

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

**AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DA ADIÇÃO DE URÉIA AO FENO  
SUPLEMENTADO COM MILHO MOÍDO**

ANDRÉ LUÍS FINKLER DA SILVEIRA  
Médico Veterinário – UFRGS

Dissertação apresentada como um dos requisitos à obtenção do Grau de Mestre  
em Zootecnia  
Área de Concentração Produção Animal

Porto Alegre (RS), Brasil  
Maio de 2002

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus pela fé e pela vida.

À Universidade Federal do Rio Grande do Sul pela formação e ao CNPq e FAPERGS pelo apoio financeiro para elaboração desta dissertação.

Agradeço às pessoas que direta ou indiretamente auxiliaram a realização deste trabalho:

A minha família e a Regina pelo apoio e compreensão nas horas (leia-se anos) que estive ausente para estudar.

Ao Prof. Harold Ospina Patiño pela orientação e incentivo.

Aos meus colegas Diego, Daniel, Nilton, Maurício, Fábio, Marcelo e Giovanni.

Aos bolsistas de Iniciação Científica Maricelda e Melissa.

Aos professores do Departamento de Zootecnia que lutam pela sua unidade e crescimento.

# AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DA ADIÇÃO DE URÉIA AO FENO SUPLEMENTADO COM MILHO MOÍDO<sup>1</sup>

Autor: André Luís Finkler da Silveira  
Orientador: Harold Ospina Patiño

## RESUMO

Foi realizado um experimento de digestibilidade e consumo para verificar o efeito da suplementação com uréia na dieta composta por feno de Coast Cross (*Cynodon dactylon* L.) à vontade e 1 % do peso corporal (PC) em milho moído. Foram utilizados 15 bezerros Hereford, inteiros, com 8 a 9 meses de idade e 171,6 kg. Os tratamentos foram: T1 - feno + mistura mineral; T2 - feno + 1 % PC de milho moído + mistura mineral; T3 - T2 + 12,4 g de uréia/100 kg PC; T4 - T2 + 25,4 g de uréia/100 kg PC e T5 - T2 + 38,5 g de uréia/kg PC. O feno tinha 9,55 % de proteína bruta e 81,32 % FDN. Houveram efeitos dos tratamentos sobre a digestibilidade da matéria orgânica da dieta total (DMO) e do feno (DMOf), da FDN da dieta total (DFDN) e do feno (DFDNf), da celulose (DCEL) e da hemicelulose (DHCEL). Os tratamentos com uréia diminuíram os efeitos negativos da suplementação com o milho sobre os coeficientes de digestibilidade estudados. Houveram respostas lineares e significativas da adição de uréia sobre os coeficientes de digestibilidade avaliados quando os tratamentos suplementados com milho foram analisados separadamente. A hemicelulose foi a fração da parede celular que mais respondeu a suplementação de uréia. A suplementação aumentou o consumo de matéria orgânica (CMO) total, entretanto houve uma diminuição do CMO de feno em relação ao consumo de T1, independentemente da adição de uréia. A adição de uréia aumentou linearmente o CMO digestível (CMOD) dos tratamentos suplementados com milho. A relação entre o consumo de proteína degradável e o CMOD das dietas aumentou linearmente com a suplementação com uréia, aumentando, provavelmente, o suprimento de amônia para os microorganismos ruminais. Um correto balanceamento dos suplementos, visando atender as exigências dos microorganismos ruminais por proteína degradável, pode evitar os efeitos associativos negativos da suplementação energética.

---

<sup>1</sup> Dissertação de Mestrado em Zootecnia – Produção Animal, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (79p.) maio, 2002.

# NUTRITIONAL EVALUATION OF UREA ADDITION TO HAY SUPPLEMENTED WITH MILLED CORN <sup>1</sup>

Author: André Luís Finkler da Silveira  
Adviser: Harold Ospina Patiño

## ABSTRACT

A digestibility and intake trial was conducted to measure the effect of urea addition in a milled corn supplemented (1% body weight) Coast cross (*Cynodon dactylon* L.) hay based diet. Fifteen 8 to 9 months of age and 171.6 kg Hereford calves were used. The treatments were: T1 - hay + mineral mix; T2 - hay + 1% BW of milled corn + mineral mix; T3 - T2 + 12,4 urea g/100 kg BW; T4 - T2 + 25,4 urea g/100 kg BW and T5 - T2 + 38,5 urea g/100 kg BW. The hay composition was 9,55% of crude protein and 81,32% NDF. There was effect of the treatments on total diet organic matter digestibility (OMD), hay OMD (hOMD), total diet NDF digestibility (NDFD), hay NDFD (hNDFD), cellulose digestibility (CELD), and hemicellulose digestibility (HCELD). The urea inclusion in the supplements reduced negative effects of corn supplementation in digestibility coefficients. There were significative linear responses to urea addition in digestibility coefficients evaluated when the corn supplemented treatments were separately analyzed. Hemicellulose was the cell wall fraction that showed the great responses to urea supplementation. Supplementation increased total organic matter intake (OMI), however there was a decrease in hay OMI in relation to T1 intake, independently of urea addition. Urea addition increased the digestible OMI in linear effect (DOMI) of corn supplemented treatments. The rumen degradable intake protein (DIP) digestible organic matter intake (DOMI) ratio (DIP:DOMI) of the diets increased linearly with urea supplementation, increasing, probably the ammonia supply for ruminal microorganisms. A correct supplement formulation, seeking to supply the ruminal microorganisms requirements for degradable intake protein, may avoid the negative associative effects of energy supplementation.

---

<sup>1</sup> Master Science Dissertation in Animal Science, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil. (79p.) may, 2002.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1 Suplementação de ruminantes .....	3
2.1.1 Suplementação energética de volumosos de média a baixa qualidade .....	6
2.1.2 Suplementação energética de volumosos de alta qualidade.....	13
2.2 Efeitos da suplementação sobre as condições do meio ruminal para a digestão do volumoso .....	16
3. MATERIAIS E MÉTODOS .....	23
3.1 Local e duração do experimento .....	23
3.2 Animais experimentais .....	23
3.3 Tratamentos.....	24
3.4 Alimentos e alimentação .....	25
3.4.1 Feno.....	25
3.4.2 Concentrados.....	25
3.5 Condução do experimento .....	27
3.6 Preparação das amostras .....	28
3.7 Determinações.....	29
3.8 Cálculo dos efeitos associativos .....	30
3.9 Delineamento experimental .....	31
3.10 Análises estatísticas.....	31
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	33
4.1 Degradabilidade ruminal da proteína bruta .....	33
4.2 Coeficientes de digestibilidade.....	34
4.3 Consumo das frações nutritivas .....	44
4.4 Coeficientes de substituição e adição .....	47
4.5 Relações com o consumo de proteína degradável .....	49
5. CONCLUSÕES.....	53
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	54
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	55
8. APÊNDICES .....	62

9. VITA.....	79
--------------	----

## RELAÇÃO DE TABELAS

Tabela 1. Composição bromatológica do feno de Coast cross e dos concentrados utilizados no experimento, em proteína bruta (PB %), fibra em detergente neutro (FDN %), fibra em detergente ácido (FDA %), lignina em detergente ácido (LDA %) e equivalente protéico em nitrogênio não protéico (EPNNP % PB).....	26
Tabela 2. Composição dos suplementos usados em cada tratamento e % PC oferecida na base úmida.....	26
Tabela 3. Degradabilidade ruminal da proteína bruta do milho e do feno.....	34
Tabela 4. Digestibilidade da matéria orgânica (DMO %), da dieta, estimada do feno (DMO Feno %), digestibilidade da FDN (DFDN %), digestibilidade estimada da FDN do feno (DFDN Feno %), digestibilidade da celulose (Dcelulose %) e digestibilidade da hemicelulose (Dhemicelulose %),.....	35
Tabela 5. Digestibilidade verdadeira da matéria orgânica (DVMO %) e relação DVMO:DMO (%), excreção fecal metabólica (EFM % PC) e relação EFM:CMO (%). .....	42
Tabela 6. Consumo de matéria orgânica (CMO % PC) total, CMO do feno, consumo de matéria orgânica digestível (CMOD) em percentagem do peso corporal (%PC), substituição (kg de feno/kg de concentrado), Adição (kg de MOD por kg de milho suplementado), consumo de proteína degradável no rúmen (CPDR % PC) e relação CPDR:CMOD (%). .....	46
Tabela 7. Coeficientes de substituição (kg de feno/kg de concentrado) e adição (kg de MOD/kg de concentrado) .....	48

Tabela 8. Consumo de proteína degradável em % PC (CPDR % PC) e relação CPDR consumo de matéria orgânica digestível.....	49
---	----

## RELAÇÃO DE FIGURAS

- Figura 1. Efeito da adição de níveis crescentes de uréia sobre a DMO..... 36
- Figura 2. Consumo de proteína degradável no rúmen em percentagem do peso corporal (CPDR % PC) versus consumo de matéria orgânica digestível em percentagem do peso corporal (CMOD % PC), usando apenas os dados dos tratamentos onde foram usados suplementos. .... 52
- Figura 3. Consumo de proteína degradável no rúmen em percentagem do peso corporal (CPDR % PC) versus consumo de matéria orgânica digestível em percentagem do peso corporal (CMOD % PC), usando todos os dados. .... 52

## 1. INTRODUÇÃO

A manutenção de bons níveis de produção durante todo o ano não é possível somente com a utilização de pastagens, devido à conhecida estacionalidade destas que, em alguns períodos, apresentam deficiências de qualidade e/ou quantidade para atingir os desempenhos desejados. Nesse contexto está inserida a suplementação em pastejo visando atingir maiores desempenhos, tanto biológicos quanto econômicos, e com isso oferecer também um produto de melhor qualidade ao consumidor. Essa prática pode ser considerada uma realidade no Brasil, já que em 2001 estima-se que foram suplementadas 2,44 milhões de cabeças, enquanto em 1990 apenas 115 mil (ANUALPEC, 2001). Assumindo-se que a suplementação seja uma prática adotada com maior freqüência na terminação e que o rebanho brasileiro tem um desfrute de 21 % e 159 milhões de cabeças, estariam sendo suplementados 7,3 % dos animais em terminação no país. Esses aumentos no número de animais suplementados têm gerado entusiasmo por parte dos técnicos, mas com eles também surgem as dúvidas e os problemas decorrentes da intensificação.

Um dos principais problemas é a escolha do suplemento. Vários trabalhos têm citado a depressão no consumo e digestibilidade do volumoso

quando é utilizada uma grande quantidade de carboidratos solúveis ou amido na suplementação. A justificativa até então mais utilizada para explicar essas depressões é a diminuição na taxa e na extensão da digestão da fibra em decorrência da queda no pH ruminal pela produção de ácido lático. Entretanto alguns trabalhos mencionam, que nesses casos, uma possível competição por nitrogênio entre as bactérias celulolíticas e amilolíticas provocaria uma depressão na digestão das frações da parede celular. Aparentemente, ao suprir as exigências de nitrogênio dos microorganismos ruminais, esses efeitos depressivos poderiam ser diminuídos.

Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de testar a hipótese de que suplementando as necessidades de nitrogênio dos microorganismos ruminais, em animais alimentados com feno de média qualidade e suplementados com milho moído, os efeitos associativos negativos sobre a digestibilidade e consumo podem ser diminuídos.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Suplementação de ruminantes**

Via de regra o objetivo da suplementação é aumentar o consumo dos nutrientes suplementados, além de melhorar ou racionalizar o aproveitamento do volumoso, porção mais barata da dieta de ruminantes em pastejo. Em geral as respostas à suplementação aparecem quando há carência absoluta ou relativa do nutriente complementar na dieta basal.

A suplementação do ruminante pode ser abordada de duas maneiras, sendo que uma não deve excluir a outra. A primeira e mais simplista apenas visa o fornecimento de nutrientes ao animal, já a segunda em uma visão holística, visa alimentar a microflora ruminal, que tendo ao seu dispor nutrientes que não limitem o seu crescimento, fermentam a parede celular das forrageiras liberando ácidos graxos voláteis e produzindo proteína microbiana para o hospedeiro. No caso da suplementação energética de volumosos de baixa qualidade o que pode ser deduzido é que a pesquisa, direcionada à extensão, esqueceu a exigência dos microorganismos ruminais, pensando apenas no hospedeiro.

Em programas de suplementação, quando dois ou mais alimentos são utilizados, a resposta, em termos de digestibilidade, não corresponde à média dos alimentos utilizados individualmente, e esse comportamento não linear na utilização dos nutrientes é chamado de efeito associativo (Hart, 1987). Em outras palavras, os efeitos associativos ocorrem quando a digestibilidade aparente de uma mistura de alimentos não é igual a soma das digestibilidades dos seus componentes determinados separadamente, sendo que o valor nutritivo da combinação de certos alimentos pode ser maior ou menor do que o esperado (Freitas, 2001). Pode-se também ter efeitos associativos quando a soma dos consumos do volumoso e do concentrado usado como suplemento é menor que o consumo do volumoso sem suplemento: o que significa depressão; quando há uma depressão parcial no consumo: adição com substituição; ou quando a soma do consumo do suplemento e do volumoso é maior que o consumo do volumoso somado ao consumo adicional de suplemento: adição com estímulo.

Um bom exemplo de adição com estímulo ocorre com os suplementos protéicos que têm um efeito positivo sobre o consumo e a digestibilidade de volumosos de baixa qualidade, havendo respostas à suplementação quando estes têm teores de proteína bruta inferiores a 7 % e respostas variáveis ou inexistentes acima desse valor (Van Soest, 1994). Nesses casos, a deficiência de proteína para o crescimento microbiano é drástica e as respostas à suplementação são positivas, aumentando a taxa de digestão ou a própria digestibilidade, com aumento de consumo do volumoso.

Os suplementos energéticos são utilizados com o objetivo de suprir as exigências em energia, consideradas em pastejo como as mais limitantes ao desempenho animal. Entretanto, nestas condições, geralmente ocorrem efeitos associativos negativos, como depressão ou substituição, que dependendo do nível de suplementação, provocam diminuições na digestibilidade da fibra e diminuição no consumo do volumoso (Paterson et al., 1994; Garcés-Yepez et al, 1997; Moore et al., 1999; Orskov,1999; Romney e Gill, 2000).

Na avaliação de alimentos, Van Soest (1994) define como os principais componentes do valor nutritivo a digestibilidade, o consumo e o desempenho (eficiência energética). Dentre estas respostas, a de menor variabilidade entre animais é a digestibilidade, seguida do desempenho e do consumo. A implicação prática está relacionada com as metodologias e delineamentos utilizados para avaliar os alimentos. Para detectar diferenças ao medir a digestibilidade de determinados alimentos é preciso um menor número de repetições que para detectar diferenças ao medir o consumo por exemplo. O consumo de matéria seca (CMS), segundo Mertens (1994, citando Crampton et al, 1960; e Reid, 1961), é responsável por 60 a 90 % das respostas em consumo de energia, enquanto a digestibilidade apenas entre 10 e 40 % das respostas. Ainda Reid et al. (1961), afirmam que o consumo é responsável por cerca de 70% das respostas de animais em pastejo. Portanto, é plenamente justificável que os programas de suplementação elaborados desenvolvam estratégias para melhorar o consumo do volumoso, ou evitar que este seja severamente diminuído.

Uma das publicações que consegue resumir muitos dos efeitos associativos é o trabalho de Moore et al. (1998) que analisaram os dados de consumo de matéria orgânica de 255 materiais (palhas, forrageiras nativas, tropicais e temperadas) suplementadas ou não. Os autores verificaram que o volumoso foi substituído pelo concentrado quando aquele ao ser utilizado sozinho foi consumido acima de 1,75 % do PC, quando o nível de suplementação foi superior a 0,7 % PC de NDT, mais de 0,4 % PC de amido, ou a relação NDT:PB maior de 7. Ao analisar esses dados, pode-se notar que há uma relação entre a qualidade do volumoso e o efeito associativo possível de ocorrer, sendo esta questão merecedora de estudo.

### **2.1.1 Suplementação energética de volumosos de média a baixa qualidade**

O nível de concentrado e a qualidade do volumoso afetam a resposta à suplementação, sendo os volumosos de baixa e média qualidade mais afetados na digestibilidade do que no consumo. Os níveis e os tipos de suplementos foram investigados por Garcés-Yépez et al. (1997) medindo consumo de alimento e desempenho com bovinos com feno de Tifton (80,5 % FDN; 10,5 % PB), e a digestibilidade com ovinos (feno de Tifton: 80,9 % FDN; 10,9 % PB) sendo os animais suplementados com níveis de concentrado que preenchem 25 ou 50 % da exigência de NDT. Foram utilizados três tipos de concentrado: uma mistura milho + farelo de soja, a casca de soja e o farelo de trigo. Os resultados mostraram que em níveis de suplementação mais baixos, o desempenho não foi

afetado pelo tipo de suplemento (GDM de 0,63 kg), entretanto no nível mais alto de suplementação a casca de soja foi superior ao milho+farelo de soja (GDM de 0,95 vs 0,76 kg). Concluíram que os suplementos ricos em fibra digestível (casca de soja) produziram menos efeitos associativos negativos sobre o consumo que os ricos em amido (milho + farelo de soja), quando usados em níveis altos de suplementação (0,8 a 1 % PC). Entretanto, não foram encontradas diferenças em baixos níveis de suplementação (0,4 a 0,5% PC), confirmando a afirmativa de Moore et al. (1999). Para digestibilidade da MO encontraram maiores valores para os animais suplementados em relação aos animais que receberam o tratamento controle, e valores mais altos nos maiores níveis de suplementação. Quando os suplementos foram comparados, o farelo de trigo apresentou menor digestibilidade em relação ao farelo de soja + milho e a casca de soja (55,9 vs 59,9%). A digestibilidade da FDN (DFDN) mostrou uma interação entre tratamento e nível de suplementação, sendo que para a casca de soja aumentou com o nível de suplementação (58,9 vs 63,3%) e para o milho + farelo de soja diminuiu (54,6 vs 51,0). O aumento da digestibilidade da FDN na suplementação com casca de soja pode ser devido a alta quantidade de FDN de alta digestibilidade e não por esta não interferir na digestibilidade do volumoso ou no pH ruminal. Os autores concluem que a suplementação com casca de soja supre para o animal cerca de 15 a 30 % mais NDT do que o milho, aumentando a performance animal, devido aos menores efeitos associativos negativos sobre o consumo e digestibilidade. Galloway et al (1993a), suplementando animais em pastejo de bermuda com 1 % do PC com milho moído, milho inteiro, grão de sorgo moído, cevada ou trigo

moído encontraram ganhos de peso superiores para os tratamentos com fontes de energia de mais lenta degradação no rúmen (milho moído, milho inteiro e sorgo) em relação aos de mais rápida degradação (cevada e trigo): 0,84; 0,80, 0,68; 0,81 e 0,51 kg/dia respectivamente, sendo que o controle teve ganho de peso de 0,47 kg/dia, sugerindo que os concentrados de rápida fermentação ruminal produzem efeitos negativos sobre a microflora ruminal. Estes resultados mais uma vez sugerem a estreita relação entre os efeitos associativos e o desempenho animal.

