando os dois alimentos possuíam níveis baixos de proteína havia a ingestão do que possuía a maior quantidade. Quando havia o oferecimento de dois alimentos com altos níveis de proteína, os animais se alimentaram preferencialmente pelo alimento que possuía o menor nível, talvez pela sobrecarga metabólica da excreção de compostos nitrogenados.

Em ovinos, o estudo de Glimp (1971) mostrou que cordeiros em crescimento com acesso a diferentes alimentos que possuíam diferentes níveis de energia aprenderam a selecionar o alimento mais energético, no caso, o que mais atendia sua exigência nutricional.

2.3 Pré-requisitos para seleção de dieta

Segundo Forbes (1995), há a necessidade de diferenciação sensorial dos alimentos por parte do animal. Assim, um nutriente que seja exigido em quantidades pequenas e que seja incolor ou insípido deverá ser colorido ou flavorizado para sinalizar ao animal. Um exemplo é se um determinado aminoácido se apresenta em excesso em um alimento e em outro é deficiente.

O treinamento ou condicionamento também é um aspecto necessário no processo de aprendizagem de escolha de alimentos. Dar tempo e oportunidades para que os animais escolham sua dieta é condição para que aprendam a associar sentidos e experiências alimentares (FORBES, 1995).

2.4 O processo de aprendizagem na escolha dos alimentos

Há fortes evidências de que os animais podem aprender a associar o gosto, o cheiro e a cor dos alimentos com as sensações que sentiram quando provaram tais alimentos. Esta é uma habilidade poderosa que permite aos animais selecionarem dentre uma variedade de alimentos a combinação que melhor atende suas exigências nutricionais. Segundo Holder (1991), o gosto e o cheiro são os dois sentidos mais importantes no momento da refeição. A visão e a audição são importantes para aves, enquanto que para mamíferos não têm grande participação no processo de escolha. Esta conclusão pôde ser extraída de alguns trabalhos, como o realizado por Wilcoxon, Dragoin e Kral (1971), no qual foram oferecidas a codornas e ratos uma solução com substância tóxica de sabor azedo e colorida de azul. Em etapa posterior duas soluções eram oferecidas aos animais: uma, colorida de azul e a outra, adicionada de flavorizante azedo. Os ratos evitaram a solução azeda enquanto que as codornas evitaram a solução azul, fato que demonstra que cada um associou a presença da toxina com uma sensação. Outros trabalhos ratificam estas conclusões com aves, para as quais a cor é um forte estímulo para desencadear aversões aprendidas (MARTIN; BELLINGHAM; STORLIEN, 1977) e preferências (KUTLU; FORBES, 1993), bem como ovinos, que utilizam mais o olfato que a visão, pois identificam forragens mesmo com os olhos vendados (ARNOLD, 1966).

O sabor também é um estímulo muito forte para associação com as propriedades nutritivas dos alimentos e na sua identificação (SCOTT, 1992). Como existem alimentos com sabor atraente aos animais, porém potencialmente tóxicos, os animais acabam, por tentativa e erro, relacionando ao longo de suas vidas aqueles que se mostram mais nutritivos (STEPHENS; KREBS, 1986). Os bovinos identificam sabores melhor do que os ovinos

(GOATCHER; CHURCH, 1970). Em novilhas, concentrados ricos em farinha de carne e ossos foram mais aceitos quando flavorizantes foram adicionados, como extrato de plantas, de laticínios ou melão (ARAVE; PURCELL; ENGSTROM, 1989). Um flavorizante pode aumentar a ingestão por um curto período, mas Frederick, Forbes e Johnson (1988) conseguiram uma maior duração utilizando flavorizante comercial com predomínio de laranja em silagem oferecida para vacas leiteiras (WELLER; PHIPPS, 1989). Apesar dos resultados obtidos com flavorizantes, os estímulos naturais são mais efetivos em desencadear respostas, quando comparados a situações artificiais (JOHNSON; BOLHIUS; HORN, 1985).

Neste contexto, insere-se o conceito de palatabilidade, que deve ser explicada como uma característica fixa do alimento. Engloba seu sabor, cor, textura e possivelmente até o ambiente em que o alimento normalmente é consumido, segundo Forbes (2001). É mais inerente ao animal que ao alimento, já que depende da experiência que este animal possui (FORBES, 1995). A tal palatabilidade, porém, não deve ser atribuído todo o processo de escolha dos alimentos. Um exemplo de que a palatabilidade não determinou o processo de escolha de alimentos foi o trabalho realizado por Blair e Fitzsimons (1970) com leitões. Aos animais foi oferecido alimento com Bitrex, a substância de gosto mais amargo ao paladar do ser humano. Em um primeiro momento, os animais pararam de comer; porém, ao ficarem com fome e percebendo que o alimento tinha apenas um gosto ruim mas era saudável, alimentaram-se normalmente três dias depois da adição de Bitrex. Logo, um alimento ruim ao paladar tornou-se palatável em alguns dias. Gherardi e Black (1991) confirmam este estudo afirmando que a adição de substâncias químicas desagradáveis em um alimento não influencia a palatabilidade do mesmo isoladamente, mas tem efeitos marcantes na ingestão quando há possibilidade de escolha.

Há algumas atribuições inadequadas à palatabilidade. Algumas vezes, o animal pretere um determinado alimento pelo fato de este não satisfazê-lo nutricionalmente e não pela baixa

palatabilidade do mesmo. Para diferenciar o que é efeito metabólico e o que é efeito da palatabilidade foi proposto por Greenhalgh e Reid (1967) um experimento no qual ofereceram palha ou feno às ovelhas. Quantidades iguais do mesmo alimento que estava sendo administrado pela boca eram administradas via fístula ruminal. Quando a palha era oferecida oralmente e feno ruminalmente, a ingestão foi mais baixa, bem como a digestibilidade, quando comparada com o tratamento inverso. Isto demonstra uma forte influência da palatabilidade sobre a ingestão voluntária. Ovelhas gestantes consumiram pouco menos de uma silagem de baixa qualidade quando oferecida isoladamente, em relação a outras duas apresentando qualidade melhor, mas bem menos quando oferecidas juntas, possibilitando a escolha (FORBES; REES; BOAZ, 1967).

Outro sentido envolvido na escolha dos alimentos é o olfato. A bulbectomia em suínos não afetou a seleção de alimentos, mas talvez os animais já tivessem aprendido a localizar o alimento por exploração (BALDWIN; COOPER, 1979). Da mesma forma, o odor talvez não seja tão importante para ruminantes, pois ovinos bulbectomizados não alteravam sua ingestão (MCLAUGHLIN; BALDWIN; BAILE, 1974). Ruminantes carentes em sal podem detectar cheiro deste nutriente, embora este não seja volátil (BELL; SLY, 1983). Segundo Forbes (2002) o odor isolado de um alimento não influencia o nível de ingestão, mas sim a identificação de um alimento em meio a outros (informação verbal)¹.

¹ Informação fornecida por Forbes durante aula teórico-expositiva da disciplina “Balanços Nutricionais”, fornecida pelo curso de pós-graduação do Departamento de Nutrição e Produção Animal da FMVZ/USP, Pirassununga, SP, 2002.

A textura do alimento também exerce forte influência no reconhecimento do alimento pelo animal. Compreendendo-se o papel dos sentidos no processo de aprendizagem dos alimentos, conclui-se que há uma complexa interação entre visão, olfato, paladar e textura chamada contraste dinâmico, que ajuda o animal a lembrar o quanto de alimento deve ser ingerido para satisfação do organismo (HYDE; WITHERLY, 1993).

No processo de aprendizagem, há de se considerar o fator social como ferramenta de escolha dos animais. Em estudo com ovinos, Green et al. (1984) observaram que cordeiros aceitavam muito mais facilmente grãos de trigo quando viam suas mães alimentando-se do mesmo do que cordeiros que não tiveram a mesma experiência. Forbes (2002) afirma que há evidências de que animais em grupo influenciam uns aos outros quanto às preferências, principalmente por sabores específicos transmitidos através do leite para as crias ou através da experiência de animais já adaptados a certos alimentos frente aos novatos (informação verbal)².

Vacas alimentadas em grupo consumiram 7% mais ração completa quando comparadas com vacas alimentadas isoladamente, embora as alterações na produção não tenham sido significativas (PHIPPS; BINES; COOPER, 1983). No entanto, pode haver competição entre animais alojados em grupo, já que bezerros dominantes apresentam uma maior ingestão de matéria seca e têm maior ganho de peso que os animais submissos (BROOM, 1982). Lawrence e Wood-Gush (1988), trabalhando com cordeiros a campo, observaram que os mais jovens tendem a formar blocos separados dos mais velhos, sendo que estes últimos consomem mais pasto e são mais agressivos, forçando os menores a tomar esta atitude de defesa.

2 Informação fornecida por Forbes durante aula teórico-expositiva da disciplina “Balanços Nutricionais”, fornecida pelo curso de pós-graduação do Departamento de Nutrição e Produção Animal da FMVZ/USP, Pirassununga, SP, 2002.

2.5 Teoria do desconforto total mínimo

Uma teoria vêm sendo estudada por diversos pesquisadores que afirmam que os animais se alimentam para minimizar seu desconforto, comendo mais ou menos de determinado nutriente. Esta teoria vem tomando consistência com o fato de que diversos sinais de retroalimentação negativos chegam ao sistema nervoso central e são integrados pelo mesmo de maneira aditiva (FORBES, 2001).

Algumas considerações foram sendo incorporadas em um modelo de ingestão de alimentos, descrito por Forbes (1999) e por Forbes e Provenza (2000), que se baseia nas seguintes premissas:

- a. as exigências nutricionais são determinadas pelo potencial genético dos animais;
- b. deficiência ou excesso de um ou mais componentes dos alimentos gerarão desconforto relacionado à magnitude do desvio da exigência de tal nutriente;
- c. a integração de todos os desconfortos gerados por todos os alimentos forma um sinal de desconforto total;
- d. ingestão e/ou seleção de alimentos mudam de acordo com a necessidade de o animal minimizar seu desconforto e
- e. os animais aprendem a associar as propriedades organolépticas dos alimentos com o desconforto gerado após a ingestão dos mesmos.

Para se utilizar tal modelo é necessário que seja decidido quais nutrientes serão levados em consideração. Forbes (2001) considera em exemplo a produção energética advinda da digestão de um alimento, seu conteúdo fibroso e o tempo gasto para sua ingestão, considerando um grupo de ovelhas a pasto. Neste exemplo, há a compreensão de que os animais necessitavam de uma quantidade do alimento superior àquela limite que causaria

desconforto nos mesmos. O modelo propõe a determinação da quantidade de alimento que não causaria desconforto e nem prejudicaria as exigências nutricionais dos animais.

2.6 Limitações à seleção de dieta

Algumas substâncias podem agir como fator limitante da seleção de dieta, como descreveu Forbes (1995).

As toxinas são substâncias que causam sinais de desconforto ou aversão seja por sua própria toxicidade seja por sabor amargo como, por exemplo, o tanino. Dietas que possuíam em sua composição a canola eram rejeitadas pelos animais até mesmo quando os glicosinolatos presentes (substâncias tóxicas) estavam presente em menor quantidade devido ao desenvolvimento de genótipos da planta com menor concentração do composto (FORBES, 1995).

O rúmen pode reduzir as chances de que um alimento contendo toxinas seja associado negativamente, tanto pelo período longo de permanência deste alimento no mesmo, como pela ação da atividade microbiana (THORHALLSDOTTIR; PROVENZA; RALPH, 1987). Entretanto, este órgão também pode prolongar o período no qual tal toxina fica disponível para ser absorvida pelo organismo (ZAHORIK; HOUP, 1981). Novilhas que receberam altas doses de uréia na ração recusaram a mesma mesmo após a retirada da uréia, demonstrando que desenvolveram uma aversão devida à toxidez (CHALUPA et al., 1979).

Launchbaugh, Provenza e Burritt (1993) flavorizaram arroz e trigo com canela e ofereceram a cordeiros. Quando um dos alimentos foi associado ao cloreto de lítio, a aversão ocorreu para ambos os flavorizantes, parecendo estar associada tanto ao olfato como paladar.

A neofobia é outro limitante de seleção de dieta. Os animais costumam ter receio de ingerir alimentos estranhos a seu costume, alimentos novos na dieta. Ratos preferem alimentar-se de alimentos conhecidos em detrimento do que precisam. Por exemplo, se já conhecem a gordura e precisam de proteína, comerão gordura e rechaçarão a proteína, como mostra estudo de Reed, Friedman e Tordoff (1992).

Além de aprender a reconhecer alimentos que os façam se sentir desconfortáveis, os animais também associam os alimentos a sensações prazerosas. Frangos preferiram, como observado por Kutlu e Forbes (1993), alimentos coloridos associados ao ácido ascórbico quando a exigência desta vitamina foi aumentada devido a um estresse térmico.

A experiência prévia com um alimento pode marcar a memória de maneira bastante intensa. Ovelhas que receberam 10g diárias de um certo suplemento consumiram-no prontamente após três anos da parada desta suplementação (GREEN et al., 1984). Também se observou que cabras que já haviam estado em regiões secas de vegetação arbustiva pastaram mais rápida e eficientemente que as soltas pela primeira vez neste ambiente (ORTEGA-REYS; PROVENZA, 1993).

Assim, essas associações aprendidas formam a base da habilidade para fazer escolhas apropriadas quando há chance de escolha de alimento, o que é muito importante para se determinar o quanto de um alimento isolado será ingerido.

2.7 Integração do aprendizado e sinais metabólicos dentro da teoria de escolha dietária e ingestão de alimentos

Há de se ter uma conexão entre o que o animal aprende e o reflexo que este aprendizado teve em seu organismo, sob a forma de sinais. Todo nutriente é capaz de funcionar como

toxina se estiver em excesso e da mesma forma, uma deficiência pode desencadear uma aversão (FORBES, 1998). Alguns exemplos entre aprendizado e seu reflexo no organismo são apresentados em estudos com proteína (KYRIAZAKIS; OLDHAM, 1993) e energia (BURRITT; PROVENZA, 1992).

Existe também a associação entre o sabor e o valor nutritivo dos alimentos. Villalba e Provenza (1997b) demonstraram preferência por palha flavorizada associada com administração ruminal de amido (2,5 a 9,4% da energia digestível diária), mesmo depois de oito semanas de término das infusões. Os mesmos autores demonstraram que os animais apresentam forte preferência por dieta flavorizada associada com administração de propionato (VILLALBA; PROVENZA, 1997a).

Sinclair et al. (1993) propuseram que certos tipos de dietas podem provocar desbalanço entre energia e proteína em diferentes períodos ao longo do dia, mesmo que esta seja balanceada no final de um dia de consumo.

Cooper, Kyriazakis e Oldham (1994) ofereceram dietas com alta e baixa proteína para ovelhas prenhes e não prenhes, ambas com alta energia. As prenhes selecionaram a dieta de alta proteína muito mais que as não prenhes. Entretanto, quando a dieta era de baixa energia todas escolheram alta proteína, sendo as ovelhas prenhes ou não.

Se for verdade que os animais se alimentam para minimizar o desconforto, então mudanças no fornecimento de nutrientes para os tecidos deveriam levar a uma mudança na seleção de dietas.

2.8 Seleção não aleatória da dieta

As diferentes espécies podem confiar em poucos alimentos para seu sustento e o reconhecimento pode ser geneticamente pré-determinado ou os animais podem aprender pela experiência quais alimentos são palatáveis e nutritivos, se têm acesso a uma ampla escolha.

Em suínos, foi demonstrado por Kyriazakis, Emmans e Whittemore (1990) uma escolha entre dois alimentos contendo diferentes porcentagens de proteína. Se uma dieta continha altos níveis de proteína e a outra baixos níveis, os animais selecionavam um pouco de cada, de forma que consumissem uma dieta com 20% de proteína bruta. Quando as duas eram baixas em proteína, ingeriam mais, tentando compensar pela quantidade. Friend (1970) demonstrou que marrãs prenhes aumentavam o consumo de concentrado protéico em detrimento de *pellets* de cereais conforme avançava a gestação, evidenciando que a exigência de proteína aumentava.

Cropper, Loyd e Emmans (1985) e Hou et al. (1991) demonstraram, em ovelhas, que há uma seleção de proporções de alimentos ricos e pobres em proteína de forma a garantir o preenchimento de suas exigências para crescimento. Mesmo tendo que enfrentar uma bateria de trinta combinações, os animais conseguiram balancear a dieta.

Os animais podem ser treinados a associar diferenças nas propriedades de cada alimento. Kyriazakis, Emmans e Whittemore (1990) treinaram suínos em crescimento para diferenciar entre uma ração rica e pobre em proteína, oferecendo-lhes as rações separadamente em dias alternados por uma semana antes do teste de escolha. Shariatmadari e Forbes (1990) usaram um sistema similar com frangos, mas com tempo menor, sendo uma ração oferecida de manhã e outra à tarde, já que esses animais possuem maior taxa de reposição de nutrientes.

