UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

FACULDADE DE ZOOTECNIA E ENGENHARIA DE ALIMENTOS

RODRIGO LEMOS MEIRELLES

Efeito do balanço cátion-aniônico em conjunto com diferentes proporções de volumoso e concentrado na degradabilidade ruminal

Pirassununga

2005

RODRIGO LEMOS MEIRELLES

Efeito do balanço cátion-aniônico em conjunto com diferentes proporções de volumoso e concentrado na degradabilidade ruminal

Dissertação apresentada à Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Mestre em Zootecnia.

Área de Concentração: Qualidade e Produtividade Animal

Orientadora: Dra. Márcia Saladini Vieira Salles

Pirassununga
2005

FICHA CATALOGRÁFICA
preparada pela
Biblioteca da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo

M514e

Meirelles, Rodrigo Lemos
Efeito do balanço cátion-aniônico em conjunto com diferentes proporções de volumoso e concentrado na degradabilidade ruminal / Rodrigo Lemos Meirelles – Pirassununga, 2005.
69 f.
Dissertação (Mestrado) -- Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos – Universidade de São Paulo.
Departamento de Zootecnia.
Área de Concentração: Qualidade e Produtividade Animal.
Orientador: Dra. Márcia Saladini Vieira Salles.

Unitermos: 1. Ânion 2. BCAD 3. Cátion 4. Degradabilidade ruminal 5. Milho 6. Soja I. Título.

Aos meus avós Pedro e Dorvalina (in memorium) por serem uma presença marcante na minha vida.

À minha avó Élsia, com todo o carinho.

Aos meus pais, João e Lenir, por terem aberto mão de muito para me trazer até aqui.

Ao meu irmão Roger, que conquiste o que almeja.

Dedico

AGRADECIMENTOS

À Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, por proporcionar a realização do Mestrado.

Ao Prof. Dr. Paulo Leme, pelos conselhos e amizade.

Ao Prof. Dr. Marcus Zanetti, pela ajuda prestada no mestrado.

À minha família, pelo apoio emocional e estimulante que sempre me deram.

À família de amigos que fiz em Pirassununga, que reconforta a saudade de casa.

Às amigas Tati, Ju e Milena, minhas eternas companheiras.

À amiga Fernanda, por ter me ajudado em várias fases do mestrado.

Aos amigos Haxixe, Rodon, Xamber, Pica e Lélis, pela parceria o tempo todo.

Aos amigos Chorão, Minhoca, Dani, Lísia, por serem amigos, e em muito terem me ajudado no experimento.

Aos amigos Amaury, Weber, Angélica, Rodrigo, Lígia, Laura, Fabiano, Käthery, e tantos outros parceiros de trabalho e festas.

A minha linda, com amor, Flávia.

A mis paisanos Zé Henrique, Saulo, Isabele, Evelise, e principalmente Helena (minha eterna amiga), por terem assim como eu, alçado a perna em busca de novos mates, e sempre ter amparado nuestra soledad gaucha.

Ao meu cusco Saikã, por ser o companheiro deste meu viver andarilho.

Aos animais, vítimas solicitadas pela ciência para o benefício da humanidade, que com seus olhos humildes nos falam de sua vontade de viver, meu respeito e eterna gratidão.

A CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

Aos funcionários Rose, Rosilda, todo pessoal do setor de gado de leite, funcionários da veterinária, Ari e Gilson, e todos mais que em muito me ajudaram na conclusão do mestrado.

Especialmente a Dr. Márcia, pela orientação e por ter me recebido de braços abertos. Obrigado.

“A dúvida é o começo da sabedoria.”

Segus

“O único sítio aonde o sucesso vem antes do trabalho é no dicionário.”

Albert Einstein

“Se você quer os acertos, esteja preparado para os erros.”

Carl Yastrzemski

“Se houver uma luta entre a imaginação e a vontade, a imaginação vence.”

Buda

“Primeiro aprenda a ser um artesão. Isto não impedirá você de ser um gênio.”

Eugene Delacroix

“O mistério não é um muro onde a inteligência esbarra, mas um oceano onde ela mergulha.”

Gustav Thibon

“Por mais longe que o homem vá, jamais fugirá de si.”

Jaime Caetano Braum

“Estou contente com Deus.”

Pedro Abello Lemos

RESUMO

MEIRELLES, R.L. **Efeito do balanço cátion-aniônico em conjunto com diferentes proporções de volumoso e concentrado na degradabilidade ruminal**. 2005. 69f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2005.

Os efeitos do balanço cátion-aniônico da dieta (BCAD) na degradabilidade ruminal da MS e PB do farelo de soja, degradabilidade ruminal da MS e amido do fubá de milho, foram estudados em dois experimentos com diferentes proporções de volumoso:concentrado (experimento 1 - 60:40; experimento 2 - 40:60), em 12 bezerros Holandeses (peso médio de 91,55kg e de 117,62kg respectivamente), portadores de cânulas ruminais, realizados no Campus Administrativo de Pirassununga/SP, na FZEA/USP. Os períodos experimentais foram de 35 dias, sendo 14 dias de adaptação dos animais às gaiolas e às dietas e 21 dias de colheita de dados, com 15 dias de descanso. O delineamento foi o inteiramente casualizado, com três tratamentos e quatro repetições em ambos os experimentos. Para a manipulação do BCAD, foram adicionados sulfato de amônio e bicarbonato de sódio, obtendo-se os seguintes tratamentos no experimento 1: -123, +218 e +341 mEq/kg MS; e no experimento 2: -127, +207 e +397 mEq/kg MS. Utilizou-se silagem de milho como fonte de volumoso. Os níveis de BCAD influenciaram as degradabilidades ruminais da MS e PB do farelo de soja com a proporção de volumoso:concentrado de 60:40 ($P<0,10$). As degradabilidades ruminais da MS e amido do fubá de milho com a proporção volumoso:concentrado de 60:40, não foram afetadas pelos níveis de BCAD ($P>0,10$), assim como as degradabilidades ruminais

da MS e PB do farelo de soja, MS e amido do fubá de milho com a proporção volumoso:concentrado de 40:60 (P>0,10).

Palavras chave: ânion; BCAD; cátion; degradabilidade ruminal; milho; soja.

Abstract

MEIRELLES, R. L. **Effects of dietary cation-anion balance (DCAB) associated with different rates of roughage:concentrate ratios in ruminal degradability.** 2005. 69 f. M.Sc. Dissertation – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2005.

The DCAB effects on dry matter (DM) and crude protein (CP) degradability of soybean meal and DCAB effects on DM and corn meal degradability were investigated in two trials with different rate of roughage:concentrate (experiment 1: 60:40, experiment 2: 40:60). Twelve Holstein calves with ruminal cannula were used in each experiment (91,55 kg and 117,62 kg of mean weight, respectively). Both experiments were conducted at FZEA/USP, Pirassununga/SP. The experimental periods were constituted by 35 days (14 days adaptation and 21 days data collection) with 15 days of interval. It was used completely design, with three treatments and four repetitions. For DCAB manipulation were added ammonium sulfate and sodium bicarbonate in order to achieve the following values: experiment 1: -123, +218, +341 mEq/kg DM, experiment 2: -127, +207, +397 mEq/kg DM. The diet was based on corn silage as forage. The DCAB ratios affected DM and soybean meal CP degradabilities when 60:40 roughage:concentrate ratio were used (P<0,10). DM and corn meal degradabilities were not affected by DCAB ratios (P>0,10), as well as DM and soybean meal CP degradabilities when 40:60 roughage:concentrate ratio were used P<0,10).

Keywords: anion; DCAB; cation; ruminal degradability; corn; soybean.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Bezerro canulado no rúmen.....36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição percentual e respectiva composição químico-bromatológica da ração experimental 1.....37

Tabela 2 - Composição percentual e respectiva composição químico-bromatológica da ração experimental 2.....38

Tabela 3 - Efeitos dos níveis de BCAD sobre o desaparecimento da degradabilidade da MS (%) do farelo de soja, com relação à proporção volumoso:concentrado de 60:40.....45

Tabela 4 - Efeitos dos níveis de BCAD sobre o desaparecimento da degradabilidade da PB (%) do farelo de soja, com relação à proporção volumoso:concentrado de 60:40.....46

Tabela 5 - Efeitos dos níveis de BCAD sobre o desaparecimento da degradabilidade da MS (%) do farelo de soja, com relação à proporção volumoso:concentrado de 40:60..... 47

Tabela 6 - Efeitos dos níveis de BCAD sobre o desaparecimento da degradabilidade da PB (%) do farelo de soja, com relação à proporção volumoso:concentrado de 40:60.....48

Tabela 7 - Efeitos dos níveis de BCAD sobre o desaparecimento da degradabilidade da MS (%) do fubá de milho, com relação à proporção volumoso:concentrado de 60:40.....49

Tabela 8 - Efeitos dos níveis de BCAD sobre o desaparecimento da degradabilidade do amido (%) do fubá de milho, com relação à proporção volumoso:concentrado de 60:40.....50

Tabela 9 - Efeitos dos níveis de BCAD sobre o desaparecimento da degradabilidade da MS (%) do fubá de milho, com relação à proporção volumoso:concentrado de 40:60.....51

Tabela 10 - Efeitos dos níveis de BCAD sobre o desaparecimento da degradabilidade do amido (%) do fubá de milho, com relação à proporção volumoso:concentrado de 40:60.....52

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

AGV – Ácidos graxos voláteis

BCAD – Balanço cátion-aniônico da dieta

Ca^{+2} – Cálcio

Cl^{-} – Cloreto

Cl – Cloro

De – Degradabilidade efetiva

Dp – Degradabilidade potencial

FDN – Fibra em detergente neutro

H^{+} – Íon hidrogênio

HCO_3^{-} – Bicarbonato

K^{+} – Potássio

mEq – Miliequivalente

MS – Matéria seca

Na^{+} – Sódio

NaCl – Cloreto de sódio

$NaHCO_3$ – Bicarbonato de sódio

PB – Proteína bruta

$S^{=}$ – Enxofre

SO_4 – Sulfato

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....15

2 REVISÃO DE LITERATURA.....17

2.1 BALANÇO CÁTION-ANIÔNICO NO METABOLISMO ANIMAL.....17

2.2 BALANÇO CÁTION-ANIÔNICO NO DESEMPENHO ANIMAL.....20

2.3 BALANÇO CÁTION-ANIÔNICO NO METABOLISMO RUMINAL.....23

2.4 DEGRADABILIDADE RUMINAL.....24

3 MATERIAL E MÉTODOS.....35

3.1 LOCAL.....35

3.2 ANIMAIS.....35

3.3 ALIMENTAÇÃO.....36

3.4 TRATAMENTOS.....38

3.5 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL.....39

3.5.1 EXPERIMENTO 1.....39

3.5.2 EXPERIMENTO 2.....40

3.5.3 DETERMINAÇÃO DA DEGRADABILIDADE DOS ALIMENTOS.....40

3.6 ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....44

4 RESULTADOS.....44

4.1 DEGRADABILIDADES DA MATÉRIA SECA E PROTEÍNA BRUTA DO FARELO DE SOJA.....44

4.1.1 EXPERIMENTO 1.....44

4.1.2 EXPERIMENTO 2.....46

4.2 DEGRADABILIDADES DA MATÉRIA SECA E AMIDO DO FUBÁ DE MILHO.....48

4.2.1 EXPERIMENTO 1.....48

4.2.2 EXPERIMENTO 2.....50

5 DISCUSSÃO.....52

5.1 FARELO DE SOJA.....52

5.2 FUBÁ DE MILHO.....56

6 CONCLUSÕES.....59

REFERÊNCIAS.....60

ANEXOS.....68

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos muita atenção tem sido dada ao uso da manipulação do balanço cátion-aniônico na ração de animais domésticos no sentido de reverter e/ou prevenir distúrbios metabólicos. Embora o conceito de balancear os íons da dieta não seja novo e tenha sido inicialmente utilizado na avicultura de corte, atualmente vem sendo mais utilizado também na bovinocultura de leite, devido aos resultados obtidos por pesquisas no que diz respeito à prevenção de distúrbios como hipocalcemia do peri-parto, edema de úbere, e complicações secundárias como retenção de placenta, deslocamento do abomaso e mastite.

Segundo Wheeler (1980) o balanço cátion-aniônico da dieta (BCAD) tem considerável efeito no balanço ácido-base fisiológico. O BCAD é associado a três minerais: o Na, K e Cl. O Cl é considerado o elemento mais acidogênico, o excesso na dieta pode levar à acidose respiratória e/ou metabólica. Isto é particularmente crítico na nutrição de ruminantes por causa da prática de alimentação com misturas minerais. A influência acidogênica do Cl pode ser negativa para o Na e K, os quais são elementos alcalinogênicos, por outro lado, um excesso de ingestão de K ou Na pode induzir a uma alcalose respiratória e/ou metabólica. O balanço cátion-aniônico é importante para várias funções fisiológicas, envolvendo reações enzimáticas, condução de impulsos nervosos e a manutenção da integridade osmótica dos fluidos corporais. A função primária do sistema cátion-aniônico é manter a homeostase no ambiente interno corporal. Mais de 50% do total catiônico do plasma sangüíneo é devido ao Na e uma concentração constante dele no plasma é mantida por regulação de sua ingestão e excreção. A excreção de Na pelo rim envolve a filtração do Na do plasma nos glomérulos e então sua reabsorção. A aldesterona aumenta a

capacidade do processo de retenção do Na pelo corpo, e sua reabsorção requer uma passagem equivalente de H e K na direção oposta, sendo importante na manutenção do balanço total ácido-base.

A homeostase ácido-base é um fator de fundamental importância em qualquer espécie animal. Equilíbrio ácido-base diz respeito à regulação da concentração do íon hidrogênio nos líquidos corporais. Para que os processos vitais transcorram normalmente é de grande importância que o pH dos fluidos corporais seja mantido entre limites estritos. A concentração de íons hidrogênio é a mais cuidadosa função reguladora do corpo (GUYTON, 1988).