Segundo Royes et al. (2001) apesar da suplementação com grãos de cereais ricos em amido aumentarem a concentração energética da dieta e a performance, quando em altos níveis, reduzem o consumo e a digestibilidade do volumoso de baixa qualidade. Os autores utilizaram novilhos cruza Brahman x com raças britânicas, com 200 kg de peso médio suplementados com 15 ou 30 % da dieta com melaço de cana, milho quebrado ou casca de soja. Neste ensaio, a dieta basal foi feno amonizado de *Cynodon nlemfuensis* (78,5% FDN, 12,1% PB) e farelo de algodão (0,09 % PC). Houve diminuição linear da digestão da hemicelulose nos animais suplementados com milho quebrado, de 60,3 para 57,9 (P = 0,001). No caso dos animais suplementados com melaço e casca de soja não houve efeito. Na digestibilidade da matéria orgânica, houve interação entre fonte e nível (P = 0,03), sendo que aumentou nos animais suplementados com melaço (50,9 vs 57,7) e casca de soja (54,9 vs 58,1) e foi semelhante na suplementação com milho (54,7 vs 55,4). A digestão da hemicelulose é também citada por Dixon e Stockdale (1999) como a mais afetada quando gramíneas temperadas são suplementadas à base de milho. Ainda citam que a diferença observada entre

celulose e hemicelulose no rúmen é muito maior que no trato gastrintestinal todo, devido à grande digestão da hemicelulose a nível de intestino grosso.

Galloway et al. (1993) trabalhando com novilhos e dois tipos de feno bermuda (*Cynodon dactylon*, 77,7 % FDN, 11,4 % PB) e capim dos pomares (*Dactylis glomerata*, 65,3 % FDN, 15,4 % PB) encontraram diferenças na digestibilidade da FDN quando os animais foram suplementados com milho (0,5 % do PC) em relação aos suplementados com casca de soja (0,7 % PC): 59,4 vs 62,9 %. Essas diferenças não foram observadas para a DMO.

Observações semelhantes fizeram Paterson et al. (1994), após revisarem vários trabalhos, concluíram que, diferentemente da suplementação protéica, a suplementação energética tem mostrado respostas pequenas ou negativas sobre o consumo do volumoso, dependendo do nível oferecido de suplemento. Além disso, o consumo do volumoso parece estar relacionado com a forma e a fonte de energia do suplemento (integral x processado, amido x fibra rapidamente digestível). Suplementos baseados em fibra rapidamente digestível não mostraram diminuições no consumo de volumoso quando comparados com suplementos baseados em amido.

Carey et al. (1993) suplementaram novilhos de 196 kg de peso médio, alimentados com feno de *Bromus inermis* L. (9,9 % PB, 61,2 % FDN) com dietas isoprotéicas, baseadas em: farelo de soja, cevada, polpa de beterraba e milho. Os níveis de suplementação equivaleram a 0,25, 0,66, 0,68 e 0,66 % PC para os respectivos suplementos. Para o milho e a polpa de beterraba a DMO foi maior que para cevada e o controle ( $P < 0,10$ ). A DFDN foi menor para a cevada,

intermediária para milho e maior para a dieta suplementada com polpa de beterraba e a dieta controle (suplementada apenas com farelo de soja): 44,0, 47,2, 50,1 e 52,1 respectivamente. Neste experimento, os animais que receberam polpa de beterraba tiveram pH ruminal semelhante ao apresentado pela dieta com cevada, onde ocorreu a maior depressão na DFDN. Entretanto a cevada manteve por um tempo maior do que os outros tratamentos os níveis de amônia abaixo de 10 mg/dL.

Um trabalho que chama a atenção pela quantidade de observações analisadas (166) foi de Goetsch et al. (1991), que fizeram uma coletânea de 18 trabalhos e encontraram uma relação linear negativa entre o consumo de milho em kg e a digestibilidade da FDN do feno de bermuda (FDN: 74,5 em média e 12,38 PB média) consumido *ad libitum* sem ou com suplementação de até 3,5 kg de milho por dia. Para cada kg de milho consumido houve uma diminuição de 3,3 pontos percentuais na digestibilidade da FDN do feno, o que significou uma diminuição de 8,3 unidades percentuais para cada 1 % de suplementação com milho.

A interação entre o tipo de suplemento (energético e protéico) e o consumo de volumoso recebeu uma abordagem interessante por parte de Bodine et al. (2001) que realizaram um experimento com bovinos recebendo feno de baixa qualidade (72,6 % de FDN, 5,5 % PB) e quatro tipos de suplemento: mineral, protéico e dois suplementos energéticos, um baseado em fibra rapidamente digestível (46,9 % de FDN) e outro em amido (41,1 % de amido) oferecidos na quantidade de 0,14, 0,41, 0,84 e 0,84 % do PC respectivamente. A formulação foi

feita para que cada tratamento, exceto o controle (minerais), suprisse a mesma quantidade de proteína degradável no rúmen e essa não limitasse o crescimento microbiano. O suplemento protéico foi baseado em farelo de algodão e casca de soja; o rico em fibra rapidamente digestível foi baseado em casca de soja e farelo de trigo e o concentrado rico em amido foi baseado em sorgo e farelo de trigo. Outros ingredientes foram usados em proporções baixas nos concentrados (menos de 15%). Neste trabalho, os autores não encontraram diferenças no consumo de feno entre os suplementos ricos em amido e os ricos em fibra rapidamente digestível (1,5 e 1,4 % PC respectivamente), entretanto o consumo de feno para os animais suplementados com proteína (1,81) foi maior que o controle (1,26) e que os dois grupos suplementados com energia (1,45), havendo uma tendência ainda de nos tratamentos suplementados terem um maior consumo de feno em relação ao controle (1,57 x 1,26). O consumo total de MO foi semelhante entre os suplementados e menor para o grupo controle (2,34 e 1,40 % PC). Para a digestibilidade da MO do feno não houve diferenças entre os tratamentos. Os autores explicam a semelhança entre os suplementos rico em fibra e o rico em amido pelo suprimento adequado de proteína para o crescimento dos microorganismos ruminais (aproximadamente 14,3 % do CMOD, nos tratamentos com energia).

A interação entre a energia e a proteína foi estudada por Heldt et al. (1999), ao observar que, em bovinos alimentados com feno de baixa qualidade e suplementados com diferentes fontes de energia (glicose, sacarose, frutose ou amido em 0,3 % do PC), a DMO e o consumo tenderam a diminuir quando foi

utilizada uma quantidade de proteína degradável no rúmen (PDR) limitante para o crescimento dos microorganismos ruminais (0,031% PC). Num segundo experimento onde a PDR não foi limitante para o crescimento microbiano (suplementado 0,122 % PC) houve um estímulo a DMO e DFDN em relação ao tratamento controle. Os autores também verificaram que, quando o rúmen foi subnutrido em termos de nitrogênio, as respostas às fontes de energia foram semelhantes. Entretanto quando a disponibilidade de N ruminal foi maior, as condições ruminais foram melhores, o amido foi inferior aos açúcares solúveis e a sacarose foi inferior aos monossacarídeos (glicose e frutose). DelCurto et al. (1990) também estudaram a interação entre proteína e energia no suplemento. Os autores observaram alterações na DMO e DFDN quando os animais receberam feno de baixa qualidade (2,9 % PB, 74,2 % FDN), suplementado com 0,4 % PC de suplementos baseados em grão de sorgo e farelo de soja, com diferentes níveis de proteína (12, 28 e 41 % PB). A DFDN foi menor para o tratamento com 12 % de PB, do que para os outros tratamentos (29,9 vs 38,8), e o nível de amônia ruminal do suplemento com 41 % PB foi marcadamente maior que para os níveis menores de PB no suplemento. Apesar da diferença entre os níveis de proteína em termos de DFDN, o pH não diferiu entre os animais suplementados e nunca ficou abaixo de 6,6.

Bodine et al. (2000) avaliaram a utilização de feno de baixa qualidade (48 % DMO, 6,1 % PB) suplementado ou não com milho (0,75% PC), fornecido a bovinos recebendo proteína degradável ao nível de 0, 33, 66 ou 100 % das exigências de PDR propostas pelo NRC (1996). Nas dietas suplementadas com

milho, os autores encontraram um aumento quadrático na digestibilidade do feno quando houve suplementação de proteína degradável. Esse aumento na digestibilidade da matéria orgânica ocorreu apesar da redução do pH e do aumento da taxa de passagem. Os autores sugerem que, quando a dieta supre adequados níveis de proteína degradável para os microorganismos ruminais, a digestão da porção fibrosa da dieta não é prejudicada tão gravemente como tem sido demonstrado em trabalhos onde apenas é suplementada energia. Um resultado interessante foi que o consumo de feno nas dietas sem suplementação de proteína degradável foi semelhante para o grupo com e sem suplementação com milho. Esse resultado concorda com as observações de Moore et al. (1999) que apontam para substituição do volumoso quando o consumo deste fosse superior a 1,75 % do PC.

### **2.1.2 Suplementação energética de volumosos de alta qualidade**

A resposta à suplementação energética não é igual para todos os tipos de volumosos e aparentemente os de alta qualidade são mais afetados no consumo do que na digestibilidade quando suplementados com energia. García et al. (2000) alimentaram novilhos da raça Holandês com aveia forrageira (23,1 % PB, 38% FDN) no estágio vegetativo, suplementada com 1 % do PC em milho ou cevada. Os autores não encontraram diferenças na digestibilidade da FDN das rações. Um dado relevante nesse trabalho foram os altos níveis de amônia ruminal encontrados para as dietas: 29, 19,4 e 26,9 mg/dL, para a aveia utilizada sozinha,

suplementada com cevada e com milho comparada a 5 mg/dl defendidos por Satter et al. (1979) como ideais para o crescimento microbiano.

Elizalde et al. (1998) trabalharam com festuca sob pastejo durante 55 dias, que teve no mínimo 16,9 % de PB, suplementada com glúten de milho, milho moído (0,75 % PC) ou 0,34 % do PC de amido de milho + farelo de glúten de milho, e não encontraram diferenças na digestibilidade da FDN (74,1; 74,1; 75,7; 77,7 para o controle, glúten de milho, milho moído e a mistura de amido de milho + farelo de glúten de milho). O consumo de matéria orgânica total não diferiu entre os tratamentos (9,66, 10,28, 10,77 e 10,92 kg, para o controle, glúten de milho e a mistura de amido de milho + farelo de glúten de milho respectivamente). Seguindo a mesma linha de trabalho, Elizalde et al. (1999) suplementaram alfafa (20,4 % PB) com níveis crescentes de milho (0,4; 0,8 ou 1,2 % PC), e não encontraram diferenças na digestibilidade da fibra dietética total com o aumento dos níveis de suplementação: 63,3; 63,9; 64,7 e 61,8 para o controle, 0,4, 0,8 e 1,2 % PC respectivamente. O mesmo ocorreu para a digestibilidade da FDA: 58,1; 56,9; 59,4; 57,3. O consumo de matéria orgânica do volumoso foi de 2,37, 2,04, 1,8 e 1,48 % PC para os níveis de suplemento 0, 0,4, 0,8 e 1,2 % PC, respectivamente. Nos dois experimentos, os autores não verificaram depressão na digestibilidade, entretanto o consumo do volumoso foi deprimido com o aumento dos níveis de suplementação.

Com ovinos, Matejovsky e Sanson (1995), suplementaram, com níveis crescentes de milho ou proteína, feno de baixa (5,2 % PB; 70,8 % FDN), média (10,2 % PB; 67,0 % FDN) e alta qualidade (14,2 % PB; 64 % FDN). Os autores

encontraram que a suplementação protéica aumentou o consumo e a digestibilidade do feno de baixa qualidade, com o feno de média qualidade aumentou a digestibilidade e com o feno de alta qualidade observou-se uma tendência de aumento na digestibilidade, talvez decorrente da maior digestibilidade do suplemento. A digestibilidade da FDN diminuiu linearmente com o aumento dos níveis de milho nas dietas com feno de média e baixa qualidade e não teve efeito no feno de alta qualidade.

Ainda segundo Matejovsky e Sanson (1995), a suplementação com proteína aumentou o consumo do feno de baixa qualidade e não mostrou efeitos sobre o consumo dos fenos de média a alta qualidade. Quando suplementados com níveis crescentes de energia baseada em milho: 0,25; 0,50 e 0,75 % do PC em milho, responderam de maneira diferente. O feno de baixa qualidade mostrou resposta quadrática no consumo com o aumento da suplementação, diminuindo com o nível mais alto. O consumo de feno manteve-se quase inalterado nos dois níveis menores de suplementação e diminuiu 20 % com o nível mais alto. Com os fenos de alta e média qualidade o consumo total, não foi alterado aumentando os níveis de milho, entretanto diminuiu linearmente o consumo de feno. Para cada grama de suplemento houve diminuição de 0,82 e 0,98 gramas para o feno de média e alta qualidade respectivamente. Nota-se neste experimento o alto consumo dos dois fenos: 2,67 e 2,78 % PC, para média e alta qualidade. O consumo de matéria seca digestível teve resposta quadrática a suplementação com milho para o feno de baixa qualidade, respondeu linearmente ao feno de média qualidade e para o feno de alta qualidade não houve efeito dos níveis de

inclusão de milho sobre o consumo de matéria seca digestível. O consumo de FDN digestível diminuiu linearmente para todos os volumosos com o incremento da suplementação com milho, nos volumosos de média e baixa qualidade talvez por diminuição da DFDN e no de alta qualidade pela diminuição no consumo de FDN.

Pode-se notar, pelos trabalhos revisados, uma interação entre os fatores qualidade da forrageira, digestibilidade e consumo. Em relação à digestibilidade, forrageiras de média e baixa qualidade tendem a ter respostas semelhantes com altos níveis de energia suplementar, isto é, diminuição dos coeficientes (Goetsch et al., 1991; Carey et al., 1993). Já forrageiras de alta qualidade não têm a sua digestibilidade afetada pela suplementação energética. No consumo, temos também dois grupos distintos. O primeiro é formado por forrageiras de baixa qualidade, que tem o seu consumo inalterado quando suplementado (Moore et al., 1999; Bodine et al., 2000). Já o segundo grupo é composto por forrageiras de alta e média qualidade, que tem o seu consumo reduzido quando suplementados com altos níveis de energia (Matejovsky e Sanson, 1995; Elizalde et al., 1998; García et al., 2000).

## **2.2 Efeitos da suplementação sobre as condições do meio ruminal para a digestão do volumoso**

Dentre as causas mais citadas como responsáveis pela depressão do consumo e digestibilidade está a queda do pH ruminal. Suplementos ricos em

carboidratos rapidamente fermentáveis podem ter um maior efeito na inibição do consumo de fibra que suplementos mais lentamente fermentáveis, através da depressão da digestão da fração fibrosa. A fermentação rápida dos carboidratos não estruturais resulta na inibição da celulólise, a qual tem sido atribuída ao baixo pH (Kunkle et al, 1999; Romney e Gill, 2000) ou inibição das enzimas chave da digestão da fibra (Romney e Gill, 2000). Entretanto há uma abordagem alternativa em relação a esses efeitos, relacionada com a deficiência de N amoniacal, pelo rápido crescimento das bactérias amilolíticas que utilizariam o nitrogênio disponível no rúmen. Nestas condições, as bactérias celulolíticas, de crescimento mais lento, teriam a seu dispor um meio ruminal deficiente neste nutriente, sendo portanto a celulólise deprimida (El-Shazly et al., 1961; Bodine et al., 2000 e Bodine et al., 2001).

A diminuição da ruminação e salivação associadas a dietas ricas em concentrados e a conseqüente diminuição da capacidade de tamponamento, associada à rápida fermentação do suplemento, causa depressão do pH ruminal que afeta negativamente a celulólise. O pH ruminal abaixo de 6,2-6,3 deprime a atividade celulolítica dos microorganismos ruminais (Mould e Orskov, 1983). Os autores chamam de efeito carboidrato a proporção da depressão na digestão que não foi revertida pela manutenção do pH a níveis normais para a digestão da fibra.

Entretanto Caton e Dhuyvetter (1997) afirmaram que o pH só é importante se considerarmos que este, estando abaixo de 6,7, prejudicará a digestão da fibra, caso contrário, seguindo observações em que o limite do pH ficaria em torno de 6,2, vários experimentos revisados por Caton e Dhuyvetter

(1997) apresentaram efeitos na digestibilidade sem que o pH baixasse desse valor. Apesar disso, os autores apenas afirmam que esta constatação precisa de maiores estudos, sem nenhuma alusão às possíveis causas da queda na digestibilidade.