Tolkamp e Kyriazakis (1997), estudando em vacas leiteiras o processo de escolha entre duas dietas que diferiam em seu conteúdo protéico, concluíram que os animais escolheram a dieta mais adequada a eles e que esta escolha diferiu significativamente de um fato aleatório. Este fato é confirmado por Tolkamp et al. (1998) que também trabalharam com diferentes níveis de proteína como critério de seleção de dieta e Lawson, Redfern e Forbes (2000) trabalhando com proteína não degradável no rúmen.

Weller e Phipps (1985b), oferecendo silagens de milho ou de gramíneas para novilhas, notaram que o consumo médio foi ao redor de 40% de silagem de gramíneas e 60% para silagem de milho. A ingestão e a produção de leite foi significativamente maior nas novilhas que tiveram chance de escolha ou nas que receberam silagem de milho, comparado com as que consumiram silagem de gramíneas. Os mesmos autores (WELLER; PHIPPS, 1985a) ofereceram para metade de um grupo de vacas uma mistura de silagem de gramíneas e silagem de milho, onde a silagem de gramínea era de boa qualidade, e para outra metade uma mistura em que esta silagem era de baixa qualidade. O consumo de matéria seca foi maior quando puderam escolher, comparado com o oferecimento de apenas silagem de gramínea, sendo que a mistura com silagem de gramínea de boa qualidade teve maior preferência. Mesmo com a silagem de gramínea de alta qualidade, o oferecimento de silagem de milho aumentou o desempenho na produção de leite.

2.9 Influência do rúmen no processo de escolha pelos ruminantes

As razões para baixo consumo de forragens podem incluir falta de proteína (baixos níveis, como na silagem de milho) ou falta de carboidratos solúveis. A dieta, então, deve providenciar não apenas nitrogênio suficiente como deve também providenciar proteína que escape da degradação ruminal (fornecimento de aminoácidos essenciais).

Tolkamp e Kyriazakis (1997) evidenciaram que uma ração completa com baixo nível de proteína deprimiu a ingestão e a produção, porém quando oferecida juntamente com outra ração apresentando alto nível de proteína, possibilitando uma escolha, a preferência foi pela última em mais de 50%.

A dieta de qualquer ruminante deve fornecer nitrogênio suficiente na forma de amônia (proteína altamente degradável ou nitrogênio não-protéico) para a atividade e o crescimento microbiano no rúmen, e também proteína que escape dessa degradação ruminal para oferecer os aminoácidos essenciais não supridos pela proteína microbiana. Se o equilíbrio for ótimo entre a proteína degradável e a não-degradável não há necessidade de se fornecer quantidades de proteína maiores que as recomendadas (NRC, 1989).

Uma alternativa para se balancear corretamente uma dieta é fazer com que o próprio animal escolha seus alimentos. Há evidências de que podem escolher quantidades diferentes de dois ou mais alimentos nas proporções corretas, pois são capazes de associar as propriedades sensoriais do alimento ao seu efeito no organismo, algo facilmente demonstrável em monogástricos (FORBES, 1995). Nos ruminantes, os alimentos permanecem muito tempo no trato gastrintestinal e são completamente misturados no rúmen, tornando difícil essa associação. Porém, foi demonstrado que ovelhas preferem alimentos nutritivos e rejeitam

dietas desbalanceadas (KYRIAZAKIS; OLDHAM, 1993; COOPER; KYRIAZAKIS; NOLAN, 1995).

Estudos com vacas leiteiras demonstraram que esses animais podem escolher entre dois alimentos com propriedades diferentes. Quando oferecido feno e silagem de milho, a última era consumida cada vez mais, conforme piorava a qualidade do primeiro (WELLER; PHIPPS, 1985b).

Tolkamp e Kyriazakis (1997), oferecendo para vacas leiteiras duas rações completas baseadas em silagem de milho, uma com excesso de proteína em relação à energia e a outra com falta, observaram que, embora a dieta de baixa proteína diminuísse a ingestão e a produção se fornecida sozinha, teve seu consumo apenas ligeiramente menor que a de alta proteína, sugerindo que a escolha ocorre visando evitar um excesso de nitrogênio em relação à energia.

Quando permitida a escolha, observa-se que as vacas consomem ligeiramente maior quantidade de alimentação do que quando recebem os alimentos misturados, com aumento ainda maior do consumo quando oferecida uma grande variedade de alimentos (REID, 1965).

Kyriazakis e Oldham (1997) ofereceram dietas rápida ou lentamente fermentescíveis associadas com proteína de alta ou baixa degradabilidade ruminal para ovelhas. A escolha da dieta contendo proteína mais degradável foi associada à seleção da fonte de carboidrato rapidamente fermentescível, evidenciando a hipótese que os ruminantes aprendem a associar dietas que minimizam desbalanços metabólicos.

Cooper, Kyriazakis e Nolan (1995) demonstraram que ovelhas reduziram seu consumo de dieta de alta energia, mas mantiveram a de baixa energia, quando foi administrado ácido ou álcali no rúmen, aumentando a osmolaridade ruminal, concluindo que os animais estavam tentando manter a estabilidade deste órgão. Cooper, Kyriazakis e Oldham (1996) relataram maior escolha de dieta com alta energia quando bicarbonato foi incluído.

Phy e Provenza (1998) induziram aversão acentuada ao sobrecarregar o rúmen, mas isso foi prevenido quando bicarbonato ou lasalocida foram incluídos, confirmando que a seleção da dieta caminha em direção da estabilização das condições do rúmen.

Espera-se que em animais ruminantes haja influência dos produtos de fermentação ruminal na seleção da dieta. Azahan e Forbes (1992) administrando acetato ou cloreto de sódio diretamente no rúmen de ovelhas, encontraram redução no consumo de concentrados, mas não em feno.

Disto posto, conclui-se que a observação das vias de seleção mostra que o comportamento do animal que escolhe não sofre desvios bruscos, embora sejam observadas pequenas variações para um dado alimento ou outro, o que sustenta a idéia de que cada animal faz ponderações sobre a sua escolha, mesmo que seja para continuar ingerindo o mesmo alimento.

Segundo Forbes (2002), embora os caminhos da seleção da dieta pareçam simples, há flutuações diárias que revelam a necessidade por parte dos animais de explorar seus alimentos, permitindo que aprendam quais podem preencher suas exigências nutricionais (informação verbal)³.

3 Informação fornecida por Forbes durante aula teórico-expositiva da disciplina “Balanços Nutricionais”, fornecida pelo curso de pós-graduação do Departamento de Nutrição e Produção Animal da FMVZ/USP, Pirassununga, SP, 2002.

3 Controle da ingestão de alimentos

O estudo da ingestão de alimentos teve grande incremento nas últimas décadas, estimulando vários pesquisadores a investigá-lo com maior profundidade.

Sabe-se que o consumo de alimentos é conceito fundamental dentro do tema nutrição animal, podendo ser o aspecto responsável pela resposta animal à ração que lhe é fornecida. A resposta pode ser medida pela boa manutenção das funções vitais, crescimento animal, força de trabalho e produção leiteira.

Ao comentar sobre o consumo de alimentos, Van Soest (1994) usou a digestibilidade e utilização dos nutrientes como exemplos de aspectos qualitativos da ingestão líquida de alimentos. Isto leva a importância de se conhecer o quanto, na realidade, que o animal ingere de alimentos para depois medir quanto do mesmo é digestível e aproveitado. Illius (1998) postulou que a ingestão de alimentos é a variável mais importante no desempenho animal, apresentando alta correlação com digestibilidade.

Quando se questiona a razão pela qual os animais se alimentam, a resposta é imediata: comem para sobreviver ou para suprir seus tecidos de nutrientes exigidos para a manutenção de suas funções fisiológicas, já citada anteriormente. Porém, quando se pergunta o que regula esta ingestão, a razão pela qual os animais não se alimentam o tempo todo, a resposta é bem mais vaga e confusa. Esta questão foi a base para o começo do estudo sobre este processo.

As primeiras propostas que tentaram explicar o fator não demoraram a surgir. Seria por limite metabólico que não comem o tempo inteiro ou por desconforto físico? Talvez até aprenderiam ao longo da vida o que realmente precisam ingerir para sobreviverem. Kyriazakis, Emmans e Whittemore (1990); Kyriazakis e Oldham (1993) e Shariatmadari e Forbes (1993) estudaram o comportamento de algumas espécies animais ante a oferta *ad libitum* de alimentos e chegaram à conclusão de que os animais eram capazes de escolher

adequadamente suas dietas, baseados em seu bom desempenho nas funções vitais e produtivas. Estes estudos também concluíram que os animais alcançam um padrão estável de ingestão de energia diária e esta, por sua vez, varia ao longo do dia.

As primeiras propostas para explicar o controle da quantidade de alimento ingerida consideraram como fator limitante desta a temperatura (BROBECK, 1948), a concentração sérica de glicose (MAYER, 1953) e estoques de gordura corpo (KENNEDY, 1953). Porém nenhuma delas explicou este processo satisfatoriamente. Todas essas propostas levavam em consideração apenas um aspecto, até que Balch e Campling (1962) propuseram que "...a ingestão de alimentos provavelmente não é controlada apenas por um mecanismo...e sim através de controle do sistema nervoso central, sensações orofaríngeas, distensão e contração gástrica, mudanças na produção de calor e mudanças nos níveis de metabólitos circulantes". Forbes (1977) concluiu que a energia ou preenchimento gástrico teriam papel preponderante na regulação da ingestão de alimentos. Armitage et al. (1983), em um ensaio de palatabilidade em ratos, estudaram o papel dos fatores sensoriais dos alimentos influenciando no seu consumo e concluíram que alimentos mais palatáveis eram em média 30% mais ingeridos do que o alimento comum. Le Magnen e Devos (1984) concluíram que o alimento ingerido do começo ao final da refeição é principalmente determinado pela ação periférica, ou seja, por ação do TGI. Stricker e McCann (1985), em estudo semelhante, concluíram que quanto maior o preenchimento gástrico, menor era o tamanho da refeição. Illius e Gordon (1991) corroboraram esta proposta e concluíram que além de a ingestão ser limitada pela capacidade física do TGI, poderia ser predita pelo tamanho do animal e pela dinâmica de digestão e passagem das partículas de alimento pelo trato. Poppi, Gill e France (1994) propuseram um modelo de seis pontos de limitação de ingestão de alimentos que agiriam *per se*. São eles:

1. taxa de alimentação
2. taxa de saída da parcela do bolo digerido destinada ao bolo fecal

3. taxa de renovação ruminal
4. exigências nutricionais
5. dissipação de calor
6. metabolismo

Forbes (1995) em sua obra *Voluntary food intake and diet selection in farm animals*, propõe uma teoria de controle de ingestão de alimentos que se baseia nos estudos feitos sobre o assunto até então. Nela, distensão estomacal, regulação da temperatura no hipotálamo, concentração de glicose sanguínea, reservas de gordura corpórea e aminoácidos circulantes no plasma seriam fatores que agiriam de maneira integrada no controle estudado. O autor não somente propõe a integração mas também tenta explicar como, de fato, os fatores interagem entre si. O modelo foi chamado de integração dos *feedbacks* múltiplos.

A hipótese da integração dos *feedbacks* múltiplos propõe que a saciedade seria induzida por vários sinais viscerais alcançando o sistema nervoso central (SNC), regulando assim o consumo alimentar. Foram consideradas duas parcelas interagindo entre si: o preenchimento gástrico e a concentração de compostos químicos que chegam no fígado para serem metabolizados. Foram considerados nestas parcelas não somente o grau de distensão da parede gástrica e a concentração química dos nutrientes que alcançam o fígado, mas também o número de receptores envolvidos nestes dois processos. Assim, IS é a força com que os sinais chegam o SNC, S é o grau de distensão da parede gástrica, Ns é o número de receptores de distensão desta parede, C é a concentração química de tudo o que chega ao fígado e Nc é o número de receptores hepáticos envolvidos no processo. Haveria, então, duas possibilidades para explicar a interação destas duas parcelas: ou se multiplicariam ou se somariam. Desta forma, duas equações foram propostas: $IS = (S \times Ns) \times (C \times Nc)$ e $IS = (S \times Ns) + (C \times Nc)$. Considerando-se a proposta de multiplicação e admitindo-se que uma das parcelas seja igual a zero, em casos de rações com tamanho de partícula muito reduzido que não distendam a

parede ruminal ou em contrapartida, rações de baixa concentração energética que não produzam uma quantidade considerável de nutrientes para o fígado, o resultado da multiplicação seria zero e nenhum sinal chegaria ao SNC, não explicando desta maneira como a regulação é feita. Assim, a teoria considerou que os fatores agem aditivamente nesta regulação, conclusão que havia sido feita, ainda que em parte, por Booth e Mather (1978).

A obra de Forbes (1995) também conta com a ajuda do estudo feito por Mbanya, Anil e Forbes (1993) que infundiram no rúmen de vacas material inerte - um balão inflado de dez litros de volume - e também pequena quantidade de acetato e propionato, a fim de estudar o consumo de silagem pelos animais. Foi observado o menor consumo de silagem no grupo das vacas cujos rúmens continham o balão inflado e nas quais haviam sido feitas as infusões de acetato e propionato.

Outra obra que dedica um capítulo inteiro no estudo da ingestão de alimentos, *Nutritional Ecology of the Ruminant*, de autoria de Van Soest (1994), apresenta o resultado de muitos estudos feitos. Há uma proposta de fatores reguladores, que contaria com os fatores abaixo citados:

1. Fatores humorais
2. Densidade calórica
3. Nível de ingestão e produção animal
4. Ingestão e composição da dieta
5. Deficiências e ingestão
6. Ingestão de silagem
7. Preenchimento gástrico

Nota-se que estes pontos em muito se assemelham com os fatores limitantes citados por Forbes (1995). Van Soest (1994) também explica em sua obra, o papel regulador humoral na ingestão.

A relação entre ingestão de matéria seca e energia digestível foi estudada por Conrad (1966) em vacas. Neste estudo, o autor não utilizou nenhum ensaio com animais, apenas construiu um gráfico com dados já existentes sobre consumo de matéria seca de um determinado alimento por vacas em função da digestibilidade deste alimento. A partir deste gráfico, concluiu que o fator distensão gástrica seria o limitante da ingestão até um certo ponto e a partir deste ponto, a energia contida neste alimento saturaria os quimiorreceptores hepáticos que regulariam, então, o consumo.

Desta teoria, tirou-se que a alimentação até a saciedade teria dois caminhos a serem seguidos. Em dietas pouco digestíveis, com muito volumoso e material de baixa qualidade, o consumo seria limitado pelo espaço físico ruminal. Em contrapartida, a limitação do consumo de dietas com alta energia seria feita a partir da saturação dos quimiorreceptores hepáticos.

Balch e Campling (1965) e Colucci, Chase e Van Soest (1982) concluíram que a mudança de dieta, principalmente no tocante ao aumento de fibra na mesma, levaria a um novo equilíbrio, que contaria com o grau preenchimento gástrico, distensão das paredes do TGI e passagem da ingesta pelo mesmo. Surge o conceito de taxa de passagem, que é a taxa da porção indigestível da ingesta que passa pelo TGI por unidade de tempo. É um conceito de dinâmica, muito importante no processo elucidativo da regulação da ingestão de alimentos.

A fim de se mensurar a taxa de passagem, Paloheimo e Mäkela (1959) propuseram que o volume ruminal estimado dividido pela ingestão de alimentos resultaria em um tempo de *turnover* ou renovação ruminal. Esta razão ou razão inversa ($1/x$) foi considerada, então, a medida de quanto tempo é necessário para que o conteúdo do órgão seja renovado.

Pode-se estimar a taxa de passagem também pela administração de marcadores, compostos que, misturados ao alimento, dosam sua taxa de passagem pelo trato. É imprescindível que o marcador seja recuperável, que seja inerte, ou seja, não interaja com as

paredes gástricas, não seja absorvível e tenha um bom poder de mistura com o alimento pesquisado.

Alguns resultados dos estudos de passagem foram compilados por Van Soest (1994). Neles, concluiu-se que a taxa de passagem ruminal é menor que a taxa de passagem no trato inferior (trato inferior se considerou a partir do omaso) e que líquidos e sólidos têm taxas de passagens diferentes. O tamanho de partícula do alimento ingerido também influencia a taxa de passagem. A partícula sendo muito pequena comporta-se de maneira mais fluida e promove mais rápido esvaziamento do conteúdo ruminal. Em um primeiro momento, haveria aumento da proteína microbiana que chega às porções do trato inferior. Porém, se houvesse uma passagem muito mais rápida pelo rúmen, o alimento não teria tempo de ficar exposto à ação da microbiota ruminal, não sendo então digerido e conseqüentemente mal utilizado, saindo intacto (ou quase) no bolo fecal. O aumento da ingestão de alimentos também influencia a passagem pelo trato, pois empurra o bolo ao longo deste.