Em nosso país, o conceito em termos de BCAD é relativamente recente e pouco utilizado, devido à existência de poucos trabalhos de pesquisa e conseqüente dificuldade em aplicá-lo na prática do cálculo de ração. Além dessa dificuldade, inexiste um procedimento básico da melhor maneira, ou melhor, época em utilizá-lo.

As pesquisas que vêm sendo realizadas com balanço cátion-aniônico enfocam a obtenção de um valor ideal de balanço com dietas aniônicas em vacas no pré-parto e dietas catiônicas em vacas em lactação e animais em crescimento e suas respostas no desempenho e metabolismo de macrominerais. Poucos esclarecimentos existem sobre o que poderia acontecer no metabolismo animal quando se utiliza balanço cátion-aniônico, tanto negativo como positivo em uma dieta rica em concentrados ou volumosos. O BCAD poderia estar causando alterações na fermentação ruminal e conseqüentemente alterando a degradabilidade do alimento.

Partindo do exposto, o objetivo deste trabalho foi o de estudar os efeitos do balanço cátion-aniônico dietético sobre a degradabilidade ruminal da MS e amido do

fubá de milho, MS e PB do farelo de soja, em bezerros recebendo diferentes proporções de concentrado e volumoso.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Balanço cátion-aniônico no metabolismo animal

O balanço cátion-aniônico dietético (BCAD) representa a diferença entre os cátions e os ânions fixos totais, presentes na dieta. Em geral para ruminantes é calculado em mEq de (Na+K) - (Cl+S) / kg de MS. O conceito de íons fixos refere-se aos biodisponíveis, e não metabolizáveis, como o sódio, o potássio e o cloro. Esses são os íons mais atuantes no equilíbrio ácido-base (BLOCK, 1994). Quando a soma das cargas positivas, cátions fixos, é maior que as cargas negativas, ânions fixos, a ração é dita catiônica ou positiva, do contrário é chamada de aniônica ou negativa (BYERS, 1994).

As mudanças no status ácido-básico devem ocorrer dentro das células e manifestar seus efeitos na função celular, pelas alterações da atividade dos sistemas enzimáticos, já que as enzimas são compostos protéicos que necessitam de condições de pH específicas para suas atividades ótimas.

A estreita faixa de variação do pH dos fluidos vitais é mantida pela combinação dos efeitos do sistema tampão do sangue, excreção e reabsorção pelos rins, do sistema respiratório e do balanço cátion-aniônico.

Íons como o cálcio, magnésio, sulfatos e fosfatos são usualmente retirados do cálculo do BCAD, devido à sua pequena influência no balanço ácido-básico fisiológico (MONGIN, 1981). Dessa forma, costuma-se representá-lo como eq.(1):

$$BCAD = meq\ [(Na^{+} + K^{+}) - (Cl^{-})]/kg\ MS \quad (1)$$

O enxofre é incluído por muitos pesquisadores nesta equação, embora não seja um íon fixo, mas o sulfato acidifica diretamente os fluidos biológicos e pode alterar o balanço ácido-básico, se incluído em altas concentrações na dieta. Assim, a equação eq.(2) que mais tem sido utilizada para o cálculo do BCAD para ruminantes é:

$$BCAD = meq\ [(Na^{+} + K^{+}) - (Cl^{-} + S^{=})]/kg\ MS \quad (2)$$

A microbiota dos ruminantes tem a capacidade de converter o enxofre inorgânico em compostos orgânicos sulfurados, que são utilizados pelo animal ou pelos próprios microrganismos do rúmen (VÁSQUEZ; HERRERA; SANTIAGO, 2001). Deficiência de enxofre pode reduzir a atividade dos microrganismos ruminais por ser responsável pela redução da ingestão alimentar (Mc DONALD et al., 1995). Carneiro et al. (2000) citam que uma baixa concentração de enxofre ruminal pode diminuir o crescimento microbiano e a digestão de fibra, além de alterar a síntese protéica e composição das células microbianas.

Segundo Wheeler (1980) o Cl é o principal ânion tanto no plasma como no fluido ruminal, quando excesso de Na é excretado pelo rim, geralmente é acompanhado pelo Cl. O íon Cl também é excretado para manter uma neutralidade elétrica quando os níveis plasmáticos do bicarbonato são aumentados. Os ingredientes normalmente consumidos pelos ruminantes possuem baixo teor de Cl e conseqüentemente na maioria das dietas o Cl é suplementado na forma de sal (NaCl).

O cloreto é o principal ânion tanto no plasma sangüíneo como nos fluidos intracelulares. Quando o excesso de sódio é excretado pelos rins, o cloro geralmente o acompanha (SWENSON, 1984). O cloreto também é excretado como

forma de manter a neutralidade elétrica no organismo, quando o nível do íon bicarbonato no plasma diminui.

O sódio é responsável pela maior parte da capacidade catiônica do plasma sangüíneo. A concentração de sódio é mantida relativamente constante no sangue pela regulação do consumo e excreção do elemento.

A excreção de sódio pelos rins envolve filtração do sódio do plasma nos glomérulos e posteriormente reabsorção a nível dos túbulos. A excreção de sódio é, portanto, a diferença entre o filtrado e o reabsorvido na urina (SWENSON, 1984). A reabsorção de sódio necessita da passagem de íons hidrogênio ou potássio na direção oposta, sendo, portanto, importante para a manutenção do equilíbrio ácido-básico fisiológico.

O potássio é o principal cátion dos fluidos intracelulares. Cerca de 89% do conteúdo total de potássio encontra-se localizado dentro da célula. Deficiências de potássio não ocorrem em condições práticas, pois, os alimentos geralmente usados em rações contêm níveis adequados do elemento. Assim, a importância do potássio está na sua relação com outros cátions e ânions e não nos teores em si da dieta (SWENSON, 1984).

O potássio é excretado do corpo por filtração glomerular e secreção tubular, entretanto, a habilidade dos rins em conservar o potássio não é tão eficiente como para o sódio. A excreção de potássio pelos rins é controlada por competição entre os íons H^+ e o potássio, no mecanismo de reabsorção (SWENSON, 1984).

A excreção de sódio e potássio na urina obedece a uma relação de reciprocidade, na qual o potássio é conservado pelo organismo à custa do sódio. O excesso de um cátion em relação a outro pode causar uma deficiência induzida,

mesmo que os níveis estejam dentro dos limites de exigências nutricionais (BLOCK, 1994).

O sódio, o potássio e o cloreto são denominados “íons fixos”, por serem íons biodisponíveis que não são metabolizados. Esses íons têm uma função importante no balanço ácido-básico em fluidos biológicos (STEWART, 1978).

2.2 Balanço cátion-aniônico no desempenho animal

A inter-relação entre balanço cátion-aniônico da dieta e o equilíbrio ácido-básico fisiológico pode levar a diferenças significativas no desempenho do animal. Tais efeitos são particularmente importantes em condições acidóticas.

A homeostase ácido-base tem uma prioridade fisiológica maior do que o crescimento, a lactação ou reprodução (FAUCHON; SEOANE; BERNIER, 1995). O equilíbrio ácido-base tem uma influência direta no metabolismo animal, e, conseqüentemente, uma relação intrínseca com o desempenho animal (MILLES; BUTCHER, 1993).

Assim qualquer alteração da homeostase conseguida através do BCAD, causará interferência no desempenho animal. Um dos fatores que pode explicar a relação entre o BCAD e o desempenho é a bomba de Na^+ e K^+. O mecanismo da bomba Na^+ e K^+ é responsável pela manutenção de altos níveis de K^+ e baixos níveis de Na^+ dentro da célula, utilizando energia na forma de ATP, sendo responsável, este processo, pelo consumo de 40% da energia de manutenção. A bomba Na^+ e K^+ promove a entrada de glicose para a célula. Sendo a glicose uma fonte de energia celular, uma diminuição no funcionamento da bomba poderá prejudicar as células, especialmente as da glândula mamária, onde altas quantidades de lactose são

utilizadas para a síntese de glicose. O excesso de cátions pode causar uma diminuição na velocidade da bomba (e diminuição na quantidade de energia) ou um aumento da velocidade (causando maior necessidade de manutenção celular) (BLOCK, 1994).

Mongin (1981) descreve que um crescimento máximo em frangos tem sido obtido com um balanço entre cátions e ânions por volta de 250 mEq/kg de MS. Patience, Austic e Boyd (1987) encontraram um melhor desempenho em suínos em crescimento com BCAD de 0 até 341 mEq/kg de MS. O BCAD também interfere no desempenho de ruminantes. Para Block (1994) vacas em lactação devem ter o BCAD altamente positivo (catiônico), já que esses ruminantes apresentam altas taxas metabólicas e, portanto, há uma tendência para o ambiente celular tornar-se acidogênico. O BCAD para vacas deveria ser alto no início da lactação e diminuir então no seu decorrer, de tal forma a ser negativo de 3 a 4 semanas antes do parto, a fim de que se evite a paresia puerperal (BYERS, 1994). Tucker, Harrison e Hemken (1988) sugerem, para um máximo desempenho de vacas lactantes, que o BCAD esteja entre +200 à +375 mEq/kg de MS. Para bovinos de corte, Ross, Spears e Garlich (1994a) trabalhando com novilhos Angus em crescimento, encontraram um melhor desempenho com um BCAD de 150 a 300 mEq/kg de MS.

Ross, Spears e Garlich (1994b) concluíram que 150 mEq/kg de MS proporcionou um melhor desenvolvimento para bovinos Angus em terminação. Den Hartog et al. (1989) relataram um desempenho inferior de vitelos suplementados com $NaHCO_3$ e BCAD de +200 mEq/kg de MS, já o grupo com $(NH_4)_2SO_4$ e BCAD de -100 mEq/kg de MS apresentou resultados intermediários. Fauchon, Seoane e Bernier (1995) constataram que dietas entre 500 e 700 mEq/kg de MS foram as que apresentaram um maior desempenho para ovinos em crescimento.

O desempenho animal está diretamente relacionado à ingestão de matéria seca dos alimentos. Segundo o NRC (1984) a maioria dos alimentos utilizados na alimentação de ruminantes possuiu BCAD positivo, analisando os níveis de sódio, potássio, cloro e enxofre. Block (1994) citou valores positivos para o farelo de soja (+266,37), silagem de milho (+156,4) e milho em grão (+18,8), e negativos para farinha de peixe (-75,6), aveia (-26,95) e cevada (-23,4).

Para um sal ser considerado acidogênico, seu ânion deve ser absorvido preferencialmente ao cátion (GOFF et al.,1991) e este deve ser usado a fim de se causar uma diminuição do BCAD da dieta. Para se aumentar o BCAD da dieta, geralmente se faz uso de fontes de sódio, como o bicarbonato e o sesquicarbonato de sódio.

Em um experimento com rações para vacas leiteiras, Tucker et al. (1994) avaliaram a influência do sesquicarbonato (0 e 1% na MS), contendo 115 e 228 mEq/kg de MS, concluindo que o tratamento com sesquicarbonato conferiu um maior consumo de matéria seca. Del Claro, Zanetti e Salles (2002) suplementaram bovinos machos em crescimento com sulfato de amônia, na ração total e não encontraram diferenças na ingestão de matéria seca comparada com a dieta sem os sais aniônicos.

Jackson et al. (1992) alimentaram bezerros com dietas de níveis de 0, 21, 37 e 52 mEq/100g de MS, concluindo que o consumo de matéria seca o ganho médio diário foram maiores para os animais com BCAD de +37 mEq e menores para os que receberam dieta com 0 mEq/100g de MS. Em um experimento com vacas de corte, Rude e Rankins (1997) utilizaram uma dieta com cloreto de amônia, e não encontraram diferenças no consumo de matéria seca.

Quando Delaquis e Block (1995) utilizaram silagem de feno de alfafa (+440,2 mEq/kg de MS) e silagem de milho (+412 mEq/kg de MS) em vacas leiteiras, concluíram que as dietas não afetaram a ingestão e a digestibilidade da matéria seca, assim como a produção e a composição do leite.

2.3 Balanço cátion-aniônico no metabolismo ruminal

Quando os ruminantes são alimentados com dietas ricas em grãos há um aumento considerável nas quantidades de ácidos exógenos produzidos, podendo estressar a habilidade do animal em manter adequadamente o balanço ácido-básico (WHEELER, 1980).

O efeito conhecido como acidose láctica é o resultado da elevação das quantidades de ácido láctico, normalmente baixas, nos fluidos do rúmen e retículo, causada pelo aumento da quantidade de grãos na dieta. Esta acidose ocorre, geralmente, de forma aguda, quando há uma mudança repentina na alimentação de ruminantes, para uma ração com alta concentração de grãos. Entretanto, pode ocorrer uma acidose metabólica subclínica, quando os sinais clínicos não aparecem, mas as implicações econômicas são profundas, pois o desempenho do animal é afetado. Assim, o balanço cátion-aniônico da dieta de ruminantes pode ser uma importante ferramenta para prevenir, ou corrigir, os efeitos das condições acidóticas subclínicas (BLOCK, 1994).

O cloreto é o principal elemento acidogênico a ser considerado, pois, quando em excesso, na dieta, pode levar à acidose metabólica e/ou respiratória (GUYTON, 1988). Em nutrição de ruminantes isto é particularmente importante, devido à prática de alimentação com sal (NaCl), na ração, e “*ad libitum*”, em cochos. A influência

acidogênica do cloreto pode ser minimizada pelo sódio e potássio, que são elementos alcalinogênicos. Por outro lado, excesso de consumo de sódio e/ou potássio, pode induzir a uma alcalose respiratória e/ou metabólica.

Os alimentos apresentam uma grande variação nos seus BCAD. Em geral, os grãos não processados apresentam os mais baixos valores e as forragens, que possuem alto teor em potássio, valores mais elevados.

Dietas com BCAD positivo vêm sendo mais estudadas, mesmo que de forma indireta, com o uso de ingredientes tamponantes, onde tem se observado um aumento do pH ruminal. Em um trabalho com vacas em lactação, WEST et al. (1987) relataram um aumento do valor do pH ruminal no tratamento com bicarbonato de sódio quando comparado com o tratamento controle.