No estudo das causas da depressão da digestão da celulose em dietas suplementadas com energia vinda de carboidratos rapidamente disponíveis, um trabalho precursor talvez tenha sido o de El-Shazly et al. (1961) que realizaram estudos *in vitro* e *in situ*. Os autores demonstraram nos estudos *in vitro* usando membranas dialisantes para separar o amido da celulose que a inibição persistia apesar da separação. Concluíram então se tratar de um fator dialisável. Os autores verificaram, baseados em literatura, que os níveis de ácidos graxos voláteis encontrados no experimento não deprimiam a digestão da celulose. Supuseram então que poderia ser o nitrogênio o nutriente limitante e suplementaram o meio ruminal com uréia ou dobraram a quantidade de inóculo obtendo respostas positivas até a adição de 2 gramas de amido, quando a digestibilidade foi drasticamente deprimida. Sugerem os autores a partir desses dados que a inibição na digestão da celulose foi primeiramente causada por competição entre bactérias amilolíticas e celulolíticas por nutrientes e o principal nutriente foi o nitrogênio, podendo haver outros envolvidos. Ainda que a presença de inibição *in vitro* quando o pH foi controlado descarta a teoria do pH, este pode *in vivo* ter entretanto um efeito temporário. Os autores também afirmam que apesar de outros suplementos nitrogenados serem efetivos, a uréia aparenta ser o mais eficiente em diminuir os efeitos negativos. Outra contribuição a esse

pensamento é a teoria de Russel e Chow (1993) para explicar o efeito tamponante do bicarbonato de sódio. Segundo estes autores, o bicarbonato de sódio provoca um aumento do consumo de água com conseqüente aumento da taxa de passagem do amido e diminuição da fermentação ruminal deste. Essa teoria ajudaria a explicar os dados de Mould e Orskov (1983), de melhora na fermentação ruminal com a administração de bicarbonato. Aumentando o escape de amido diminuiria a quantidade de N amoniacal necessário para fermentá-lo e sobraria mais para a fermentação do volumoso.

O NRC (1996) estima a eficiência de síntese de proteína microbiana para dietas com concentrado e forragem de aproximadamente 13 % do NDT, isto é, a quantidade de proteína degradável no rúmen necessária para uma dieta que contenha 4 kg de NDT, seria de 520 g. O restante da exigência do animal deveria ser suprida por proteína de escape, pois excederia a capacidade de síntese dos microorganismos ruminais. Da mesma forma, o sistema australiano proposto pelo SCARM (1990) discute as variações entre os diferentes alimentos na eficiência de síntese de proteína microbiana e propõe um valor médio de 130 g de PDR/kg de MOD.

Segundo Owens e Zinn (1988) através de efeitos na população microbiana a eficiência de crescimento microbiano pode ser alterada por aditivos, processamento do alimento ou condições ambientais. A taxa de passagem pode ser aumentada reduzindo o volume ruminal, aumentando o consumo ou utilizando íons. A eficiência também pode ser aumentada evitando a lise associada a choques na temperatura, osmolaridade e pH ruminal ou, ainda, evitando o

armazenamento de carboidratos ou aparecimento de ciclos fúteis. As limitações de alguns nutrientes como amônia, ácidos graxos de cadeia ramificada, vitaminas ou minerais podem reduzir a eficiência de crescimento microbiano.

Apesar desses valores médios de produção de proteína microbiana, Klopfenstein (1996) ressalta que para forrageiras de baixa qualidade, onde a taxa de passagem é reduzida, a taxa de crescimento microbiano é reduzida e, portanto, diminui a eficiência de uso da energia para crescimento, diminuindo, portanto, a exigência de proteína degradável. Isso foi demonstrado por Köster et al. (1996) que trabalhando com feno de baixa qualidade suplementado com diferentes níveis de caseína, demonstraram que a exigência estaria ao redor de 11,1 % da matéria orgânica digestível consumida. Segundo os autores com esses níveis de PDR pode-se otimizar o ambiente ruminal.

A preocupação em suplementar proteína degradável em dietas com deficiência marginal deve ser bem analisada, já que Dixon e Chanchai (2000), demonstraram a importância do  $N-NH_3$  para o crescimento microbiano, principalmente no caso de forrageiras de baixa qualidade. Estes autores incubaram, no rúmen de ovelhas, sacos de náilon contendo alfafa, feno de aveia e palha de cevada. As ovelhas foram alimentadas com dietas que permitiram níveis não limitantes de amônia ruminal (11,3 e 13,6 mg por dl) e receberam infusões de  $^{15}NH_4Cl$ . Neste experimento ficou demonstrado que os microorganismos preferem o N originário da planta para o seu crescimento, entretanto, para forragens de menor qualidade o nitrogênio suplementar é importante para o crescimento microbiano e digestão da parede celular.

Já é reconhecido de longa data que os compostos nitrogenados não protéicos podem ser utilizados como fonte de proteína para ruminantes. Segundo Huntington e Archibeque (1999), em 1891 Zunts reconheceu o papel do nitrogênio não protéico na dieta de ruminantes e tem sido reconhecido como o primeiro a sugerir o papel da microflora ruminal na utilização do NNP.

Entre os compostos de NNP mais comuns e baratos está a uréia, entretanto esta demanda alguns cuidados na sua utilização. Essing et al. (1988), afirmam que aumentando os níveis de uréia em animais que recebiam dietas mistas de feno e concentrado com 0,27 g/kg de peso corporal para 0,5 g/kg, a morte desses animais ocorreu em torno de duas horas e meia após a ingestão. Bovinos expostos ao mesmo regime alimentar não mostraram sinais de toxicidade quando a uréia na dieta foi aumentada gradativamente para 1,5 g/kg de peso corporal, permitindo que os animais se adaptassem. Entretanto após a suspensão da uréia da dieta por um período de 3 a 7 dias a adaptação foi perdida. Os autores ainda afirmam que o sucesso na alimentação com uréia depende da disponibilidade de carboidratos rapidamente disponíveis em quantidades adequadas para suportar o rápido crescimento dos microorganismos ruminais que utilizam amônia. Problemas com a utilização da uréia podem ser facilmente evitados quando esta é restrita a apenas um terço em equivalente protéico da proteína total da dieta.

Entretanto, ao comparar a uréia com a caseína como fontes de proteína degradável em dietas baseadas em feno de baixa qualidade, Köster et al. (1997), demonstraram depressões na digestão da FDN quando a uréia substituiu mais de

50 % da caseína, demonstrando que devemos ter cuidado na utilização da uréia como fonte de proteína degradável em dietas com volumosos de baixa qualidade. Neste experimento os animais que receberam o maior nível de uréia chegaram a receber 32,3 g/100 kg de PC e não tiveram alterações no pH ruminal, teoria possível de ser levantada pelo caráter alcalinizante da uréia.

Alguns efeitos de substituição com o uso de níveis de suplemento próximos a 1 % PC e volumosos de média a boa qualidade parecem ser inevitáveis, devido provavelmente à limitação na capacidade do animal em consumir mais alimento e/ou metabolizar o consumido. Entretanto, quando se pensa nos efeitos dos carboidratos rapidamente digestíveis sobre a digestibilidade, têm-se duas correntes de pensamento. A primeira é que o baixo pH devido ao acúmulo de lactato é o responsável pela depressão na digestão da fibra. Juntamente com isso vem a depressão no consumo e na digestibilidade. A segunda é que suprindo os nutrientes necessários para o crescimento dos microorganismos ruminais se tem condições de reverter parcial ou totalmente esses efeitos negativos.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Local e duração do experimento**

O trabalho foi realizado no setor de ruminantes do Laboratório de Ensino Zootécnico (LEZO) Prof. Geraldo Veloso Nunes Vieira e as análises laboratoriais feitas nos laboratórios de Nutrição de Ruminantes e de Nutrição Animal Prof. Dulphe Pinheiro Machado, todos pertencentes ao Departamento de Zootecnia da UFRGS.

O experimento foi iniciado em 1º. de outubro e foi concluído em 16 de novembro de 2001.

#### **3.2 Animais experimentais**

Foram utilizados 15 bezerros Hereford desmamados com idade média de 9 meses e pesando em média 171,6 kg.

Ao início do experimento todos os animais foram dosificados com abamectina e receberam complexo vitamínico ADE injetável.

Os animais foram mantidos em gaiolas metabólicas individuais de madeira que dispunham de um cocho para o volumoso, bebedouro automático e um cocho separado para concentrado ou mistura mineral.

### 3.3 Tratamentos

Foram definidos 5 tratamentos com 3 repetições por tratamento e dois períodos, totalizando 6 repetições por tratamento. Os tratamentos ficaram assim definidos:

T1: Feno de Coast Cross + mistura mineral à vontade

T2: Feno de Coast Cross + 1 % do PC de milho moído+mistura mineral

T3: T2 + 12,4 g de uréia/100 kg de PC

T4: T2 + 25,4 g de uréia/100 kg de PC

T5: T2 + 38,5 g de uréia/100 kg de PC

Os tratamentos com suplemento foram calculados para gerarem relações entre o consumo de proteína degradável no rúmen e o consumo de matéria orgânica digestível (CPDR:CMOD) de 7, 9, 11 e 13%, respectivamente para T2, T3, T4 e T5. Na etapa prévia de formulação das dietas a digestibilidade da matéria orgânica foi estimada com a técnica *in vitro* (DIVMO), e o consumo de feno foi estimado em 2 % do PC a partir de medidas feitas durante 7 dias. Utilizou-se uma estimativa na taxa de substituição de 0,4 kg de feno por kg de concentrado. A degradabilidade da proteína foi estimada como sendo de 62 % e 45 % para o feno e milho respectivamente. A DIVMO do feno foi de 63 %, a

digestibilidade da matéria orgânica do milho foi assumida como sendo 80 %. Posteriormente os dados reais foram determinados e analisados.

### **3.4 Alimentos e alimentação**

#### **3.4.1 Feno**

Foi utilizado feno de Coast cross (*Cynodon dactylon* L.), cuja composição é apresentada na Tabela 1.

#### **3.4.2 Concentrados**

Os concentrados foram misturados a cada semana sendo utilizados ingredientes de mesmo lote. A composição dos concentrados é apresentada na Tabela 1. Foram preparadas as misturas dos concentrados antecipadamente, conforme a formulação da Tabela 2.

Os animais receberam 1 % do peso corporal na base úmida em milho, o que resultou em diferentes consumos de MS de concentrado, entretanto a única variação foi no consumo de uréia.

**Tabela 1.** Composição química do feno de Coast cross (*Cynodon dactylon* L.) e dos concentrados utilizados no experimento, em proteína bruta (PB %), fibra em detergente neutro (FDN %), fibra em detergente ácido (FDA %), lignina em detergente ácido (LDA %) e equivalente protéico em nitrogênio não protéico (EPNNP % PB).

Componente	Feno	Concentrados			
		T2	T3	T4	T5
PB (%)	9,55	9,52	13,26	15,08	18,41
MS (%)	89,50	87,98	88,02	87,94	88,29
MO (%)	93,67	98,27	98,00	98,23	97,94
FDN (%)	81,39	16,58	16,18	15,61	14,98
FDA (%)	41,53	4,76	5,20	5,06	4,83
LDA (%)	5,08	0,50	0,50	0,50	0,50
EPNNP (% PB)		-	28,21	36,83	48,32

**Tabela 2.** Composição dos suplementos usados em cada tratamento e % PC oferecida na base úmida.

Ingredientes (%)	Tratamentos			
	T2	T3	T4	T5
Milho moído	98,96	97,77	96,53	95,33
Uréia fertilizante	0,00	1,21	2,45	3,67
NaCl	0,54	0,54	0,53	0,52
Premix mineral	0,15	0,15	0,14	0,14
Flor de Enxofre	0,35	0,34	0,34	0,33
% PC oferecido	1,011	1,022	1,035	1,049

A composição do premix mineral encontra-se no Apêndice 1 juntamente com o sal mineralizado utilizado no T1. Para fins de cálculo assumiu-se que a uréia tinha 282 % de proteína bruta.

### 3.5 Condução do experimento

Foi conduzido um experimento de digestibilidade convencional onde os animais foram alimentados durante 15 dias em cada período experimental, sendo que 10 dias foram de período de adaptação e 5 dias de coleta de fezes e avaliação do consumo. Durante o período de adaptação o feno foi oferecido inicialmente em torno de 1,5 % do PC para os animais que recebiam suplemento e 2 % PC para os animais que recebiam apenas feno, foi-se aumentando gradativamente a oferta até atingir o consumo máximo. Nos dias de coleta de fezes e consumo máximo, os animais receberam feno suficiente para que as sobras fossem de pelo menos 15 % (Rymer, 2000). Neste período os animais receberam feno homogeneizado para cada turno, isto é, para cada turno de alimentação o feno de aproximadamente cinco fardos era todo homogeneizado, amostrado e ensacado, garantindo que todos os animais recebessem o mesmo alimento. As sobras de alimento foram pesadas, homogeneizadas e 10 % armazenadas para formação de uma amostra composta que posteriormente foi subamostrada em 250 gramas.

Pela manhã os animais eram alimentados entre 9 h e 9 h 30min, e à tarde entre as 15 h 50 min e 16 h 10 min. As sobras de feno foram pesadas pela manhã. O suplemento foi sempre consumido em sua totalidade ou suas sobras foram consideradas desprezíveis.

Os animais receberam o suplemento pesado previamente de acordo com o peso de cada um, em um cocho separado do cocho onde era oferecido o

feno. O suplemento foi oferecido em porções iguais por turno, logo após o feno ser distribuído. Os animais que receberam apenas feno e mistura mineral tinham esta ofertada pela manhã, na quantidade de 100 gramas por dia.

As fezes foram recolhidas em bandejas de zinco, durante cinco dias sempre no período da manhã. Após a pesagem, foram homogeneizadas e retiradas 10 % da produção diária, que foi armazenada em refrigerador. No último dia do experimento, as subamostras foram misturadas, homogeneizadas para a retirada uma amostra de aproximadamente 1 kg para análises posteriores.

Os animais foram pesados no 1<sup>o</sup>, 11<sup>o</sup> e 16<sup>o</sup> dia do experimento em cada período. As pesagens foram feitas todas sem jejum, sendo os dados apresentados no Apêndice 2, pois não havia interesse em mensurar o ganho de peso em um período experimental tão curto. Entre o primeiro e o segundo período houve um intervalo de 15 dias.

### **3.6 Preparação das amostras**

As amostras de alimento e sobras, juntamente com as amostras de fezes após pré-secagem a 60 °C, foram moídas em moinho tipo Willey com peneira de 1 mm. Para determinação da degradabilidade ruminal da proteína, o feno foi moído a 3 mm e o milho mais a mistura de minerais a 1 mm.

### 3.7 Determinações

Foi determinada a matéria seca do feno, sobras e concentrado por secagem em estufa a 105 °C até peso constante e das fezes, após pré-secagem a 60 °C, a 105 °C.

As cinzas foram determinadas após 4 horas de queima em mufla a 550 °C e por cálculo determinada a matéria orgânica (MO).

O nitrogênio total foi determinado pelo método de Kjeldahl (AOAC, 1990).

A FDN, FDA e Lignina foram determinadas segundo Van Soest e Robertson (1984).

A degradabilidade ruminal da proteína foi determinada através da incubação do feno e da mistura de milho mais minerais e enxofre (T2). Foi utilizado um bovino Hereford de aproximadamente três anos e meio de idade, com 450 kg, fistulado no rúmen. O animal recebia como dieta feno de Coast Cross à vontade e concentrado comercial com 14 % de proteína bruta (3 kg por dia).

Foram utilizados sacos de náilon de multi-filamento com poro de 45  $\mu$ .

Os alimentos foram incubados em duplicata nos seguintes horários:

Feno: 0, 2, 4, 6, 12, 24, 36, 48, 72 e 96 horas

Milho e minerais: 0, 0,5, 1, 2, 3, 6, 12, 24, 36 e 48 horas

Foi feita a incubação em diferentes horários e a retirada foi simultânea. Os resíduos da incubação foram analisados para MS, MO e PB e os resultados ajustados ao modelo de Ørskov e McDonald (1979) através do programa Neway

do Rowett Institute. Assumindo-se que 65 % da digestão total do trato gastrointestinal ocorre no rúmen (AFRC, NRC, 1996), calculou-se os 65% da DMO obtida com o feno no experimento *in vivo* e utilizou-se esse dado para estimar a taxa de passagem que proporcionaria esse valor de degradabilidade efetiva da MO. Desta maneira foi estimada uma taxa de passagem de 2,5 % para o cálculo da degradabilidade efetiva da proteína. A proteína da uréia foi assumida como 100 % degradável no rúmen.

A digestibilidade verdadeira da matéria orgânica foi calculada subtraindo-se o consumo de matéria orgânica pela excreção de fibra em detergente neutro livre de cinzas, e o resultado da subtração, dividido pelo consumo de matéria orgânica (Mulligan et al, 2001). A excreção fecal metabólica (EFM) em matéria orgânica, como percentagem do PC, foi calculada subtraindo a produção fecal total da excreção fecal de FDN livre de cinzas (Van Soest, 1994)

### **3.8 Cálculo dos efeitos associativos**

Os efeitos associativos foram calculados de acordo com os valores de digestibilidade do feno e assumindo digestibilidades da matéria orgânica (DMO) do milho e da uréia de 80 e 100 % respectivamente. A digestibilidade da FDN (DFDN) do milho foi assumida como sendo de 42,3 %, conforme Goetsch et al. (1991). A partir destes valores foram calculadas as DMO e DFDN do feno dentro dos tratamentos suplementados.

A substituição foi calculada subtraindo do consumo médio de matéria orgânica de feno do tratamento testemunha (T1), dentro de cada período, o consumo de feno de cada animal nos tratamentos suplementados e o resultado dividido pelo consumo de concentrado. A adição de matéria orgânica digestível foi calculada subtraindo do consumo de matéria orgânica digestível (CMOD) o CMOD do T1 e dividindo o resultado pelo consumo de matéria orgânica do concentrado.

### **3.9 Delineamento experimental**

O delineamento utilizado foi de blocos casualizados, sendo o peso corporal o critério de bloqueamento, com cinco tratamentos e três repetições. O experimento foi repetido no tempo, e utilizado então o período como uma das causas da variação.

### **3.10 Análises estatísticas**

Para avaliar o efeito da suplementação foi utilizado o tratamento T1 nas comparações. Usando-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade para a comparação entre as médias.

O modelo matemático usado foi o abaixo:

$$Y_{ijkl} = \mu + T_i + B_j + P_k + TB_{ij} + TP_{ik} + \epsilon_{ijkl}$$

Onde:

$Y_{ijk}$  = observação i associada ao i-ésimo tratamento, j-ésimo bloco, k-ésimo período e l-ésimo animal.

$\mu$  = média

$T_i$  = efeito do i-ésimo tratamento

$B_j$  = efeito do j-ésimo bloco

$P_k$  = efeito do k-ésimo período

$TB_{ij}$  = efeito da ij-ésima interação entre o tratamento e os blocos

$TP_{ik}$  = efeito da ik-ésima interação entre o tratamento e os períodos

$\varepsilon_{ijkl}$  = erro experimental aleatória e normalmente distribuído.