O estudo da dinâmica ruminal também conta com conceitos de digestibilidade e taxa de desaparecimento. A taxa de desaparecimento do alimento é a taxa de passagem (porção indigestível) somada à taxa de digestão (porção digerível). Em um ensaio feito por Smith (1968), estudou-se a taxa de desaparecimento de marcador (material de parede celular marcado na posição do carbono 14) dosado no rúmen de carneiro alimentado com forragem peletizada e observou-se que a taxa de digestão era mais rápida (9,2%/ h) do que a taxa de passagem (2,1%/ hora); a taxa de desaparecimento, portanto, era de 11,3%/ hora.

Um aspecto curioso da dinâmica ruminal é que digestibilidade e passagem competem pelo mesmo material. Uma tenta retê-lo para que possa ser digerido enquanto a outra tenta empurrá-lo pelo TGI a fim de que se junte ao bolo fecal.

Neste trabalho, os conceitos de seleção de dieta fundem-se aos de controle da ingestão de alimentos e energia disponível nos diferentes tipos de processamento de grãos a fim de que

se possa entender melhor se os animais têm a capacidade de escolher determinados alimentos e, se isto ocorre, o que guia tal escolha.

4 Referências

ARAVE, C. W.; PURCELL, D.; ENGSTROM, M. Effect of feed flavors on improving choice for a ten per cent meat and bone meal dairy concentrate. **Journal of Dairy Science**, v. 72, Supplement 1, p. 563, 1989.

ARMITAGE, G.; HERVEY, G. R.; ROLLS, B. J.; ROWE, E. A.; TOBIN, G. The effects of supplementation of the diet with highly palatable foods upon energy balance in the rat. **Journal of Physiology**, v. 342, p. 229-251, 1983.

ARNOLD, G. W. The special senses in grazing animals. 1. Sight and dietary habits in sheep. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 17, n. 4, p. 521-529, 1966.

AZAHAN, E. A. E.; FORBES, J. M. Effects of intraruminal infusions of sodium--salts on selection of hay and concentrate foods by sheep. **Appetite**, v. 18, issue 2, p. 143-154, 1992.

BALCH, C. C.; CAMPLING, R. C. Rate of passage of digesta through the ruminant digestive tract. In: DOUGHERTY, R. W. **Physiology of digestion in the ruminant**. Washington: Butterworths, 1965. p. 108- 123.

BALCH, C. C.; CAMPLING, R. C. Regulation of voluntary food intake in ruminants. **Nutrition Abstracts and Reviews**, v. 32, p. 669- 686, 1962.

BALDWIN, B. A.; COOPER, T. R. The effects of olfactory bullectomy on feeding behaviour in pigs. **Applied Animal Ethology**, v. 5, n. 1, p. 153-159, 1979.

BELL, F. R.; SLY, J. The olfactory detection of sodium and lithium salts by sodium deficient cattle. **Physiology & Behavior**, v. 31, issue 3, p. 307-312, 1983.

BLAIR, R.; FITZSIMONS, J. A note on the voluntary feed intake and growth of pigs given diets containing an extremely bitter compound. **Animal Production**, v. 12, part 3, p. 529-530, 1970.

BOOTH, D. A.; MATHER, P. Prototype model of human feeding, growth and obesity. In: BOOTH, D. A. **Hunger models**. Computable Theory of feeding control, London: Academic Press, 1978. p. 279- 322.

BROBECK, J. R Food intake as a mechanism of temperature regulation. **Yale Journal of Biology and Medicine**, v. 20, p. 545-552, 1948.

BROOM, D. M. Husbandry methods leading to inadequate social and maternal behaviour in cattle. In: DISTURBED BEHAVIOUR IN FARM ANIMALS, 1982, Hohenheimer Arbeiten. **Proceedings...** Hohenheimer Arbeiten: Bessei, W., 1982. p. 42-50.

BURRITT, E. A.; PROVENZA, F. D. Lambs form preferences for nonnutritive flavors paired with glucose. **Journal of Animal Science**, v. 70, n. 4, p. 1133-1136, 1992.

CHALUPA, W.; BAILE, C. A.; McLAUGHLIN, C. L.; BRAND, J. G. Effect of introduction of urea on feeding behavior of Holstein heifers. **Journal of Dairy Science**, v. 62, n. 8, p. 1278-1284, 1979.

COLUCCI, P. E.; CHASE, L. E.; VAN SOEST, P. J. Feed intake, apparent diet digestibility and rate of particulate passage in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 65, n. 8, p. 1445-1456, 1982.

CONRAD, H. R. Symposium on factors influencing the voluntary intake of herbage by ruminants: physiological and physical factors limiting feed intake. **Journal of Animal Science**, v. 25, n. 1, p. 227-235, 1966.

COOPER, S. D. B.; KYRIAZAKIS, I.; NOLAN, J. V. Diet selection in sheep-the role of the rumen environment in the selection of a diet from 2 feeds that differ in their energy density. **British Journal of Nutrition**, v. 74, n. 1, p. 39-54, 1995.

COOPER, S. D. B.; KYRIAZAKIS, I.; OLDHAM, J. D. The effect of late pregnancy on the diet selections made by ewes. **Livestock Production Science**, v. 40, n. 3, p. 263-275, 1994.

COOPER, S. D. B.; KYRIAZAKIS, I.; OLDHAM, J. D. The effects of physical form of feed, carbohydrate source, and inclusion of sodium-bicarbonate on the diet selections of sheep. **Journal of Animal Science**, v. 74, n. 6, p. 1240-1251, 1996.

CROOM, W. J.; BULL JR., L. S; TAYLOR, I. L. Regulation of pancreatic exocrine secretions in ruminants: A review. **Journal of Nutrition**, v. 122, n. 1, p. 191-202, 1992.

CROPPER, M.; LOYD, M. D.; EMMANS, G. C. An investigation into the relationship between nutrient requirements and diet selection in growing lambs. **Animal Production**, v. 40, part 3, p. 562, 1985.

EMMANS, G. C. Diet selection by animals: theory and experimental design. **Proceedings of the Nutrition Society**, v. 50, n. 1, p. 59-64, 1991.

EVERS, A. D.; STEVENS, D. J. Starch Damage. In: POMERANZ, Y (Ed.). **Advances in cereal science and technology VII**. St.Paul: American Association of Cereal Chemists, 1985. p. 321-349.

FORBES, J. M. Consequences of feeding for future feeding. **Comparative biochemistry and physiology part A**, v. 128, p. 463- 470, 2001.

FORBES, J. M. Dietary awareness. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 57, p. 287-297, 1998.

FORBES, J. M. Interrelationships between physical and metabolic control of voluntary food intake in fattening, pregnant and lactating mature sheep a model. **Animal Production**, v. 24, part 1, p. 90- 101, 1977.

FORBES, J. M. Minimal total discomfort as a concept for the control of food intake and selection. **Appetite**, v. 33, issue 3, p. 371, 1999.

FORBES, J. M. **The voluntary food intake and diet selection of farm animals**. Wallingford: CAB International, 1995. 532 p.

FORBES, J. M.; PROVENZA, F. D. Integration of learning and metabolic signals into a theory of dietary choice and food intake. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON RUMINANT PHYSIOLOGY, 9., 2000, Wallingford. **Proceedings...** Wallingford: CAB International, 2000.

FORBES, J. M.; REES, J. K.; BOAZ, T. G. Silage as a feed for pregnant ewes. **Animal Production**, v. 9, part 2, p. 399-408, 1967.

FORBES, J. M; SHARIATMADARI, F. S. Diet selection for protein by poultry. **Worlds Poultry Science Journal**, v. 50, n. 1, p. 7-24, 1994.

FREDERICK, G.; FORBES, J. M.; JOHNSON, C. L. Masking the taste of rapeseed meal in dairy compound food. **Animal Production**, v. 46, part 3, p. 518, 1988.

FRENCH, D. Chemical and physical properties of starch. **Journal of Animal Science**, v. 37, n. 4, p. 1048-1061, 1973.

FRENCH, D. Organization of starch granules. In: WHISTLER, R. L.; BEMILLER, J. N.; PASCHALL, E. F (Ed.). **Starch: chemistry and technology**. 2. ed. New York: Academic Press, 1984. p. 183-212.

FRIEND, D. W. Self-selection of feeds and water by swine during pregnancy and lactation. **Journal of Animal Science**, v. 32, n. 4, p. 658-666, 1970.

GHERARDI, S. G.; BLACK, J. L. Effect of palatability on voluntary feed intake by sheep. I. Identification of chemical that alter the palatability of a forage. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 42, n. 4, p. 571-584, 1991.

GLIMP, H. A. Effect of diet composition on diet preference by lambs. **Journal of Animal Science**, v.33, n. 4 , p. 861- 864, 1971.

GOATCHER, W. D.; CHURCH, D. C. Review of some nutritional aspects of the sense of taste. **Journal of Animal Science**, v. 31, n. 5, p. 973-981, 1970.

GRAY, G. M. Starch digestion and absorption in nonruminants. **Journal of Nutrition**, v. 122, n. 1, p. 172-177, 1992.

GREEN, G. C.; ELWIN, R. L.; MOTTERSHEAD, B. E.; KEOGH, R. G.; LYNCH, J. J. Long term effects of early experience to supplementary feeding in sheep. In: AUSTRALIAN SOCIETY OF ANIMAL PRODUCTION, 1984, [S.I.]. **Proceedings...** [S.I.]: Australian Society of Animal Production, 1984. p. 373-380.

GREENHALGH, J. F. D.; REID, G. W. Separating the effects of digestibility and palatability on food intake in ruminant animals. **Nature**, v. 212, p. 1416-1420, 1967.

HALE, W. H. Influence of processing on the utilization of grains (starch) by ruminants. **Journal of Animal Science**, v. 37, n. 4, p. 1075-1080, 1973.

HARMON, D. L. Dietary influences on carbohydrases and small intestinal starch hydrolysis capacity in ruminants. **Journal of Nutrition**, v. 122, n. 1, p. 203-210, 1992.

HARMON, D. L. Nutritional regulation of postruminal digestive enzymes in ruminants. **Journal of Dairy Science**, v. 76, n. 7, p. 2102-2111, 1993.

HILL, T. M.; SCHIMIDT, S. P.; RUSSELL, R. W.; THOMAS, E. E.; WOLFE, D. F. Comparison of urea treatment with established methods of sorghum grain preservation and

processing on site and extent of starch digestion by cattle. **Journal of Animal Science**, v. 69, n. 11, p. 4570-4576, 1991.

HOLDER, M. D. Conditioned preferences for the taste and odor components of flavors: Blocking but not overshadowing. **Appetite**, v.17, issue 1, p. 29-45, 1991.

HOU, X. Z.; EMMANS, G. C.; ADERSON, D.; ILLIUS, A.; OLDHAM, J. D. The effect of different pairs of feeds offered as a choice on food selection by sheep. **Proceedings of Nutrition Society**, v. 50, p. 94A, 1991.

HUNTIGTON, G. B. Starch utilization by ruminants: from basics to the bunk. **Journal of Animal Science**, v. 75, n. 3, p. 852-867, 1997.

HYDE, R. J.; WITHERLY, S. A. Dynamic contrast: A sensory contribution to palatability. **Appetite**, v. 21, issue 1, p. 1-16, 1993.

ILLIUS, A. W. Advances and retreats in specifying the constraints on intake in grazing ruminants. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 18., 1998, Calgary. **Proceedings...** Calgary: Association Management Centre, 1998. p. 39-44.

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**, v. 116, part 1, p. 145- 157, 1991.

JOHNSON, M. H.; BOLHUIS, J.; HORN, G. Interaction between acquired preferences and developing predispositions in an imprinting situation. **Animal Behaviour**, v. 33, part 4, p. 1000-1006, 1985.

KEMPSTER, H. L. Food selection by laying hens. **Journal of the American Association of Institutions and Investigators in Poultry Husbandry**, v. 3, p. 26-28, 1916.

KENNEDY, G. C The role of depot fat in the hypothalamic control of food intake in the rat. **Proceedings of the Royal Society- section B**, v. 140, p. 578- 592, 1953.

KOTARSKI, S.F.; WANISKA, R. D.; THURN, K. K. Starch hydrolysis by the ruminal microflora. **Journal of Nutrition**, v. 122, n. 1, p. 178- 190, 1992.

KREIKEMEIER, K. K.; HARMON, D. L; BRANDT JR., R. T; AVERY, T. B; JOHNSON, D. E. Small intestinal starch digestion in steers: Effect of various levels of abomasal glucose, corn starch and corn dextrin on small intestinal disappearance and net glucose absorption. **Journal of Animal Science**, v. 69, n. 1, p. 328-338, 1991.

KUTLU, H. R.; FORBES, J. M. Self-selection of ascorbic acid in colored foods by heat-stressed broiler chicks. **Physiology & Behaviour**, v. 53, issue 1, p. 103-110, 1993.

KYRIAZAKIS, I.; EMMANS, G. C.; WHITTEMORE, C. T. Diet selection in pigs: choices made by growing pigs given foods of different protein concentrations. **Animal Production**, v. 51, part 1, p. 189-199, 1990.

KYRIAZAKIS, I.; OLDHAM, J. D. Diet selection in sheep: the ability of growing lambs to select a diet that meets their crude protein (nitrogen x 6.25) requirements. **British Journal of Nutrition**, v. 69, n. 3, p. 617-629, 1993.

KYRIAZAKIS, I.; OLDHAM, J. D. Food intake and diet selection in sheep: The effect of manipulating the rates of digestion of carbohydrates and protein of the foods offered as a choice. **British Journal of Nutrition**, v. 77, n. 2, p. 243-254, 1997.

LAUNCHBAUGH, K. L.; PROVENZA, F. D.; BURRITT, E. A. Can plants practice mimicry to avoid graze by mammalian herbivores. **Oikos**, v. 66, p. 501-504, 1993.

LAWRENCE, A. B.; WOOD-GUSH, D. G. M. Influence of social behaviour on utilization of supplemental feedblocks by scottish hill sheep. **Animal Production**, v. 46, part. 2, p. 203-212, 1988.

LAWSON, R. E.; REDFERN, E. J.; FORBES, J. M. Choices by lactating cows between high or low in digestible undegraded protein. **Animal Science**, v. 70, part 3, p. 515-525, 2000.

LE MAGNEN, J.; DEVOS, M. Meal to meal energy balance in rats. **Physiology & Behavior**, v. 32, issue 1, p. 39-44, 1984.

LUND, D. Influence of time, temperature, moisture, ingredients and processing conditions on starch gelatinization. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 20, issue 4, p. 249-273, 1984.

MARTIN, G. M.; BELLINGHAM, W. P.; STORLIEN, L. H. Effects of varied color experience on chickens formation of color and texture aversions. **Physiology & Behavior**, v. 18, issue 3, p. 415-420, 1977.

MAURICE, T. J.; SLADE, L.; SIRETT, R. R.; PAGE, C. M. Polysaccharide- water interactions: Thermal behaviour of rice starch. In: SIMATOS, D.; MULTON, J. L. (Ed.). **Properties of water in foods**. Dordrecht: Martinus Nijhoff Publishers, 1985. p. 211-227.

MAYER, J. Glucostatic regulation of food intake. **New England Journal of Medicine**, v. 249, n. 1, p. 13- 16, 1953.

MBANYA, J. N.; ANIL, M. H.; FORBES, J. M. The voluntary intake of hay and silage by lactating cows in response to ruminal infusion of acetate or propionate, or both, with and without distension of the rumen by a balloon. **British Journal of Nutrition**, v. 69, n. 3, p. 713- 720, 1993.

MCALLISTER, T. A.; BAE, H. D.; JONES, G. A.; CHENG, K. J. Microbial Attachment and feed digestion in the rumen. **Journal of Animal Science**, v. 72, n. 11, p. 3004- 3018, 1994.

MCLAUGHLIN, C. L.; BALDWIN, B. A.; BAILE, C. A. Olfactory bulbectomy and feeding behavior. **Journal of Animal Science**, v. 39, n. 1, p.136, 1974.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of dairy cattle**. Washington: National Academy Press, 1989. 157 p.

NOCEK, J. E.; TAMMINGA, S. Site of digestion of starch in the gastrointestinal tract of dairy cows and its effect on milk yield and composition. **Journal of Dairy Science**, v. 74, n. 10, p. 3598-3629, 1991.