2.4 Degradabilidade ruminal

O rúmen é considerado um ecossistema microbiano diverso e único. Seu meio é anaeróbico, com temperatura em torno de 39ºC a 42ºC, pH que varia normalmente entre 6,0 e 7,0 e com presença permanente de substratos e de atividade fermentativa, embora com intensidades variáveis. É composto de três tipos de microrganismos ativos em seu interior: bactérias, protozoários e fungos, sendo que as bactérias constituem a maior parte da biomassa microbiana ruminal (60 – 90%). São as mais ativas fermentadoras, mais estudadas e consideradas as mais importantes nutricionalmente (KOZLOSKI, 2002).

O ambiente ruminal é altamente complexo e dinâmico, sendo que muitas espécies de bactérias ainda não foram isoladas e identificadas e pouco ainda se sabe sobre as interações metabólicas que ocorrem entre as diferentes espécies

bacterianas ruminais. Estas interações podem ser de competição, entre espécies que utilizam um mesmo substrato ou, de interdependência, em que o produto da degradação ou do metabolismo de uma espécie bacteriana é utilizado por outra, além de, algumas espécies serem relativamente especializadas na utilização de algum tipo de substrato enquanto outras são relativamente generalistas e metabolizam uma grande variedade de moléculas diferentes (VAN SOEST, 1994).

Hobson e Stewart (1997) relataram que a maior parte da energia normalmente consumida pelos ruminantes é derivada de polissacarídeos presentes na parede de células vegetais (carboidratos estruturais) ou de polissacarídeos de reserva (carboidratos não-estruturais, principalmente amido presente nos grãos de cereais).

Em virtude de a proteína ser um dos ingredientes mais caros da dieta, a economia da produção animal é altamente dependente da eficiência de sua utilização. Por esse motivo, nos últimos anos, tem havido considerável interesse na redução das perdas dos compostos nitrogenados pelos ruminantes (RUSSEL, 1992).

As exigências protéicas dos ruminantes são atendidas mediante a absorção intestinal de aminoácidos provenientes da proteína microbiana sintetizada no rúmen e da proteína dietética não-degradada no rúmen (VALADARES FILHO, 1995).

Uma pesquisa indica que a proteína microbiana responde, em média, por 59% da proteína que chega ao intestino delgado (CLARK; KLUSMEYER; CAMERON, 1992), o que denota a importância do estudo dos mecanismos de síntese protéica bacteriana e dos fatores a eles relacionados (NOCEK; RUSSEL, 1988).

Considerando o papel central da fermentação microbiana na digestão dos ruminantes, torna-se importante a avaliação do N disponível para a absorção pelo animal. Os compostos nitrogenados não-amoniacais no abomaso têm sido utilizados para avaliar o N que chega ao intestino delgado e incluem, principalmente, N dietético não degradado e N de origem microbiana. Os nitrogenados não-amoniacais contêm ainda outra fração, a proteína endógena, constituída principalmente de enzimas, muco e células epiteliais (VALADARES; GONÇALVES; SAMPAIO, 1997).

Segundo Pascoal (1992) a disponibilidade de nitrogênio degradável no rúmen, se não for suficiente, limitará a fermentação ruminal, diminuindo o consumo e a eficiência energética do alimento. Isto acontece pelo fato de 75% dos carboidratos digeridos pelos ruminantes serem fermentados pelos microorganismos do rúmen (NRC, 1984).

O crescimento microbiano no rúmen é influenciado pela interação de fatores químicos, fisiológicos e nutricionais (HOOVER; STOKES, 1991). A disponibilidade energética é apontada como o fator limitante para o crescimento microbiano, podendo a manipulação da dieta, por meio da alteração nas proporções de volumoso e concentrado, aumentar a quantidade de matéria orgânica fermentada e, conseqüentemente, a síntese protéica (CLARK; KLUSMEYER; CAMERON, 1992). A disponibilidade de energia para o crescimento microbiano depende da composição da dieta e da extensão de sua fermentação ruminal, que é, em primeiro momento, dependente da quantidade de carboidratos rapidamente hidrolisáveis – como açúcares, amido e pectina – e, posteriormente, da quantidade e composição dos componentes da parede celular (HOOVER; STOKES, 1991).

Redução na passagem de proteína microbiana para o intestino delgado, em dietas com mais de 70% de concentrado, pode ocorrer em virtude da alta taxa de

degradação de carboidratos não estruturais, resultando em fermentação não-acoplada. Diminuição na passagem de proteína para o intestino delgado, observada quando as dietas têm elevados teores de volumosos, pode ser atribuída à deficiência de energia disponível na forma de carboidratos não estruturais e ao aumento da reciclagem de compostos nitrogenados pelos microrganismos do rúmen (CLARK; KLUSMEYER; CAMERON, 1992).

O amido é um polissacarídeo heterogêneo composto de dois principais tipos de moléculas ou polímeros: amilose e amilopectina, unidas por pontes de hidrogênio (KOTARSKI; WANISHA; THURN, 1992; ROONEY; PFLUGFELDER, 1986; VAN SOEST, 1994). A amilose é um polímero linear de unidades de D-glucose unidas por ligações tipo α-1,4, sendo que a proporção de D-glucose no grânulo de amido pode variar de 14 a 34% (KOTARSKI; WANISHA; THURN, 1992). Segundo estes autores, essa variação na proporção de amilose depende da espécie do cereal e de variações genéticas dentro das espécies. A amilopectina é um polímero ramificado, consistindo de uma cadeia linear de resíduos de glucose α-1,4, com pontos de ramificações α -1,6 a cada 20 a 25 unidades, portanto, maior que a amilose, correspondendo a cerca de 70 a 80% da maioria do amido contido nos grãos de milho. A relação amilose:amilopectina influencia na degradabilidade do amido.

A degradação ruminal do amido pelas bactérias amilolíticas envolve uma enzima denominada α – amilase extracelular, a qual cliva aleatoriamente a molécula de amido (YOKOYAMA; JOHNSON, 1988). Após o amido ser degradado a maltose e glucose, as bactérias sacarolíticas irão fermentar esses substratos rapidamente até piruvato. Dois moles de piruvato são produzidos para cada hexose, com a produção concomitante de duas adenosinas tri-fostato (ATP) e de dois $NADH_2$. O

ATP gerado é a principal fonte de energia para o crescimento e mantença das bactérias ruminais (FAHEY; BERGER, 1988).

O rúmen também contém uma população de protozoários, os quais podem proporcionar certo impacto na digestão de carboidratos através da ingestão de grânulos de amido, açúcares solúveis e pequenas partículas de plantas as quais são digeridas internamente. Esta ingestão pelos protozoários pode alterar a taxa e fermentação do amido pela diminuição da disponibilidade desse substrato para o rápido crescimento bacteriano (KOTARSKI; WANISHA; THURN, 1992). Outro fator seria a ingestão de bactérias em número suficiente para diminuir a taxa de fermentação ruminal. Entretanto, dietas ricas em grãos freqüentemente levam a uma queda brusca de pH, e como os protozoários são muito sensíveis a pH abaixo de 6,0, não estão fortemente envolvidos em alguma modulação da taxa de fermentação de amido em ruminantes alimentados com dietas ricas em grãos.

A relação volumoso:concentrado pode afetar tanto a eficiência quanto a produção microbiana devido aos efeitos na disponibilidade de substrato, taxa de passagem e pH ruminal (RUSSEL et al., 1992). Segundo Rode, Weakley e Satter (1985) a eficiência microbiana foi maior quando a proporção volumoso:concentrado foi de 80:20 (feno de alfafa:milho+farelo de soja), mas a produção microbiana foi maior nas dietas que continham maior proporção de concentrado (38:62).

O pH e a taxa de passagem são fatores químicos e fisiológicos que influem no crescimento microbiano, sendo ambos influenciados pela dieta e por outros fatores correlacionados, como o nível de consumo, o manejo alimentar, a quantidade e a qualidade da forragem, além da proporção volumoso:concentrado da dieta. A diminuição do pH reduz a degradabilidade da proteína, celulose, hemicelulose e pectina, embora seus efeitos sejam menores sobre a digestão do amido. Redução

do pH de 6,5 para 5,5 diminui a eficiência de síntese microbiana (HOOVER; STOKES, 1991). Caso não ocorra redução moderada no pH ruminal, até aproximadamente 6,0, a digestão da fibra decresce um pouco, mas o número de microrganismos fibrolíticos não é normalmente influenciado. Quando o pH atinge a faixa de 5,5 a 5, 0, há diminuição no número de microrganismos fibrolíticos, bem como em suas taxas de crescimento, causando inibição na digestão da fibra (HOOVER, 1986).

O pH ruminal está diretamente relacionado com os produtos da fermentação e também com a taxa de crescimento dos microrganismos ruminais. Tal fato é demonstrado com o uso de dietas ricas em volumosos, as quais geralmente proporcionam pH ruminal mais elevado, permitindo o crescimento de bactérias celulolíticas (CHURCH, 1979). Segundo Ørskov (1986) o abaixamento do pH ruminal ocorre, principalmente, após a ingestão de alimentos, especialmente concentrados, devido à sua rápida taxa de fermentação. O pH do fluido ruminal pode variar de 6,2 a 7,0 para dietas constituídas exclusivamente de volumosos. O pH ruminal tem recebido atenção considerável como mecanismo que explica as reduções na ingestão e digestibilidade de volumosos, resultante da suplementação energética. Caton e Dhuyvetter (1997) compararam dietas à base de concentrado e volumoso, oferecidas *ad libitum* e reportaram consideráveis reduções diurnas no pH ruminal associadas ao fornecimento de concentrado.

As taxas de crescimento possíveis e a predominância de espécies bacterianas individuais dependem além da formação de nichos aderidos, às partículas de alimento e à capacidade bacteriana de retirar nutrientes em um meio altamente competitivo. Isto, por sua vez, depende da afinidade e especificidade pelo substrato e da regulação dos sistemas de transporte através da membrana celular

bacterianas. Os sistemas de transporte de substratos através da membrana celular envolvem alguns mecanismos, que por sua vez somente ocorrem em situações particulares a eles (pH, pK, gradiente iônico do meio, disponibilidade de substrato) (KOZLOSKI, 2002). Para Martin (1994) os principais sistemas de transporte são: difusão passiva, difusão facilitada, transporte ativo, sistema choque-sensitivo, próton simporter, sódio simporter e sistema fosfotranferase. Sendo que pouco se conhece sobre a regulação do transporte de compostos.

Kozloski (2002) cita que nas condições de pH normalmente presentes no fluido ruminal, entre 6,5 a 6,8, a maior parte dos AGVs encontram-se dissociadas, ou seja, na forma ionizada. Constatou-se que a absorção dos AGVs é eletricamente neutra, desta forma, para explicar a absorção daqueles na forma ionizada, foi sugerido um mecanismo de troca aniônica entre as células do epitélio e o lúmen ruminal, envolvendo cloreto (Cl^-) e bicarbonato (HCO_3^-). No entanto, este mecanismo de absorção no rúmen não está conclusivamente estabelecido.

A manipulação das proporções de volumosos e concentrados da dieta tem sido apontada como forma de maximizar a eficiência de síntese microbiana (CLARK; KLUSMEIYER; CAMERON, 1992).

Sniffen e Robinson (1987) afirmaram que o crescimento microbiano máximo é atingido com 70% de volumoso, devido às melhores condições de pH, à taxa de renovação e às condições para a colonização.

Os métodos para determinar o valor dos alimentos para a produção animal vêm sido estudados há muitas décadas. Nas primeiras tentativas na Europa, usaram ensaios com alimentos e com o crescimento do conhecimento, os métodos foram modificados e desenvolvidos para melhorar a confiança das técnicas (ØRSKOV; HOVELL; MOULD, 1980).

Conhecer a degradabilidade dos alimentos é essencial para formular dietas a serem fornecidas aos animais, nos cálculos das exigências protéicas, e atender às necessidades dos microrganismos ruminais que, por sua vez, são capazes de transformar compostos nitrogenados não-protéicos em proteína microbiana, proporcionando produção mais eficiente (VALADARES FILHO, 1994).

A técnica de sacos de náilon (HUNTINGTON; GIVENS, 1995) para avaliação da degradabilidade de nutrientes no rúmen, tem sido utilizada na obtenção de dados sobre a quantidade de nutrientes que sofre ação microbiana (nutrientes degradados no rúmen) em relação àquela que passa intacta pelo rúmen (nutrientes não degradados no rúmen ou dietéticos) (NRC, 1989). Dessa forma, estudos da degradabilidade de diversos alimentos e do metabolismo no rúmen são de grande importância para as modernas avaliações utilizadas na nutrição de ruminantes, visando a obtenção de dados mais precisos para uma eficiente formulação de ração, de acordo com o tipo de produção desejada.

A degradabilidade das frações fibrosas de alimentos volumosos cresce com o aumento da proporção de volumoso na dieta (CHIMWANO; ØRSKOV; STEWART, 1976). Chappell e Fontenot (1968) registraram que o aumento de carboidratos não estruturais, com a substituição da celulose por uma mistura de glicose e milho, ultrapassando o nível de 32% da dieta, implicou em diminuição da degradação da celulose pelos ruminantes. Kennedy e Bunting (1992) trabalhando com diferentes proporções de volumosos (90%, 60% e 30%), em ovinos canulados, observaram uma diminuição linear da degradabilidade da fração FDN de feno com a redução da quantidade de volumosos da dieta.

Miller e Muntifering (1985) usando rações com 100%, 80%, 60%, 40% e 20% de volumosos, observaram uma diminuição da digestibilidade da fibra, pelo

fornecimento de dietas mais pobres em volumosos. Sendo esta diminuição resultante de uma baixa degradabilidade da fibra no rúmen devido à redução da atividade celulolítica ocasionadas pelas condições de acidez associadas à fermentação rápida do amido nos concentrados.

Ganev, Ørskov e Smart (1979) estudando a degradabilidade de diversos suplementos protéicos no rúmen de ovelhas encontraram maiores taxas de degradabilidade da MS e da proteína nos animais recebendo dieta exclusiva de feno do que nos animais recebendo somente concentrado. Resultado este que concorda com Barrio, Owens e Goetsch (1985) que encontraram maior degradação de nitrogênio em dieta com 80% de volumoso em relação a outra com 20%, atribuindo tal fato ao número e/ou atividade de bactérias e não ao pH do rúmen.