Para estudar o efeito dos níveis de uréia suplementar, o tratamento testemunha foi retirado, e os tratamentos restantes analisados por regressão, usando o seguinte modelo matemático:

$$Y_{ij} = \mu + \beta_1 T_i + \beta_2 T_i^2 + \beta_3 T_i^3 + \varepsilon_{ij}$$

Onde:

$Y$  = j-ésima observação associada ao i-ésimo tratamento

$\beta_1$  = regressor associado ao efeito linear do tratamento

$\beta_2 T^2$  = regressor associado ao efeito quadrático do tratamento

$\beta_3 T^3$  = regressor associado ao efeito cúbico do tratamento

$\varepsilon$  = erro

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1 Degradabilidade ruminal da proteína bruta**

A degradabilidade ruminal efetiva da proteína bruta (Tabela 3), foi estimada com uma taxa de passagem de 2,5%/h, foi de 45,9 % para o feno e 61,4 % para o concentrado. A degradabilidade da PB do milho foi superior à encontrada no NRC (1996) para milho quebrado (47,5), explicável pela reduzida taxa de passagem utilizada na sua estimativa. Já a degradabilidade da proteína do feno difere bastante do valor utilizado para feno no NRC (1996), com teores semelhantes em termos de PB e FDN (7,8 e 76 %) com degradabilidade de 85 %. Entretanto, Oliveira et al. (1997) encontraram valores da fração indisponível da PB segundo o CNCPS (Cornell net carbohydrate and protein system) de 32,19 %, para o feno de Coast cross, ficando menos de 68 % da PB sujeita à degradação e passagem. Banyas et al. (1997) verificaram valores mais baixos (< 38,5%) de degradabilidade para gramíneas tropicais com taxa de passagem de 5 %.

**Tabela 3.** Degradabilidade ruminal da proteína bruta do milho e do feno.

Horário/Alimento	Feno	Milho
0	22,7	27,4
0,5		25,5
1		22,2
2	21,9	28,2
3		32,1
4	24,4	
6	19,7	30,8
12	26,4	34,7
24	39,5	51,6
36	53,1	58,7
48	63,1	76,4
72	69,1	
96	73,0	
A	22,7	25,4
B	75,8	400,3
C	0,032	0,003
Lag time (horas)	10,4	1,9
DE 2,5%	45,9	61,4

#### 4.2 Coeficientes de digestibilidade

Os valores dos coeficientes de digestibilidade aparente da matéria orgânica (DMO) e da MO do feno (DMO Feno), digestibilidade da fibra em detergente neutro (DFDN), DFDN do Feno, da celulose (DCEL), da hemicelulose (DHCEL), expressos em percentagem (%) encontram-se na Tabela 4. Os valores individualizados estão no Apêndice 4, as respectivas análises de variância encontram-se nos Apêndices 8 a 13 e as análises de regressão nos Apêndices 24 a 30. Os coeficientes de digestibilidade verdadeira da matéria orgânica (DVMO) e a relação DVMO:DMO como percentagem encontram-se na Tabela 5, os valores individualizados no Apêndice 4, as análises de variância nos Apêndices 14 e 15 e as análises de regressão nos Apêndices de 30 e 31.

O feno de Coast Cross apresentou digestibilidade da matéria orgânica (DMO) de 61,17 %, valor acima de muitos fenos de bermuda com semelhante FDN e proteína, como o caso de Garcés-Yépez (1997), que utilizou feno de *Cynodon dactylon* com 80,87 % FDN e 10,95 % PB e encontrou uma DMO de 52,3 % com ovinos; Galloway et al. (1991) também com feno de bermuda (72,4 FDN e 10,6 PB ou 76,2 % FDN e 13,7 % PB) encontraram DMO de 53,6 e 57,4% respectivamente.

**Tabela 4.** Digestibilidades da matéria orgânica (DMO %), da dieta, estimada do feno (DMO Feno %), da FDN (DFDN %), estimada da FDN do feno (DFDN Feno %), da celulose (Dcelulose %) e da hemicelulose (Dhemicelulose %),

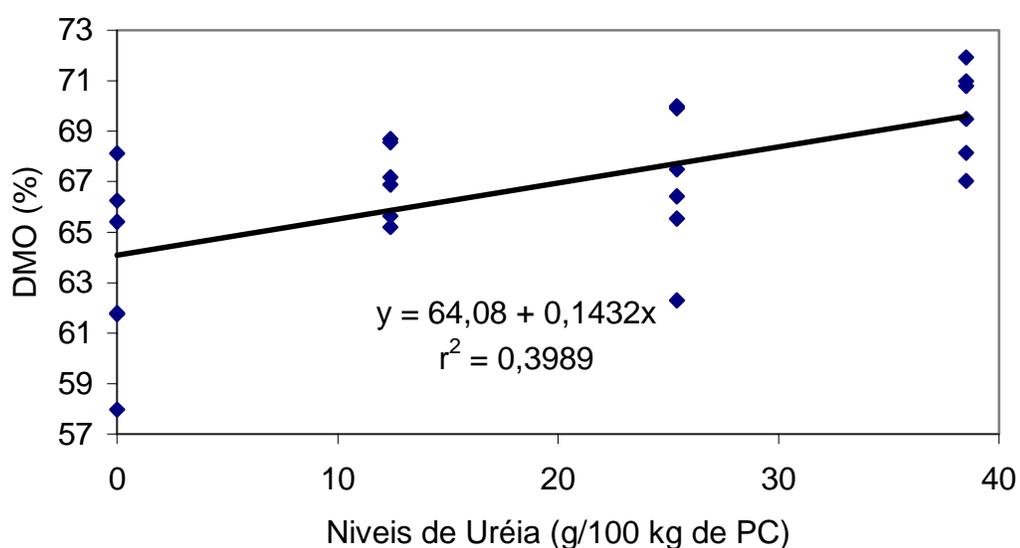
	Tratamentos					Efeito*	
	T1	T2	T3	T4	T5	L	Q
Digestibilidade (%)	Controle	0	12,4	25,4	38,4		
DMO (%)	61,17 <sup>c</sup>	63,55 <sup>bc</sup>	67,03 <sup>ab</sup>	66,94 <sup>ab</sup>	69,73 <sup>a</sup>	< 0,005	NS
DMO Feno (%)	61,17 <sup>a</sup>	52,58 <sup>b</sup>	58,32 <sup>ab</sup>	57,62 <sup>ab</sup>	62,59 <sup>a</sup>	< 0,005	NS
DFDN (%)	67,96 <sup>a</sup>	60,72 <sup>b</sup>	64,58 <sup>ab</sup>	65,65 <sup>a</sup>	66,25 <sup>a</sup>	< 0,005	NS
DFDN Feno (%)	67,96 <sup>a</sup>	62,95 <sup>b</sup>	67,14 <sup>ab</sup>	68,91 <sup>a</sup>	69,25 <sup>a</sup>	< 0,005	NS
Dcelulose (%)	68,22 <sup>a</sup>	61,74 <sup>b</sup>	66,35 <sup>a</sup>	66,02 <sup>a</sup>	66,94 <sup>a</sup>	< 0,005	NS
Dhemicelulose (%)	76,98 <sup>a</sup>	66,15 <sup>c</sup>	69,81 <sup>bc</sup>	72,11 <sup>ab</sup>	72,94 <sup>ab</sup>	< 0,005	NS

<sup>a, b, c</sup> médias na mesma linha seguidas por letras distintas diferem pelo teste de Tukey (P < 0,05).

\* efeito linear ou quadrático: L = linear, Q quadrático.

Foram encontradas diferenças nos coeficientes de digestibilidade aparente da matéria orgânica (DMO) entre os tratamentos (P = 0,0013). A DMO foi maior para os tratamentos suplementados com milho e uréia em relação ao tratamento controle, o tratamento suplementado apenas com milho (T2) foi semelhante ao controle (T1) e aos dois níveis menores de uréia (T3 e T4), entretanto foi inferior ao maior nível de uréia (T5). Os tratamentos T3, T4 e T5

tiveram DMO 9,5, 9,4 e 14 % superiores ao controle. Ao analisar apenas os tratamentos onde houve a suplementação encontrou-se um efeito linear e positivo da adição de uréia (P = 0,0009), como pode ser visto na Figura 1. Para cada grama de uréia suplementada por 100 kg de peso vivo, obteve-se 0,14 ponto percentual de aumento na DMO.



**Figura 1.** Efeito da adição de níveis crescentes de uréia sobre a DMO.

A digestibilidade obtida no tratamento apenas com feno e milho (T2) foi observada também por Royes et al. (2001) que não encontraram diferenças do tratamento sem suplementação em relação ao tratamento suplementado com milho, provavelmente porque a magnitude da depressão na digestão do volumoso foi maior que a diferença de digestibilidade entre o concentrado e o volumoso. As observações relativas a DMO de T3, T4 e T5 foram semelhantes aos de Garcés-Yepes et al. (1997), que encontraram maiores coeficientes de DMO nas dietas

suplementadas em relação ao controle que continha apenas feno (52,3 x 58,6 %). Este resultado pode ser explicado pela maior digestibilidade do concentrado em relação ao feno e pelo fato da adição de uréia poder ter melhorado as condições ruminais em termos de concentração de amônia, propiciando uma melhor digestão do feno. Bodine et al. (2000), suplementaram feno de baixa qualidade com 0,75% do PC de milho e com níveis crescentes de proteína degradável (0, 33, 66 e 100 % das exigências) e encontraram aumentos quadráticos na concentração de amônia ruminal, associados à aumentos lineares na digestibilidade da MO, apesar desses níveis não passarem de 2,3 mg/dL. Apesar desses autores terem observado os aumentos lineares na DMO, houve decréscimos quadráticos nos valores de pH com o aumento na suplementação de PDR. Olson et al. (1999) também observaram aumentos lineares na DMO com a adição de PDR independente do nível de amido que foi utilizado (0, 0,15 e 0,30 % PC de amido), mostrando que a suplementação com energia (efeito linear negativo) pode deprimir a digestibilidade e essa suplementação responde positivamente à adição de PDR.

A DMO estimada do feno foi diferente entre os tratamentos ( $P = 0,0131$ ), sendo que o T5 foi o de maior DMO, semelhante ao tratamento controle e aos dois menores níveis de uréia (T3 e T4) e estes dois últimos semelhantes ao tratamento suplementado apenas com milho (T2). Os resultados obtidos pelos tratamentos suplementados com milho e uréia, que não diferiram do controle expressam uma reversão do efeito associativo negativo da suplementação apenas com energia. O T2 foi 8,6 pontos percentuais menor que o

T1 e 10 pontos percentuais inferior ao T5, demonstrando o efeito associativo negativo. Retirando o tratamento controle, os tratamentos suplementados mostraram um efeito linear positivo da adição de uréia ( $P < 0,01$ ), ( $DMO_{Feno} = 53,43 + 0,228x$ ;  $r^2 = 0,38$ ;  $dpe = 4,41$ ). Resultados semelhantes foram observados por Bodine et al. (2000), ao suplementar proteína degradável em dietas a base de feno de baixa qualidade com 0,75 % do PC em milho (assumindo o milho como 90 % de DMO) e suprimindo níveis crescentes de proteína degradável (0, 33, 66 e 100 % das exigências). Os autores encontraram aumento quadrático na digestibilidade do feno (calculada por diferença) aumentando os níveis de proteína degradável suplementada. Heldt et al. (1999) verificaram um estímulo na DMO e DFDN com a suplementação de 0,122 % PC em PDR e 0,3 % PC em amido, frutose, glicose ou sacarose. Depressões nas DMO e DFDN foram observadas com os mesmos tratamentos exceto o nível de PDR que foi de 0,031 % PC, nível considerado insuficiente para suprir as exigências de proteína degradável dos microorganismos neste experimento.

No caso dos tratamentos aplicados, os coeficientes de digestibilidade da FDN, celulose e hemicelulose são valores mais confiáveis para a comparação, pois a única variação entre os tratamentos foi a quantidade de uréia e esta não aparece quando é utilizada a determinação de FDN e de seus componentes (celulose, hemicelulose e lignina).

Os tratamentos apresentaram diferenças significativas para a DFDN ( $P = 0,0031$ ), sendo o tratamento suplementado apenas com milho (T2) inferior ao controle (T1) e aos dois maiores níveis de uréia adicional (T4 e T5). O menor nível

de uréia (T3) não diferiu dos demais tratamentos quando comparados pelo teste de Tukey a 5%. Desta forma fica caracterizada a depressão na digestão da parede celular com o uso de milho (T2) e reversões parciais ou totais na DFDN com o uso da uréia suplementar. O T2 chegou a ser 7,2 pontos percentuais inferiores ao controle (11,9 % menor). Quando os tratamentos suplementados foram avaliados separadamente, a resposta foi linear ( $P < 0,05$ ;  $DFDN = 61,69 + 0,137x$ ;  $r^2 = 0,37$ ;  $dpe = 2,68$ ). Respostas lineares na DFDN, em dietas baseadas em feno e suplementadas com energia com ou sem proteína degradável foram observadas também por Olson et al. (1999), que encontraram efeito linear da adição de PDR (caseína) na dieta suplementada com amido (0, 0,15 ou 0,30 % PC). Os autores também observaram uma diminuição linear na DFDN com o aumento nos níveis de amido, depressão que foi linearmente revertida pela PDR, mostrando que, provavelmente, aumentando os níveis poderiam ser obtidos melhores resultados. Os autores encontraram aumentos lineares de amônia ruminal com o aumento nos níveis de PDR (0, 0,03, 0,06, 0,09 e 0,120 % PC) e decréscimo linear com a suplementação com amido de (0,71, 0,51 e 0,43 mMol/l de amônia para 0, 0,15 e 0,30 % do PC em amido respectivamente). No mesmo experimento o maior valor de pH foi para o tratamento com nível zero de proteína degradável e 0,3 % PC de amido, justamente onde ocorreu a maior depressão na digestibilidade. Essas observações colaboram com a teoria de que o pH não pode ser utilizado como única explicação para quedas na digestibilidade da FDN com a suplementação energética. Portanto os aumentos lineares observados na DFDN podem ser

explicados pela maior disponibilidade de amônia no rúmen e uma conseqüente maior fermentação da parede celular.

A DFDN estimada do feno, mostrou diferenças entre os tratamentos ( $P = 0,0116$ ). O tratamento suplementado apenas com milho (T2) foi semelhante ao menor nível de uréia (T3) e inferior aos outros tratamentos (T1, T5 e T4). A resposta encontrada em termos de depressão na DFDN, 5 pontos percentuais, do feno foi similar ao observado por Goetsch et al. (1991), com feno semelhante ao utilizado neste experimento. Os autores observaram uma queda de 8,5 pontos percentuais na DFDN do feno para cada 1 % PC de suplementação com milho. A possibilidade de reverter a depressão, causada pela suplementação com energia, a partir da utilização de PDR mostrou resposta linear ( $P < 0,01$ ,  $DFDN \text{ Feno} = 64,01 + 0,160x$ ,  $r^2 = 0,39$ ;  $dpe = 3,01$ ).

Entre as frações da parede celular podem ser notados os maiores efeitos da uréia sobre a digestibilidade. A digestibilidade da celulose (DCEL) foi diferente entre os tratamentos ( $P = 0,0062$ ). Os tratamentos suplementados com uréia (T3, T4 e T5) foram semelhantes ao tratamento controle (T1), considerado o tratamento onde não haveria problemas para a digestão da parede celular. O tratamento apenas suplementado com milho foi inferior aos demais, mostrando que a digestão da celulose é sensível à falta de N para os microorganismos responsáveis por ela. Neste caso houve uma depressão significativa na DCEL de 6,48 pontos percentuais de T2 em relação a T1. Os tratamentos suplementados apresentaram efeito linear da suplementação com uréia sobre a DCEL ( $P < 0,005$ ,  $DCEL = 63,01 + 0,118x$ ,  $r^2 = 0,31$ ;  $dpe = 2,65$ ). A depressão na digestão da

celulose já havia sido demonstrada *in situ*, em ovinos, por El-Shazly et al. (1961), utilizando dietas com alta quantidade de concentrado, e também revertida com a adição de uréia quando a dieta continha até 50 % de concentrado. Porém, quando a dieta continha 66 % de concentrado não houve sucesso na suplementação com uréia.

A digestibilidade da hemicelulose (DHCEL) foi a fração da parede celular onde apareceram as maiores diferenças, sendo a mais afetada pela suplementação com milho. O tratamento controle apresentou o maior coeficiente (76,98), e foi semelhante aos dois tratamentos com maior nível de uréia (T4 e T5). O tratamento com menor nível de uréia foi semelhante aos outros tratamentos com uréia, entretanto não diferiu do suplementado apenas com milho, sendo os dois inferiores ao tratamento controle, sendo 7,2 e 10,8 pontos percentuais menores que T1, respectivamente. A DHCEL respondeu linearmente à inclusão de uréia ( $P < 0,01$ ;  $DHCEL = 66,90 + 0,176x$ ;  $r^2 = 0,34$ ;  $dpe = 3,67$ ). Dentre os componentes da parede celular a hemicelulose foi o que apresentou maiores respostas a suplementação com uréia, pois para cada grama adicional de uréia a DHCEL aumentou 0,176 pontos percentuais, e a DCEL aumentou 0,118. Essa resposta foi 49,2 % maior para a hemicelulose e pode ser explicada pela digestão da hemicelulose que estaria associada aos tecidos vegetais de lenta degradação (Merchen e Bourquin, 1994). Segundo Dixon e Chanchai (2000), os microorganismos ruminais utilizam primeiramente o nitrogênio da forragem para depois utilizarem o suplementar, e este é importante em forrageiras com baixos teores de proteína. Neste caso, em maior parte os microorganismos ruminais

utilizariam o N da forragem para a digestão da celulose, sendo para a digestão da hemicelulose (fração de lenta digestão) mais importante o N suplementar.

De acordo com Van Soest (1994), ao extrair-se a porção fecal solúvel em detergente neutro (DN), pode-se estimar o coeficiente de digestibilidade verdadeira, já que a contaminação microbiana e as perdas metabólicas endógenas são solúveis em DN. A digestibilidade verdadeira da matéria orgânica (DVMO) foi diferente entre os tratamentos ( $P < 0,001$ ), conforme dados da Tabela 5. O tratamento controle desta vez foi significativamente inferior aos suplementados, e o tratamento suplementado apenas com milho foi menor que os dois maiores níveis de adição de uréia (T4 e T5) e semelhante ao menor nível de uréia, que não diferiu dos tratamentos com maiores níveis.