ØRSKOV, E. R. The effect of processing on digestion and utilization of cereals by ruminants. **Proceedings of the Nutrition Society**, v. 35, n. 2, p. 245-251, 1976.

ØRSKOV, E. R. Starch digestion and utilization in ruminants. **Journal of Animal Science**, v. 63, n. 5, p. 1624- 1633, 1986.

ORTEGA-REYES, L.; PROVENZA, F. D. Amount of experience and age affect the development of foraging skills of goats browsing blackbrush (*Coleogyne ramosissima*). **Applied Animal Behaviour Science**, v. 36, issue 3, p. 169-183, 1993.

OWENS, F. N.; ZINN, R. A.; KIM, Y. K. Limits to starch digestion in ruminant small intestine. **Journal of Animal Science**, v. 63, n. 5, p. 1634-1648, 1986.

PALOHEIMO, L.; MAKELA, A. Further studies on the retention time of food in the digestive tracts of cows. **Suom. Maataloustiet Seuran Julk.** , v. 4, n. 1, p. 15- 39, 1959.

PHIPPS, R. H.; BINES, J. A.; COOPER, A. A preliminary – study to compare individual feeding through calan electronic feeding gates to group feeding. **Animal Production**, v. 36, part 3, p. 544, 1983.

PHY, T. S.; PROVENZA, F. D. Eating barley too frequently or in excess decreases lambs preference for barley but sodium bicarbonate and lasalocid attenuate the response. **Journal of Animal Science**, v. 76, n. 6, p. 1578-1583, 1998.

POPPI, D. P.; GILL, M.; FRANCE, J. Quantification of theories of intake regulation in growing ruminants. **Journal of Theoretical Biology**, v. 167, issue 2, p. 129- 145, 1994.

REED, D. R.; FRIEDMAN, M. I.; TORDOFF; M. G. Experience with a macronutrient source influences subsequent macronutrient selection. **Appetite**, v. 18, issue 3, p. 223-232, 1992.

REID C. S. W. Quantitative studies of digestion in the reticulorumen. **Proceedings of Society of Animal Production**, v. 25, n. 1, p. 65-84, 1965.

ROONEY, L. W.; PFLUGFELDER, R. L. Factors affecting starch digestibility with special emphasis on sorghum and corn. **Journal of Animal Science**, v. 63, n. 5, p. 1607- 1623, 1986.

ROSE, S. P.; KYRIAZAKIS, I. Diet selection of pigs and poultry. **Proceedings of the Nutrition Society**, v. 50, n. 1, p. 87-98, 1991.

RUGG, W. C. Feeding experiments, free choice of feeds. **Department of Agriculture Bulletin**, v. 54, n. 1, p. 36-56, 1925.

SCOTT, T. R. "Taste": the neural basis of body wisdom. In: NUTRITIONAL TRIGGERS FOR HEALTH AND DISEASE, 1992, Karger. **Proceedings...** Karger: Simopoulos, A.P, 1992. p. 1-39.

SHARIATMADARI, F.; FORBES, J. M. Growth and food intake responses to diets of different protein contents and choice between diets containing two levels of protein in broiler and layer strains of chicken. **British Poultry Science**, v. 34, n. 5, p. 959- 970, 1993.

SHARIATMADARI, F.; FORBES, J.M. The influences of meal composition on subsequent food selection in broiler and layer chickens. **Proceedings of the Nutrition Society**, v. 49, p. 219, 1990.

SINCLAIR, L. A.; GARNSWORTHY, P. C.; NEWBOLD, J. R.; BUTTERY, P. J. Effect of synchronizing the rate of dietary energy and nitrogen release on rumen fermentation and microbial protein synthesis in sheep. **Journal of Agricultural Science**, v. 120, part 2, p. 251-263, 1993.

SMITH, L. W. **The influence of particle size and lignification upon rates of digestion and passage of uniformly labeled C¹⁴ cell walls in the sheep.** 1968. Ph.D. Thesis. University of Maryland, College Park, Maryland, 1968.

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

STREETER, M. N.; WAGNER, D. G.; OWENS, F. N.; HIBBERD, C. A. Combinations of high-moisture harvested sorghum grain and dry-rolled corn: Effects on site and extent of digestion in beef heifers. **Journal of Animal Science**, v. 67, n. 6, p. 1623- 1633, 1989.

STRICKER, E. M.; MCCANN, M. J. Visceral factors in the control of food intake. **Brain Research Bulletin**, v. 14, issue 6, p. 687- 692, 1985.

SWINGLE, R. S.; ECK, T. P.; THEURER, C. B.; DE LA LLATA, M.; POORE, M. H.; MOORE, J. A. Flake density of steam- processed sorghum grain alters performance and sites of digestibility by growing- finishing steers. **Journal of Animal Science**, v. 77, n. 5, p. 1055-1065, 1999.

THEURER, C. B. Grain Processing on Starch utilization by ruminants. **Journal of Animal Science**, v. 63, n. 5, p. 1649- 1662, 1986.

THORHALLSDOTTIR, A. G.; PROVENZA, F. D.; RALPH, D. F. Food aversion learning in lambs with or without a mother: discrimination, novelty and persistence. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 18, issue 4, p. 327-340, 1987.

TOLKAMP B. J.; DEWHURST, R.J.; FRIGGENS, N. C.; KYRIAZAKIS, I.; VEERKAMP, R. F.; OLDHAM, J. D. Diet choice by dairy cows. 1. Selection of feed protein content during the first half of lactation. **Journal of Dairy Science**, v. 81, n. 10, p. 2657-2669, 1998.

TOLKAMP, B. J.; KYRIAZAKIS, I. Measuring diet selection in dairy cows: effects of training on choice of dietary protein level. **Animal Science**, v. 64, part 2, p. 197-207, 1997.

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

VILLALBA, J. J.; PROVENZA, F. D. Preference for flavored wheat straw by lambs conditioned with intraruminal infusions of acetate and propionate. **Journal of Animal Science**, v. 75, n. 11, p. 2905-2914, 1997a.

VILLALBA, J. J.; PROVENZA, F. D. Preference for wheat straw by lambs conditioned with intraruminal infusions of starch. **British Journal of Nutrition**, v. 77, n. 2, p. 287-297, 1997b.

WELLER, R. F.; PHIPPS, R. H. The effects of silage preference on the performance of dairy cows. **Animal Production**, v. 42, part 3, p. 435, 1985a.

WELLER, R. F.; PHIPPS, R. H. Milk production from grass and maize silages. **Animal Production**, v. 40, part 3, p. 560-561, 1985b.

WELLER, R. F.; PHIPPS, R. H. Preliminary studies on the effect of flavoring agents on the dry-matter intake of silage by lactating dairy cows. **Journal of Agricultural Science**, v. 112, part 1, p. 67-71, 1989.

WHISTLER, R. L.; BEMILLER, J. N.; PASCHALL, E. F. **Starch**: chemistry and technology. 2. ed. New York: Academic Press, 1984. 718 p.

WILCOXON, H. C.; DRAGOIN, W. B.; KRAL, P. A. Illness-induced aversions in rat and quail: Relative salience of visual and gustatory cues. **Science**, v. 171, n. 3973, p. 826-828, 1971.

XIONG, Y.; BARTLE, S. J.; PRESTON, R. L. Density of steam flaked sorghum grain, roughage level and feeding regimen for feedlot steers. **Journal of Animal Science**, v.69, n. 4, p. 1707-1718, 1991.

ZAHORIK, D. M.; HOUP, K. A. Species differences in feeding strategies food hazards and the ability to learn food aversions. In: FORAGING BEHAVIOR, 1981, New York. **Proceedings...** New York: Garland Press, 1981. p. 289-310.

ZINN, R. A. Comparative feeding value of steam-flaked corn and sorghum in finishing diets supplemented with or without sodium bicarbonate. **Journal of Animal Science**, v. 69, n. 3, p. 905-916, 1991.

ZOBEL, H. F. Gelatinization of starch and mechanical properties of starch pastes. In: WHISTLER, R. L.; BEMILLER, J. N.; PASCHALL, E. F (Ed.). **Starch**: chemistry and technology. 2. ed. New York: Academic Press, 1984. p. 285- 309.

CAPÍTULO III

Efeito do processamento do concentrado sobre a seleção de dieta por bovinos. 1. Dados de consumo

Resumo: Foi objetivo do presente estudo avaliar se os bovinos são capazes de balancear sua ingestão de energia quando submetidos a dietas com diferentes conteúdos energéticos. Utilizou-se um ensaio delineado em blocos casualizados, com doze vacas Holandesas secas, não gestantes e fistuladas no rúmen. Os animais ficaram alojados em baias individuais que possuíam cochos de cimento subdivididos, permitindo assim a avaliação do consumo dos alimentos isoladamente. O ensaio foi conduzido em dois períodos (8 animais/tratamento) de 20 dias cada e contou com três tratamentos correspondentes aos diferentes tipos de processamentos do milho disponíveis para o animal manifestar suas preferências, sendo: A) cana-de-açúcar e milho moído grosso, B) cana-de-açúcar e milho moído fino e C) cana-de-açúcar e milho floculado. Uréia foi utilizada em todos os tratamentos junto com a cana-de-açúcar a fim de se fixar um teor de proteína bruta (10% PB) nas dietas experimentais para que a seleção não fosse influenciada pela proteína. A avaliação do processo de escolha foi feita através da comparação da composição química das dietas selecionadas pelos animais nos diferentes tratamentos. Para tal, foram feitas as médias dos consumos de cada alimento nos últimos quatro dias de cada período, análises bromatológicas dos alimentos utilizados e ensaio *in situ* da degradabilidade dos milhos utilizados no experimento. Os animais do tratamento C ingeriram 45,08% e 42,08% menos concentrado, 24,52% e 22,58% menos matéria seca (MS) total, 29,83% e 27,59% menos nutrientes digestíveis totais (NDT) em kg, 9,29% e 8,62% menos NDT em porcentagem e 45,7% e 47,19% mais fibra em detergente neutro em porcentagem do que os animais dos tratamentos A e B, respectivamente. Já o consumo de MS

degradável em kg e amido degradável em kg e em porcentagem não diferiu entre os tratamentos. Isto sugere que o processamento do milho influenciou a seleção de dieta, provavelmente pela energia disponível no grão e que os animais foram capazes de reconhecer diferenças na degradabilidade dos milhos que não são determinadas pelas análises bromatológicas usuais.

Palavras-chave: Bovinos. Consumo. Dieta (seleção). Energia. Floculação.

Effect of corn processing on diet selection by bovine. 1. Food intake data.

Abstract: The effect of corn, processed by three different ways, on diet selection process was studied in a randomized block design with 12 fistulated dry cows. The trial was conducted in two periods (8 animals/treatment) of 20 days each one. Treatments allowed selection of different processed corn grain by the animals: A) sugar cane and coarsely ground corn grain, B) sugar cane and finely ground corn grain, and C) sugar cane and steam-flaked corn grain. Urea was used with sugar cane in all treatments in the same proportion, ensuring 10% of crude protein in this ingredient. All ingredients had the same crude protein level (10%) to avoid nitrogen (N) influence over the selection process. Evaluation of selection process was done through comparison among chemical composition (total digestible nutrients, neutral-detergent fiber) of selected diet by the animals in different treatments. Corn intake by cows in C group was 45.08 and 42.08% lower than from those ones in A and B groups, respectively. This causes 24.52 and 22.58% lower total dry matter intake (DMI), 29.83 and 27.59% lower TDN (kg) intake, 9.29 and 8.62 lower TDN (%) intake and 45.70 and 47.19% higher NDF intake by cows on C group compared to A and B, respectively. However, degradable dry matter intake (kg) and degradable starch intake (kg and %) did not differ among treatments. These data suggest that corn processing influenced diet selection, probably due to different energy content and availability in processing grain used in this trial, and that animals were able to recognize differences among corn degradabilities, which are not determined by usual chemical analyses.

Key words: Bovine. Diet (selection). Energy. Intake. Steam-flaking.

Introdução

O conceito de processar grãos envolve o aumento da disponibilidade do amido para ataque de enzimas da microbiota ruminal e do próprio ruminante. O grão do cereal inteiro, com pericarpo intacto, é quase completamente resistente à digestão dos ruminantes por ser resistente ao ataque das bactérias (BEAUCHEMIN et al., 1994; MCALLISTER et al., 1994). Métodos como a floculação, que combina calor e umidade, resultam no aumento da área superficial do grão com aumento da digestibilidade de seu amido (BARNABÉ, 2002; THEURER; HUBER; SANTOS, 1995).

Forbes (1995) resumiu muitos estudos envolvendo a hipótese de que os animais seriam capazes de distinguir diferenças entre alimentos e que seriam capazes de escolher a melhor dieta compatível com seu estado fisiológico (crescimento, gestação, lactação).

Tais escolhas seriam baseadas não somente em percepções organolépticas, como também na composição nutricional dos alimentos, como sugerem os estudos de Lawson, Redfern e Forbes (2000); Tolkamp et al. (1998a) e Tolkamp e Kyriazakis (1997), que reportam ensaios feitos com vacas leiteiras e dietas contendo diferentes níveis de proteína.

Na literatura, há escassez de trabalhos relatando se os animais possuem a habilidade de regular sua ingestão de energia pela seleção de sua dieta. Valendo-se desta lacuna, o presente estudo visou relacionar as diferenças nutricionais entre milhos processados de diferentes maneiras com a hipótese de que os animais poderiam perceber tais diferenças, sendo assim capazes de balancear sua ingestão de energia.

Materiais e Métodos

O trabalho foi conduzido no Estábulo Experimental da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo (FMVZ/USP), onde os animais ficaram alojados em baias individuais com cochos de cimento subdivididos, que permitiram avaliar o consumo de alimentos isoladamente. Foram utilizadas doze fêmeas bovinas, da raça Holandesa, pesando em média 650 kg de peso vivo, não lactantes, não gestantes e portadoras de cânulas ruminais.

Foi utilizado neste estudo delineamento em blocos casualizados (PIMENTEL GOMES, 1985), formados em função do peso vivo dos animais ao começo do experimento. O ensaio foi dividido em dois subperíodos sucessivos e contou com três tratamentos e oito animais por tratamento.

Os tratamentos foram correspondentes aos diferentes tipos de processamento do grão de milho disponíveis para o animal manifestar suas preferências, sendo: A) cana-de-açúcar com uréia e milho moído grosso (1,6 mm de tamanho médio ponderado de partícula), B) cana-de-açúcar com uréia e milho moído fino (0,8 mm de TMP) e C) cana-de-açúcar com uréia e milho floculado (8,25 mm de TMP e densidade 270g/l).

A cana de açúcar misturada à uréia era fornecida aos animais duas vezes ao dia, às oito e às dezesseis horas. O milho era fornecido *ad libitum*, várias vezes ao dia, de forma que nunca faltasse no cocho para os animais. Duas vezes ao dia, durante o arraçoamento matinal e vespertino, eram administrados 40g de suplemento mineral (fósforo 80g, cálcio 150g, enxofre 12g, zinco 4.500mg, cobre 1600mg, cobalto 210mg, manganês 1400mg, iodo 180mg, selênio 27mg, níquel 11mg, flúor 1,3g, cloro 228g, sódio 144,40/kg do produto) diretamente no interior do rúmen de cada animal (80g/dia/animal), a fim de evitar que a preferência fosse

influenciada pelas necessidades de minerais. Além da mistura mineral, os animais receberam 40g de uma mistura formada por 9 partes de uréia e 1 parte de sulfato de amônio, a fim de se evitar deficiência de nitrogênio na dieta dos animais. Esta mistura também foi fornecida duas vezes ao dia (80g/animal/dia).

Os teores de proteína bruta (PB) dos alimentos concentrado e volumoso disponíveis para os animais pertencentes aos diferentes tratamentos foram os mesmos (10%), de forma a diminuir a influência deste nutriente sobre a escolha. Entretanto, o concentrado apresentou diferenças quanto à disponibilidade do amido para a degradação ruminal.

A identificação de que o tipo de processamento influenciou o processo de escolha foi realizada através da comparação da composição química das dietas selecionadas pelos animais nos diferentes tratamentos. A composição química dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais encontra-se na tabela 1. As determinações de matéria seca (MS), PB, extrato etéreo (EE), fibra bruta (FB), matéria mineral (MM), cálcio (Ca) e fósforo (P) foram realizadas segundo Association of Official Analytical Chemists (1985) e fibra em detergente ácido (FDA), fibra em detergente neutro (FDN) e lignina segundo Goering e Van Soest (1970). A determinação de amido foi realizada segundo Rossi Jr. e Pereira (1995), fazendo-se a extração prévia dos carboidratos solúveis segundo metodologia proposta por Hendrix (1993). A degradabilidade da matéria seca (MS) da cana-de-açúcar e da MS do amido dos diferentes tipos de milhos foi realizada no estábulo experimental da FMVZ/USP através de ensaio *in situ*, realizado segundo Mehrez e Ørskov (1977).