Ganev, Ørskov e Smart (1979) e Siddons e Paradine (1981) citam que a extensão da degradabilidade da proteína depende da natureza da fonte de nitrogênio alimentar e da composição da dieta basal.

Castrillo et al. (1992) mediram o efeito de dois níveis de volumoso:concentrado em dietas para ovinos canulados, e observaram tendência a um aumento da taxa de desaparecimento do nitrogênio dos diversos suplementos protéicos testados, associado ao incremento no teor de volumosos. Lindberg (1981) estudou o efeito de dietas basais com 100%, 70% e 30% de volumosos na degradabilidade ruminal desta fonte protéica, e constatou uma diminuição no desaparecimento do nitrogênio e da MS com menores quantidades de volumosos, mas apenas para amostras coletadas com 24 horas de incubação.

Barrio, Goetsch e Owens (1986) forneceram rações contendo 60% ou 20% de volumoso para novilhos fistulados, observando valor mais alto de pH do fluído ruminal e maior desaparecimento da MS e do nitrogênio do farelo de soja incubados

no rúmen na dieta com 60% de volumoso. Igualmente, Susmel, Stefanon e Piasentier (1989) e Weakley, Stern e Satter (1983) encontraram menores valores para a degradabilidade da PB e MS do farelo de soja com o emprego de dietas pobres em volumosos.

Kirkpatrik e Kennely (1987) registraram valores de degradabilidade efetivas da MS e da PB do farelo de soja de 59,9% e 60,2%, respectivamente, em dietas com 16,5% de PB e 61,4% e 64,4% em outra com 19% de PB, evidenciando que a degradabilidade da PB tendeu a aumentar com a ascensão dos níveis de proteína na ração.

Bürger et al. (2000) em um experimento com diferentes níveis de concentrado em bezerros holandeses encontrou que a fração “a”, a taxa de degradação e a degradabilidade efetiva da MS do farelo de soja não foram influenciadas pelos níveis de concentrado, observando-se os valores médios de 28,3%; 7,34%/h e 63,54%. Para MS do fubá de milho, não houve variação da fração “a”, que apresentou valor médio de 13,69%; o entanto, a fração “b” e a degradabilidade efetiva apresentaram comportamento quadrático, com estimativas dos valores máximos de “b” e da degradabilidade potencial, de 86,34 e 99,94%, correspondendo aos níveis de 36,5 e 35,83% de concentrado nas dietas, respectivamente. As degradabilidades potenciais da MS do fubá de milho, nas rações com 30, 45 e 60% de concentrado, foram de 99,47; 100,20 e 99,41%, similares ao valor de 99,50% relatado por Chaturvedi e Walli (1995) que trabalharam com bezerros mestiços com peso vivo médio de 253 ± 25,0 kg, alimentados com palha de trigo e concentrado, na proporção 65:35.

Os valores da degradabilidade efetiva ruminal da MS apresentados pelo NRC (1996) para o farelo de soja e fubá de milho são respectivamente, 66 e 45%.

Bürger et al. (2000) concluiu que a degradabilidade efetiva da MS do farelo de soja não foi influenciada pelos níveis de concentrado, enquanto que a do fubá de milho aumentou linearmente. A degradabilidade efetiva da PB do farelo de soja não foi influenciada pelos níveis de concentrado, ao passo que a do fubá de milho aumentou linearmente.

Os grãos são componentes importantes nas dietas de bovinos, sendo o amido representativo de 60-80% desses grãos (KOTARSKI; WANISKA; THURN, 1992; McCLEARY, SOLAH; GIBSON, 1994). Teixeira, Santos e Oliveira (1996) estudando a degradabilidade *in situ* do milho moído e quebrado, concluíram que a degradabilidade efetiva da matéria seca e a taxa de degradação foram superiores na forma moída, numa taxa de passagem de 5% por hora.

Huntington e Givens (1995) citam que os efeitos de uma dieta com carboidratos no desaparecimento da matéria seca *in situ* sugerem que os efeitos do tipo e nível dos carboidratos prontamente fermentáveis na dieta basal são muito complexos. As interações entre os carboidratos rapidamente fermentáveis e aqueles que são degradados mais lentamente podem resultar nos valores totais de degradabilidade, que por sua vez, podem diferir da soma dos valores de degradabilidade dos componentes individuais. Estes efeitos foram denominados de efeitos associativos (ØRSKOV; RYLE, 1990) e podem ser positivos ou negativos. Os efeitos negativos podem ser subdivididos em seqüestro microbiano de carboidratos rapidamente fermentáveis e efeitos do pH ruminal. Chademana e Offer (1990) usando dietas com proporções de volumoso e concentrado de 90:10; 65:35 e 60:40 encontraram um desaparecimento da matéria seca *in situ* de feno inversamente à proporção de concentrado da dieta. Estes resultados sugerem que a queda do pH

do rúmen resultou da rápida fermentação da porção concentrada da dieta inibindo a degradabilidade do feno *in situ*.

Nos resultados de Hopson, Johnson e Dehority (1963) foi verificado, num experimento com feno de alfafa, que o desaparecimento da matéria seca da alfafa e capim timóteo (em dois estágios de crescimento) aumentou ($P<0,05$) comparado com feno de capineiras. A concentração de N em cada dieta foi similar, mas foi notado que o feno de alfafa teve uma baixa quantidade de lignina. Isso pode explicar porque o feno de alfafa foi mais digestível e suportou mais tempo a microbiota ruminal. Provavelmente este resultado tenha sido obtido devido a um errado processamento do feno de alfafa.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local

A fase experimental deste trabalho foi desenvolvida na Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, Campus de Pirassununga, SP, em um galpão coberto e bem ventilado, onde os animais permaneceram em gaiolas individuais com cochos de alimentação e de água.

3.2 Animais

Foram utilizados como animais experimentais 12 bezerros machos, não castrados, da raça Holandesa portadores de cânulas ruminais (Figura 1), dóceis o suficiente para permitir a colheita de amostras com mínima interferência sobre o

consumo de alimentos. Foram realizados dois experimentos, sendo que no experimento um o peso médio dos animais foi de 91 kg (± 10 kg) e no experimento 2 o peso médio foi de 117 kg (± 10 kg), em que a idade média dos animais foi em torno de 7 meses.

Figura 1 - Bezerro canulado no rúmen.

3.3 Alimentação

Em ambos os experimentos os animais foram alimentados com uma ração à vontade, balanceadas obedecendo às normas de exigências nutricionais do NRC (2001).

Durante o período do experimento 1, os animais foram alimentados com ração total de 60% de volumoso e 40% de concentrado e, durante o período do experimento 2, alimentados com proporção de 40% de volumoso e 60% de concentrado, utilizando em ambos os experimentos a silagem de milho como fonte de volumoso (Tabelas 1 e 2).

Tabela 1 – Composição percentual e respectiva composição químico-bromatológica da ração experimental 1 em matéria seca.

	Tratamentos (mEq/kg) de MS		
	-100	**+200**	**+400**
Ingredientes (%)			
Silagem de milho	60,00	60,00	60,00
Farelo de soja	7,00	7,00	7,00
Fubá de milho	16,40	16,40	16,40
Farelo de trigo	11,00	11,00	11,00
Sulfato de amônio	3,30	1,25	0,30
Uréia	0,00	1,00	1,50
Calcário	0,90	0,90	0,90
Bicarbonato de sódio	0,00	0,00	0,50
Sal comum	0,70	0,70	0,70
Suplemento mineral	0,70	0,70	0,70
Caulin	0,00	1,05	1,00
Análises bromatológicas (%)			
Matéria seca total	55,85	55,74	55,91
Matéria mineral	6,06	7,32	6,91
Extrato etéreo	2,46	2,24	2,31
Fibra detergente neutro	40,52	40,01	40,08
Proteína bruta	16,17	17,31	17,50
Extrativo não nitrogenado	62,00	60,22	60,31
Nutrientes digestíveis totais	77,25	73,68	75,41
Sódio	0,59	0,75	0,84
Potássio	1,48	1,68	1,58
Enxofre	0,80	0,45	0,28
Cloro	0,91	0,90	0,89
BCAD	**-123**	**+218**	**+341**

Tabela 2 – Composição percentual e respectiva composição químico-bromatológica da ração experimental 2 em matéria seca.

	Tratamentos (mEq/kg) de MS		
	-100	**+200**	**+400**
Ingredientes (%)			
Silagem de milho	40,00	40,00	40,00
Farelo de soja	7,00	7,00	7,00
Fubá de milho	30,00	30,00	30,00
Farelo de trigo	16,00	16,00	16,00
Sulfato de amônio	2,95	0,85	0,50
Uréia	0,00	1,00	1,10
Calcário	1,00	1,00	1,00
Bicarbonato de sódio	0,00	0,00	1,20
Sal comum	0,70	0,70	0,70
Suplemento mineral	0,70	0,70	0,70
Caulin	1,65	2,75	1,80
Análises bromatológicas (%)			
Matéria seca total	68,71	68,31	67,901
Matéria mineral	7,52	8,21	7,62
Extrato etéreo	3,38	3,32	3,51
Fibra detergente neutro	31,96	32,56	32,24
Proteína bruta	17,00	18,20	18,57
Extrativo não nitrogenado	61,84	60,06	59,80
Nutrientes digestíveis totais	74,74	73,19	73,82
Sódio	0,38	0,65	0,85
Potássio	1,10	1,07	1,11
Enxofre	0,65	0,17	0,16
Cloro	0,59	0,85	0,55
BCAD	**-127**	**+207**	**+397**

3.4 Tratamentos

Foram utilizados três tratamentos em ambos os experimentos, que consistiram na adição de diferentes proporções de sais nas rações experimentais, de forma que a dieta apresentasse diferentes valores do balanço cátion-aniônico dietético (BCAD), expressos em miliequivalentes (mEq), pela seguinte equação eq.(3):

$$BCAD = [(Na^{+} + K^{+}) - (Cl^{-} + S^{=})] \text{ mEq/kg MS da ração} \quad (3)$$

As dietas foram calculadas inicialmente para apresentarem valores de BCAD de -100, +200 e +400 mEq/kg de MS, mas após a realização das análises químico-bromatológicas, foram observados que no experimento 1 os valores encontrados foram de -123, +207 e +397 mEq/kg de MS e no experimento 2, de -123, +218 e +341 mEq/kg de MS, passando a adotar estes valores como tratamentos. O sulfato de amônio e o bicarbonato de sódio foram utilizados para se obter as rações aniônicas e catiônicas.

3.5 Procedimento experimental

3.5.1 Experimento 1

Os animais foram pesados em jejum, vermifugados com ivermectina, na dose de 0,2 ml/kg de peso vivo, e posteriormente distribuídos nas gaiolas de metabolismo contendo cochos para alimentação e para água. O piso dos animais era lavado duas vezes ao dia para higienização, e as cânulas, uma vez por semana para evitar possíveis contaminações.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, sendo três tratamentos com 4 repetições por tratamento. Os animais passaram a receber a ração completa nos cochos uma vez ao dia, pela manhã, sempre no mesmo horário, em quantidades suficientes para o período de 24 horas. A água era trocada diariamente e também fornecida à vontade.

No primeiro dia foi fornecida uma mistura de 80% de silagem de milho e 20% da ração experimental. Nos fornecimentos posteriores esta relação foi sendo alterada, gradativamente, até que no 14º dia, os animais já estavam sendo

alimentados exclusivamente com as rações experimentais, as quais correspondiam a 60% de volumoso e 40% da ração experimental. Tal procedimento foi adotado para adaptar os animais à ração, evitando-se assim, prováveis distúrbios alimentares.

O período experimental total foi de 35 dias, sendo 14 dias de adaptação dos animais às gaiolas e às dietas e 21 dias de colheita de dados.

3.5.2 Experimento 2

Foi realizado um período de descanso para os animais de 15 dias para o início do segundo experimento. Estes foram novamente pesados em jejum, para ajuste da ração e distribuídos nas gaiolas de metabolismo. O delineamento foi inteiramente casualizado, sendo três tratamentos com 4 repetições por tratamento. Os procedimentos foram os mesmos que os adotados no experimento 1, tanto para adaptação a dieta, como para os ensaios de degradabilidade e análises, alterando-se somente a proporção volumoso:concentrado para 40:60 respectivamente.

3.5.3 Determinação da degradabilidade dos alimentos

Foi avaliada a degradabilidade ruminal da MS e PB do farelo de soja, MS e amido do fubá de milho, no intuito de se observar os efeitos das dietas cátion-aniônicas em dois experimentos utilizando duas diferentes proporções de volumoso:concentrado.

Os procedimentos para o desenvolvimento da técnica *in situ* de sacos de náilon foram realizados conforme Ørskov, DeB Hovell e Mould (1979) e Huntington e

Givens (1995). Para isso foram utilizados sacos de náilon com 10 X 20 cm e abertura de poros média de 53 µm (ANKON® , INC.). Cerca de 6 g de MS de cada ingrediente foram colocados em cada saquinho.

Os ensaios de degradabilidade tiveram início no 15º dia experimental com o ensaio de degradabilidade da MS e amido do fubá de milho, seguido do ensaio de degradabilidade da MS e PB do farelo de soja. Para determinação da curva de desaparecimento da MS e amido do fubá de milho, MS e proteína do farelo de soja, um saquinho por tempo foi colocado no rúmen de cada animal presos por um fio de náilon, fixos a um mosquetão de aço e fechados com elásticos de látex. Os saquinhos com fubá de milho foram incubados nos tempos 1,5; 3; 6; 12; 24 e 48 horas, sendo após a retirada, lavados com água corrente até que o líquido de lavagem fluísse incolor, sendo então colocados em estufa a 65ºC por 72 horas para posteriormente serem pesados e submetidos às análises bromatológicas. Para evitar que as frações solúveis interferissem na metodologia (CUMMINS et al., 1983) a degradabilidade em tempo zero foi tomada mergulhando-se os sacos em um recipiente contendo água à temperatura de 39ºC durante 15 minutos.