**Tabela 5.** Digestibilidade verdadeira da matéria orgânica (DVMO %), relação DVMO:DMO (%), excreção fecal metabólica (EFM % PC) e relação EFM:CMO (%).

Item	Tratamentos					Efeito *	
	T1 Controle	T2 0	T3 12,4	T4 25,4	T5 38,5	L	Q
DVMO (%)	72,28 <sup>c</sup>	77,20 <sup>b</sup>	79,52 <sup>ab</sup>	80,15 <sup>a</sup>	80,22 <sup>a</sup>	< 0,005	NS
DMO:DVMO (%)	84,62 <sup>ab</sup>	82,30 <sup>b</sup>	84,29 <sup>ab</sup>	83,49 <sup>ab</sup>	86,92 <sup>a</sup>	< 0,01	NS
EFM (% PC)	0,23 <sup>b</sup>	0,34 <sup>a</sup>	0,32 <sup>a</sup>	0,33 <sup>a</sup>	0,27 <sup>ab</sup>	< 0,10	NS
EFM:CMO (%)	11,12 <sup>ab</sup>	13,65 <sup>a</sup>	12,50 <sup>ab</sup>	13,21 <sup>a</sup>	10,49 <sup>b</sup>	< 0,025	NS

<sup>a, b,</sup> médias na mesma linha seguidas por letras distintas diferem pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

\* efeito linear ou quadrático: L = linear, Q quadrático.

O tratamento suplementado apenas com milho foi 4,9 pontos percentuais superior ao controle e em média 3 pontos percentuais inferior aos suplementados com os dois maiores níveis de uréia (T4 e T5). Os tratamentos suplementados com milho responderam linearmente à adição de uréia para a

DVMO ( $P < 0,01$ ;  $DVMO = 77,84 + 0,075x$ ;  $r^2 = 0,33$ ,  $dpe = 1,61$ ), refletindo uma melhor fermentação ruminal. A relação DMO:DVMO também foi diferente entre os tratamentos ( $P = 0,0258$ ) sendo o T2 inferior a T5 e os dois semelhantes aos outros tratamentos. Analisando os tratamentos suplementados a resposta foi linear à adição de uréia ( $P = 0,0086$ ;  $DMO:DVMO = 82,31 + 0,102x$ ;  $r^2 = 0,27$ ;  $dpe = 2,48$ ). Segundo Merchen (1988), o aumento da quantidade de carboidratos escapando para o trato gastrintestinal inferior aumenta a excreção metabólica de nitrogênio (EMN), a qual é relacionada ao consumo de alimento. Como Van Soest (1994) afirma que 85 a 90 % da perda metabólica fecal é de origem microbiana, para um mesmo coeficiente de DMO, se tiver uma DVMO maior, pode-se inferir que houve maior fermentação microbiana no TGI inferior e que quanto maior a relação DMO:DVMO, isto é, maior a DMO em relação a DVMO, menor seria a quantidade de carboidrato passível de fermentação que escaparia do rúmen para um mesmo nível de consumo. A importância de aproveitar a fermentação ruminal do alimento em termos de energia pode não ser tão grande, entretanto com a fermentação no TGI inferior perde-se a proteína microbiana sintetizada com essa fermentação (Dixon e Stockdale, 1999). Além disso, esses valores podem explicar a resposta da hemicelulose à suplementação com uréia, já que esta é a fração da parede celular que mais comumente escapa a digestão ruminal e é fermentada no intestino grosso (Merchen, 1988; Dixon e Stockdale, 1999).

Essa resposta pode ser melhor visualizada pela excreção fecal metabólica (EFM % PC), cujos dados encontram-se na Tabela 5 e os dados individualizados no Apêndice 7, as análises de variância no Apêndice 16 e a

análise de regressão no Apêndice 32), que teve resposta linear e negativa com os níveis de uréia ( $P < 0,10$ ;  $EFM = 0,35 - 0,0015x$ ;  $r^2 = 0,16$ ;  $dpe = 0,051$ ). Dessa forma, a diminuição da excreção fecal metabólica e mantida constante a proporção endógena da EFM, mostra que houve uma maior fermentação cecocólica nas dietas com menor quantidade de uréia.

Van Soest (1994), afirma que a EFM é proporcional ao consumo de alimento. Convertendo a EFM para percentagem do CMO (EFM:CMO) constatou-se diferença entre os tratamentos ( $P = 0,0121$ ) e os tratamentos suplementados apresentaram comportamento linear ( $P = 0,025$ ;  $EFM:CMO = 13,76 - 0,068x$ ;  $r^2 = 0,23$ ;  $dpe = 1,89$ , Apêndices: 7, 17 e 33).

### **4.3 Consumo das frações nutritivas**

Os valores de consumo de matéria orgânica (CMO), de consumo de matéria orgânica de feno (CMOfeno), consumo de fibra em detergente neutro (CFDN) e consumo de matéria orgânica digestível (CMOD) como percentagem do peso corporal (%PC) estão na Tabela 6. Os valores individualizados podem ser encontrados no Apêndice 5 e as respectivas análises de variância nos Apêndices 18 a 21. As análises de regressão nos Apêndices 34 a 37.

Houve diferença no consumo de matéria orgânica de feno (CMO Feno;  $P = 0,0069$ ), sendo o tratamento sem suplementação superior aos tratamentos suplementados, o que identifica um efeito associativo substitutivo, com uma diminuição de 33 % no consumo de feno com a utilização dos suplementos. A

adição de uréia não afetou o consumo de feno, observação que demonstra que apenas o consumo de feno pode ser pouco para verificar a efetividade dos tratamentos. Entretanto, o consumo de matéria orgânica total aumentou 25% nos tratamentos suplementados em relação ao controle, o que identifica um efeito aditivo. Pode-se então definir o efeito da suplementação utilizada nesse experimento como aditivo substitutivo. Esses resultados concordam com as observações de Dixon e Stockdale (1999), que sugerem que os consumos totais de MS e de energia metabolizável aumentam, mas há uma diminuição no consumo do volumoso. Dixon e Stockdale (1999) utilizam a teoria bifásica do consumo (Weston, 1982) para explicar a diminuição no consumo de volumoso nos tratamentos suplementados como ocorreu nesse experimento. Segundo a teoria, quando a digestibilidade é maior que 65-70 %, como no caso dos tratamentos suplementados neste experimento (exceto T2), o consumo voluntário é limitado primeiramente por mecanismos metabólicos como a habilidade do animal em utilizar os nutrientes absorvidos e dissipar calor. Já com dietas de menor digestibilidade (T1) a capacidade do trato gastrintestinal limitaria o consumo. A diminuição no consumo de feno pode ser considerada normal pois o feno quando oferecido como componente principal da dieta, apenas suplementado com mistura mineral, apresentou consumo de matéria orgânica de 2,05 % PC, valor superior ao estabelecido por Moore et al., (1999) de 1,75 % PC para que houvesse depressão no consumo de volumoso devido à suplementação. Galloway et al. (1991) encontraram consumos de 2,68 % PC em novilhos Holandês consumindo feno semelhante (12,15 % PB; 74,3 % FDN).

**Tabela 6.** Consumo de matéria orgânica (CMO % PC) total, CMO do feno, consumo de matéria orgânica digestível (CMOD) em percentagem do peso corporal (%PC)

Item	Tratamentos					Efeito *	
	T1 Controle	T2 0	T3 12,4	T4 25,4	T5 38,5	L	Q
CMO Total (% PC)	2,05 <sup>b</sup>	2,51 <sup>a</sup>	2,58 <sup>a</sup>	2,51 <sup>a</sup>	2,62 <sup>a</sup>	NS	NS
CMO Feno (%PC)	2,05 <sup>a</sup>	1,51 <sup>b</sup>	1,57 <sup>b</sup>	1,49 <sup>b</sup>	1,59 <sup>b</sup>	NS	NS
CFDN (% PC)	1,77 <sup>a</sup>	1,46 <sup>b</sup>	1,50 <sup>b</sup>	1,46 <sup>b</sup>	1,53 <sup>b</sup>	NS	NS
CMOD (% PC)	1,25 <sup>b</sup>	1,59 <sup>a</sup>	1,73 <sup>a</sup>	1,68 <sup>a</sup>	1,82 <sup>a</sup>	< 0,025	NS

<sup>a, b</sup>, médias na mesma linha seguidas por letras distintas diferem pelo teste de Tukey (P < 0,05).

\* efeito linear ou quadrático: L = linear, Q quadrático.

Não houve diferenças entre os tratamentos para o consumo de FDN (P = 0,0845). Os valores apresentados de consumo de FDN são relativamente altos se comparados com o que propõe Mertens (1994), que os animais teriam a capacidade de ingerir em torno de 1,2 % PC em FDN. Entretanto essa teoria vem sendo contestada por alguns dados gerados com forrageiras tropicais (Ospina e Prates, 1998), além de os animais utilizados neste experimento possivelmente terem estado em estado de ganho compensatório.

O consumo de matéria orgânica digestível (CMOD) é a integração de respostas em consumo e digestibilidade (Köster et al, 1996), e está intimamente ligado ao consumo de energia pelo animal. Sendo assim toda a suplementação que visar aumentar o desempenho animal deve passar por aumentos no CMOD.

A suplementação afetou positivamente o consumo de matéria orgânica digestível (CMOD; P = 0,001), que foi menor para o controle (T1) do que para os tratamentos suplementados com milho (Tabela 6), fato comum quando é usada a suplementação de volumosos de baixa e média qualidade (Köster et al, 1996;

Köster et al, 1997, Heldt et al, 1999, Dixon e Stockdale, 1999). Quando analisados por regressão, os tratamentos apresentaram um aumento linear no CMOD com a adição de uréia ( $P = 0,013$ ;  $CMOD = 1,61 + 0,0049x$ ;  $r^2 = 0,25$ ;  $dpe = 0,128$ ). Os valores de CMOD observados foram superiores aos obtidos por Ramos (1996), em CMSD com novilhos de 215 kg, sem raça definida, alimentados com feno de aveia e azevém, suplementados com milho ou bagaço de mandioca em substituição àquele (média de 1,36 % PC).

Ao fazer uma simulação utilizando o software NRC96 (NRC, 1996), assumindo que o NDT é igual a digestibilidade da matéria orgânica, o CMOD do T2 permitiria um GMD de 0,52 kg e o T5 permitiria um GMD de 0,8 kg por dia para os mesmos animais. O ganho adicional atingiria 54 % a mais, superando a expectativa de Kunkle et al. (1999), de um aumento de 15 a 30 % na performance ao utilizar fibra altamente digestível na substituição ao milho.

#### **4.4 Coeficientes de substituição e adição**

Os valores médios dos coeficientes de substituição e adição estão na Tabela 7. Os valores individualizados estão no Apêndice 5 e as respectivas análises de regressão nos Apêndices 40 e 41.

**Tabela 7.** Coeficientes de substituição (kg de feno/kg de concentrado) e adição (kg de MOD/kg de concentrado)

Item	Tratamentos				Efeito *	
	T2 0	T3 12,4	T4 25,4	T5 38,5	L	Q
Substituição	0,54	0,48	0,55	0,45	NS	NS
Adição (kg MOD)	0,41	0,54	0,48	0,61	< 0,025	NS

\* efeito linear ou quadrático: L = linear, Q quadrático.

Teoricamente pode-se ter coeficientes de substituição de 0 a 1, representando efeito aditivo e substitutivo puros. Ao observar-se os coeficientes de substituição não houve diferenças entre os tratamentos ( $P = 0,77$ ), tendo como média 0,51, isto é, para cada kg consumido de concentrado os animais diminuiram o consumo de feno em 0,51 kg. Este valor está dentro das estimativas de Rocha (1999) que afirma que os suplementos diminuem o consumo de volumoso entre 0,5 e 0,9 kg por kg consumido, e fica próximo ao valor mais baixo, o que de certa forma contraria a afirmativa do autor que suplementos ricos em amido ocasionariam uma taxa de substituição maior.

Entretanto, ao calcular os kg de MOD adicional por kg de suplemento consumido, houve um aumento linear e positivo com os níveis de uréia adicionados na dieta ( $P < 0,025$ ;  $ADIÇÃO = 0,42 + 0,0044x$ ;  $r^2 = 0,21$ ;  $dpe = 0,126$ ). Para cada grama de uréia suplementar o CMOD aumentou em 0,0044 % do PC. O efeito de 1 grama de uréia (assumindo como 100% de MOD) por si só seria de 0,00001 % do peso corporal. Como não houve diferenças no CMO, essa diferença foi devida ao aumento na DMO nos tratamentos à medida que foi acrescentada a uréia. Aplicando a equação de regressão ter-se-ia para adições de

0,42, 0,47, 0,53 e 0,59 kg de MOD por kg de concentrado para T2, T3, T4 e T5, respectivamente. Estes aumentos significam aumentos de eficiência de utilização do concentrado de 13,0; 26,6 e 40,3 % para T3, T4 e T5 respectivamente em relação ao tratamento sem uréia (T2). Estes resultados dão suporte para inferir que a suplementação com fontes de proteína degradável no rúmen (PDR) pode contornar os efeitos associativos negativos ocasionados pela suplementação energética em altas quantidades.

#### 4.5 Relações com o consumo de proteína degradável

Os dados de consumo de proteína degradável como percentagem do peso corporal, relação entre o consumo de proteína degradável no rúmen e consumo de matéria orgânica digestível (CPDR:CMOD) encontram-se na Tabela 8 e os dados individualizados encontram-se no Apêndice 6. As análises de variância encontram-se nos Apêndices 22 e 23 e as análises de regressão nos Apêndices 38 e 39.

**Tabela 8.** Consumo de proteína degradável em % PC (CPDR % PC) e relação CPDR consumo de matéria orgânica digestível.

Item	Tratamentos					Efeito *	
	T1 Controle	T2 0	T3 12,4	T4 25,4	T5 38,5	L	Q
CPDR (%PC)	0,097 <sup>e</sup>	0,128 <sup>d</sup>	0,168 <sup>c</sup>	0,203 <sup>b</sup>	0,242 <sup>a</sup>	< 0,005	NS
CPDR:CMOD (%)	7,67 <sup>d</sup>	8,19 <sup>d</sup>	9,75 <sup>c</sup>	12,02 <sup>b</sup>	13,29 <sup>a</sup>	< 0,005	NS

<sup>a, b, c, d, e</sup> médias na mesma linha seguidas por letras distintas diferem pelo teste de Tukey (P < 0,05).

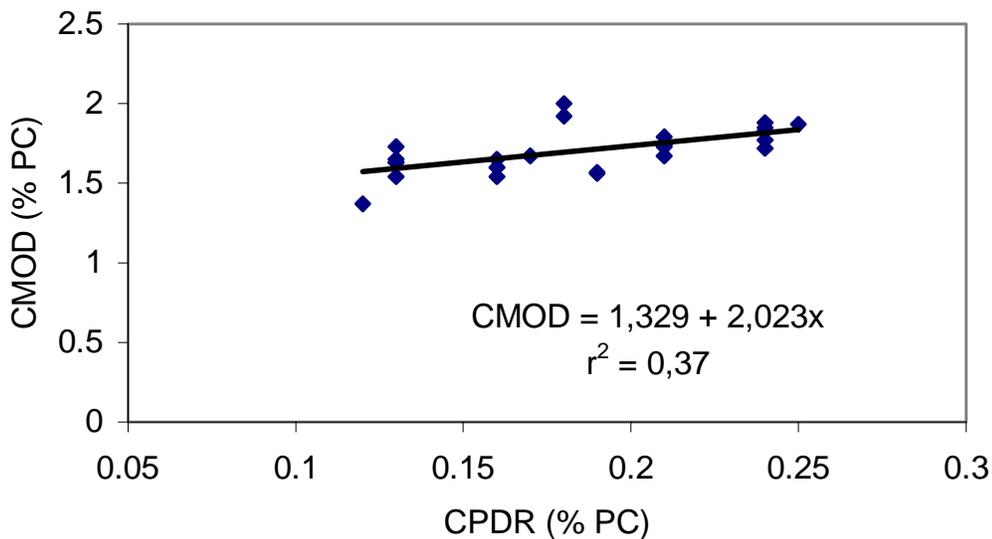
\* efeito linear ou quadrático: L = linear, Q quadrático.

O consumo de proteína degradável no rúmen foi diferente entre os tratamentos. Os tratamentos foram todos diferentes conforme a hierarquia: T5 > T4 > T3 > T2 > T1. Este maior consumo dos tratamentos suplementados em relação ao controle pode ser explicado pelo aumento do consumo de matéria orgânica nos tratamentos suplementados e pela maior degradabilidade da proteína do milho em relação ao feno. A adição da uréia, que é 100 % degradável, explica facilmente os maiores valores de CPDR (%PC) nos tratamentos suplementados com esta em níveis crescentes. A relação entre o consumo de proteína degradável no rúmen e o consumo de matéria orgânica digestível (CPDR:CMOD) foi crescente e linear entre os tratamentos suplementados (CPDR:CMOD = 8,20 + 0,14x,  $r^2 = 0,97$ ; dpe = 0,43), resultado já esperado pela adição de uréia. Para cada grama de uréia suplementar aumentou a relação em 0,14 pontos percentuais. O maior nível de uréia (T5) foi o valor que mais se aproximou da recomendação do NRC (1996) e do SCARM (1990), de 13 % da MOD. O fato dos valores do T5 ficarem muito próximos de 13 % deve ter contribuído para que os tratamentos respondessem linearmente para a maioria das características avaliadas. Essa relação pode explicar as melhores condições ruminais para a digestão da fibra e os melhores resultados à medida que foi adicionada a uréia ao suplemento. Semelhante às respostas obtidas por Bodine et al. (2000) ao aumentar os níveis de PDR em dietas baseadas em feno de baixa qualidade e suplementadas com milho a 0,75 % do PC.