O experimento foi dividido em dois subperíodos de 20 dias cada, com intervalo de sete dias entre os mesmos. Entre os dias -5 e -1 de cada período os animais receberam apenas dieta volumosa e do dia 0 ao dia 14 foi acrescentado o milho à dieta dos animais. Do dia -5 ao dia 14 foi feita a pesagem do consumo individual de todos os ingredientes disponíveis em cada

tratamento. O consumo final foi obtido através da média do consumo entre os dias 11 e 14 dos períodos experimentais.

Os resultados foram analisados através do programa computacional Statistical Analysis System (SAS Institute Inc., 1998). Foi realizada a análise de variância, que separou como fontes de variação os efeitos de tratamentos, blocos e subperíodos. A separação entre as médias foi feita através do teste de LSD, escolhido em função de sua alta sensibilidade, recomendado quando o objetivo é demonstrar igualdade entre os tratamentos.

Foi utilizado um nível de significância de 5% para todos os testes realizados.

Tabela 1- Composição química dos ingredientes usados para compor as dietas experimentais com base na matéria seca (MS)

COMPOSIÇÃO QUÍMICA (%)	INGREDIENTES			
	Cana corrigida	Milho Grosso	Milho Fino	Milho Flocculado
MS total	26,65	90,03	88,91	88,26
Proteína bruta	10,00	10,17	9,46	9,13
Extrato etéreo	0,66	4,97	4,63	2,67
Fibra bruta	27,89	1,44	1,04	1,19
Fibra em detergente neutro	55,60	12,68	11,43	13,08
Fibra em detergente ácido	37,26	7,26	5,87	8,58
Lignina	6,18	1,59	1,20	1,13
Amido	-	65,75	65,16	67,18
Matéria mineral	2,39	1,36	1,43	0,20
Cálcio	0,09	0,02	0,05	0,02
Fósforo	0,04	0,32	0,30	0,17
Degradabilidade da MS	47,25	41,28	53,54	63,75
Degradabilidade do amido	-	44,33	54,38	72,04

Resultados e Discussão

Na tabela 2 são apresentadas as médias do consumo diário dos ingredientes e dos nutrientes, obtidos durante os últimos quatro dias de coleta do experimento pela seleção de alimentos e nas figuras 1 e 2, o consumo de MS e o de nutrientes digestíveis totais (NDT) durante todos os dias de coleta (dia -5 ao dia 14), respectivamente.

Os animais que receberam o tratamento C (cana + milho floculado) ingeriram 45,08% e 42,08% menos concentrado do que os animais que receberam os tratamentos A (cana + milho grosso) e B (cana + milho fino), respectivamente (Tabela 2). Isto resultou em quedas de 24,52% e 22,58% no consumo de MS total (Figura 1), 29,83% e 27,59% no consumo de NDT em kg, 9,29% e 8,62% no consumo de NDT em porcentagem (Figura 2) e aumento de 45,7% e 47,19% no consumo de FDN em porcentagem, respectivamente.

A diminuição do consumo de concentrado e conseqüentemente de MS pode ser explicada pela quantidade de energia disponível no milho floculado ser maior que a energia disponível nos outros milhos utilizados no ensaio (processados a seco). Zinn, Owens e Ware (2002) chegaram à conclusão que a floculação aumenta o valor nutricional do milho em 18%. Esta melhora na qualidade nutricional deve-se a mudanças físico-químicas na estrutura do amido que ocorrem durante seu processamento. Estas mudanças, por sua vez, são apontadas como as responsáveis pelo aumento de sua digestibilidade no trato gastrointestinal (NOCEK; TAMMINGA, 1991). Além destas modificações, o processamento age na redução do tamanho da partícula do alimento, resultando em aumento de superfície e deixando as partículas mais frágeis e acessíveis para a digestão (NOCEK; KOHN, 1987). Estando mais expostas, mais amido é digerido, mais produtos da digestão são absorvidos e mais o animal caminha para a saciedade.

Havendo aumento da disponibilidade de energia do alimento, a diminuição da ingestão de concentrado para o tratamento C pode ser explicada pela teoria do limite metabólico dos animais, estudada por Conrad (1966) e posteriormente por Forbes (1995). Os animais, satisfeitos com a quantidade de energia ingerida, não precisariam preencher todo o volume do trato gastrointestinal (limite físico do rúmen) para satisfação de sua exigência nutricional diária. Outra possibilidade diz respeito ao processo de controle fisiopatológico no rúmen, onde o aumento na produção de ácidos seria um dos fatores responsáveis pelo controle da ingestão nesses animais (VAN SOEST, 1994).

O apresentado acima seria o ponto de vista clássico desta diminuição. Porém os animais, neste estudo, foram submetidos a um processo de escolha alimentar. Apesar da literatura não apresentar muitos dados sobre a escolha em função da energia da dieta, há dados de estudos que utilizaram os conteúdos protéicos das dietas como critério desta escolha.

Tolkamp e Kyriazakis (1997) estudaram o processo de seleção de dieta em vacas leiteiras cujas dietas diferiam em conteúdo protéico. A conclusão que os autores chegaram é que vacas de alta produção escolheram dietas de alta proteína e que, conforme a produção leiteira decrescia, a escolha pela dieta com maior teor de proteína também era diminuída. Esta diminuição poderia ser devida a regulação das exigências dos animais como também pelos efeitos negativos do consumo exagerado de proteína. Este fato foi corroborado por Lawson, Redfern e Forbes (2000) também estudando a seleção de dieta em vacas leiteiras. Os autores propuseram que os animais poderiam estar guiando suas escolhas pelo conteúdo de proteína não degradável no rúmen (PNDR). Concluíram que, apesar de algumas vacas de alta produção terem escolhido a ração com maior teor de proteína, este fato não se estendeu a todo o grupo de animais estudados, uma vez que não foi estatisticamente diferente. Desta forma, a seleção efetuada por algumas vacas foi encarada como um fato isolado.

Como foram utilizadas vacas secas neste presente estudo, a produção leiteira já não entra como variável influenciando as escolhas. Porém, há o maior conteúdo de energia disponível do milho floculado em relação aos milhos processados a seco (grosso e fino) influenciando a seleção.

É importante notar que nesse experimento utilizou-se um valor tabelado para estimar o NDT do milho, tendo sido considerado o mesmo NDT para os três tipos de processamento do milho. Porém, apesar da composição química das dietas ser a mesma, há diferenças físicas entre os milhos, o que as diferencia no tocante a digestibilidade. Segundo os dados apresentados na tabela 2, é possível afirmar que as vacas não apresentaram diferenças significativas para o consumo de amido degradável total e porcentual. Estes resultados parecem caminhar no mesmo sentido da hipótese de Tolcamp et al. (1998b). O autor, após concluir que os animais realmente não selecionaram a dieta baseados em condições do ambiente de alimentação (cochos, posição do alimento), propôs que os animais poderiam estar escolhendo os alimentos segundo a proteína degradável no rúmen. Porém, naquele experimento não foi possível observar diferenças entre as escolhas e não se conseguiu chegar a uma resposta do que guiou os animais a fazerem escolhas não aleatórias.

Na tabela 2, observando-se os dados de consumo de concentrado e quantidade de amido degradável, pode-se chegar à conclusão que as vacas do tratamento C ingeriram menos concentrado dos que os animais dos tratamentos A e B. Porém, o consumo de amido degradável dos animais dos três tratamentos não diferiu estatisticamente. Desta forma, é possível suspeitar que os animais foram capazes de perceber mudanças nas características físicas do amido, mudanças estas responsáveis pela diferença na disponibilidade de energia, mas que nem sempre são detectadas pelas análises químicas e bromatológicas comumente utilizadas na nutrição animal.

Entretanto, não se pode descartar ainda a possibilidade dos animais terem estranhado a natureza do milho floculado, pelo fato de se tratar de um alimento novo. Forbes (1998) descreve a aproximação de um animal a um alimento novo como um processo cuidadoso por parte daquele. O animal comerá pequenas porções inicialmente até se sentir seguro de que o alimento não causará desconforto e também para que possa reconhecer o alimento por seu gosto e textura, propriedades alimentares de suma importância nas escolhas futuras dos animais, segundo Forbes (2001).

Como neste estudo o período em que os animais receberam os concentrados foi relativamente curto (14 dias), pode ser que não houve tempo suficiente para que os animais aprendessem que o milho floculado é um alimento seguro, tanto quanto os outros milhos. Porém, Tolkamp e Kyriazakis (1997) estudaram o treinamento dos animais para que reconhecessem os alimentos com diferentes conteúdos protéicos e chegaram à conclusão que um período curto de treinamento e nenhum treino não diferiram estatisticamente no processo de seleção.

Os gráficos cumulativos (Figuras 3, 4 e 5) mostram o perfil de alimentação de cada animal, dentro de cada tratamento. No eixo “y”, está a diferença cumulativa entre o consumo de concentrado (milho) e o consumo de volumoso (cana). Já o eixo “x” apresenta o consumo acumulado de concentrado mais o consumo da cana. Neste tipo de gráfico, criado por Kyriazakis, Emmans e Whittemore (1990), torna-se mais ilustrativo o processo de seleção dos alimentos do que pelo gráfico clássico de consumo em função do tempo. Cada animal é representado por uma reta e a inclinação desta reta mostra a proporção selecionada. Assim, uma reta paralela ao eixo “x” representa uma escolha de igual proporção entre volumoso e concentrado (escolha aleatória). Neste caso, uma reta que possui inclinação positiva, representa que o animal está ingerindo mais concentrado. Em

contrapartida, uma reta que possui inclinação negativa, representa que o animal está ingerindo mais volumoso.

Comparando-se os gráficos cumulativos do três tratamentos (Figuras 3, 4 e 5), observa-se que apenas o gráfico do tratamento C (Figura 5) possui retas com inclinação negativa. Isto representa que os alguns animais que receberam este tratamento alimentaram-se menos de concentrado (milho floculado), preferindo assim a cana. Já nos gráficos dos tratamentos A (Figura 3) e B (Figura 4), observa-se que os animais preferiram ingerir concentrado a volumoso. Além de serem alimentos de utilização freqüente na alimentação animal, o que não causaria estranheza às vacas, há menos amido disponível para degradação no milho grosso e no milho fino do que no milho floculado. Portanto, os animais dos tratamentos A e B precisariam ingerir mais deste alimento para satisfazer suas exigências nutricionais do que os animais do tratamento C.

Tabela 2- Médias do consumo diário dos alimentos e dos nutrientes pela seleção nos diferentes tratamentos, com os coeficientes de variação (C.V.) e probabilidades estatísticas (Prob.)

CONSUMO DOS NUTRIENTES	TRATAMENTOS			Média	C.V.	Prob.
	Grosso	Fino	Floculado			
MS ⁽¹⁾ total (kg)	10,40 a	10,14 a	7,85 b	9,47	24,42	0,0448
Concentrado (kg)	7,72 a	7,32 a	4,24 b	6,43	41,58	0,0102
(%)	72,97 a	70,92 a	47,20 b	63,70	33,94	0,0218
Volumoso (kg)	2,65	2,82	3,53	3,00	43,33	NS
FDN ⁽²⁾ (kg)	2,49	2,41	2,59	2,50	24,77	NS
(%)	24,66 b	24,41 b	35,93 a	28,33	33,92	0,0159
NDT ⁽³⁾ (kg)	8,08 a	7,83 a	5,67 b	7,19	27,96	0,0224
(%)	77,46 a	76,90 a	70,26 b	74,87	8,07	0,0219
Amido degradável (kg)	2,25 a	2,60 a	2,05 a	2,3	39,27	NS
(%)	21,26 a	25,13 a	22,84 a	23,08	36,89	NS
MS degradável (kg)	4,44 a	5,25 a	4,41 a	4,70	24,62	NS
(%)	42,89 c	51,71 b	55,04 a	49,88	11,89	0,0001

(1) Matéria seca. (2) Fibra em detergente neutro. (3) Nutrientes digestíveis totais.

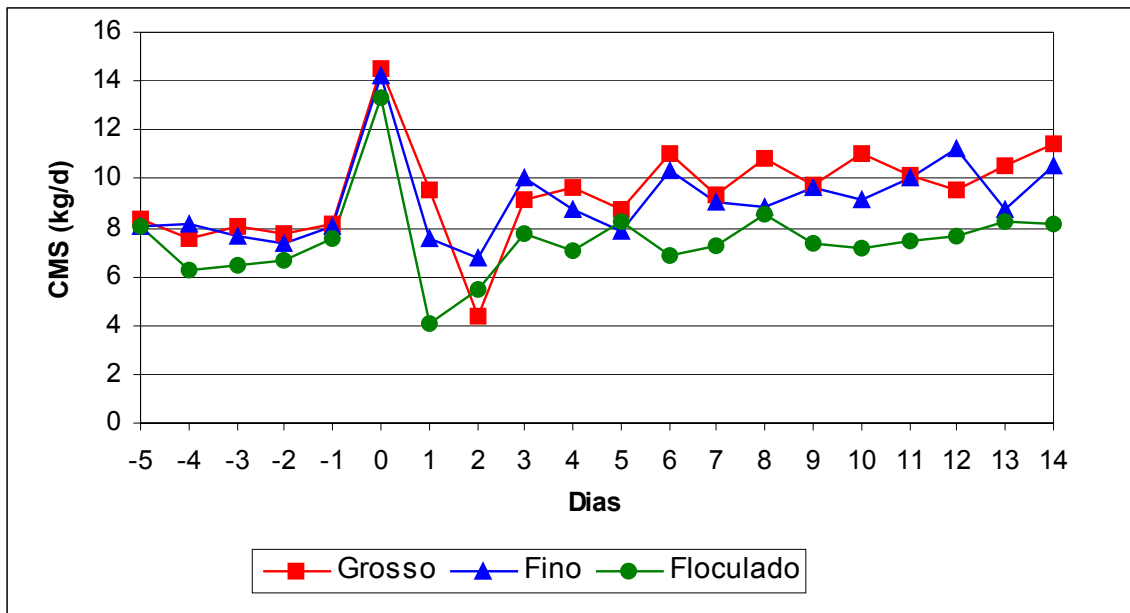


Figura 1 – Ingestão de matéria seca total, em kg, em função do tempo, dentro de cada tratamento

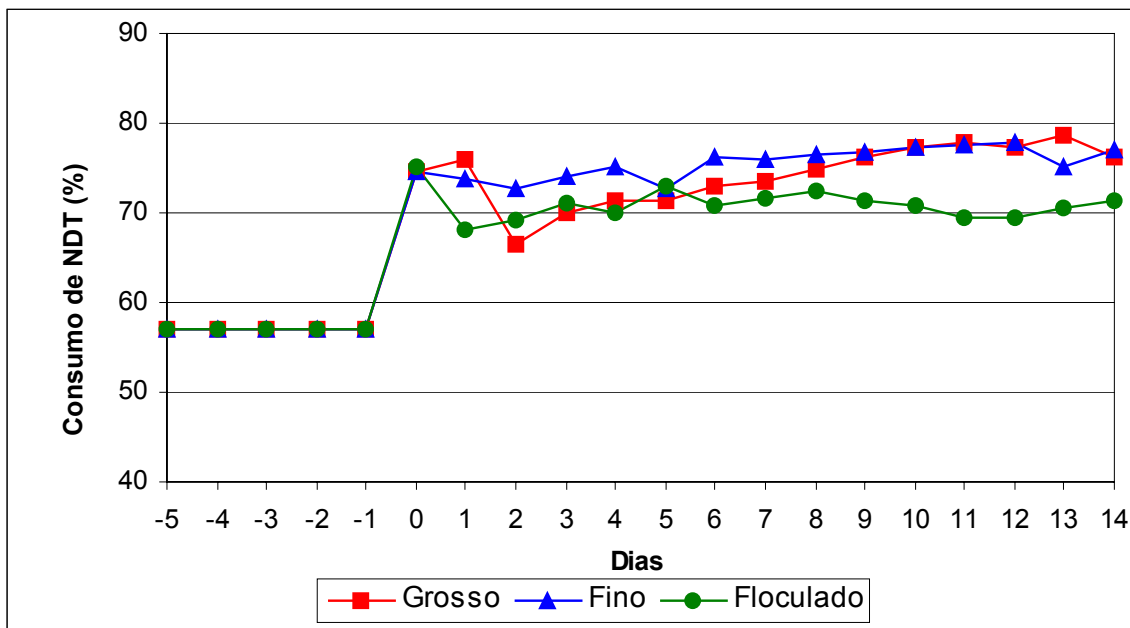


Figura 2 – Consumo de NDT, em porcentagem, em função do tempo da coleta, dentro de cada tratamento