O farelo de soja foi incubado nos tempos 1,5; 3; 6; 12; 24 e 48 horas, sendo o procedimento para o tempo zero e lavagem dos saquinhos após a incubação iguais ao descrito no fubá de milho. As análises de determinação do amido do fubá de milho foram avaliadas segundo Donald (1993), as análises de PB do farelo de soja e MS, segundo o AOAC (1980), sendo o farelo de soja e o fubá de milho, obtidos após a incubação, previamente processados em moinho Wiley com peneira de 20 mesh.

Em ambos os ensaios de degradabilidade do fubá de milho e farelo de soja não sobraram amostras suficientes para as análises bromatológicas do tempo 48.

O desaparecimento da matéria seca foi calculado pela diferença de pesagens dos saquinhos antes e após a incubação, com base na amostra seca a 105ºC. A fórmula utilizada foi a seguinte eq.(4):

$$DgMS\% = 100 \times [1 - (PSPI - PSV)/(PSAI - PSV)] \quad (4)$$

Onde:

DgMS% = Degradabilidade da MS em porcentagem;

PSPI = Peso do Saco Pós-incubação;

PSAI = Peso do Saco Antes da Incubação;

PSV = Peso do Saco Vazio.

Os cálculos dos percentuais de degradabilidade de cada nutriente foram calculados através da fórmula acima, sendo as diferenças (PSPI – PSV) e (PSAI – PSV) multiplicadas pelas respectivas porcentagens de cada nutriente.

Os dados de desaparecimento foram ajustados pelo modelo de Ørskov e McDonald (1979), conforme a seguinte equação exponencial para expressar a degradabilidade dos alimentos eq.(5):

$$p = a + b(1 - e^{-ct}) \quad (5)$$

Onde:

p = quantidade degradada no tempo “t”;

a = intersecção da curva no tempo zero, a fração rapidamente solúvel;

b = a fração potencialmente degradável, a fração degradada no tempo;

c = a taxa horária de degradação da fração potencialmente degradável;

e = o log natural de “-ct”;

t = tempo

As constantes *a*, *b* e *c* da equação exponencial foram utilizadas para calcular a degradabilidade potencial (a + b), representada pela quantidade de alimento que

pode se solubilizar ou degradar dentro do rúmen se o tempo não for fator limitante, e a degradabilidade (*P*), a qual representa a quantidade de alimento realmente degradado, definida pelo tempo na qual o mesmo está presente no rúmen (ØRSKOV, Deb HOVELL; MOULD, 1980). A degradabilidade efetiva (*P*) foi calculada por meio da seguinte fórmula eq.(6):

$$P = a + \frac{b \times c}{c + k} \qquad (6)$$

Onde:

P = taxa de degradabilidade efetiva;

a = intersecção da curva no tempo zero, a fração rapidamente solúvel;

b = a fração potencialmente degradável, a fração degradada no tempo;

c = a taxa horária de degradação da fração potencialmente degradável;

k = taxa de saída do rúmen por hora.

Segundo Ørskov, DeB HOVELL e Mould, (1980) *k* pode variar de 0,01 a 0,1. O AFRC (1992) recomenda o valor de 0,02/h para animais recebendo ração completamente moída e/ou em baixo nível alimentar (uma vez a mantença), 0,05/h para vacas leiteiras de baixa produção (menos que 15 kg de leite/dia) ou gado de corte recebendo alto nível de dietas mistas (menos que 2 vezes a mantença) e 0,08/h para vacas leiteiras de alta produção (mais que 15 kg de leite/dia) recebendo dietas mistas (mais que 2 vezes a mantença). No presente experimento observou-se ganhos de peso de aproximadamente 400g/dia para os animais alimentados com 60% de volumoso e 40% de concentrado na dieta e aproximadamente 500g/dia para aqueles alimentados com 40% de volumoso e 60% de concentrado. Estima-se que a taxa de passagem pelo rúmen nestas condições esteja entre os valores de 0,02/h a 0,05/h (AFRC, 1992). Foram, portanto, utilizados dados iguais a 0,02/h, 0,04/h e 0,06/h para calcular a degradabilidade efetiva dos alimentos.

3.6 Análises estatísticas

Os parâmetros a, b e c do modelo utilizado de contrastes ortogonais do programa Statistical Analysis System (SAS Institute Inc. 2000).

Análise de variância da degradabilidade ruminal e seus respectivos parâmetros a b c, foram testados os efeitos de tratamentos utilizando separação por CONTRAST gerado pelo PROC GLM e as equações das retas pelo PROC REG do SAS. Apenas a variável “c” da degradabilidade do amido do fubá de milho do experimento 1 precisou ser transformado para log para obter homogeneidade de sua variância. Foram consideradas probabilidades significativas aquelas em que P<0,10.

4 RESULTADOS

As equações e os coeficientes de determinação dos experimentos 1 e 2 estão em ANEXO A, B, C e D respectivamente.

4.1 Degradabilidades da matéria seca e proteína bruta do farelo de soja

4.1.1 Experimento 1

O comportamento da fração “a” (fração solúvel) da MS foi linear (Tabela 3) tendo um aumento conjuntamente com o aumento da positividade das dietas, a fração “c” (taxa de degradação) não obteve efeito significativo. Os valores de “b” (fração insolúvel, mas potencialmente degradável), “Dp” (degradabilidade potencial), “De” (degradabilidade efetiva) para as taxas de passagem 0,02; 0,04 e 0,06

apresentaram efeito quadrático, sendo que tanto em “b”, “Dp”, “De” (0,02), “De” (0,04) e “De” (0,06) os menores valores encontrados no tratamento +218 mEq/kg de MS.

Na degradação da PB, somente as frações “Dp” e “De” (0,02) apresentaram efeito quadrático (Tabela 4), onde os menores valores foram encontrados para o tratamento +218 mEq/kg de MS. As demais variáveis não diferiram estatisticamente

As degradabilidades da MS e PB do farelo de soja não demonstraram efeito de tratamento e interação tempo x tratamento, apresentando apenas efeito significativo do tempo.

Tabela 3 – Efeitos dos níveis de BCAD sobre o desaparecimento da degradabilidade da MS (%) do farelo de soja, com relação à proporção volumoso:concentrado de 60:40.

	Tratamentos						Probabilidades	
	-123 mEq/kg MS	Desvio padrão	+218 mEq/kg MS	Desvio padrão	+341 mEq/kg MS	Desvio padrão	Linear	Quadrática
Variáveis da MS*								
a	**30,04**	3,93	**31,46**	2,18	**34,29**	2,26	**0,0870**	0,5323
b	**66,23**	3,20	**51,61**	14,85	**61,14**	5,73	0,4040	**0,0901**
c	**0,11**	0,03	**0,09**	0,01	**0,09**	0,02	0,1911	0,7698
Dp	**96,27**	1,35	**82,70**	14,36	**95,43**	3,87	0,7240	**0,0519**
De (0,02)	**85,74**	1,75	**73,50**	11,77	**83,60**	2,47	0,5445	**0,0463**
De (0,04)	**78,18**	2,90	**67,13**	9,99	**75,70**	2,79	0,4747	**0,0474**
De (0,06)	**72,46**	3,50	**62,45**	8,67	**70,02**	3,05	0,4532	**0,0494**
Tempo (h)								
0	**32,78**	2,20	**31,52**	1,69	**34,22**	0,80		
1,5	**38,00**	5,20	**38,80**	3,59	**41,67**	2,34		
3	**47,01**	6,34	**43,70**	3,48	**50,29**	2,74		
6	**60,37**	5,08	**52,75**	5,23	**58,12**	4,74		
12	**79,26**	5,85	**60,04**	10,23	**70,40**	9,78		
24	**93,46**	0,89	**80,00**	13,12	**91,89**	2,42		

*Variáveis de Ørskov, DeB Hovell e Mould (1980).

a = fração solúvel;

b = fração insolúvel, mas potencialmente degradável;

c = taxa de degradação;

Dp = degradabilidade potencial;

De = degradabilidade efetiva para taxas de passagem iguais a 0,02, 0,04 e 0,06/h.

Tabela 4 – Efeitos dos níveis de BCAD sobre o desaparecimento da degradabilidade da PB (%) do farelo de soja, com relação à proporção volumoso:concentrado de 60:40.

	Tratamentos						Probabilidades	
	-123 mEq/kg MS	Desvio padrão	+218 mEq/kg MS	Desvio padrão	+341 mEq/kg MS	Desvio padrão	Linear	Quadrática
Variáveis da PB*								
a	**32,10**	13,33	**27,94**	7,53	**36,55**	5,51	0,6125	0,2499
b	**64,43**	14,80	**59,17**	11,73	**60,93**	5,39	0,6497	0,6544
c	**0,10**	0,03	**0,10**	0,05	**0,09**	0,05	0,7723	0,9143
Dp	**96,54**	5,20	**87,12**	8,74	**97,49**	2,52	0,9395	**0,0320**
De (0,02)	**85,87**	7,07	**75,99**	10,04	**85,41**	3,24	0,7809	**0,0699**
De (0,04)	**78,35**	7,70	**68,85**	10,24	**77,76**	4,44	0,7723	0,1003
De (0,06)	**72,75**	7,88	**63,73**	9,90	**72,25**	4,85	0,7902	0,1128
Tempo (h)								
0	**34,61**	12,22	**23,12**	7,60	**33,67**	4,67		
1,5	**40,64**	11,44	**42,07**	12,15	**47,46**	7,63		
3	**49,70**	12,67	**48,28**	8,23	**56,98**	3,09		
6	**62,43**	6,81	**49,47**	5,46	**60,76**	6,82		
12	**80,16**	9,42	**56,82**	15,49	**71,00**	10,85		
24	**96,67**	1,84	**83,7**	10,70	**94,72**	1,52		

*Variáveis de Ørskov, DeB Hovell e Mould (1980).

a = fração solúvel;

b = fração insolúvel, mas potencialmente degradável;

c = taxa de degradação;

Dp = degradabilidade potencial;

De = degradabilidade efetiva para taxas de passagem iguais a 0,02, 0,04 e 0,06/h.

4.1.2 Experimento 2

Os comportamentos da fração “a”, das frações “De” (0,02), “De” (0,04) e “De” (0,06) na MS foram lineares, aumentando junto com o aumento da positividade das dietas. Os valores de “b” e “Dp” não obtiveram efeito significativo, a fração “c” apresentou comportamento quadrático, com o menor valor no tratamento +207 mEq/kg de MS. Os valores estão expressos na Tabela 5.

Na degradabilidade da PB do farelo de soja, apenas a fração “a” apresentou diferença significativa (Tabela 6), sendo linear, aumentando com o aumento da

positividade das dietas. Os valores de “b”, “Dp”, “De” (0,02), “De” (0,04) e “De” (0,06) não apresentaram diferença significativa.

As degradabilidade da MS e PB do farelo de soja não demonstraram efeito de tratamento e interação tempo x tratamento, apresentando apenas efeito significativo do tempo.

Tabela 5 – Efeitos dos níveis de BCAD sobre o desaparecimento da degradabilidade da MS (%) do farelo de soja, com relação à proporção volumoso:concentrado de 40:60.

	Tratamentos						Probabilidades	
	-127 mEq/kg MS	Desvio padrão	+207 mEq/kg MS	Desvio padrão	+397 mEq/kg MS	Desvio padrão	Linear	Quadrática
Variáveis da MS*								
a	**24,91**	1,32	**26,63**	1,92	**28,77**	3,62	**0,0825**	0,6965
b	**65,60**	10,68	**71,47**	3,25	**66,77**	7,37	0,7344	0,2351
c	**0,09**	0,008	**0,08**	0,01	**0,11**	0,02	0,1993	**0,0982**
Dp	**90,50**	9,36	**98,10**	1,84	**95,54**	4,30	0,1907	0,1681
De (0,02)	**78,98**	7,43	**84,60**	2,14	**85,90**	2,71	**0,0719**	0,5861
De (0,04)	**70,91**	6,14	**75,45**	2,55	**78,26**	2,15	**0,0403**	0,9585
De (0,06)	**64,94**	5,21	**68,81**	2,68	**72,41**	2,39	**0,0290**	0,7780
Tempo (h)								
0	**25,50**	0,41	**23,90**	1,99	**31,08**	7,90		
1,5	**34,56**	0,44	**39,12**	2,92	**40,15**	2,30		
3	**42,00**	2,52	**44,89**	0,84	**44,16**	7,46		
6	**51,80**	3,68	**56,66**	3,40	**54,28**	10,55		
12	**68,52**	6,80	**68,51**	8,90	**73,07**	14,96		
24	**90,18**	9,06	**95,04**	3,15	**95,56**	4,43		

*Variáveis de Ørskov, DeB Hovell e Mould (1980).

a = fração solúvel;

b = fração insolúvel, mas potencialmente degradável;

c = taxa de degradação;

Dp = degradabilidade potencial;

De = degradabilidade efetiva para taxas de passagem iguais a 0,02, 0,04 e 0,06/h.

Tabela 6 – Efeitos dos níveis de BCAD sobre o desaparecimento da degradabilidade da PB (%) do farelo de soja, com relação à proporção volumoso:concentrado de 40:60.

	Tratamentos						Probabilidades	
	-127 mEq/kg MS	Desvio padrão	+207 mEq/kg MS	Desvio padrão	+397 mEq/kg MS	Desvio padrão	Linear	Quadrática
Variáveis da PB*								
a	**23,86**	1,68	**27,35**	6,35	**32,57**	3,37	**0,0436**	0,5470
b	**68,38**	9,20	**70,96**	5,59	**63,81**	5,37	0,4569	0,1959
c	**0,14**	0,03	**0,12**	0,04	**0,12**	0,07	0,6729	0,8310
Dp	**92,23**	10,05	**98,31**	1,21	**96,38**	2,13	0,2549	0,2486
De (0,02)	**83,50**	7,70	**88,11**	1,65	**84,92**	8,78	0,7004	0,3373
De (0,04)	**76,76**	6,10	**80,60**	2,44	**77,92**	10,73	0,7758	0,4652
De (0,06)	**71,40**	4,97	**74,80**	2,76	**72,88**	11,13	0,7466	0,5608
Tempo (h)								
0	**24,56**	6,42	**19,02**	5,61	**31,13**	10,09		
1,5	**36,98**	6,26	**45,18**	2,35	**50,43**	8,92		
3	**53,90**	4,11	**55,01**	1,20	**52,48**	11,75		
6	**61,44**	4,23	**64,06**	2,70	**60,75**	10,40		
12	**75,62**	6,94	**73,59**	10,80	**77,08**	17,44		
24	**93,96**	7,74	**97,82**	1,27	**97,77**	2,11		

*Variáveis de Ørskov, DeB Hovell e Mould (1980).

a = fração solúvel;

b = fração insolúvel, mas potencialmente degradável;

c = taxa de degradação;

Dp = degradabilidade potencial;

De = degradabilidade efetiva para taxas de passagem iguais a 0,02, 0,04 e 0,06/h.