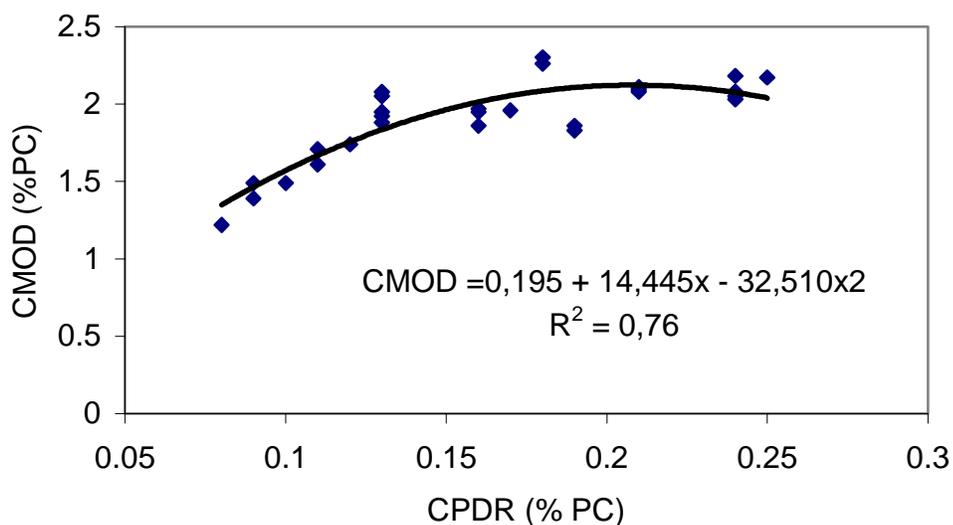
Alguns autores como Köster et al. (1996) acreditam que a exigência de proteína degradável no rúmen pode ser calculada indiretamente pela quantidade

de PDR necessária para maximizar o consumo de matéria orgânica digestível. A exigência é calculada utilizando a relação entre o CPDR e o CMOD, após ajuste de equação quadrática e/ou de modelo não linear de inclinação simples. Ajustando os dados dessa forma, encontrou-se uma regressão linear quando usados os dados apenas dos tratamentos suplementados (Figura 2) e uma relação quadrática quando utilizados todos os dados (Figura 3). A partir da equação quadrática, calculando a primeira derivada, encontra-se o nível de CPDR que maximiza o consumo de matéria orgânica digestível, e este valor dividido pelo CMOD permite obter o valor da exigência de PDR em % do CMOD.

No primeiro caso (Figura 2) a exigência de PDR não é calculável, pois as respostas foram lineares ( $P < 0,025$ ) e o ponto de máximo CMOD é o último ponto da reta. No segundo caso (Figura 3) como o comportamento é quadrático ( $P < 0,005$ ) o CMOD máximo ocorre quando o consumo de PDR é de 0,222 % PC, nesse ponto o CMOD é de 1,80 % PC. Neste caso a exigência de PDR seria de 12,33 % da MOD.



**Figura 2.** Consumo de proteína degradável no rúmen em porcentagem do peso corporal (CPDR % PC) versus consumo de matéria orgânica digestível em porcentagem do peso corporal (CMOD % PC), usando apenas os dados dos tratamentos onde foram usados suplementos.



**Figura 3.** Consumo de proteína degradável no rúmen em porcentagem do peso corporal (CPDR % PC) versus consumo de matéria orgânica digestível em porcentagem do peso corporal (CMOD % PC), usando todos os dados.

## 5. CONCLUSÕES

Nas condições deste experimento pode-se concluir que:

A suplementação de feno de média qualidade com milho em nível de 1 % do peso corporal causa depressão no consumo de feno e nos coeficientes de digestibilidade da matéria orgânica, da digestibilidade matéria orgânica estimada do feno, da fibra em detergente neutro, da fibra em detergente neutro estimada do feno, da celulose e da hemicelulose.

A suplementação com uréia, reverteu parcial ou totalmente os efeitos negativos da suplementação energética sobre os coeficientes de digestibilidade.

A adição de uréia as dietas proporcionou aumentos lineares nos consumos de matéria orgânica digestível.

A adição de uréia a dieta suplementada com milho propiciou menor excreção fecal metabólica, o que pode ser um indício de melhores condições de fermentação ruminal.

O nível de uréia de 38,5 g/100 kg de PC propiciou uma relação CPDR:CMOD de 13,3 %, a qual resultou em melhores respostas no CMOD. Portanto para essa dieta a exigência mínima de PDR em relação a digestibilidade da matéria orgânica seria de 13,3 %.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho foi preliminar, necessitando estes dados apresentados de um suporte que pode ser dado por dados de fermentação ruminal, concentração de amônia ruminal e pH. Posteriormente estes dados serão gerados e poderemos ter maior segurança para concluir em relação ao assunto.

Entretanto algumas recomendações podem ser feitas:

- Ao suplementar dietas a base de volumoso com níveis elevados de energia provenientes de carboidratos rapidamente fermentáveis deve-se observar a exigência dos microorganismos ruminais por proteína degradável, a fim de evitar prejuízos ao consumo de matéria orgânica digestível.
- A uréia mostrou-se um suplemento útil de proteína degradável para essa situação.
- Não necessariamente precisa-se utilizar a uréia para satisfazer as exigências dos microorganismos ruminais por N.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 15. ed., Arlington, VA, 1990.

BANYS, V. L.; PAIVA, P. C. A.; NEIVA, J. N. et al. Degradabilidade *in situ* de quatro gramíneas tropicais em bovinos. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34., 1997, Juiz de Fora. **Anais....** Juiz de Fora: SBZ, 1997.

BODINE, T. N.; PURVIS I. I.; ACKERMAN, C. J. et al. Effects of supplementing prairie hay with corn and soybean meal on intake, digestion, and ruminal measurements by beef steers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 78, n. 12, p. 3144-3154, 2000.

BODINE, T. N.; PURVIS II.; H. T.; LALMAN, D. L. Effects of supplemental type on animal performance, forage intake, digestion, and ruminal measurements of growing beef cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 79, n. 4, p. 1041 – 1051, 2001.

CAREY D. A. et al.. Influence of energy source on forage intake, digestibility, in situ forage degradation, and ruminal fermentation in beef steers fed medium-quality brome hay. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 71, n. 7, p. 2260-2269, 1993.

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

CHASE, C. C. Jr.; HIBBERT, C. A. Utilization of low-quality native grass hay by beef cows fed increasing quantities of corn grain. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 65, n. 2, p. 557-567, 1987.

DELCURTO, T.; COCHRAN, R. C.; HARMON, D. L., et al. Supplementation of dormant tallgrass-prairie forage: I. Influence of varying supplemental protein and(or) energy levels on forage utilization characteristics of beef steers in confinement. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 68, n. 2, p. 515 – 531, 1990.

DEWHURST, R. J.; DAVIES, D. R.; MERRY, R. J. Microbial protein supply from the rumen. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 85, p.1-21, 2000.

DIXON, R. M.; CHANCHAI, S. Colonization and source of N substrates used by microorganisms digesting forages incubated in synthetic fibre bags in the rumen. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 83, n. 3-4, p. 261-272, 2000.

DIXON, R. M.; STOCKDALE, R. Associative effects between forages and grains: consequences for feed utilization. **Australian Journal of Agricultural Research**, Collingwood, v. 50, n. 5, p. 757-773, 1999.

ELIZALDE, J. C.; CREMIN JR, J. D.; FAULKNER, D. B. et al. Performance and digestion by stters grazing tall fescue and supplemented with energy and protein. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 76, n. 6, p. 1691 – 1701. 1998.

ELIZALDE, J. C.; MERCHEN, N. R.; FAULKNER, D. B. Supplemental cracked corn for steers fed fresh alfalfa: I. Effects on digestion of organic matter, fiber, and starch. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 77, n. 2, p. 457 – 466. 1999.

EI-SHAZLI, K.; DEHORITY, B. A.; JONSON, R. R. Effect of starch on the digestion of cellulose in vitro and in vivo by rumen microorganisms. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 20, n. 2, p. 268-273, 1961.

ESSING, H. W.; HUNTINGTON, G. B.; EMERICK, R. J. Nutritional problems related to the gastro-intestinal tract. In: CHURCH, D. C. **The Ruminant animal: digestive physiology and nutrition**. New Jersey: Prentice Hall, 1988. P. 468-492.

FREITAS, T. S. de. **Avaliação de misturas de volumosos de baixa qualidade com concentrados pela técnica de produção cumulativa de gás *in vitro***. Porto Alegre, 2001, 132 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

GALLOWAY, D. L.; GOETSCH, A. L.; FORSTER JR. L. A. et al. Digestion, feed intake, and live weight gain by cattle consuming bermudagrass and supplemented with different grains. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 71, n. 4, p. 1288-1297, 1993.

GALLOWAY, D. L.; GOETSCH, A. L.; FORSTER JR., L. A. et al. Feed intake and digestion by Holstein steers fed warm or cool season grass hays with corn, dried molasses, or wheat middlings. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 74, p. 1038-1046, 1990.

GARCÉS-YÉPEZ, P.; KUNKLE, W. E.; BATES, D. B., et al. Effects of supplemental energy source and amount on forage intake and performance by steers and intake and diet digestibility by sheep. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 75, n. 7, p. 1918-1925, 1997.

GARCIA, S. C.; SANTINI, F. J.; ELIZALDE, J. C. Sites of digestion and bacterial protein synthesis in dairy heifers fed fresh oats with or without corn or barley grain. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 83, n. 4, p. 746-755, 2000.

GOETSCH, A. L., JOHNSON, Z. B.; GALLOWAY, D. L., et al. Relationships of body weight, forage composition, and corn supplementation to feed intake and digestion by Holstein steer calves consuming bermudagrass hay ad libitum. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 69, n. 6, p. 2634-2645, 1991.

HART, S. P. Associative effects of sorghum silage and sorghum grain diets. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 64, n. 6, p. 1179 – 1789, 1987.

HELDT, J. S.; COCHRAN, R. C.; STOKKA, G.L. et al. Effects of different supplemental sugars and starch fed in combination with degradable intake protein on low-quality forage use by beef steers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 77, n. 10, p. 2793-2802, 1999.

HUNTINGTON, G. B. e ARCHIBEQUE, S. L. Practical aspects of urea and ammonia metabolism in ruminants. In: 1999 ANNUAL MEETING OF AMERICAN SOCIETY OF ANIMAL SCIENCE, 1999. [S.I.], **Proceedings...** [S.I.:s.n.], 1999. p. 1 – 11.

KLOPFENSTEIN, T. Need for escape protein by grazing cattle. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 60, p. 191-199, 1996.

KÖSTER, H. H.; COCHRAN, R. C.; TITGEMEYER, E. C. Effect of increasing degradable intake protein on intake and digestion of low-quality, tallgrass-prairie

forage by beef cows. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 74, n. 10, p. 2473 – 2481, 1996.

KÖSTER, H. H.; COCHRAN, R. C.; TITGEMEYER, E. C. Effect of increasing proportion of supplemental nitrogen from urea on intake and utilization of low-quality, tallgrass-prairie forage by beef steers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 75, n. 5, p. 1393 – 1399, 1997.

KUNKLE, W. E.; JOHNS, T. J.; POORE, M. H., et al. Designing supplementation programs for beef cattle fed forage-based diets. In: 1999 ANNUAL MEETING OF AMERICAN SOCIETY OF ANIMAL SCIENCE, 1999. [S.l.], **Proceedings...** [S.l.:s.n.], 1999. p. 1 – 12.

MATEJOVSKY, K. M.; SANSON, D. W. Intake and digestion of low-,medium, and high-quality grass hay by lambs receiving increasing levels of corn supplementation. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 73, n. 9, p. 2156 – 2166, 1995.

MATHIS, C. P., COCHRAN, R. C.; HELDT, J. S., et al. Effects of supplemental degradable intake protein on utilization of medium – to low – quality forages. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 78, n. 2, p. 224-232, 2000.

MERCHEN, N. R. Digestion, absorption and excretion in ruminants. In: CHURCH, D. C. **The Ruminant animal: digestive physiology and nutrition**. New Jersey: Prentice Hall, 1988. p. 172-201.

MERCHEN, N. R. e BOURQUIN, L. D. Processes of digestion and factors influencing digestion of forage-based diets by ruminants. In FAHEY, G. C. Jr. **Forage quality, evaluation, and utilization**. Madison: [S. n.], 1994. p 564-612.

MERTENS, D. R. Regulation of forage intake. In Forage quality, evaluation, and utilization. In FAHEY, G. C. Jr. **Forage quality, evaluation, and utilization**. Madison: [S. n.], 1994. pg 450-493.

MOORE, J. E.; BRAND, W. E.; KUNKLE, W. E.; HOPKINS, D. I. Effects of supplementation on voluntary forage intake, diet digestibility, and animal performance. In: 1998 JOINT MEETING SYMPOSIUM ISSUE. [S.l.: s.n.], [1999]. p. 122-135. Publicação conjunta do Journal of Animal Science, v.77, suppl. 2 e Journal of Dairy Science, v. 82, suppl. 2.

MOULD, F. L.; ORSKOV, E. R. Manipulation of rumen fluid pH and its influence on cellulolysis in sacco, dry matter degradation and the rumen microflora of sheep

offered either hay or concentrate. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, V. 10, n. 1, p. 1-14, 1983.

MOULD, F. L.; ORSKOV, E. R.; MANN, S. O. Associative effects of mixed feeds. I. Effects of type and level of supplementation and the influence of the rumen pH on cellulolysis in vivo and dry matter digestion of various roughages. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, V. 10, n. 1, p. 15-30, 1983.

MULLIGAN, F. J.; CAFFREY, P. J.; RATH, M. et al. The effect of dietary protein content and hay intake level on the true and apparent digestibility of hay. **Livestock Production Science**, Amsterdam, V. 68, n. 1, p. 41-52, 2001.

NRC. **Nutrient requirements of beef cattle**. 7. ed., Washington, DC: National academy Press, 1996.

OLIVEIRA, J. P. de; ANDRADE, I. F. de; SANTOS, R. A. dos; et al. Estimativa das frações nitrogenadas do feno de coast cross, cama de frangos e casca de café, pelo sistema CNCPS. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34., 1997, Juiz de Fora. **Anais....** Juiz de Fora: SBZ, 1997.

OLSON K. C.; COCHRAN, R. C.; JONES, T. J.; et al. Effects of ruminal administration of supplemental degradable intake protein and starch on utilization of low-quality warm-season grass hay by beef steers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 77, n. 4, p. 1016-1025, 1999.

ORSKOV, E. R. Supplement strategies for ruminants and management of feeding to maximize utilization of roughages. **Preventive Veterinary Medicine**, Amsterdam, v. 38, p. 179-185, 1999.

ORSKOV, E. R.; McDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. **Journal of Agriculture Science**, Cambridge, v. 92, n. 2, p. 499-503, 1979.

OSPINA, H.; PRATES, E. R. Efeito de quatro níveis de oferta de feno sobre o consumo de nutrientes digestíveis por bezerros. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 27, n. 4, p. 809-814, 1998.

OWENS, F. N.; ZINN, R. Protein metabolism of ruminant animals. In: CHURCH, D. C. **The Ruminant animal: digestive physiology and nutrition**. New Jersey: Prentice Hall, 1988. p. 227-249.

PATERSON, J. A.; BELYEA, R. L.; BOWMAN, J. P.; et al. The impact of forage quality and supplementation regimen on ruminant animal intake and performance. In FAHEY, G. C. Jr. **Forage quality, evaluation, and utilization**. Madison: [s.n.], 1994. pg 59-114.

RAMOS, P. R. **Utilização do bagaço de mandioca como alimento energético para bovinos**. Porto Alegre, 1996, 106 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Zootecnia), Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1996.

REID, J. T. Problems of feed evaluation related to feeding dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 11, p. 2122-2133, 1961.

ROCHA, M. G. Suplementação a campo de bovinos de corte. In: LOBATO, J. F. P.; BARCELLOS, J. O. J.; KESSLER, A. M. **Produção de bovinos de corte**. Porto Alegre: Edipucrs, 1999. p. 77-96.

ROMNEY D. L.; GILL, M. Intake of forages. In: GIVENS, D. I.; OWEN, E.; AXFORD, R. F. E.; OMED, H. M. **Forage evaluation in ruminant nutrition**. London: CABI, 2000. p. 43-62.

ROYES, J. B.; BROWN, W. F.; MARTIN, F. G.; et al. Source and level of energy supplementation for yearling cattle fed ammoniated hay. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 79, n. 5, p. 1313 – 1321, 2001.

RUSSELL, J. B.; CHOW, J. M. Another theory for the action of ruminal buffer salts: decreased starch fermentation and propionate production. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 76, n. 3, p. 826 – 830, 1993.

RYMER, C. The measurement of forage digestibility in vivo. In: GIVENS, D. I.; OWEN, E.; AXFORD, R. F. E.; OMED, H. M. **Forage evaluation in ruminant nutrition**. London: CABI, 2000. p. 113-144.

SCARM. **Feeding Standars for Australian Livestock: Ruminants**. Sidney, Standing Comittee on Agricultural and Resource Management. Ruminants Subcommittee CSIRO, 1990. 266 p.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. New York: Cornell University Press, 1994. 476 p.

WESTON, R. H. Animal factors affecting feed intake. In: HACKER, J. B., **Nutritional limits to animal production from pastures**. Farnham Royal, Commonwealth Agricultural Bureaux, 1982. p. 183 – 198.

## 8. APÊNDICES

**Apêndice 1.** Composição mineral do premix e do sal mineralizado utilizados no experimento.

Composição/kg	Premix	Sal mineralizado
Cálcio (máximo)	240 g	120 g
Fósforo (mínimo)	174 g	88 g
Enxofre	-	12 g
Iodo	90 mg	75 mg
Manganês	2000 mg	1300 mg
Sódio	-	132 g
Selênio	15 mg	15 mg
Zinco	5270 mg	3630 mg
Cobalto	100 mg	55,5 mg
Cobre	125 mg	1530 mg
Ferro	1795 mg	1800 mg

**Apêndice 2.** Peso dos animais nos dias 1, 11 e 16 do experimento em cada período.

Período	Animal	Tratamento	Bloco	Dia 1	Dia 11	Dia 16
1	11	1	3	161	172	160
1	13	1	1	147	152	144
1	14	1	2	148	151	147
2	2	1	2	164	177	173
2	10	1	3	170	187	184
2	16	1	1	154	170	164
Média				157,3	168,2	162,0
Desvio padrão				9,2	14,2	15,2
1	5	2	2	155	167	162
1	12	2	3	170	192	189
1	16	2	1	143	157	152
2	7	2	2	162	173	174
2	9	2	3	180	189	190
2	11	2	1	156	170	170
Média				161,0	174,7	172,8
Desvio padrão				12,9	13,4	14,9
1	1	3	3	170	181	179
1	6	3	2	154	169	160
1	8	3	1	130	147	143
2	4	3	2	162	183	186
2	14	3	1	148	156	156
2	15	3	3	179	198	197
Média				157,2	172,3	170,2
Desvio padrão				17,3	18,8	20,4
1	2	4	1	144	157	153
1	4	4	2	156	170	163
1	15	4	3	166	179	173
2	1	4	3	169	198	190
2	6	4	2	162	182	177
2	8	4	1	143	161	162
Média				156,7	174,5	169,7
Desvio padrão				11,1	15,1	13,1
1	7	5	1	146	162	160
1	9	5	3	165	172,5	184
1	10	5	2	160	178,5	167
2	5	5	2	164	183	178
2	12	5	3	190	209	210
2	13	5	1	138	153	150
Média				160,5	176,3	174,8
Desvio padrão				18,0	19,4	21,1

**Apêndice 3.** Peso corporal (PC), oferta de MS (OFMS), MO, sobras (SO) de MS, MO, consumo de MS e MO (CMS, CMO) do concentrado e do volumoso, em kg, durante o período de consumo e coleta fecal.