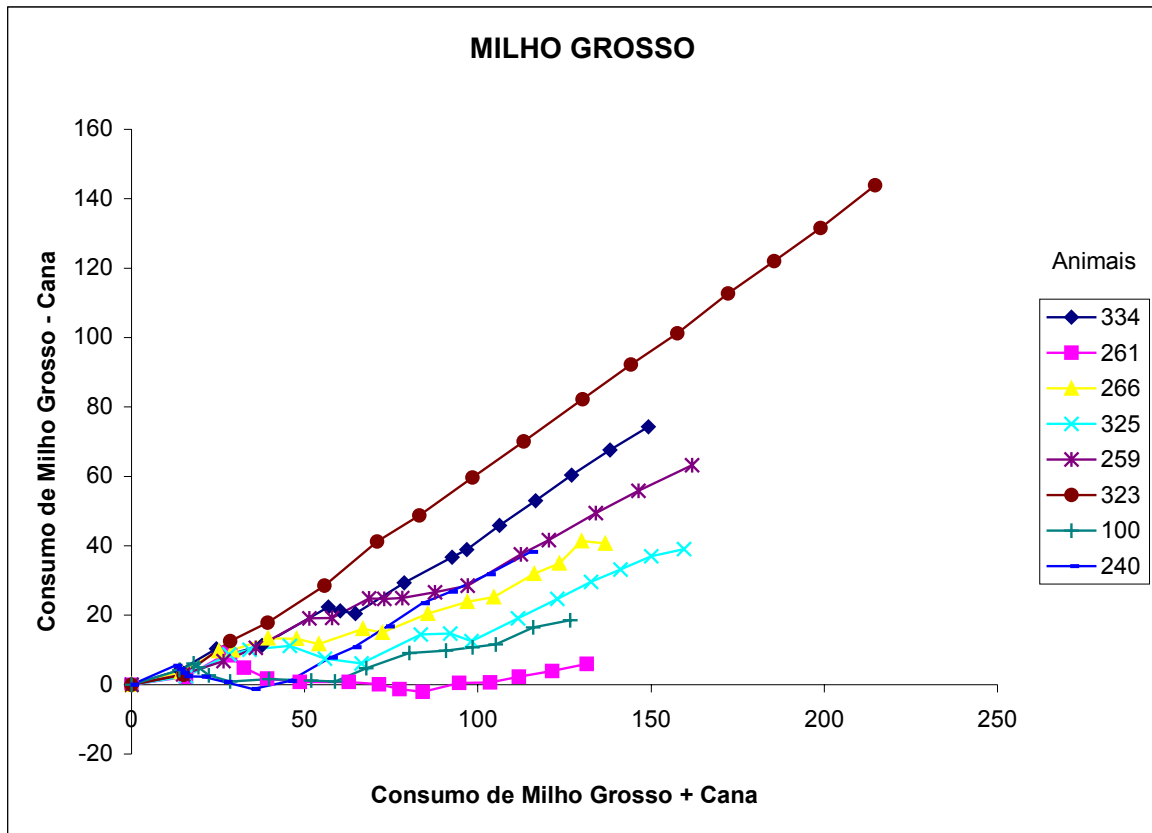


Figura 3 - Consumo acumulado de milho moído grosso menos consumo de cana-de-açúcar em função do consumo acumulado de matéria seca total, de cada animal, dentro do tratamento A (cana + milho grosso)

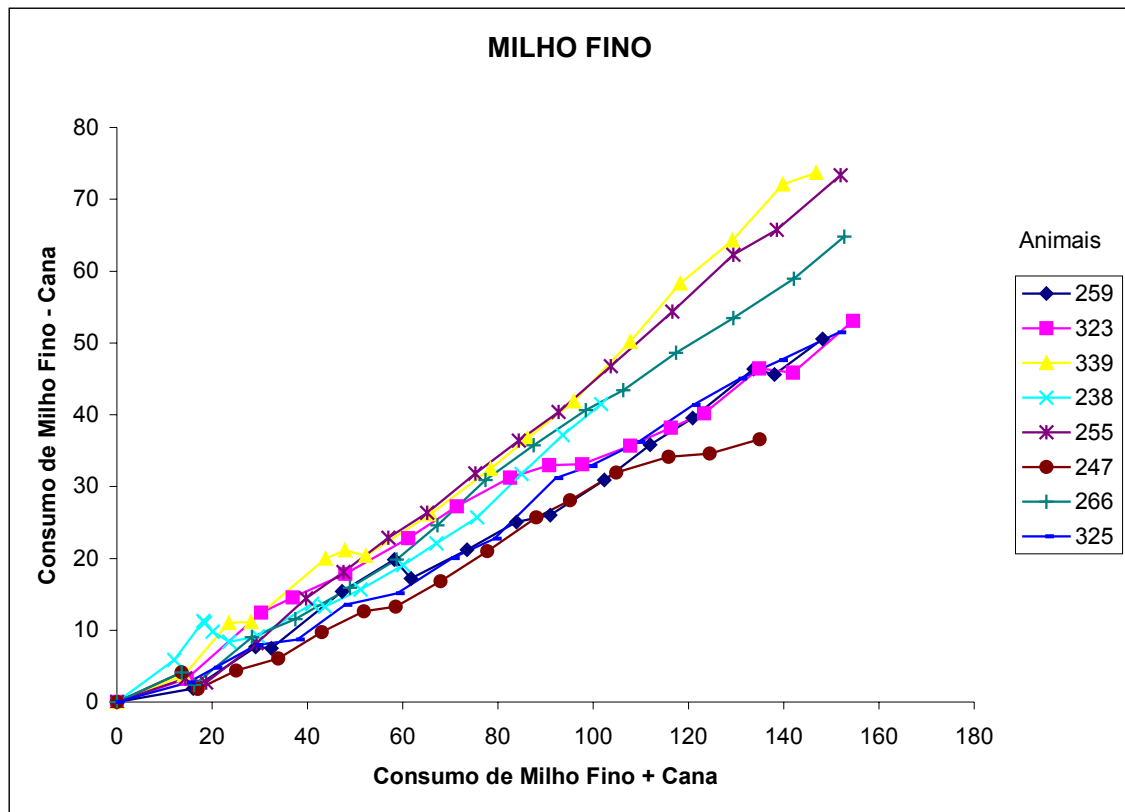


Figura 4 - Consumo acumulado de milho fino menos consumo de cana-de-açúcar em função do consumo acumulado de matéria seca total, de cada animal, dentro do tratamento B (cana + milho fino)

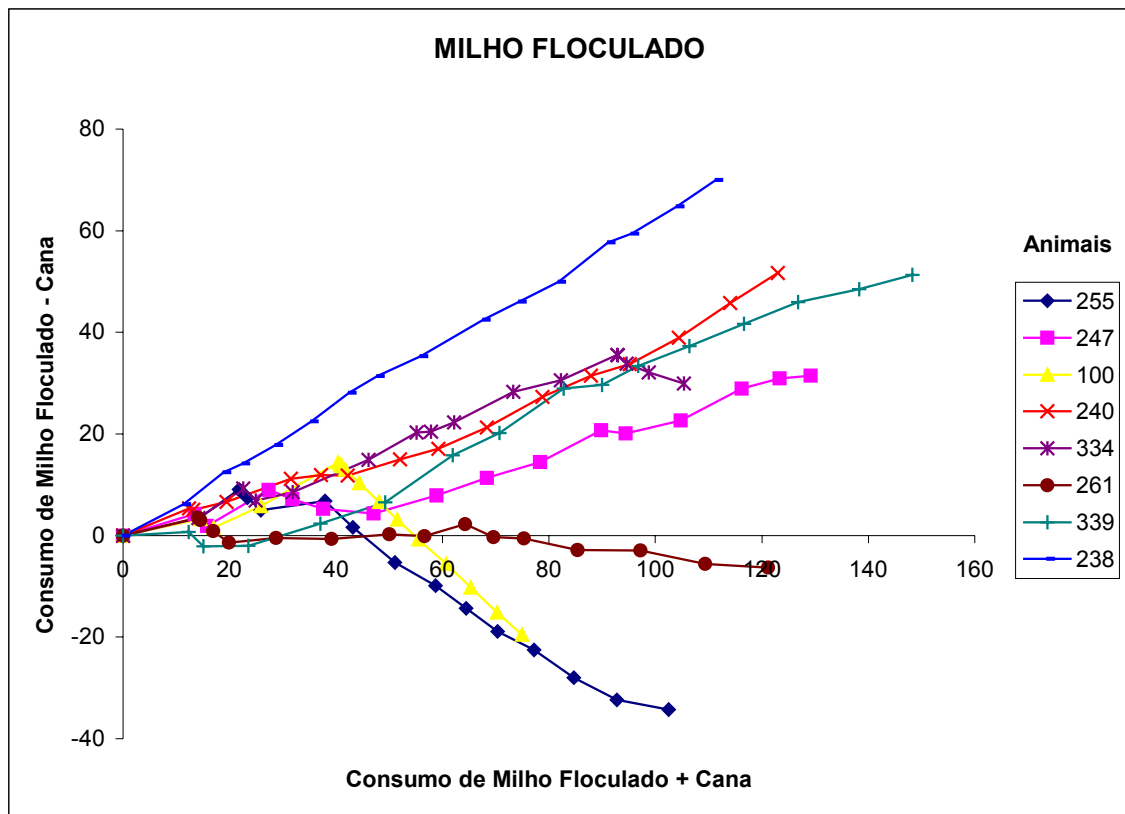


Figura 5 - Consumo acumulado de milho floculado menos consumo de cana-de-açúcar em função do consumo acumulado de matéria seca total, da cada animal, dentro do tratamento C (cana + milho floculado)

Conclusões

Oferecendo-se a bovinos a oportunidade de optarem por dietas diferentes quanto à disponibilidade de energia devido a diferentes formas de processamento de milho, pôde-se observar que os animais fizeram escolhas não aleatórias. Tais escolhas sugerem que os animais perceberam diferenças entre a disponibilidade energética dos milhos utilizados neste ensaio.

Referências

- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 13. ed. Washington: A.O.A.C., 1985. 1051 p.
- BARNABÉ, E.C. **Combinação entre fontes protéicas e energéticas com diferentes degradabilidades ruminais para vacas em lactação**. 2001. 56 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens)- Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.
- BEAUCHEMIN, K. A.; MCALLISTER, T. A.; DONG, Y.; FARR, B. I.; CHENG, K. J. Effects of mastication on digestion of whole cereal grains by cattle. **Journal of Animal Science**, v. 72, n. 1, p. 236-246, 1994.
- CONRAD, H.R. Symposium on factors influencing the voluntary intake of herbage by ruminants: Physiological and physical factors limiting feed intake. **Journal of Animal Science**, v. 25, n. 1, p. 227-235, 1966.
- FORBES, J. M. Consequences of feeding for future feeding. **Comparative biochemistry and physiology part A**, v. 128, p. 463- 470, 2001.
- FORBES, J. M. Dietary awareness. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 57, p. 287-297, 1998.
- FORBES, J. M. **Voluntary food intake and diet selection in farm animals**. 1. ed. Wallingford: CAB International, 1995. 532 p.
- GOERING, H. K.; VAN SOEST, P. J. Forage fiber analysis: apparatus, reagents, procedures and some applications. **Agriculture Handbook Forest Service**, v. 379, p. 1-20, 1970.
- HENDRIX, D.L. Rapid extraction and analyses of nonstructural carbohydrates in plant tissues. **Crop Science**, v. 33, p. 1306-1311, 1993.
- KYRIAZAKIS, I.; EMMANS, G. C.; WHITTEMORE, C. T. Diet selection in pigs: choices made by growing pigs given foods of different protein concentrations. **Animal Production**, v. 51, part 1, p.189-199, 1990.

- LAWSON, R. E.; REDFERN, E. J.; FORBES, J. M. Choices by lactating cows between high or low in digestible undegraded protein. **Animal Science**, v. 70, part 3, p. 515-525, 2000.
- MCALLISTER, T. A.; BAE, H. D.; JONES, G. A.; CHENG, K. J. Microbial Attachment and feed digestion in the rumen. **Journal of Animal Science**, v. 72, n. 11, p. 3004- 3018, 1994.
- MEHREZ, A. Z.; ØRSKOV, E. R. A study of the artificial fiber bag technique for determining the digestibility of feeds in the rumen. **Journal of Agricultural Science**, v. 88, part 3, p. 645-650, 1977.
- NOCEK, J. E.; KOHN, R. A. Initial particle form and size on change in functional specific gravity of alfalfa and timothy hay. **Journal of Dairy Science**, v. 70, n. 9 , p. 1850-1863, 1987.
- NOCEK, J. E; TAMMINGA, S. Site of digestion of starch in the gastrointestinal tract of dairy cows and its effect on milk yield and composition. **Journal of Dairy Science**, v. 74, n. 10, p. 3598-3629, 1991.
- PIMENTEL GOMES, F. **Curso de Estatística Experimental**. Piracicaba: ESALQ, 1985. 467 p.
- ROSSI JR., P.; PEREIRA, J. R. A. **Manual prático de avaliação nutricional de alimentos**. Piracicaba: FEALQ, 1995. 34 p.
- SAS Institute Incorporation. **SAS User's guide: statistics**. 7. ed. Cary: SAS Institute, 1998.
- THEURER, C. B.; HUBER, J. T.; SANTOS, F. A. P. Feeding and managing for maximal milk protein. In: SOUTHWEST NUTRITION AND MANAGEMENT CONFERENCE, 1995, Tucson. **Proceedings...** Tucson: University of Arizona, 1995.
- TOLKAMP, B. J.; DEWHURST, R. J., FRIGGENS, N. C.; KYRIAZAKIS, I.; VEERKAMP, R. F.; OLDHAM, J. D. Diet choice by dairy cows. 1. Selection of feed protein content during the first half of lactation. **Journal of Dairy Science**, v. 81, n. 10, p. 2657- 2669, 1998a.
- TOLKAMP, B. J.; KYRIAZAKIS, I. Measuring diet selection in dairy cows: effects of training on choice of dietary protein level. **Animal Science**, v. 64, part 2, p. 197-207, 1997.

TOLKAMP B. J.; KYRIAZAKIS, I.; OLDHAM, J. D.; LEWIS, M.; DEWHURST, R. J.; NEWBOLD, J. R. Diet choice by dairy cows. 2. Selection for metabolizable protein or for ruminally degradable protein ? **Journal of Dairy Science**, v. 81, n. 10, p. 2670-2680, 1998b.

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

ZINN, R. A.; OWENS, F. N.; WARE, R. A. Flaking corn: processing mechanics, quality standardas and impacts on energy availability and performance of feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, v. 80, n. 5, p. 1145-1156, 2002.

CAPÍTULO IV

Efeito do processamento do concentrado sobre a seleção de dieta por bovinos. 2. Dados de fermentação ruminal

Resumo: Foi objetivo do presente estudo avaliar a habilidade dos bovinos em perceber diferenças na disponibilidade de energia na dieta, através da manutenção de seu ambiente ruminal. Utilizou-se um ensaio delineado em blocos casualizados, com doze vacas Holandesas secas, não gestantes e fistuladas no rúmen. Os animais ficaram alojados em baias individuais que possuíam cochos de cimento subdivididos, permitindo assim a avaliação do consumo dos alimentos isoladamente. O ensaio foi conduzido em dois períodos (8 animais/tratamento) de 20 dias cada e contou com três tratamentos correspondentes aos diferentes tipos de processamentos do milho disponíveis para o animal manifestar suas preferências, sendo: A) cana-de-açúcar e milho moído grosso, B) cana-de-açúcar e milho moído fino e C) cana-de-açúcar e milho floculado. Foi fixado um nível de proteína bruta (PB) para todas as dietas experimentais (10% PB) para que a seleção de dieta dos animais para ingestão de energia não fosse influenciada pela proteína. A avaliação do processo de escolha foi feita através da comparação dos parâmetros de fermentação ruminal dos animais nos diferentes tratamentos. Para tal, diariamente eram colhidos conteúdos ruminais de todos os animais para determinação de pH, ácidos graxos voláteis (AGVs) e nitrogênio amoniacal (N-NH₃). No último dia de cada período, tais conteúdos foram colhidos em cinco tempos após a alimentação matinal (0h, 3h, 6h, 9h e 12h). Não foi possível observar diferenças no pH, AGVs totais, proporção molar de acetato e butirato bem como na concentração de nitrogênio

amoniaco do fluido ruminal dos grupos de animais estudados. Este fato pode ser explicado pela tentativa dos animais em manter seu ambiente ruminal em condições ótimas, através de regulação da ingestão de energia. No entanto, os animais do tratamento C apresentaram 12,00% e 21,79% menor concentração de propionato em seu fluido ruminal do que os animais dos tratamentos A e B, respectivamente. Este fato pode ser explicado pela menor quantidade de substrato para fermentação ruminal, devido a menor ingestão de concentrado pelas vacas do tratamento C.