4.2 Degradabilidades da matéria seca e amido do fubá de milho

4.2.1 Experimento 1

No experimento 1 não foi observado efeito do BCAD na degradabilidade da MS do fubá de milho em nenhuma variável estudada (Tabela 7), e na degradabilidade do amido de milho na fração “De” (0,06) foi observado um efeito linear (Tabela 8), onde os valores diminuíram com o aumento do BCAD. Não foi observado efeito de tratamento e interação entre tratamento e tempo, apenas efeito do tempo sobre a degradação da MS e do amido do fubá de milho.

Tabela 7 – Efeitos dos níveis de BCAD sobre o desaparecimento da degradabilidade da MS (%) do fubá de milho, com relação à proporção volumoso:concentrado de 60:40.

	Tratamentos						Valores de p	
	-123 mEq/kg MS	Desvio padrão	+218 mEq/kg MS	Desvio padrão	+341 mEq/kg MS	Desvio padrão	Linear	Quadrática
Variáveis da MS*								
a	**19,95**	3,83	**16,83**	2,74	**17,87**	3,01	0,3619	0,3710
b	**73,37**	11,47	**69,45**	7,63	**62,95**	13,27	0,2638	0,7432
c	**0,05**	0,01	**0,05**	0,005	**0,05**	0,01	0,4501	0,7223
Dp	**93,31**	7,78	**86,28**	7,41	**80,82**	10,66	0,1037	0,9349
De (0,02)	**71,98**	4,25	**67,77**	6,41	**63,95**	8,31	0,1640	0,8913
De (0,04)	**60,34**	3,41	**57,07**	5,56	**54,29**	6,59	0,1953	0,9217
De (0,06)	**52,99**	3,06	**50,09**	4,90	**48,00**	5,29	0,2016	0,9750
Tempo (h)								
0	**12,29**	0,62	**14,15**	2,10	**13,63**	1,33		
1,5	**25,72**	13,00	**17,22**	7,82	**16,03**	1,50		
3	**31,95**	26,60	**38,49**	25,66	**14,26**	2,18		
6	**65,97**	0,78	**63,53**	2,88	**66,52**	1,69		
12	**48,26**	11,84	**49,28**	18,17	**50,15**	14,04		
24	**87,35**	5,70	**80,04**	7,52	**75,83**	12,13		

*Variáveis de Ørskov, DeB Hovell e Mould (1980).

a = fração solúvel;

b = fração insolúvel, mas potencialmente degradável;

c = taxa de degradação;

Dp = degradabilidade potencial;

De = degradabilidade efetiva para taxas de passagem iguais a 0,02, 0,04 e 0,06/h.

Tabela 8 – Efeitos dos níveis de BCAD sobre o desaparecimento da degradabilidade do amido (%) do fubá de milho, com relação à proporção volumoso:concentrado de 60:40.

	Tratamentos						Valores de p	
	-123 mEq/kg MS	Desvio padrão	+218 mEq/kg MS	Desvio padrão	+341 mEq/kg MS	Desvio padrão	Linear	Quadrática
Variáveis do amido*								
a	**10,74**	1,26	**9,60**	6,70	**8,15**	2,69	0,4788	0,8841
b	**75,33**	14,18	**67,40**	17,41	**71,16**	11,63	0,6751	0,5711
c	**0,21**	0,21	**0,21**	0,13	**0,13**	0,04	0,5280	0,5270
Dp	**86,07**	12,92	**77,00**	13,80	**79,31**	11,14	0,4655	0,5450
De (0,02)	**75,08**	6,31	**69,05**	8,97	**68,93**	7,13	0,3045	0,6401
De (0,04)	**67,33**	3,72	**63,08**	6,04	**61,30**	4,70	0,1521	0,8479
De (0,06)	**61,50**	4,55	**58,38**	4,34	**55,42**	3,18	**0,0856**	0,8395
Tempo (h)								
0	**12,29**	0,62	**14,15**	2,10	**13,63**	1,33		
1,5	**25,72**	13,00	**17,22**	7,82	**16,03**	1,50		
3	**31,95**	26,60	**38,49**	25,67	**14,26**	2,18		
6	**65,98**	0,78	**63,53**	2,88	**66,51**	1,69		
12	**48,26**	11,84	**49,28**	18,17	**50,15**	14,04		
24	**87,35**	5,70	**80,05**	7,52	**75,83**	12,13		

*Variáveis de Ørskov, DeB Hovell e Mould (1980).

a = fração solúvel;

b = fração insolúvel, mas potencialmente degradável;

c = taxa de degradação;

Dp = degradabilidade potencial;

De = degradabilidade efetiva para taxas de passagem iguais a 0,02, 0,04 e 0,06/h.

4.2.2 Experimento 2

Na degradabilidade da MS do fubá de milho, diferença significativa foi apresentada na fração “c” (Tabela 9), com comportamento quadrático, mostrando menor valor para o BCAD de +207 mEq/kg de MS. Todas as outras frações não apresentaram diferença significativa. Na degradabilidade do amido do fubá de milho, nenhuma fração apresentou diferença significativa (Tabela 10).

As degradabilidades da MS e amido do fubá de milho não apresentaram efeito do tratamento e da interação tempo x tratamento, apenas efeito do tempo.

Tabela 9 – Efeitos dos níveis de BCAD sobre o desaparecimento da degradabilidade da MS (%) do fubá de milho, com relação à proporção volumoso:concentrado de 40:60.

	Tratamentos						Valores de p	
	-127 mEq/kg MS	Desvio padrão	+207 mEq/kg MS	Desvio padrão	+397 mEq/kg MS	Desvio padrão	Linear	Quadrática
Variáveis da MS*								
a	**11,88**	4,68	**14,87**	2,03	**14,37**	7,25	0,4940	0,6172
b	**66,38**	6,90	**72,38**	5,80	**69,71**	2,58	0,3632	0,2267
c	**0,07**	0,005	**0,05**	0,008	**0,06**	0,01	0,1412	**0,0958**
Dp	**78,26**	7,28	**87,25**	6,07	**84,08**	6,60	0,2229	0,1849
De (0,02)	**63,95**	6,14	**66,76**	2,25	**65,97**	4,03	0,4870	0,5137
De (0,04)	**54,73**	5,69	**55,37**	1,57	**55,51**	3,67	0,7743	0,9347
De (0,06)	**48,28**	5,48	**48,11**	1,61	**48,65**	3,59	0,9101	0,8520
Tempo (h)								
0	**15,49**	6,69	**24,16**	1,02	**24,18**	14,07		
1,5	**18,07**	1,22	**18,22**	2,07	**16,84**	1,48		
3	**22,30**	4,07	**23,00**	1,84	**20,68**	2,51		
6	**29,57**	4,18	**29,38**	4,72	**28,54**	3,90		
12	**47,40**	7,25	**46,03**	3,73	**49,74**	3,61		
24	**72,41**	5,21	**78,04**	1,72	**74,80**	3,70		

*Variáveis de Ørskov, DeB Hovell e Mould (1980).

a = fração solúvel;

b = fração insolúvel, mas potencialmente degradável;

c = taxa de degradação;

Dp = degradabilidade potencial;

De = degradabilidade efetiva para taxas de passagem iguais a 0,02, 0,04 e 0,06/h.

Tabela 10 – Efeitos dos níveis de BCAD sobre o desaparecimento da degradabilidade do amido (%) do fubá de milho, com relação à proporção volumoso:concentrado de 40:60.

	Tratamentos						Valores de p	
	-127 mEq/kg MS	Desvio padrão	+207 mEq/kg MS	Desvio padrão	+397 mEq/kg MS	Desvio padrão	Linear	Quadrática
Variáveis do amido*								
a	**6,58**	2,03	**7,70**	2,49	**6,78**	4,69	0,8987	0,6172
b	**81,00**	8,06	**83,52**	7,86	**85,42**	5,30	0,4427	0,9746
c	**0,07**	0,01	**0,07**	0,03	**0,07**	0,01	0,8798	0,7032
Dp	**87,58**	7,15	**91,22**	6,61	**92,20**	5,43	0,3572	0,8210
De (0,02)	**69,40**	5,95	**71,40**	3,34	**73,33**	5,89	0,3310	0,9038
De (0,04)	**57,92**	5,43	**59,70**	6,44	**61,43**	6,09	0,4777	0,9297
De (0,06)	**50,00**	5,08	**51,83**	7,86	**53,19**	5,94	0,5509	0,9842
Tempo (h)								
0	**9,46**	2,50	**16,91**	0,80	**14,32**	10,95		
1,5	**14,32**	1,00	**12,72**	1,05	**15,64**	2,67		
3	**19,52**	6,27	**18,67**	3,63	**16,93**	2,71		
6	**28,94**	6,42	**47,35**	28,96	**29,13**	4,22		
12	**49,31**	8,24	**48,55**	7,02	**60,17**	11,98		
24	**80,40**	6,00	**84,78**	1,00	**84,27**	5,24		

*Variáveis de Ørskov, DeB Hovell e Mould (1980).

a = fração solúvel;

b = fração insolúvel, mas potencialmente degradável;

c = taxa de degradação;

Dp = degradabilidade potencial;

De = degradabilidade efetiva para taxas de passagem iguais a 0,02, 0,04 e 0,06/h

5 DISCUSSÃO

5.1 Farelo de soja

Os dados da degradabilidade do farelo de soja demonstram que na degradabilidade da MS, tanto no experimento 1 quanto no experimento 2, a fração “b” comportou-se de acordo com a degradabilidade efetiva, o que é esperado. O mesmo não ocorrendo na degradabilidade da PB, quando somente no experimento 2 o comportamento das frações foi similar, mas, sem apresentar efeito significativo.

Houve uma maior degradabilidade potencial da MS e PB do farelo de soja no experimento 1, onde a proporção de volumoso foi maior que a de concentrado, o que concorda com os resultados de Ganev, Ørskov e Smart (1979) quando avaliaram a degradabilidade de diversos suplementos protéicos em ovinos e encontraram maior degradabilidade de MS e PB nos animais com dietas com alto volumoso, o que também concorda com Barrio, Owens e Goetsch (1985) onde uma maior degradação de nitrogênio da dieta foi encontrada quando se utilizou 80% de volumoso em relação com outra com 20% de volumoso, sendo que isto foi atribuído ao número e/ou atividade de bactérias e não ao pH ruminal.

Os resultados também concordam com Castrillo et al. (1992) em que foi observada uma tendência a um aumento da taxa de desaparecimento do nitrogênio de vários suplementos protéicos testados, em dois níveis de volumoso:concentrado, associando isto ao incremento no teor de volumoso.

Lindberg (1981) encontrou resultados diferentes quando utilizou dietas com 100%, 70% e 30% de volumosos na degradabilidade ruminal de fontes protéicas, onde o desaparecimento do nitrogênio e da MS foi menor com menores quantidades de volumosos, mas apenas para amostras coletadas com 24 horas de incubação.

Bürger et al. (2000) não encontraram diferenças com diferentes níveis de concentrado, utilizando bezerros holandeses, na fração “a”, fração “c” e degradabilidade efetiva do farelo de soja.

Malafaia et al. (1996) encontraram valores altos para a fração “a” da MS do farelo de soja, 59,3%, estudando alguns concentrados, o que difere dos nossos valores, encontrados nos experimentos 1 e 2 (experimento 1 – a = 30,04; a = 31,46; a = 34,29, para MS nos tratamentos – 123, +218 e +341 mEq/kg MS respectivamente ; a = 32,10; a = 27,94; a = 36,55, para PB nos tratamentos – 123,

+218 e +341 mEq/kg MS respectivamente; experimento 2 – a = 24,91; a = 26,32; a = 28,7nã7, para MS nos tratamentos – 127, +207 e + 397 mEq/kg MS respectivamente; a = 23,86; a = 27,35 e a = 32,57 mEq/kg MS, para PB nos tratamentos 127, +207 e + 397 mEq/kg MS respectivamente).

Mas os valores da fração “b”, encontrados nos dois experimentos assemelham-se ao valor apresentado pelo NRC (1996) de 66% para o farelo de soja.

Os dados sugerem que no experimento 1, com menor proporção de concentrado, pode ter ocorrido um menor crescimento microbiano de proteolíticas, o que limita a síntese protéica, concordando com Clark, Klusmeyer e Cameron (1992) estando a microbiota ruminal aumentando a taxa de reciclagem dos compostos nitrogenados para a sua própria sobrevivência.

No experimento 1, como no experimento 2, a quantidade de material (resíduo de farelo de soja) restante após a incubação do tempo 48 horas, foi insuficiente para as análises, sendo este calculado a partir dos dados do tempo 24 horas. Isto pode sugerir que a degradação microbiana no experimento 1 foi alta devido ao crescimento bacteriano de proteolíticas ser impulsionado pela presença do material incubado, e, no experimento 2, devido ao seu número, supostamente, já ser alto, o material incubado ser somente integrado as fontes dietéticas. É provável que se houvesse mais material incubado e mais tempos de incubação, as curvas de degradação tivessem uma estabilização em tempos maiores.