Animal	Per	Trat	Bloco	PC	OFMS	SOMS	CMS	CMS	CMS	CMO	CMO	CMO
					Feno	de feno	Feno	Conc.	Total	Feno	Conc.	Total
11	1	1	3	166	22,1	6,62	15,48	0	15,48	14,36	0	14,36
13	1	1	1	148	22,38	4,55	17,84	0	17,84	16,47	0	16,47
14	1	1	2	149	18,03	2,68	15,35	0	15,35	14,21	0	14,21
2	2	1	2	175	26,44	4,8	21,63	0	21,63	20,42	0	20,42
10	2	1	3	185,5	27,39	7,44	19,96	0	19,96	18,83	0	18,83
16	2	1	1	167	24,22	5,88	18,34	0	18,34	17,31	0	17,31
Média				165,1	23,4	5,3	18,1	0,0	18,1	16,9	0,0	16,9
Desvio padrão				14,63	3,39	1,69	2,47	0,00	2,47	2,46	0,00	2,46
5	1	2	2	164,5	17,25	4,91	12,34	8,45	20,79	11,42	8,28	19,7
12	1	2	3	190,5	21,59	5,93	15,65	9,72	25,37	14,5	9,52	24,02
16	1	2	1	154,5	16,86	5,45	11,42	7,95	19,36	10,52	7,78	18,31
7	2	2	2	173,5	19,6	4,64	14,96	8,7	23,66	14,07	8,58	22,64
9	2	2	3	189,5	26,46	9,94	16,53	9,51	26,03	15,66	9,37	25,03
11	2	2	1	170	19,97	6,53	13,44	8,55	21,99	12,73	8,43	21,15
Média				173,8	20,3	6,2	14,1	8,8	22,9	13,2	8,7	21,8
Desvio padrão				14,13	3,50	1,94	1,99	0,67	2,62	1,95	0,67	2,57
1	1	3	3	180	17,94	4,9	13,05	9,26	22,3	12	9,12	21,12
6	1	3	2	164,5	18,87	5,99	12,89	8,64	21,53	11,92	8,51	20,44
8	1	3	1	145	20,25	6,35	13,9	7,52	21,42	12,85	7,4	20,25
4	2	3	2	184,5	20,24	5,7	14,54	9,31	23,85	13,74	9,08	22,82
14	2	3	1	156	18,67	6,63	12,04	7,94	19,98	11,39	7,74	19,13
15	2	3	3	197,5	27,63	7,64	19,99	10,07	30,07	18,93	9,82	28,75
Média				171,3	20,6	6,2	14,4	8,8	23,2	13,5	8,6	22,1
Desvio padrão				19,54	3,56	0,92	2,87	0,95	3,60	2,80	0,91	3,48
2	1	4	1	155	19,12	5,57	13,55	8,09	21,64	12,55	7,97	20,52
4	1	4	2	166,5	16,07	5,31	10,76	8,76	19,52	9,97	8,63	18,6
15	1	4	3	176	25,68	10,21	15,47	9,23	24,7	14,31	9,09	23,4
1	2	4	3	194	18,86	6,4	12,46	10,21	22,67	11,81	10	21,81
6	2	4	2	179,5	20,64	5,66	14,98	9,38	24,36	14,18	9,19	23,37
8	2	4	1	161,5	18,93	4,65	14,29	8,3	22,59	13,5	8,13	21,63
Média				172,1	19,9	6,3	13,6	9,0	22,6	12,7	8,8	21,6
Desvio padrão				14,04	3,20	2,00	1,75	0,78	1,89	1,65	0,75	1,82
7	1	5	1	161	17,93	4,53	13,4	8,5	21,9	12,39	8,34	20,73
9	1	5	3	178,2	20,32	5,13	15,19	9,05	24,24	14,05	8,88	22,93
10	1	5	2	172,8	19,64	3,94	15,7	9,37	25,07	14,54	9,19	23,73
5	2	5	2	180,5	19,87	5,87	13,99	9,55	23,54	13,27	9,34	22,6
12	2	5	3	209,5	27,63	8,88	18,75	10,9	29,66	17,75	10,66	28,42
13	2	5	1	151,5	16,09	3,63	12,47	7,98	20,45	11,76	7,81	19,57
Média				175,6	20,2	5,3	14,9	9,2	24,1	14,0	9,0	23,0
Desvio padrão				19,91	3,94	1,92	2,21	1,00	3,17	2,12	0,98	3,07

**Apêndice 4** Digestibilidade da MS (DMS), da MO (DMO), da FDN (DFDN), da FDA (DFDA), verdadeira da MO (DVMO), da celulose (DCEL), da hemicelulose (DHCEL), relação DMO:DVMO e DMO estimada do feno para cada animal nos dois períodos.

An.	Per	Trat	Bloco	DMS	DMO	DFDN	DFDA	DVMO	DCEL	DHCEL	DMO/DVMO	DMOESF
11	1	1	3	59	58,72	65,88	58,32	70,23	67,2	73,6	83,6	58,72
13	1	1	1	61,14	60,71	67,88	59,27	72,12	69,66	76,52	84,18	60,71
14	1	1	2	62,86	62,76	68,52	60,71	72,67	70,2	76,54	86,36	62,76
2	2	1	2	59,05	61,08	69,02	58,84	73,26	67,46	79,18	83,37	61,08
10	2	1	3	60,68	62,73	68,95	59,35	73,53	69,97	77,95	85,31	62,73
16	2	1	1	59,2	61,01	67,48	56,15	71,88	64,81	78,11	84,87	61,01
Média				60,32	61,17	67,96	58,77	72,28	68,22	76,98	84,62	61,17
Desvio padrão				1,54	1,50	1,18	1,51	1,19	2,11	1,94	1,13	1,50
5	1	2	2	66,1	68,13	62,69	56,58	78,44	63,65	68,22	86,86	59,53
12	1	2	3	63,84	65,41	59,08	55,33	76	62,48	62,64	86,07	55,83
16	1	2	1	57,19	57,97	53,06	48,78	73,24	56,72	56,9	79,15	41,66
7	2	2	2	65,23	66,25	65,57	59,78	79,54	66,01	70,74	83,3	57,87
9	2	2	3	60,04	61,8	61,66	53,33	77,63	60,65	68,87	79,61	50,91
11	2	2	1	60,09	61,75	62,23	53,98	78,35	60,93	69,54	78,8	49,66
Média				62,08	63,55	60,72	54,63	77,20	61,74	66,15	82,30	52,58
Desvio padrão				3,50	3,72	4,29	3,66	2,26	3,15	5,33	3,62	6,59
1	1	3	3	65,49	65,65	62,39	57,71	79,23	65,95	66,94	82,86	54,56
6	1	3	2	66,53	67,18	62,37	59,68	78,74	67	64,86	85,31	57,85
8	1	3	1	68,08	68,7	68,9	64,35	80,93	69,22	73,11	84,88	62,04
4	2	3	2	65,78	66,88	64,83	58,86	79,69	66,74	70,26	83,93	58,05
14	2	3	1	63,82	65,19	63,41	55,73	79,48	63,59	70,48	82,02	54,95
15	2	3	3	67,42	68,56	65,56	57,51	79,03	65,61	73,2	86,76	62,49
Média				66,19	67,03	64,58	58,97	79,52	66,35	69,81	84,29	58,32
Desvio padrão				1,51	1,45	2,48	2,96	0,77	1,85	3,34	1,72	3,38
2	1	4	1	66,76	67,5	65,71	60,85	79,62	68,09	70,28	84,78	59,24
4	1	4	2	68,3	69,99	66,18	58,22	81,72	66,35	73,48	85,64	60,88
15	1	4	3	64,81	65,53	63,62	59,79	78,17	67,87	67,09	83,83	56,03
1	2	4	3	69,1	69,91	68,32	59,33	82,92	66,82	76,13	84,31	60,95
6	2	4	2	64,6	66,41	65,89	59	80,15	66,24	72,28	82,86	57,27
8	2	4	1	59,9	62,29	64,18	53,7	78,32	60,75	73,41	79,54	51,33
Média				65,58	66,94	65,65	58,48	80,15	66,02	72,11	83,49	57,62
Desvio padrão				3,32	2,91	1,66	2,50	1,88	2,69	3,11	2,15	3,65
7	1	5	1	70,15	71,92	66,89	60,84	80,64	69,22	72,35	89,19	65,98
9	1	5	3	66,33	67,03	65,89	61,71	79,6	69,27	69,82	84,22	58,37
10	1	5	2	67,47	68,15	64,8	59,63	79,11	67,07	69,63	86,15	60,2
5	2	5	2	69,52	70,79	66,7	56,68	81,09	65,59	75,45	87,3	63,78
12	2	5	3	68,15	69,49	66,58	56,96	80,24	65,04	75,1	86,6	62,72
13	2	5	1	69,18	70,99	66,65	56,84	80,61	65,47	75,3	88,07	64,51
Média				68,47	69,73	66,25	58,78	80,22	66,94	72,94	86,92	62,59
Desvio padrão				1,42	1,86	0,79	2,24	0,74	1,91	2,74	1,71	2,83

**Apêndice 5** Consumo de matéria orgânica (CMOPC), de feno (CMOFPC) de MO digestível (CMODPC), de FDN (CFDNPC) e adição de MOD (Adição MOD) em % do peso corporal.

An.	Per	Trat	Bloco	CMOPC	CMOFPC	CMODPC	CFDNPC	Substituição	Adição MOD
11	1	1	3	1,73	1,73	1,02	1,51		
13	1	1	1	2,23	2,23	1,35	1,93		
14	1	1	2	1,91	1,91	1,2	1,66		
2	2	1	2	2,33	2,33	1,43	2,01		
10	2	1	3	2,03	2,03	1,27	1,73		
16	2	1	1	2,07	2,07	1,26	1,79		
Média				2,05	2,05	1,26	1,77		
Desvio padrão				0,22	0,22	0,14	0,18		
5	1	2	2	2,4	1,39	1,63	1,38	0,56	0,44
12	1	2	3	2,52	1,52	1,65	1,48	0,43	0,46
16	1	2	1	2,37	1,36	1,37	1,35	0,58	0,18
7	2	2	2	2,61	1,62	1,73	1,55	0,53	0,55
9	2	2	3	2,64	1,65	1,63	1,54	0,50	0,45
11	2	2	1	2,49	1,5	1,54	1,43	0,66	0,35
Média				2,51	1,51	1,59	1,46	0,54	0,41
Desvio padrão				0,11	0,12	0,12	0,08	0,08	0,13
1	1	3	3	2,35	1,33	1,54	1,3	0,61	0,35
6	1	3	2	2,48	1,45	1,67	1,4	0,48	0,46
8	1	3	1	2,79	1,77	1,92	1,71	0,17	0,71
4	2	3	2	2,47	1,49	1,65	1,43	0,67	0,47
14	2	3	1	2,45	1,46	1,6	1,38	0,69	0,41
15	2	3	3	2,91	1,92	2	1,77	0,23	0,81
Média				2,58	1,57	1,73	1,50	0,48	0,54
Desvio padrão				0,22	0,22	0,19	0,19	0,22	0,18
2	1	4	1	2,65	1,62	1,79	1,57	0,32	0,58
4	1	4	2	2,23	1,2	1,56	1,21	0,73	0,36
15	1	4	3	2,66	1,63	1,74	1,6	0,31	0,53
1	2	4	3	2,25	1,22	1,57	1,21	0,90	0,37
6	2	4	2	2,6	1,58	1,73	1,52	0,56	0,53
8	2	4	1	2,68	1,67	1,67	1,62	0,48	0,48
Média				2,51	1,49	1,68	1,46	0,55	0,47
Desvio Padrão				0,21	0,22	0,09	0,19	0,23	0,09
7	1	5	1	2,58	1,54	1,85	1,51	0,40	0,64
9	1	5	3	2,57	1,58	1,72	1,54	0,37	0,54
10	1	5	2	2,75	1,68	1,87	1,63	0,25	0,64
5	2	5	2	2,5	1,47	1,77	1,42	0,66	0,56
12	2	5	3	2,71	1,69	1,88	1,6	0,45	0,68
13	2	5	1	2,58	1,55	1,83	1,5	0,58	0,62
Média				2,62	1,59	1,82	1,53	0,45	0,61
Desvio padrão				0,09	0,09	0,06	0,08	0,15	0,05

**Apêndice 6.** Consumo de uréia (C uréia) em gramas, consumo de PDR da uréia (CPDR uréia), CPDR do volumoso (CPDRVOL), CPDR do concentrado (CPDR conc), CPDR total (CPDR Total) e CPDR em % PC (CPDRPC).

An.	Per	Trat	Bloco	C uréia (g)	CPDR Uréia (g/d)	CPDRVOL (g/dia)	CPDR conc	CPDR Total	CPDRPC
11	1	1	3			135,58	0	135,58	0,08
13	1	1	1			156,24	0	156,24	0,11
14	1	1	2			134,47	0	134,47	0,09
2	2	1	2			189,52	0	189,52	0,11
10	2	1	3			174,83	0	174,83	0,09
16	2	1	1			160,65	0	160,65	0,10
Média						158,55	0,00	158,55	0,10
Desvio padrão						21,64	0,00	21,64	0,01
5	1	2	2			108,1	99	206,83	0,13
12	1	2	3			137,12	114	250,63	0,13
16	1	2	1			100,01	93	192,83	0,12
7	2	2	2			131,04	102	232,67	0,13
9	2	2	3			144,77	111	255,80	0,13
11	2	2	1			117,72	100	217,58	0,13
Média						123,13	102,93	226,05	0,13
Desvio padrão						17,41	7,85	24,81	0,00
1	1	3	3	22,44	63,12	114,28	107	284,23	0,16
6	1	3	2	20,96	58,94	112,89	100	271,56	0,17
8	1	3	1	18,23	51,27	121,77	87	259,80	0,18
4	2	3	2	22,69	63,82	127,36	107	298,60	0,16
14	2	3	1	19,34	54,41	105,46	92	251,44	0,16
15	2	3	3	24,55	69,05	175,14	116	360,41	0,18
Média				21,37	60,10	126,15	101,42	287,67	0,17
Desvio padrão				2,33	6,55	25,16	10,95	39,43	0,01
2	1	4	1	39,88	112,16	118,67	92	323,01	0,21
4	1	4	2	43,18	121,44	94,23	100	315,49	0,19
15	1	4	3	45,47	127,87	135,52	105	368,49	0,21
1	2	4	3	50,29	141,45	109,18	116	366,92	0,19
6	2	4	2	46,23	130,02	131,23	107	368,14	0,21
8	2	4	1	40,89	115,01	125,15	95	334,72	0,21
Média				44,32	124,66	119,00	102,47	346,13	0,20
Desvio padrão				3,83	10,78	15,30	8,86	24,58	0,01
7	1	5	1	62,37	175,42	117,36	96	388,45	0,24
9	1	5	3	66,41	186,79	133,05	102	421,71	0,24
10	1	5	2	68,72	193,28	137,54	105	436,24	0,25
5	2	5	2	70,46	198,15	122,57	107	428,11	0,24
12	2	5	3	80,47	226,31	164,29	123	513,24	0,24
13	2	5	1	58,91	165,67	109,22	90	364,67	0,24
Média				67,89	190,94	130,67	103,80	425,40	0,24
Desvio padrão				7,47	21,00	19,42	11,29	50,81	0,01

**Apêndice 7** Excreção de MO (EMO kg), de FDN (EFDN), de FDA (EFDA), de celulose (ECEL), de hemicelulose (EHCEL), fecal metabólica (EFM % PC) e EFM como % do CMO (EFM % CMO).