Palavras-chave: Bovinos. Conforto. Dieta (seleção). Energia. Rúmen.

Effect of corn processing on diet selection by bovine. 2. Ruminal fermentation data

Abstract: In the present study, the effect of corn processing over diet selection process in bovine was studied in a randomized block design with 12 fistulated dry cows. The trial was conducted in two periods (8 animals/treatment) of 20 days each one. Treatments allowed selection of different processed corn grain by the animals: A) sugar cane and coarsely ground corn grain, B) sugar cane and finely ground corn grain, and C) sugar cane and steam-flaked corn grain. Urea was used with sugar cane in all treatments in the same proportion, ensuring 10% of crude protein in this ingredient. All ingredients had the same crude protein level (10%) to avoid nitrogen (N) influence over the selection process. The evaluation of selection process was done through comparison among cows' ruminal patterns (pH, volatile fatty acids, ammonia-N). Total VFAs, acetate and butirate molar proportion, pH and ammonia-N did not differ among treatments, which can indicate that animals do make wisely choices with the objective to keep an optimum ruminal environment. However, differences in propionate concentration and acetate: propionate ratio were observed, probably due to lower intake of steam-flaked corn in C group.

Key words: Bovine. Comfort. Diet (selection). Energy. Rumem.

Introdução

O processamento de grãos de cereais como o milho é importante ferramenta para aumentar a disponibilidade de carboidrato para fermentação ruminal, segundo Owens et al. (1997); Nocek e Tamminga (1991) e Theurer (1986).

Acrescentando-se alimentos processados a dieta animal, o ambiente ruminal pode sofrer algumas alterações, como decréscimo da proporção de acetato nos ácidos graxos voláteis totais (DHIMAN, 2002), aumento do propionato (JOY et al., 1997), decréscimo da taxa acetato:propionato (DANN; VARGA; PUTNAM, 1999; EKINCI; BRODERICK, 1997) e diminuição de nitrogênio amoniacal (CROCKER et al., 1998).

Tais mudanças podem impelir o animal a estabilizar seu ambiente ruminal, a fim de minimizar seu desconforto físico, que seria causado pela ingestão maior ou menor de algum nutriente (FORBES, 2001). Assim, dietas com muita fibra provocariam desconforto no animal pela distensão ruminal e dietas ricas em carboidratos prontamente fermentáveis causariam saturação dos receptores quimiostáticos do organismo.

O animal, então, faria escolhas alimentares que o ajudassem a minimizar seu desconforto, segundo modelo proposto por Forbes (1999) e Forbes e Provenza (2000).

Alguns estudos (LAWSON; REDFERN; FORBES, 2000; TOLKAMP et al., 1998; TOLKAMP; KYRIAZAKIS, 1997) mostram que vacas leiteiras submetidas a um processo de escolha entre dietas com diferentes níveis de proteína foram capazes de perceber as diferenças entre estes alimentos, fazendo escolhas não aleatórias.

Porém, há poucos relatos na literatura reportando se tal processo de seleção ocorre em vacas regulando sua própria ingestão de energia.

O presente estudo visou estudar se os animais são capazes de regular a ingestão de energia, disponível em quantidade diferente em milhos processados por diversos métodos, através de mudanças em seu ambiente ruminal.

Materiais e Métodos

O trabalho foi conduzido no Estábulo Experimental da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo (FMVZ/USP). Foram utilizadas doze fêmeas bovinas portadoras de cânulas ruminais, da raça Holandesa, não lactantes, não gestantes e pesando em média 650 kg de peso vivo.

Foi utilizado neste estudo delineamento em blocos casualizados (PIMENTEL GOMES, 1985) com dois subperíodos sucessivos, três tratamentos e oito animais por tratamento.

Os tratamentos foram correspondentes aos diferentes tipos de processamento do grão de milho disponíveis para o animal manifestar suas preferências, sendo: A) cana-de-açúcar com uréia e milho moído grosso (1,6 mm de tamanho médio ponderado de partícula), B) cana-de-açúcar com uréia e milho moído fino (0,8 mm de TMP) e C) cana-de-açúcar com uréia e milho floculado (8,25 mm de TMP e densidade 270g/l).

A cana-de-açúcar misturada à uréia era fornecida aos animais duas vezes ao dia, às oito e às dezesseis horas, e o milho era fornecido *ad libitum*, várias vezes ao dia, de forma que nunca faltasse no cocho para os animais. Duas vezes ao dia, durante o arraçoamento matinal e vespertino, eram administrados 40 g de suplemento mineral (fósforo 80g, cálcio 150g, enxofre 12g, zinco 4.500mg, cobre 1600mg, cobalto 210mg, manganês 1400mg, iodo 180mg, selênio 27mg, níquel 11mg, flúor 1,3g, cloro 228g, sódio 144,40/kg do produto) diretamente no interior do rúmen de cada animal (80g/dia/animal), a fim de evitar que a preferência fosse influenciada pelas necessidades de minerais. Além da mistura mineral, os animais receberam 40g de uma mistura formada por 9 partes de uréia e 1 parte de sulfato de amônio, utilizados com a finalidade de evitar deficiência de nitrogênio na dieta (80g/animal/dia).

A composição química dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais encontra-se na tabela 1. As determinações de matéria seca (MS), PB, extrato etéreo (EE), fibra bruta (FB), matéria mineral (MM), cálcio (Ca) e fósforo (P) foram realizadas segundo Association of Official Analytical Chemists (1985) e fibra em detergente ácido (FDA), fibra em detergente neutro (FDN) e lignina segundo Goering e Van Soest (1970). A determinação de amido foi realizada segundo Rossi Jr. e Pereira (1995), fazendo-se a extração prévia dos carboidratos solúveis segundo metodologia proposta por Hendrix (1993).

Os teores de proteína bruta (PB) dos ingredientes foram semelhantes (cerca de 10%), de forma a diminuir a influência deste nutriente sobre a seleção, possibilitando aos animais a chance de escolherem suas dietas, baseados nas diferenças quanto à disponibilidade do amido para a degradação ruminal.

O experimento foi dividido em dois subperíodos de 20 dias cada, com intervalo de sete dias entre os mesmos. Entre os dias -5 e -1 de cada período os animais receberam apenas dieta volumosa e do dia 0 ao dia 14 foi acrescentado o milho à dieta dos animais. Do dia -5 ao dia 14 foram medidas as seguintes variáveis no conteúdo ruminal: pH, ácidos graxos voláteis (AGVs) e nitrogênio amoniacal. No dia 14 de cada período, foram feitas cinco coletas de conteúdo ruminal, nos seguintes tempos após alimentação matinal: 0h, 3h, 6h, 9h e 12h. Nestes conteúdos foram analisadas as mesmas variáveis descritas acima.

A identificação de que o tipo de processamento influenciou o processo de escolha foi realizada através da comparação dos parâmetros ruminais dos animais dos diferentes tratamentos.

Do dia -5 ao dia 14, as amostras de conteúdo ruminal foram coletadas diariamente às onze horas, ou seja, três horas após o arraçoamento matinal. Após a determinação do pH em potenciômetro digital portátil eram armazenadas amostras para determinação dos AGVs por

cromatografia gasosa (ERWIN, MARCO; EMERY, 1961) e de nitrogênio amoniacal (N-NH₃) por colorimetria (FOLDAGER, 1977; KULASEK, 1972).

Os dados do 14º dia foram analisados através do programa computacional Statistical Analysis System (SAS Institute Inc., 1998). O modelo estatístico separou como causas de variação efeito de tratamento, blocos e períodos experimentais, sendo adicionado ainda do fator medidas repetidas no tempo, referentes às diversas horas de amostragem do conteúdo ruminal. A separação entre as médias foi realizada através do teste LSD, escolhido em função de sua alta sensibilidade, recomendado quando se objetiva mostrar igualdade entre os tratamentos. Foi utilizado um nível de significância de 5% para todos os testes realizados.

Tabela 1 - Composição química dos ingredientes usados para compor as dietas experimentais com base na matéria seca (MS)

COMPOSIÇÃO QUÍMICA (%)	INGREDIENTES			
	Cana corrigida	Milho Grosso	Milho Fino	Milho Floculado
MS total	26,65	90,03	88,91	88,26
Proteína bruta	10,00	10,17	9,46	9,13
Extrato etéreo	0,66	4,97	4,63	2,67
Fibra bruta	27,89	1,44	1,04	1,19
FDN ⁽¹⁾	55,60	12,68	11,43	13,08
FDA ⁽²⁾	37,26	7,26	5,87	8,58
Lignina	6,18	1,59	1,20	1,13
Amido	-	65,75	65,16	67,18
Matéria mineral	2,39	1,36	1,43	0,20
Cálcio	0,09	0,02	0,05	0,02
Fósforo	0,04	0,32	0,30	0,17

(1) Fibra em detergente neutro. (2) Fibra em detergente ácido.

Resultados e Discussão

Os dados sobre parâmetros ruminiais estão apresentados na Tabela 2. Pode se observar que, com relação a concentração molar de AGVs totais, ácido butírico, ácido acético, pH ruminal e nitrogênio amoniacal, não houve diferença significativa entre os tratamentos. Da mesma forma, não foi observada diferença significativa entre efeito do tempo da coleta, em horas, e efeito de tratamento.

Kyriazakis, Tolkamp e Emmans (1999) sugeriram que o animal altera sua seleção de dieta se uma mudança fisiológica, como alteração do ambiente ruminal, é suficientemente perceptível a ele. Esta percepção seria mais importante no processo de escolhas alimentares não aleatórias do que, por exemplo, uma flutuação sistêmica que acontece comumente durante o dia. Em ovinos, as escolhas dietárias observadas por Cropper (1987) e Cooper e Kyriazakis (1993) seguiram mais a busca do conforto do que a maximização de ingestão de energia. Tais observações estão de acordo com Cooper et al. (1995a) e Cooper, Kyriazakis e Nolan (1995b), que concluíram que um dos objetivos da seleção de dieta nos ruminantes é corrigir desbalanços no ambiente ruminal. O fato de, no presente estudo, não terem sido observadas muitas mudanças no ambiente ruminal dos animais alimentados com dietas de diferentes densidades energéticas pode indicar que os animais souberam distinguir que a excessiva ingestão de milho floculado poderia ser deletéria ao seu organismo e regularam assim o consumo alimentar (dado obtido do mesmo experimento) que resultou em estabilização de seu ambiente ruminal. Isto poderia explicar a igualdade estatística do pH ruminal dos animais estudados nos diferentes tratamentos (Tabela 2 e Figura 3).

Porém, ainda pode-se buscar explicação em alguns estudos de desempenho de vacas alimentadas com milho floculado em que processo de seleção de dieta não foi testado,

atribuindo-se a estabilidade do ambiente ruminal a um efeito da dieta oferecida sobre o organismo. Dhiman et al. (2002) não observaram diferenças no pH do fluido ruminal de vacas alimentadas com milho moído grosso, moído fino e floculado, fato semelhante ao que Crocker et al. (1998) observaram em vacas alimentadas com milho floculado e milho processado a seco. Joy et al. (1997) relataram a mesma situação e atribuíram a constância do pH ao adequado poder tampão do rúmen de vacas alimentadas com milho floculado.

Quanto à concentração de $N-NH_3$ no fluido ruminal dos animais (Figura 4), não houve diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 2). Este resultado concorda com alguns estudos como o de Joy et al. (1997) e Plascencia e Zinn (1996). Em contrapartida, discorda de Dhiman et al. (2002), que verificaram ser a concentração de nitrogênio amoniacal menor no fluido ruminal de vacas alimentadas com milho floculado do que com milho moído fino. Outros estudos com milho e sorgo floculado também verificaram a mesma diminuição (CHEN et al., 1994; CROCKER et al., 1998; DANN; VARGA; PUTNAM, 1999; MOORE et al., 1992; OLIVEIRA et al., 1993; POORE et al., 1993). Este fato pode ser devido a aumento da captura de $N-NH_3$ pela microbiota, devido a maior disponibilidade de energia, melhorando a utilização de nitrogênio no rúmen (DHIMAN et al., 2002). No caso do presente estudo esta manutenção da concentração de $N-NH_3$ pode reafirmar que houve seleção de dieta pelos animais, pelo fato de que, regulando sua ingestão de energia para manter um ambiente ruminal ótimo, haveria a mesma quantidade de energia disponível para a microbiota ruminal capturar o $N-NH_3$, mantendo-se então a sua concentração no fluido ruminal.

Porém, com relação ao ácido propiônico (Figura 1), os animais do tratamento C (milho floculado) apresentaram 12,00% e 21,79% e menor concentração deste ácido em seu fluido ruminal do que os animais dos tratamentos A e B, respectivamente. Este fato discorda do relatado por Dhiman et al. (2002), que encontraram maiores porcentagens de propionato em vacas recebendo milho floculado do que em vacas que recebiam milho moído fino ou grosso.

Este aumento na porcentagem de propionato também é descrito por Joy et al. (1997); Dann, Varga e Putnam (1999) e Ekinci e Broderick (1997). Nestes estudos, conforme esperado, juntamente com o aumento da porcentagem do ácido propiônico, foi encontrada diminuição da relação acético:propiônico dos animais alimentados com milho floculado em relação aos outros tipos de processamento. Já no presente trabalho, a mesma relação apresentou-se maior nos animais tratados com milho floculado (tratamento C) do que os tratados com milho grosso e fino (Figura 1), provavelmente pela diminuição da proporção de propionato observada nos animais do tratamento C (Tabela 2).

Estes resultados discordantes podem ser devido ao tipo de experimento realizado. No presente estudo, os animais foram submetidos a um processo de escolha de alimentos com diferentes disponibilidades de energia e fornecimento *ad libitum* de concentrado. No estudo de Dhiman et al. (2002), a composição da dieta era a mesma para todos os tratamentos, diferentemente do presente estudo, e os animais eram arraçoados em horários fixos e com quantidades predeterminadas. Segundo dados de consumo deste experimento, os animais do tratamento C ingeriram menos concentrado que os animais dos tratamentos A e B. Ingerida uma menor quantidade de concentrado, há menos substrato disponível no rúmen para ataque da microbiota, a despeito de o amido do milho floculado ser mais digestível do que os outros tipos utilizados neste estudo.