No experimento 1, o tratamento -123 mEq/kg MS foi o que apresentou maior degradabilidade, tanto na fração “b” quanto da “Dp”. Como comentado anteriormente, o sulfato de amônio e o bicarbonato de sódio foram utilizados para se alterar a composição iônica das dietas, como estes íons devem ter sido difundidos

no líquido ruminal (JOAHNNESSON, 1999), a proporção iônica do líquido ruminal podem ter sido alterado, e, conseqüentemente, os sistemas de transporte de substrato para o interior das células bacterianas. Com a predominância de íons negativos no meio ruminal, os sistemas choque-sensitivo, próton simporter e sódio simporter podem ter tido sua atuação diminuída, predominando o sistema fosfotranferase. Este sistema é energicamente mais eficiente e possui maior afinidade às espécies bacterianas que degradam carboidratos não-estruturais (KOZLOSKI, 2002). Ele é utilizado principalmente em dietas com maior proporção de volumosos, situação onde a manutenção de uma população mínima destas espécies bacterianas depende deste sistema para captar algum substrato do meio ruminal (MARTIN, 1994). Com um meio mais aniônico, e, com este sistema de transporte se sobressaindo, é provável que o crescimento bacteriano de proteolíticas tenha se diferenciado das demais, o que justifica a maior degradação, em MS, no tratamento -123 mEq/kg MS.

Nos tratamentos +218 mEq/kg MS e +341 mEq/kg MS as degradações da MS foram menores, sugerindo que deve ter sido utilizado outros sistemas de transporte do substrato para o interior das bactérias, ou ainda que a adição de bicarbonato de sódio possa ter alterado a população microbiana e seus mecanismos geradores de gradientes eletroquímicos.

Apesar de não ter ocorrido diferença significativa da degradação da fração “b” na PB, o maior valor também se encontra no tratamento -123 mEq/kg MS, mas não foi acompanhado pelos valores da fração “Dp”, onde o maior valor foi no tratamento + 341 mEq/kg MS. Como se conhece pouco da regulação dos sistemas de transporte de substratos para as células bacterianas, é plausível que existam outros mecanismos que regulem a entrada destes substratos, de modo a ordenar sua

utilização. Kozloski (2002) sugere que a competição entre dois ou mais açúcares pelo mesmo sítio de ligação em uma proteína carreadora de membrana pode regular o sistema de transporte dos compostos nitrogenados, sendo que a preferência por um ou outro dependeria de suas concentrações no meio e de suas afinidades relativos pelo sítio de ligação na membrana.

No experimento 2, a fração degradável não apresentou diferença significativa, o que pode sugerir que em uma condição de proporções maiores de concentrado, ocorrendo uma alta proporção de bactérias proteolíticas, os padrões iônicos ruminais não sejam alterados de modo a afetar a degradação e absorção dos compostos protéicos do farelo de soja.

Como a proporção de ácidos graxos voláteis no rúmen é dependente da proporção volumoso:concentrado, é provável que íons difusos no líquido ruminal (JOHANNESSON, 1999), como enxofre, nitrogênio e hidrogênio, adicionados nas dietas iônicas, possam ter vindo a interferir na formação do piruvato, que é o intermediário comum do catabolismo dos açúcares pelas bactérias ruminais. A partir do piruvato várias rotas diferentes podem ser utilizadas até a formação dos produtos finais da fermentação, sendo o acetato, propionato e butirato os mais importantes (KOZLOSKI, 2002).

5.2 Fubá de milho

No experimento 1, a degradabilidade da MS da fração “b” comportou-se de acordo com a fração “Dp”, sendo que os valores mais altos foram encontrados no tratamento -123 mEq/kg MS e decaindo linearmente, sem apresentar efeitos significativos, com o aumento da positividade das dietas experimentais. O mesmo

não ocorreu na degradabilidade do amido, onde, sem diferenças significativas, os valores mais altos de “b” e “Dp” foram encontrados no tratamento -123 mEq/kg MS, mas os valores mais baixos foram do tratamento +218 mEq/kg MS.

No experimento 2, os comportamentos das frações “b” e “Dp”, tanto na degradabilidade da MS como no amido foi de similaridade. Mas, na MS “b” e “Dp” apresentaram comportamento quadrático, sem apresentar efeitos significativos, sendo os valores mais altos encontrados no tratamento +207 mEq/kg MS e os mais baixos no tratamento -127 mEq/kg MS, e, na degradação do amido, também sem diferença significativa, o comportamento foi linear, tendo o valor mais alto das frações “b” e “Dp” no tratamento +397 mEq/kg MS e os mais baixos no tratamento -127 mEq/kg MS.

Os resultados diferem dos valores encontrados por Carvalho, Valadares e Coelho (1997) quando utilizaram proporções altas de volumosos e encontraram valor de “Dp” de 62,5%, e com maior proporção de concentrado.

Os valores da fração “a”, “b” e “Dp” assemelham-se aos valores encontrados por Bürger et al. (2000) estudando degradabilidade ruminal de bezerros holandeses com diferentes níveis de concentrado. O autor apresentou valor médio da fração “a” de 13,69%, e comenta não ter havido variação nos níveis, sendo que a fração “b” e a degradabilidade efetiva apresentaram valores máximos de 86,34% e 99,4%, nos níveis de 36,5% e 35,83% de concentrado nas dietas, respectivamente. As degradabilidades potenciais da MS, nas rações com 30, 45 e 60% de concentrado, encontradas pelos autores foram de 99,47; 100 e 99,41% respectivamente, o que em parte se assemelham aos nossos resultados. O autor conclui que a degradabilidade da MS do fubá de milho não foi alterada pelos níveis de concentrado.

Valores semelhantes de “a”, “b” e “Dp” foram encontrados por Passini et al. (2004), trabalhando com degradabilidade ruminal de grãos de milho processados em diferentes formas, em vacas mestiças.

Os dados sugerem que os mecanismos de transporte assim como a produção e metabolismo de ácidos graxos e seus derivados, não tenham sido afetados pelas dietas com diferentes proporções de volumoso:concentrado, podendo algumas interações ter ocorrido na degradabilidade.

As diferenças iônicas promovidas no líquido ruminal podem estar afetando a absorção dos produtos oriundos da digestão do amido, os AGV. Sendo a absorção dos AGV eletricamente neutra (KOZLOSKI, 2002) para haver uma absorção destes na forma ionizada, é sugerido um mecanismo de troca aniônica entre as células do epitélio e o lúmen ruminal, envolvendo cloreto e bicarbonato. No entanto, este mecanismo de absorção no rúmen não está conclusivamente estabelecido (MARTIN, 1994).

Huntington e Givens (1995) comentam que os efeitos associativos sobre as interações entre os carboidratos rapidamente fermentáveis e aqueles degradados mais lentamente, podem resultar nos valores totais de degradabilidade diferente da soma dos valores das degradabilidades individuais, o que demonstra a complexidade do metabolismo microbiano ruminal, em que o ambiente normal é altamente reduzido (rico em moléculas de oxidação, como os AGV e H_2), e dependente de gradientes iônicos para vários mecanismos.

6 CONCLUSÕES

1. Níveis de BCAD (-123mEq/kg MS, +218mEq/kg MS e +341mEq/kg MS) afetaram a degradabilidade da MS do farelo soja, sendo as maiores degradabilidades no tratamento -123mEq/kg MS e as menores no tratamento +218mEq/kg MS, utilizando uma proporção de volumoso:concentrado de 60:40, respectivamente, mas afetaram somente a degradabilidade potencial da PB do farelo de soja.

2. Níveis de BCAD (-127mEq/kg MS, +207mEq/kg MS e +397mEq/kg MS) não afetaram a degradabilidade da MS e PB do farelo de soja, utilizando uma proporção de volumoso:concentrado de 40:60, respectivamente.

3. Níveis de BCAD (-123mEq/kg MS, +218mEq/kg MS e +341mEq/kg MS) não afetaram a degradabilidade da MS e amido do fubá de milho utilizando uma proporção de volumoso:concentrado de 60:40, respectivamente.

4. Níveis de BCAD (-127mEq/kg MS, +207mEq/kg MS e +397mEq/kg MS) não afetaram a degradabilidade da MS e amido do fubá de milho, utilizando uma proporção de volumoso:concentrado de 40:60, respectivamente.

5. Isto nos leva a concluir que em dietas baseadas em alimentação com volumosos, níveis de BCAD influenciam a degradabilidades ruminais de MS e PB de farelo de soja, mas não do amido do fubá de milho.

6. Já em dietas onde ocorra uma suplementação, tanto energética como protéica, as degradabilidades ruminais, tanto de amido como de PB e suas MS, não são afetadas pelos níveis de BCAD.

REFERÊNCIAS

AGRICULTURAL FOOD AND RESEARCH COUNCIL. Technical Committee on Responses to Nutrients. Nutritive requirements of ruminant's animals: protein. **Nutr. Abstr. Rev.,** Farnham Royal, v.62, n.12, p.787-835, 1992. Report n. 9.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTIS. **Official methods of analysis.** 11.ed. Washington, D.C.: A.O.A.C., 1980. 1051p.

BARRIO, J.R.; GOETSCH, A.L.; OWENS, F.N. Effect of dietary concentrate on in situ dry matter and nitrogen disappearance of a variety of feedstuffs. **J. Dairy Sci.,** Champaign, v.69, n.2, p.420-430, 1986.

BARRIO, J.R.; OWENS, F.N.; GOETSCH, A.L. Soluble nutrients in protein supplements and in situ disappearance. **Can. J. Anim. Sci.,** Ottawa, v.65, n.3, p.667-672, 1985.

BLOCK, E. Manipulation of dietary cation-anion difference on nutritionally related production diseases, productivity, and metabolic responses of dairy cows. **J. Dairy Sci.,** Champaign, v.77, n.5, p.1437-1450, 1994.

BÜRGER, P.J. et al. Taxas de passagem e cinética da degradação ruminal em bezerros holandeses alimentados com dietas contendo diferentes níveis de concentrado. **Rev. Bras. Zootec.,** Viçosa, MG, v.29, n.1, p.225-235, 2000.

BYERS, D.I. Management considerations for successful use of anionic salts in dry-cow diets. **Compend. Contin. Educ. Pract. Vet.,** Trenton, v.16, n.1-3, p.237-242, 1994.

CARNEIRO, H. et al. Effects of dietary sulfer level on amino acid aoncentrations in ruminal bactéria of goats. **Small Rum. Res.** Amsterdã v.37, n. 1-2, p. 151-157, 2000.

CARVALHO, A.U.; VALADARES FILHO, S.C.; COELHO DA SILVA, J.F. Níveis de concentrado em dietas de zebuínos. 4. Concentrações ruminais de amônia e pH, taxa de passagem da digesta ruminal e degradação *in situ* dos alimentos. **R. Bras. Zootec.,** Viçosa, MG, v.26, n.5, p.1016-1024, 1997.

CASTRILLO, C. et al. The effect on increasing the proportion of barley straw in pelleted concentrate diets given to lambs on rumen outflow rate and degradation of protein supplements. **Anim. Prod.,** Bletchley, v.54, n.1, p.59-66, 1992.

CATON, J.S.; DHUYVETTER, D.V. Influence of energy supplementation on grazing ruminants: requirements and responses. **J. Anim. Sci.,** Champaign, v.75, n.2, p.533-542, 1997.

CHADEMANA, I.; OFFER, N.W. The effect of dietary inclusion of yeast culture on digestion in the sheep. **Anim. Prod.,** Bletchley, v.50, n.3, p.483-489, 1990.

CHAPPELL, G.L.M.; FONTENOT, J.P. Effect of level of readily available carbohydrates in purified sheep rations on cellulose digestibility and nitrogen utilization. **J. Anim. Sci.,** Champaign, v.27, n.6, p.1709-1715, 1968.

CHATURVEDI, O.H.; WALLI, T.K. Ruminal dry matter and protein degradability of some concentrate ingredients using nylon bag technique. **Ind. J. Anim. Sci.,** New Delhi, v.12, n.3, p.133-139, 1995.

CHIMWANO, A.M.; ØRSKOV, E.R.; STEWART, C.S. Effect of dietary proportions of roughage and concentrate on rate of digestion of dried grass and cellulose in the rumen of sheep. **Proc. Nutr. Soc.,** Cambridge, v.35, n.2, p.A101-A102, 1976.

CHURCH, D.C. **Digestive physiology and nutrition of ruminants:** digestive physiology. 3.ed. Oxford: Oxford Press Inc., 1979. v.1, 350p.

CLARK, J.H.; KLUSMEYER, T.H.; CAMERON, M.R. Microbial protein synthesis and flows of nitrogen fractions to the duodenum of dairy cows. **J. Dairy Sci.,** Champaign, v.75, n.8, p.2304-2323, 1992.

CUMMINS, K.A. et al. Nitrogen degradability and microbial protein synthesis in calves fed diets of varying degradability by the bag technique. **J. Dairy Sci.,** Champaign, v.66, n.11, p.2356-2364, 1983.

DEL CLARO, G.R.; ZANETTI, M.A.; SALLES, M.S.V. Influência da dieta aniônica no balanço macromineral em novilhos holandeses. **Arq. Med. Vet. Zootec,** Belo Horizonte, v.74, n.3, p.281-283, 2002.

DELAQUIS, A.M.; BLOCK, E. The effects of changing ration ingredients on acid-base status, renal function, and macromineral metabolism. **J. Dairy Sci.,** Champaign, v.78, n.9, p.2024-2039, 1995.

DEN HARTOG, L.A. et al. The effect of dietary electrolyte balance on blood parameters and the performance of veal calves. **Livest. Prod. Sci.,** Amsterdam, v.21, n.213, p.213-222, 1989.

DONALD, L.H. Rapid extraction and analyses of nonstructural carbohydrates in plant tissues. **Crop Sci.,** Madison, v.33, p.1306-1311, 1993.

FAHEY, G.C.; BERGER, L.L. Carbohydrate nutrition of ruminants. In: CHURCH, D.C. **The ruminant animal:** digestive physiology and nutrition Englewood Cliffs. 3.ed. Oxford: Simon & Schuster, 1988. p.128-154.

FAUCHON, C.; SEOANE, J.R.; BERNIER, J.F. Effects of dietary cation-anion concentrations on performance and acid-base balance in growing lambs. **Can. J. Anim. Sci.,** Ottawa, v.75, n.1, p.145-151, 1995.