An.	Per	Trat	Bloco	EMO (kg)	EFDN (kg)	EFDA (kg)	ECEL (kg)	EHCEL (kg)	EFM (% PC)	EFM % CMO
11	1	1	3	5,93	4,28	2,64	1,83	1,64	0,2	11,52
13	1	1	1	6,47	4,59	2,92	1,92	1,67	0,25	11,41
14	1	1	2	5,29	3,88	2,45	1,65	1,43	0,19	9,91
2	2	1	2	7,95	5,46	3,62	2,51	1,84	0,28	12,19
10	2	1	3	7,02	4,98	3,16	2,04	1,83	0,22	10,8
16	2	1	1	6,75	4,87	3,18	2,23	1,69	0,23	10,88
Média				6,57	4,68	3,00	2,03	1,68	0,23	11,12
Desvio padrão				0,92	0,56	0,42	0,31	0,15	0,03	0,78
5	1	2	2	6,28	4,25	2,35	1,73	1,9	0,25	10,31
12	1	2	3	8,31	5,77	3,07	2,27	2,7	0,27	10,59
16	1	2	1	7,69	4,9	2,53	1,9	2,37	0,36	15,27
7	2	2	2	7,64	4,63	2,56	1,89	2,08	0,35	13,29
9	2	2	3	9,56	5,6	3,16	2,33	2,44	0,42	15,83
11	2	2	1	8,09	4,58	2,62	1,95	1,96	0,41	16,61
Média				7,93	4,96	2,72	2,01	2,24	0,34	13,65
Desvio padrão				1,07	0,60	0,32	0,24	0,31	0,07	2,71
1	1	3	3	7,26	4,39	2,43	1,72	1,96	0,32	13,58
6	1	3	2	6,71	4,34	2,24	1,62	2,11	0,29	11,57
8	1	3	1	6,34	3,86	2,13	1,62	1,74	0,34	12,23
4	2	3	2	7,56	4,64	2,58	1,83	2,05	0,32	12,81
14	2	3	1	6,66	3,93	2,28	1,63	1,65	0,35	14,29
15	2	3	3	9,04	6,03	3,62	2,56	2,41	0,3	10,46
Média				7,26	4,53	2,55	1,83	1,99	0,32	12,49
Desvio padrão				0,98	0,79	0,55	0,37	0,27	0,02	1,38
2	1	4	1	6,67	4,18	2,31	1,66	1,87	0,32	12,12
4	1	4	2	5,58	3,4	2,01	1,43	1,39	0,26	11,73
15	1	4	3	8,06	5,11	2,68	1,89	2,42	0,34	12,64
1	2	4	3	6,56	3,73	2,22	1,59	1,5	0,29	13,01
6	2	4	2	7,85	4,64	2,68	1,92	1,96	0,36	13,74
8	2	4	1	8,16	4,69	2,84	2,12	1,85	0,43	16,02
Média				7,15	4,29	2,46	1,77	1,83	0,33	13,21
Desvio padrão				1,04	0,64	0,32	0,25	0,37	0,06	1,54
7	1	5	1	5,82	4,01	2,25	1,56	1,76	0,22	8,72
9	1	5	3	7,56	4,68	2,54	1,8	2,13	0,32	12,56
10	1	5	2	7,56	4,96	2,75	1,98	2,21	0,3	10,96
5	2	5	2	6,6	4,27	2,59	1,8	1,68	0,26	10,3
12	2	5	3	8,67	5,61	3,4	2,4	2,22	0,29	10,75
13	2	5	1	5,68	3,79	2,3	1,61	1,49	0,25	9,61
Média				6,98	4,55	2,64	1,86	1,92	0,27	10,48
Desvio padrão				1,16	0,67	0,42	0,31	0,31	0,04	1,31

**Apêndice 8** Tabela de análise de variância para % DMO.

Causas da variação	GL	SQ	QM	F	P
Tratamento (A)	4	268,025	67,006	10,48	0,0013
Bloco (B)	2	19,786	9,893	1,55	0,2599
Período (C)	1	0,002	0,002	0	0,9876
A*B	8	58,852	7,35677	1,15	0,4096
A*C	4	7,913	1,97826	0,31	0,8653
Resíduo	10	63,964	6,39636		
Total	29	418,54			

**Apêndice 9** Tabela de análise de variância para % DMO estimada do feno.

Causas da variação	GL	SQ	QM	F	P
Tratamento (A)	4	358,578	89,6444	5,52	0,0131
Bloco (B)	2	39,9387	19,9694	1,23	0,3334
Período (C)	1	0,81675	0,81675	0,05	0,8271
A*B	8	173,958	21,7447	1,34	0,3268
A*C	4	15,0677	3,76692	0,23	0,9142
Resíduo	10	162,543	16,2543		
Total	29	750,901			

**Apêndice 10** Tabela de análise de variância para % DFDN.

Causas da variação	GL	SQ	QM	F	P
Tratamento (A)	4	175,543	43,8858	8,4	0,0031
Bloco (B)	2	6,02179	3,01089	0,58	0,5795
Período (C)	1	17,895	17,895	3,43	0,0939
A*B	8	48,604	6,0755	1,16	0,4033
A*C	4	21,7588	5,43969	1,04	0,4331
Resíduo	10	52,2332	5,22332		
Total	29	322,056			

**Apêndice 11** Tabela de análise de variância para % DFDN estimada do feno.

Causas da variação	GL	SQ	QM	F	P
Tratamento (A)	4	154,382	38,5954	5,74	0,0116
Bloco (B)	2	9,30573	4,65286	0,69	0,5233
Período (C)	1	20,7834	20,7834	3,09	0,1094
A*B	8	58,9543	7,36929	1,1	0,4376
A*C	4	25,6173	6,40432	0,95	0,4741
Resíduo	10	67,2956	6,72956		
Total	29	336,338			

**Apêndice 12** Tabela de análise de variância para % DCEL

Causas da variação	GL	SQ	QM	F	P
Tratamento (A)	4	143,814	35,9536	6,9	0,0062
Bloco (B)	2	16,7362	8,36808	1,6	0,2486
Período (C)	1	19,6344	19,6344	3,77	0,081
A*B	8	33,5105	4,18882	0,8	0,6143
A*C	4	21,408	5,352	1,03	0,4396
Resíduo	10	52,1384	5,21384		
Total	29	287,242			

**Apêndice 13** Tabela de análise de variância para % DHCEL.

Causas da variação	GL	SQ	QM	F	P
Tratamento (A)	4	383,619	95,9048	11,85	0,0008
Bloco (B)	2	4,32451	2,16225	0,27	0,7709
Período (C)	1	136,619	136,619	16,88	0,0021
A*B	8	62,3265	7,79081	0,96	0,512
A*C	4	18,4535	4,61336	0,57	0,6906
Resíduo	10	80,9426	8,09426		
Total	29	686,285			

**Apêndice 14** Tabela de análise de variância para % DVMO.

Causas da variação	GL	SQ	QM	F	P
Tratamento (A)	4	270,524	67,6309	28,86	0,0000
Bloco (B)	2	4,94165	2,47082	1,05	0,3841
Período (C)	1	7,76225	7,76225	3,31	0,0988
A*B	8	13,4209	1,67762	0,72	0,6755
A*C	4	6,49118	1,6228	0,69	0,6138
Resíduo	10	23,4306	2,34306		
Total	29	326,57			

**Apêndice 15** Tabela de análise de variância para DMO:DVMO (%).

Causas da variação	GL	SQ	QM	F	P
Tratamento (A)	4	69,761	17,4402	4,42	0,0258
Bloco (B)	2	12,1688	6,0844	1,54	0,2609
Período (C)	1	8,99816	8,99816	2,28	0,162
A*B	8	44,1947	5,52434	1,4	0,3034
A*C	4	19,4452	4,8613	1,23	0,3576
Resíduo	10	39,4665	3,94665		
Total	29	194,034			

**Apêndice 16** Tabela de análise de variância para EFM (% PC).

Causas da variação	GL	SQ	QM	F	P
Tratamento (A)	4	0,05419	0,01355	8,9	0,0025
Bloco (B)	2	0,00521	0,0026	1,71	0,2297
Período (C)	1	0,00913	0,00913	6	0,0343
A*B	8	0,01671	0,00209	1,37	0,3136
A*C	4	0,0122	0,00305	2	0,17
Resíduo	10	0,01522	0,00152		
Total	29	0,113			

**Apêndice 17** Tabela de análise de variância para EFM:CMO (%).

Causas da variação	GL	SQ	QM	F	P
Tratamento (A)	4	43,7802	10,945	5,65	0,0121
Bloco (B)	2	5,28908	2,64454	1,37	0,299
Período (C)	1	8,15578	8,15578	4,21	0,0673
A*B	8	22,8337	2,85421	1,47	0,2776
A*C	4	14,286	3,5715	1,84	0,1971
Resíduo	10	19,3651	1,93651		
Total	29	113,71			

**Apêndice 18** Tabela de análise de variância para CMO Total (% PC).

Causas da variação	GL	SQ	QM	F	P
Tratamento (A)	4	1,25801	0,3145	6,34	0,0083
Bloco (B)	2	0,02169	0,01084	0,22	0,8073
Período (C)	1	0,04033	0,04033	0,81	0,3882
A*B	8	0,19455	0,02432	0,49	0,8375
A*C	4	0,05507	0,01377	0,28	0,8858
Resíduo	10	0,4957	0,04957		
Total	29	2,065			

**Apêndice 19** Tabela de análise de variância para CMO de Feno (% PC).

Causas da variação	GL	SQ	QM	F	P
Tratamento (A)	4	1,30388	0,32597	6,7	0,0069
Bloco (B)	2	0,02253	0,01126	0,23	0,7976
Período (C)	1	0,0572	0,0572	1,18	0,3038
A*B	8	0,20404	0,02551	0,52	0,8143
A*C	4	0,05521	0,0138	0,28	0,8821
Resíduo	10	0,48683	0,04868		
Total	29	2,130			

**Apêndice 20** Tabela de análise de variância para consumo de FDN (% PC).

Causas da variação	GL	SQ	QM	F	P
Tratamento (A)	4	0,41919	0,1048	2,81	0,0845
Bloco (B)	2	0,02005	0,01002	0,27	0,7698
Período (C)	1	0,01728	0,01728	0,46	0,5117
A*B	8	0,15005	0,01876	0,5	0,8292
A*C	4	0,03879	0,0097	0,26	0,8971
Resíduo	10	0,37323	0,03732		
Total	29	1,019			

**Apêndice 21** Tabela de análise de variância para CMOD (% PC).

Causas da variação	GL	SQ	QM	F	P
Tratamento (A)	4	1,13518	0,28379	11,27	0,001
Bloco (B)	2	0,00259	0,00129	0,05	0,9502
Período (C)	1	0,01541	0,01541	0,61	0,4522
A*B	8	0,11648	0,01456	0,58	0,7755
A*C	4	0,02542	0,00635	0,25	0,9017
Resíduo	10	0,25187	0,02519		
Total	29	1,547			

**Apêndice 22** Tabela de análise de variância para CPDR (% PC).

Causas da variação	GL	SQ	QM	F	P
Tratamento (A)	4	0,08002	0,02	176,51	< 0,0001
Bloco (B)	2	0,0001267	0,00006333	0,56	0,5888
Período (C)	1	0,000003333	0,000003333	0,03	0,8673
A*B	8	0,00054	0,0000675	0,6	0,7628
A*C	4	0,0001133	0,00002833	0,25	0,9032
Resíduo	10	0,00113	0,0001133		
Total	29	0,06752			

**Apêndice 23** Tabela de análise de variância para a relação CPDR:CMOD (%).

Causas da variação	GL	SQ	QM	F	P
Tratamento (A)	4	141,24	35,3099	202,22	< 0,0001
Bloco (B)	2	0,09674	0,04837	0,28	0,7637
Período (C)	1	0,12033	0,12033	0,69	0,4258
A*B	8	1,07933	0,13492	0,77	0,6355
A*C	4	0,18103	0,04526	0,26	0,8975
Resíduo	10	1,74613	0,17461		
Total	29	144,463			

**Apêndice 24** Tabela de análise de regressão para DMO (%) nos tratamentos suplementados.

Causas da variação	GL	SQ	QM	F	P
Linear	1	101,529	101,529	14,01	< 0,005
Quadrática	1	0,801	0,801	0,11	NS
Resíduo	21	152,16	7,246		
Total	23	254,49			

**Apêndice 25** Tabela de análise de regressão para DMO estimada do feno (%) nos tratamentos suplementados.

Causas da variação	GL	SQ	QM	F	P
Linear	1	257,068	257,07	12,66	< 0,005
Quadrática	1	1,027	1,027	0,05	NS
Resíduo	21	426,407	20,31		
Total	23	684,502			

**Apêndice 26** Tabela de análise de regressão para DFDN (%) nos tratamentos suplementados.

Causas da variação	GL	SQ	QM	F	P
Linear	1	92,76	92,76	13,77	< 0,005
Quadrática	1	16,69	16,69	2,48	
Resíduo	21	141,44	6,74		
Total	23	250,89			

**Apêndice 27** Tabela de análise de regressão para DFDN estimada do feno (%) nos tratamentos suplementados.

Causas da variação	GL	SQ	QM	F	P
Linear	1	126,644	126,64	15,158	< 0,005
Quadrática	1	24,116	24,12	2,886	NS
Resíduo	21	175,451	8,35		
Total	23	325,527			

**Apêndice 28** Tabela de análise de regressão para DCEL (%) nos tratamentos suplementados.

Causas da variação	GL	SQ	QM	F	P
Linear	1	68,8796	68,880	10,84	< 0,005
Quadrática	1	20,7411	20,741	3,26	> 0,05
Resíduo	21	133,464	6,355		
Total	23	223,085			

**Apêndice 29** Tabela de análise de regressão para DHCEL (%) nos tratamentos suplementados.

Causas da variação	GL	SQ	QM	F	P
Linear	1	153,16	153,160	11,33	< 0,005
Quadrática	1	13,051	13,051	0,97	NS
Resíduo	21	283,781	13,513		
Total	23	449,992			

**Apêndice 30** Tabela de análise de regressão para DVMO (%) nos tratamentos suplementados.

Causas da variação	GL	SQ	QM	F	P
Linear	1	27,7165	27,7165	11,77	< 0,005
Quadrática	1	7,8952	7,8952	3,35	> 0,05
Resíduo	21	49,4508	2,3548		
Total	23	85,0625			

**Apêndice 31** Tabela de análise de regressão para a relação DMO:DVMO (%) nos tratamentos suplementados.

Causas da variação	GL	SQ	QM	F	P
Linear	1	51,331	51,331	8,12	< 0,01
Quadrática	1	3,0276	3,028	0,48	NS
Resíduo	21	132,68	6,318		
Total	23	187,038			

**Apêndice 32** Tabela de análise de regressão para a EFM (% PC) nos tratamentos suplementados.

Causas da variação	GL	SQ	QM	F	P
Linear	1	0,01096	0,01096	4,14	< 0,10
Quadrática	1	0,00195	0,00195	0,74	NS
Resíduo	21	0,0556	0,00265		
Total	23	0,0685			

**Apêndice 33** Tabela de análise de regressão para a EFM:CMO (%) nos tratamentos suplementados.

Causas da variação	GL	SQ	QM	F	P
Linear	1	23,149	23,149	6,47	< 0,025
Quadrática	1	3,6957	3,696	1,03	NS
Resíduo	21	75,1725	3,580		
Total	23	102,017			

**Apêndice 34** Tabela de análise de regressão para a CMO Total (% PC) nos tratamentos suplementados.

Causas da variação	GL	SQ	QM	F	P
Linear	1	0,0213	0,021	0,744	NS
Quadrática	1	0,0018	0,002	0,062	NS
Resíduo	21	0,6007	0,029		
Total	23	0,6237			

**Apêndice 35** Tabela de análise de regressão para a CMO de feno (% PC) nos tratamentos suplementados.

Causas da variação	GL	SQ	QM	F	P
Linear	1	0,00687	0,00687	0,23	NS
Quadrática	1	0,00204	0,00204	0,069	NS
Resíduo	21	0,62438	0,02973		
Total	23	0,6333			

**Apêndice 36** Tabela de análise de regressão para a CFDN (% PC) nos tratamentos suplementados.

Causas da variação	GL	SQ	QM	F	P
Linear	1	0,01104	0,0110	0,518	NS
Quadrática	1	0,00191	0,0019	0,090	NS
Resíduo	21	0,44745	0,0213		
Total	23	0,4604			

**Apêndice 37** Tabela de análise de regressão para a CMOD (% PC) nos tratamentos suplementados.

Causas da variação	GL	SQ	QM	F	P
Linear	1	0,11916	0,11916	6,96	< 0,025
Quadrática	1	0,00004	0,00004	0,002	NS
Resíduo	21	0,3594	0,01711		
Total	23	0,4786			

**Apêndice 38** Tabela de análise de regressão para a CPDR (% PC) nos tratamentos suplementados.

Causas da variação	GL	SQ	QM	F	P
Linear	1	0,04033	0,04033	474,47	< 0,005
Quadrática	1	0,00001	0,00001	0,118	NS
Resíduo	21	0,0018	0,000085		
Total	23	0,04213			

**Apêndice 39** Tabela de análise de regressão para a relação CPDR:CMOD (%) nos tratamentos suplementados.

Causas da variação	GL	SQ	QM	F	P
Linear	1	96,677	96,677	752,97	< 0,005
Quadrática	1	0,233	0,233	1,8178	NS
Resíduo	21	2,696	0,128		
Total	23	99,607			

**Apêndice 40** Tabela de análise de regressão para a substituição (kg de feno/kg de concentrado) nos tratamentos suplementados.

Causas da variação	GL	SQ	QM	F	P
Linear	1	0,01195	0,01195	0,36	NS
Quadrática	1	0,00149	0,00149	0,04	NS
Resíduo	21	0,69596	0,03314		
Total	23	0,7094			

**Apêndice 41** Tabela de análise de regressão para a adição (kg de MOD/kg de concentrado) nos tratamentos suplementados.

Causas da variação	GL	SQ	QM	F	P
Linear	1	0,14472	0,145	6,2867	< 0,025
Quadrática	1	0,00044	0,00044	0,0191	NS
Resíduo	21	0,48342	0,0230		
Total	23	0,62858			

**Apêndice 42.** Tabela de análise de regressão do CPDR com o CMOD, usando os dados dos tratamentos suplementados com milho.

Causas da Variação	GL	SQ	QM	F	P
Linear	1	0,10863	0,10863	7,160844	< 0,025
Quadrática	1	0,00334	0,00334	0,220171	NS
Resíduo	21	0,31861	0,01517		
Total	23	0,43058			

**Apêndice 43.** Tabela de análise de regressão do CPDR com o CMOD, usando todos os dados.

Causas da Variação	GL	SQ	QM	F	P
Linear	1	1,00106	1,00106	73,23043	< 0,005
Quadrática	1	0,17682	0,17682	12,93489	< 0,005
Resíduo	27	0,36907	0,01367		
Total	29	1,54695			

## **9. VITA**

André Luís Finkler da Silveira, filho de Joaquim Pereira da Silveira e Irani Finkler, nascido em 21 de março de 1976, em Caxias do Sul – RS.

Estudou na Escola Estadual de 1º e 2º Graus Abramo Pezzi, onde completou o primeiro grau em 1990 e na Escola Cenecista de 1º e 2º Graus Santo Antônio, onde concluiu o segundo grau em 1993. Em 1994 ingressou no curso de Medicina Veterinária da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), onde, em 1995, começou a trabalhar como Bolsista de Iniciação Científica no Departamento de Zootecnia sob orientação do professor Ênio Rosa Prates, até o início de 1999. Formou-se Médico Veterinário em Agosto de 1999. Em 2000 iniciou o curso de Mestrado em Zootecnia na UFRGS, sob orientação do Prof. Harold Ospina Patiño.