Tabela 2 - Concentração total de AGVs (ácidos graxos voláteis) no rúmen, porcentagens molares dos ácidos acético, propiônico e butírico, relação acético/propiônico, pH ruminal e concentração de N-NH₃ no rúmen, obtidos no dia 14, nos diferentes tratamentos, com os coeficientes de variação (C.V.) e probabilidades estatísticas

PARÂMETROS	TRATAMENTOS				PROBABILIDADES	
	Grosso	Fino	Floculado	C.V.	Trat.	Tempo*Trat.
AGVs totais (mM)	102,35 a	97,99 a	98,50 a	16,47	0,8136	0,4822
Acético (% molar)	64,98 a	61,40 a	66,01 a	9,39	0,2198	0,3680
Propiônico (% molar)	25,49 ab	28,68 a	22,43 b	23,08	0,0841	0,4231
Butírico (% molar)	9,52 a	9,92 a	11,56 a	33,23	0,4382	0,4353
Acético/Propiônico	2,79 ab	2,23 b	3,06 a	30,67	0,0722	0,1978
pH	6,14 a	6,25 a	6,24 a	5,59	0,7316	0,4547
N-NH ₃ (mg/dl)	4,66 a	3,87 a	4,18 a	113,81	0,8563	0,6560

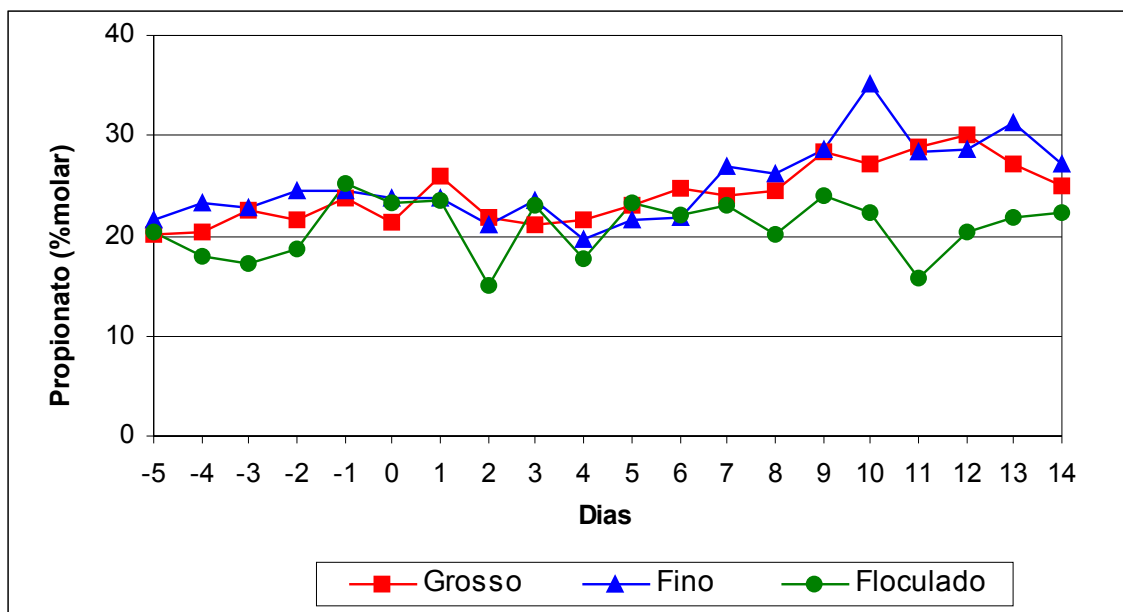


Figura 1 - Concentração molar de propionato no fluido ruminal, em porcentagem, em função do tempo, dentro de cada tratamento

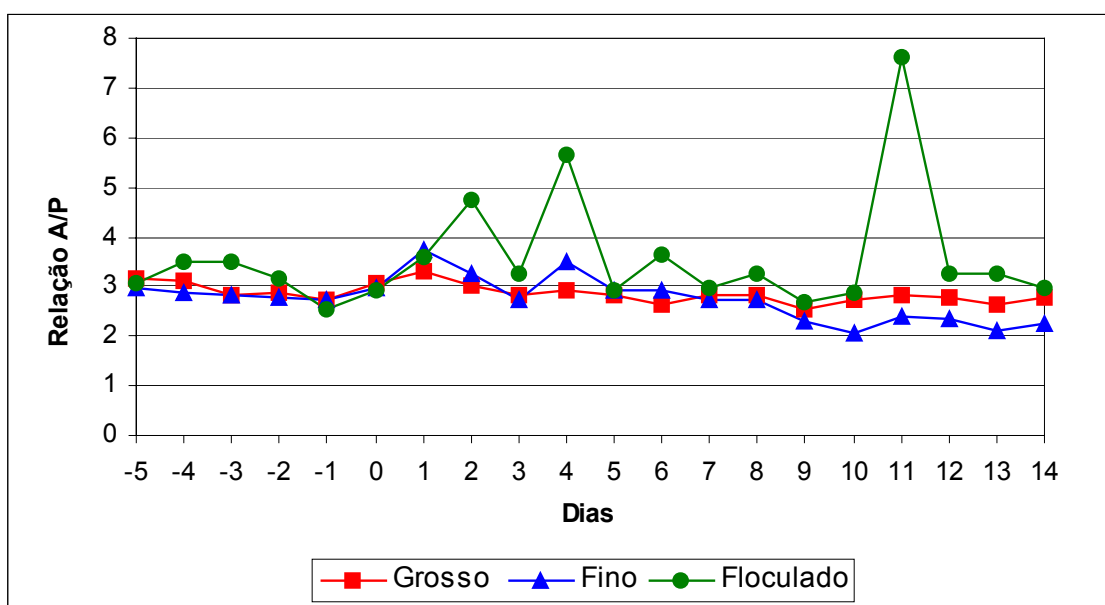


Figura 2 - Relação da concentração de acetato/propionato no fluido ruminal, em função do tempo, dentro de cada tratamento

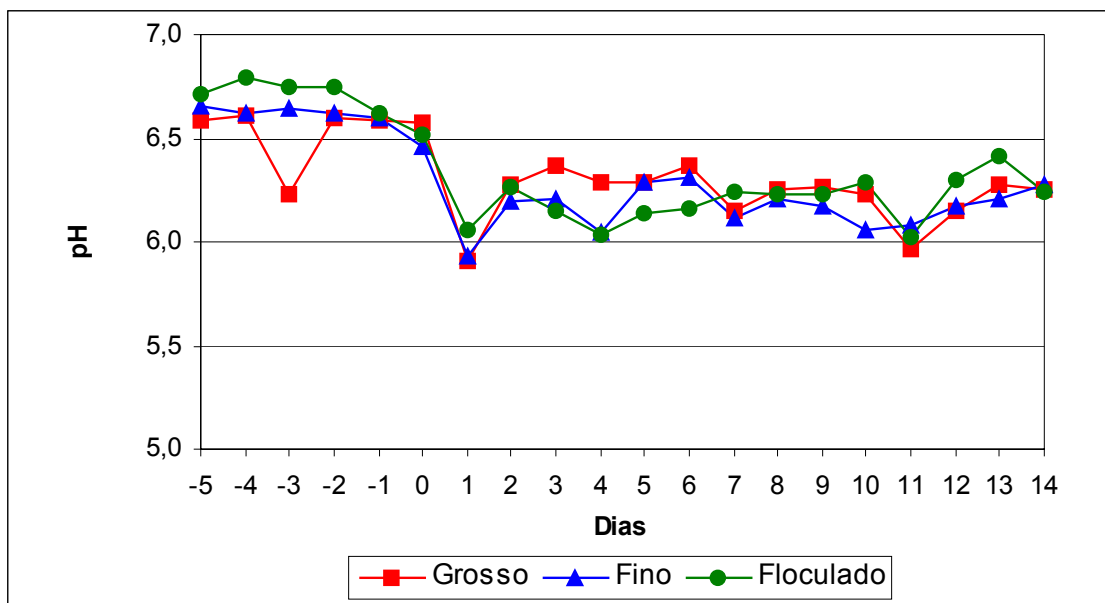


Figura 3 - Médias dos valores de pH do fluido ruminal, em função do tempo, dentro de cada tratamento

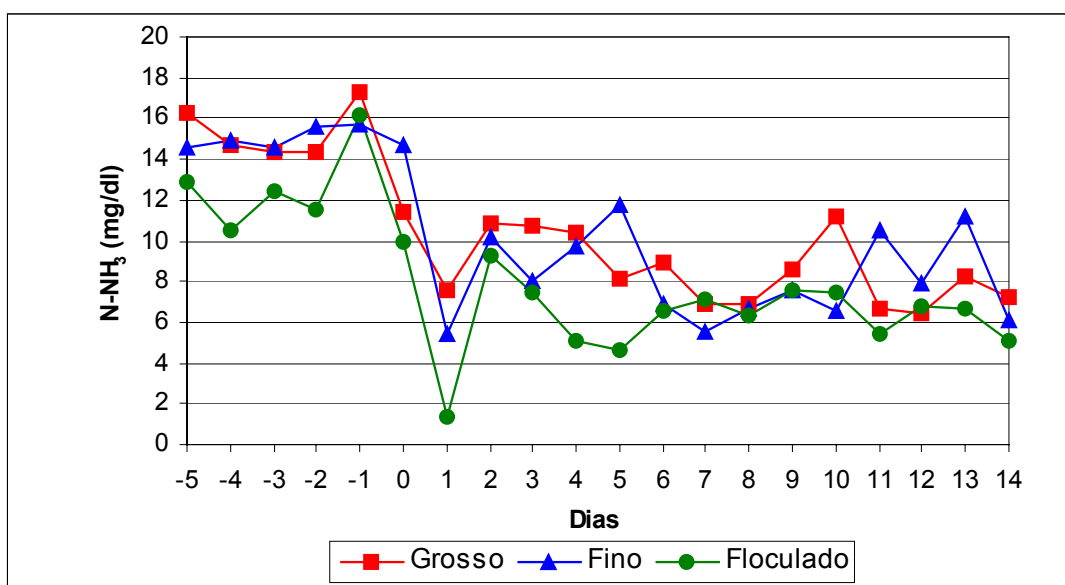


Figura 4 - Médias das concentrações de nitrogênio amoniacal (N-NH₃) do fluido ruminal, em função do tempo, dentro de cada tratamento

Conclusões

A estabilidade do ambiente ruminal como manutenção do pH, concentração de N amoniacal e AGVs parece ser fator contribuinte para que os ruminantes façam escolhas não aleatórias dos ingredientes da dieta, buscando minimizar seu desconforto.

Referências

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 13. ed. Washington: A.O.A.C., 1985. 1051 p.

CHEN, K. H; HUBER, J. T; THEURER, C. B; SWINGLE, R. S.; SIMAS, J; CHAN, S. C.; WU, Z.; SULLIVAN, J. L. Effect of steam-flaking of corn and sorghum grains on performance of lactating cows. **Journal of Dairy Science**, v. 77, n. 4, p. 1038-1043, 1994.

COOPER, S. D. B.; KYRIAZAKIS, I. The diet selection of lambs offered food choices of different nutrient density. **Animal Production**, v. 56, part 3, p. 469, 1993.

COOPER, S. D. B.; KYRIAZAKIS, I.; ANDERSON, D. H.; OLDHAM, J. D. The ability of sheep to modify their feeding behaviour in order to counteract challenges to their rumen environment. **Animal Science**, v. 60, part 3, p. 513, 1995a.

COOPER, S. D. B.; KYRIAZAKIS, I.; NOLAN, J. V. Diet selection in sheep: the role of the rumen environment on the selection of a diet from two foods that differ in their energy density. **British Journal of Nutrition**, v. 74, n. 1, p. 39-54, 1995b.

CROCKER, L. M.; DEPETERS, E. J.; FADEL, J. G.; PEREZ-MONTI, H.; TAYLOR, S. J.; WYCKOFF, J. A.; ZINN, R. A. Influence of processed corn grain in diets of dairy cows on digestion of nutrients and milk composition. **Journal of Dairy Science**, v. 81, n. 9, p. 2394-2407, 1998.

CROPPER, M.R. **Growth and development of sheep in relation to feeding strategy**. 1987. Ph. D. Tesis. University of Edinburgh, Edinburgh, 1987.

DANN, H. M.; VARGA, G. A.; PUTNAM, D. E. Improving energy supply to late gestation and early postpartum dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 82, n. 8, p. 1765-1778, 1999.

DHIMAN, T. R.; ZAMAN, M. S.; MACQUEEN, I. S.; BOMAN, R. L. Influence of corn processing and frequency of feeding on cow performance. **Journal of Dairy Science**, v. 85, n. 1, p. 217-226, 2002.

EKINCI, C.; BRODERICK, G. A. Effect of processing high moisture ear corn on ruminal fermentation and milk yield. **Journal of Dairy Science**, v. 80, n. 12, p. 3298-3307, 1997.

ERWIN, E. S.; MARCO, G. J.; EMERY, E. M.. Volatile fatty acids analyses of blood and rumen fluid by gas chromatography. **Journal of Dairy Science**, v. 44, n. 9, p. 1768- 1771, 1961.

FOLDAGER, J. **Protein requirement and non protein nitrogen for high producing cow in early lactation**. 1977. Ph D. tesis. Michigan State University, Michigan, 1977.

FORBES, J. M. Consequences of feeding for future feeding. **Comparative biochemistry and physiology part A**, v. 128, p. 463- 470, 2001.

FORBES, J. M. Minimal total discomfort as a concept for the control of food intake and selection. **Appetite**, v. 33, issue 3, p. 371, 1999.

FORBES, J. M; PROVENZA, F. D. Integration of learning and metabolic signals into a theory of dietary choice and food intake. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON RUMINANT PHYSIOLOGY, 9., 2000, Wallingford. **Proceedings...** Wallingford: CAB International, 2000.

GOERING, H. K.; VAN SOEST, P. J. Forage fiber analysis: apparatus, reagents, procedures and some applications. **Agriculture Handbook**, v. 379, p. 1-20, 1970.

HENDRIX, D.L. Rapid extraction and analyses of nonstructural carbohydrates in plant tissues. **Crop Science**, v. 33, p. 1306-1311, 1993.

JOY, M. T.; DEPETERS, E. J.; FADEL, J. G.; ZINN, R. A. Effects of corn processing on the site and extent of digestion in lactating cows. **Journal of Dairy Science**, v. 80, n. 9, p. 2087-2097, 1997.

KULASEK, G. A micromethod for determination of urea in plasma, whole blood and blood cells using urease and phenol reagent. **Polish Archive Wet.**, v. 15, n. 4, p. 801-810, 1972.

KYRIAZAKIS, I.; TOLKAMP, B. J.; EMMANS, G. Diet selection and animal state: an integrative framework. **Proceedings of the Nutrition Society**, v. 58, p. 765-772, 1999.

LAWSON, R. E.; REDFERN, E. J.; FORBES, J. M. Choices by lactating cows between high or low in digestible undegraded protein. **Animal Science**, v. 70, part 3, p. 515-525, 2000.

MEHREZ, A. Z.; ØRSKOV, E. R. A study of the artificial fiber bag technique for determining the digestibility of feeds in the rumen. **Journal of Agricultural Science**, v. 88, part 3, p. 645-650, 1977.

MOORE, J. A.; POORE, M. H.; ECK, T. P.; SWINGLE, R. S.; HUBER, J. T.; ARANA, M. J. Sorghum grain processing and buffer addition for early lactating cows. **Journal of Dairy Science**, v. 75, n. 12, p. 3465-3472, 1992.

NOCEK, J. E.; TAMMINGA, S. Site of digestion of starch in the gastrointestinal tract of dairy cows and its effect on milk yield and composition. **Journal of Dairy Science**, v. 74, n. 10, p. 3598-3629, 1991.

OLIVEIRA, J. S.; HUBER, J. T.; BEN-GHEDALIA, D.; SWINGLE, R. S.; THEURER, C. B.; PESSARAKI, M. Influence of sorghum grain processing on performance of lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 76, n. 2, p. 575-581, 1993.

OWENS, F. N.; SECRIST, D. S.; HILL, W. J.; GILL, D. R. The effect of grain source and grain processing on performance of feedlot cattle: a review. **Journal of Animal Science**, v. 75, n. 3, p. 868-879, 1997.

PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. Piracicaba: ESALQ, 1985. 467 p.

PLASCENCIA, A.; ZINN, R. A. Influence of flake density on the feeding value of steam-processed corn in diets for lactating cows. **Journal of Animal Science**, v. 74, n. 2, p. 310-316, 1996.

POORE, M. H.; MOORE, J. A.; ECK, T. P.; SWINGLE, R. S.; THEURER, C. B. Effect of fiber source and ruminal starch degradability on site and extent of digestion in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 76, n. 8, p. 2244-2253, 1993.

ROSSI JR., P.; PEREIRA, J. R. A. **Manual prático de avaliação nutricional de alimentos**. Piracicaba: FEALQ, 1995. 34 p.

SAS Institute Incorporation. **SAS User's guide: statistics**. 7. ed. Cary: SAS Institute, 1998.

THEURER, C. B. Grain Processing on Starch utilization by ruminants. **Journal of Animal Science**, v. 63, n. 5, p. 1649- 1662, 1986.

TOLKAMP B. J.; KYRIAZAKIS, I. Measuring diet selection in dairy cows: effects of training on choice of dietary protein level. **Animal Science**, v. 64, part 2, p. 197-207, 1997.

TOLKAMP B. J.; KYRIAZAKIS, I.; OLDHAM, J. D.; LEWIS, M.; DEWHURST, R. J.; NEWBOLD, J. R. Diet choice by dairy cows. 2. Selection for metabolizable protein or for ruminally degradable protein? **Journal of Dairy Science**, v. 81, n. 10, p. 2670-2680, 1998.

CAPÍTULO V

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Oferecendo-se aos animais a oportunidade de escolherem suas dietas, que diferiram quanto ao conteúdo energético, pode-se observar que souberam fazer escolhas alimentares não aleatórias. Tal fato foi concluído pela comparação da composição química das dietas escolhidas, contendo diferentes tipos de milho utilizados no ensaio, e pela mensuração do consumo dos animais ao longo dos dois subperíodos.

A partir dos parâmetros ruminais estudados, também pode-se concluir que os animais foram capazes de distinguir, entre os alimentos oferecidos, a combinação que mais estabilizou seu ambiente ruminal, prevenindo assim desconforto fisiológico ou amenizando o desconforto causado pela ingestão de um alimento em excesso, corroborando a teoria do desconforto mínimo.

Alguns estudos nesta linha de pesquisa já haviam concluído que os animais eram capazes de reconhecer diferenças entre dietas com baixo e alto conteúdo protéico. Porém, não foi possível definir com qual precisão este reconhecimento era feito, ou seja, não se sabia exatamente qual fração alimentar o animal era capaz de reconhecer (proteína metabolizável, proteína não-degradável no rúmen).

A partir do presente estudo, pode-se observar que os animais souberam balancear a ingestão de amido degradável no rúmen, conclusão extraída pela falta de diferença estatística da comparação das médias entre os tratamentos.