GANEV, G.; ØRSKOV, E.R.; SMART, R. Effect of roughage or concentrate feeding and rumen retention time on total degradation of protein in the rumen. **J. Agric. Sci.,** Cambridge, v.93, p.651-656, 1979.

GOFF, J.P. et al. Addition of chloride to a preportal diet hight in cation increases 1,25-dihydroxyvitamin d response to hypocalcemia preventing milk fever. **J. Dairy Sci.,** Champaign, v.74, n.11, p.3863-3871, 1991.

GUYTON, A.C. **Tratado de fisiologia médica.** 6.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1988. 799p.

HOBSON, P.N.; STEWART, C.S. **The rumen microbial ecosystem.** 2.ed. London: Blackie Academic & Professional, 1997. 719p.

HOOVER, W.H. Chemical factors involved in ruminal fiber digestion. **J. Dairy Sci.,** Champaign, v.69, n.6, p.2755-2766, 1986.

HOOVER, W.H.; STOKES, S.R. Balancing carbohydrates and proteins for optimum rumen microbial yield. **J. Dairy Sci.,** Champaign, v.74, n.8, p.3630-3644, 1991.

HOPSON, J.D.; JOHNSON, R.; DEHORITY, B.A. Evaluation of the dracon bag technique as a method for measuring cellulose digestibility and rate of forage digestion. **J. Animal Sci.,** Champaign, v.22, n.2, p.448-453, 1963.

HUNTINGTON, J.A.; GIVENS, D.I. The in situ technique for studding the rumen degradation of feeds: a review of procedure. **Nutr. Abstr. Rev.,** Farnham Royal, v.65, n.2, p.63-93, 1995. Series B.

JACKSON, J.A. et al. Influence of cation-anion balance on feed intake, body weight gain, and humoral response of dairy calves. **J. Dairy Sci.,** Champaign, v.75, n.5, p.1281-1286, 1992.

JOAHNNESSON, B.F. Diffusion of a mixture of cations and anions dissolved in water. **Cem. and Conc. Res.,** Elmsford, v.29, n.8, p.1261-1270, 1999.

KENNEDY, D.W.; BUNTING, L.D. Effects of starch or ruminal fermentation and detergent fiber digestion in lambs fed bermudagrass hay. **An. Feed Sci. Tech.,** Amsterdam, v.36, n.1/2, p.91-100, 1992.

KIRKPATRICK, B.K.; KENNELY, J.J. In situ degradability of protein and dry matter from Single Protein Sources and from a total diet. **J. Anim. Sci.,** Champaign, v.65, n.2, p.567-576, 1987.

KOTARSKI, K.K.; WANISHA, R.D.; THURN, K.K. Starch hydrolysis by the ruminal microflora. **J. of Nutr.,** Philadelphia, v.122, p.178-184, 1992.

KOZLOSKI, G.V. **Bioquímica dos ruminantes.** 1ª ed. Santa Maria: Ed. UFSM, 2002. 140p.

LINDBERG, J.E. The effect of basal diet on the ruminal degradation of dry matter, nitrogenous compounds and cell walls in nylon bags roughage and cereals in various proportions. **Swed. J. Agr. Res.,** Stockholm, v.11, n.4, p.159-169, 1981.

MALAFAIA, P.A.M. et al. Degradabilidade potencial de alguns concentrados estimada *in situ* e *in vitro*. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 33., 1996, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1996. p.309-311.

MARTIN, S.A. Nutrient transport by ruminal bacteria: a review. **J. Anim. Sci.,** Champaign, v.72, n.11, p.3019-3031, 1994.

McDONALD, P. et al. **Animal Nutrition**. 5ª ed. UK: Longman, 1995.

McCLEARY, B.V.; SOLAH, V.; GIBSON, T.S. Quantitative measurement of total starch in cereal flours and products. **J. of Cereal Sci.,** London, v.20, n.1, p.51-58, 1994.

MILLES, R.; BUTCHER, G. Equilibrio ácido-base II: La regulación del equilibrio. **Ind. Avícola,** Mount Morris, v.20, n.1, p.8-12, 1993.

MILLER, B.G.; MUNTIFERING, R.B. Effect of forage on kinetics of forage fiber digestion in vivo. **J. Dairy Sci.,** Champaign, v.68, n.1, p.40-44, 1985.

MONGIN, P. Recent advances in dietary anion-cation balance: applications in poultry. **Proc. Nutr. Soc.,** Cambridge, v.40, n.3, p.284-294, 1981.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Necessidades nutritivas del ganado vacuno.** 3.ed. Buenos Aires: Hemisfério Sur, 1984. 104p.

_____. **Nutrient requirements of dairy cattle.** 5th rev. ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 1989. 157p.

_____. **Nutrients requirements of beef cattle.** 7th ed. Washington, D.C.: National Academy of Sciences, 1996. 242p.

_____. **Nutrient requirements of dairy cattle.** 7th rev. ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 2001. p.363. (Nutrient requirements of domestic animals).

NOCEK, J.E.; RUSSEL, J.B. Protein and energy as an integrated system. Relationship of ruminal protein and carbohydrate availability to microbial synthesis and milk production. **J. Dairy Sci.,** Champaign, v.71, p.2070-2107, 1988.

ØRSKOV, E.R. Starch digestion and utilization in ruminants. **J. Anim. Sci.,** Champaign, v.63, n.5, p.1624-1633, 1986.

ØRSKOV, E.R.; DeB HOVELL, F.D.; MOULD, F. Uso de la técnica de la bolsa de nylon para la evaluación de los alimentos. **Prod. Anim. Trop.,** Edinburgh, v.5, n.3, p.213-233, 1980.

ØRSKOV, E.R.; McDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. **J. Agric. Sci.,** London, v.92, p.499-503, 1979.

ØRSKOV, E.R.; RYLE, M. **Energy nutrition in ruminants.** Elsevier Science Publishers LTD. London and New York, 1990.

PASCOAL, L.L. **Efeito da proteína de alta ou de baixa degradabilidade ruminal associada à cana de açúcar ou ao capim napier na alimentação de bovinos confinados.** 1992. 185 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1992.

PASSINI, R. et al. Degradabilidade no rúmen bovino de grão de milho processados de diferentes formas. **Pesq. Agrogec. Bras.,** Brasília, v.39, n.3, p.271-276, 2004.

PATIENCE, J.F.; AUSTIC, R.E.; BOYD, R.D. Effect of dietary electrolyte balance on growth and acid-base status in swine. **J. Anim. Sci.,** Champaing, v.64, p.457-466, 1987.

RODE, L.M.; WEAKLEY, D.C.; SATTER, L.D. Effect of forage amount and particle size in diets of lactating dairy cows on site of digestion and microbial Protein synthesis. **Can. J. Anim. Sci.,** Ottawa, v.65, n.1, p.194-202, 1985.

ROONEY, L.W.; PFLUGFELDER, R.L. Factors affecting starch digestibility with special emphasis on sorghum and corn. **J. Anim. Sci.,** Champaign, v.63, p.1607-1617, 1986.

ROSS, J.G.; SPEARS, J.W.; GARLICH, J.D. Dietary electrolyte balance effects on performance and metabolic characteristics in growing steers. **J. Anim. Sci.,** Champaign, v.72, n.7, p.1842-1848, 1994a.

_____. Dietary electrolyte balance effects on performance and metabolic characteristics in finishing steers. **J. Animal Sci.,** Champaign, v.72, n.6, p.1600-1607, 1994b.

RUDE, B.J.; RANKINS, D.L. Mineral status in beef cows fed broiler litter diets with cation-anion differences or supplemented with hay. **J. Anim. Sci.,** Champaign, v.75, n.3, p.727-735, 1997.

RUSSEL, J.B. Minimizing ruminant nitrogen losses. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL EM RUMINANTES, 1992, Lavras. **Anais...** Lavras: ESAL, 1992. p.47-64.

RUSSEL, J.B. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. **J. Anim. Sci.,** Champaign, v.70, n.12, p.3551-3561, 1992.

SIDDONS, R.C.; PARADINE, J. Effects of diets on protein degrading activity in the sheep rumen. **J. Sci. Food Agric.,** London, v.32, p.973-981, 1981.

SNIFFEN, C.J.; ROBINSON, H. Microbial growth and flow as influenced by dietary manipulations. **J. Dairy Sci.,** Champaign, v.70, n.3, p.425-441, 1987.

SUSMEL, P.; STEFANON, B.; PIASENTIER, E. Effect of forage and a concentrate intake level on rumen degradability of protein sources having different *in vitro* rates of N solubilization. **An. Feed Sci Tech.,** Amsterdam, v.26, n.3/4, p.231-249, 1989.

SWENSON, M.J. **Dukes/Fisiologia dos animais domésticos.** 10.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1984. 799p.

TEIXEIRA, J.C.; SANTOS, R.M.; OLIVEIRA, A.I.G. Degradabilidade ruminal da matéria seca, proteína bruta e fibra em detergente neutro de rações contendo caroço de algodão e grão de milho, em diferentes formas físicas, em vacas da raça Holandesa. **R. Bras. Zootec.,** Viçosa, MG, v.25, n.4, p.814-823, 1996.

TUCKER, W.B.; HARRISON, G.A.; HEMKEN, R.W. Influence of dietary cation-anion balance on milk, blood, urine, and rumen fluid in lactating dairy cattle. **J. Dairy Sci.,** Champaign, v.71, n.2, p.346-354, 1988.

TUCKER, W.B. et al. Natural sodium sesquicarbonate fed for na entire lactation: influence on performance and acid-base status of dairy cows. **J. Dairy Sci.,** Champaign, v.77, n.10, p.531-537, 1994.

VALADARES, R.F.D.; GONÇALVES, L.C.; SAMPAIO, I.B.M. Níveis de proteína em dietas de bovinos. 2. Consumos, digestibilidades e balanços de compostos nitrogenados. **R. Bras. Zootec.,** Viçosa, MG, v.26, n.6, p.1259-1263, 1997.

VALADARES FILHO, S.C. Eficiência de síntese de proteína microbiana, degradação ruminal e digestibilidade intestinal da proteína bruta, em bovinos. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE RUMINANTES, 1995, Viçosa. **Anais...** Viçosa: DZO, 1995. p.355-388.

_____. Utilização da técnica “in situ” para a avaliação de alimentos. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO DE RUMINANTES; REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 31., 1994, Maringá. **Anais...** Maringá: SBZ, 1994. p.95-118.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of ruminant.** 2.ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. p.253-280.

VÁSQUEZ, E.F.A.; HERRERA, A. del P.N.; SANTIAGO, G.S.Interação cobre, molibdênio e enxofre em ruminantes. **Cienc. Rural**,Santa Maria, v.31, n. 6, 2001.

WEAKLEY, D.C.; STERN, M.D.; SATTER, L.D. Factors affecting disappearance of feedstuffs from bags suspended in the rumen. **J. Anim. Sci.,** Champaign, v.56, n.2, p.493-507, 1983.

WEST, J.W. et al. Effects of potassium carbonate and sodium bicarbonate on rumen function in lactating Holstein cows. **J. Dairy Sci.,** Champaign, v.70, n.1, p.81-87, 1987.

WHEELER, W.E. Importance of cation-anion balance in ruminant nutrition. **Science and Education Administration. Agricultural Research.** Nebraska: Clay Center, 1980. p.17-27.

YOKOYAMA, M.T.; JOHNSON, K.A. Microbiology of the rumen and intestine. In: CHURCH, D.C. **The ruminant animal:** digestive physiology and nutrition Englewood Cliffs. 3.ed. Oxford: Simon & Schuster, 1988. p.98-125.

ANEXOS

ANEXO A – Equações das retas das variáveis da degradabilidade da matéria seca e proteína bruta do farelo de soja (Experimento 1).

Variáveis da Matéria seca	Equação	R^2
a	Y= 30,4960 + 0,0084x	0,322498
b	Y= 57,2543 - 0,06988x + 0,0001 x^2	0,347759
Dp	Y= 87,3908 - 0,06701x + 0,0002 x^2	0,396054
De (0,02)	Y= 78,0153 - 0,0590x + 0,0001 x^2	0,418553
De (0,04)	Y= 71,3112 - 0,0527x + 0,0001 x^2	0,420987
De (0,06)	Y= 66,2718 - 0,0476x + 0,0001 x^2	0,417607
Variáveis da Proteína bruta		
Dp	Y= 90,0710 - 0,04807x + 0,0001 x^2	0,456844
De (0,02)	Y= 79,3573 - 0,0490x + 0,0001 x^2	0,354369

Onde

x = BCAD;

a = fração solúvel;

b = fração insolúvel, mas potencialmente degradável;

Dp = degradabilidade potencial;

De = degradabilidade efetiva para taxas de passagem iguais a 0,02, 0,04 e 0,06/h.

ANEXO B – Equação da reta da variável da degradabilidade do amido do fubá de milho (Experimento 1).

Variável do Amido	Equação	R^2
De (0,06)	Y= 60,47288 - 0,01212 x	0,3280

Onde

x = BCAD;

De = degradabilidade efetiva para taxa de passagem igual a 0,06/h.

ANEXO C – Equações das retas das variáveis da degradabilidade da matéria seca e proteína bruta do farelo de soja (Experimento 2).

Variáveis da Matéria Seca	Equação	R^2
a	Y= 25,44276330 + 0,00766523x	0,300348
c	Y= 87,3908 - 0,06701x + 0,0002 x^2	0,133905
De (0,02)	Y= 80,94388603+ 0,01436097 x	0,345120
De (0,04)	Y= 72,43144672 + 0,01474746 x	0,428221
De (0,06)	Y= 66,19593955 + 0,01472108 x	0,464248
Variável da Proteína bruta		
a	Y= 24,90917573 + 0,01725921 x	0,378306

Onde

x = BCAD;

a = fração solúvel;

c = taxa de degradação;

De = degradabilidade efetiva para taxas de passagem iguais a 0,02, 0,04 e 0,06/h.

ANEXO D – Equação da reta da variável da degradabilidade da Matéria Seca do fubá de milho (Experimento 2).

Variável da Matéria Seca	Equação	R^2
c	Y= 0,06536 - 0,00002796 x	0,1525

Onde

x = BCAD;

c = taxa de degradação.