

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**EFEITOS DA SUBSTITUIÇÃO DO FARELO DE SOJA
POR UREIA ENCAPSULADA PARA BOVINOS DE
CORTE EM CONFINAMENTO**

THIAGO ALVES PRADO

Belo Horizonte
2012

THIAGO ALVES PRADO

**EFEITOS DA SUBSTITUIÇÃO DO FARELO DE SOJA POR UREIA
ENCAPSULADA PARA BOVINOS DE CORTE EM CONFINAMENTO**

Tese apresentada ao programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Zootecnia

Área de Concentração: Nutrição Animal
Orientadora: Professora Ana Luiza da Costa Cruz Borges

Belo Horizonte
2012

FICHA CATALOGRÁFICA

Tese defendida e aprovada em 12 de junho de 2012 pela Comissão Examinadora composta pelos seguintes membros:

Professora Ana Luiza da Costa Cruz Borges
(Orientadora)

Professor Leonardo de Oliveira Fernandes

Professora Sarita Bonagurio Gallo

Professor Ricardo Reis e Silva

Professor Rogerio Martins Mauricio

DEDICATORIA

Dedico a Deus que sempre esteve presente em todos os momentos de alegria e tristeza. A Ele que me ajudou tanto quando eu menos acreditei em mim mesmo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus e a meus companheiros de luz que sempre estiveram comigo nos momentos de iluminação e descobertas.

À minha orientadora Professora Ana Luiza Costa Cruz Borges que teve o dom da paciência e sabedoria de me orientar em um caminho tão tortuoso e cheio de imperfeições que se tornam adaptáveis aos modos científicos de se escrever. Nunca me esquecerei de sua dedicação sempre que precisei de ti.

À Camilla que nunca mediu esforços para me ajudar nem quando eu achava que não havia mais solução para resolver certas pendências impossíveis. Agradeço de coração e nunca vou me esquecer de sua participação fundamental nesta produção que também é sua.

À minha família que foi meu ponto de apoio e sempre me incentivou a seguir em frente e nunca desistir de meus objetivos. Agradecimentos especiais aos meus pais que me deram conselhos essenciais para o meu sucesso.

À Vaninha, minha sogrinha, que me ajudou a entender a importância do Doutorado e nunca deixou que eu perdesse a vontade e a responsabilidade de concluir com êxito esta fase de minha vida.

Aos meus irmãos (Glenda e Jorge Neto) que me auxiliaram em todos os momentos, desde a coleta de dados até em momentos de substituição nas aulas da faculdade para permitir uma abertura do tempo que nunca conseguiria sozinho. Vocês foram peças fundamentais nesta conquista.

Aos alunos que participaram da condução da pesquisa, pois trabalharam arduamente todos os dias para que tudo ocorresse da forma planejada, principalmente Bruna Borges que liderou com grande capacidade todo o trabalho necessário.

Ao tio Jason que não só conduziu, mas trabalhou como poucos com muita dedicação e competência.

Aos membros desta banca que sempre foram compreensíveis sobre todas as situações que enfrentei para concluir minha escrita.

À Professora Sarita que sempre me ajudou de forma direta e indireta a concluir esta pesquisa e principalmente acreditou no meu sucesso.

A todos o meu muito obrigado!

SUMÁRIO

	Página
<hr/>	
CAPÍTULO 1: REVISÃO DE LIETERATURA.....	16
<hr/>	
1. INTRODUÇÃO.....	16
2. BIOQUÍMICA DO NITROGÊNIO (N).....	18
2.1. A bioquímica nitrogenada dos microorganismos do rúmen.....	18
2.2. Metabolismo de absorção do nitrogênio pelo ruminante.....	21
3. OS PROCESSOS DIGESTIVOS E UTILIZAÇÃO DAS PROTEÍNAS E DEMAIS FONTES DE NITROGÊNIO PELOS RUMINANTES.....	23
3.1. O aproveitamento dos compostos nitrogenados no metabolismo microbiano.....	23
3.1.1. A participação dos carboidratos na utilização proteica.....	24
3.1.2. A importância da velocidade de degradação compatível entre compostos nitrogenados e carboidratos.....	25
4. FONTES DE NITROGÊNIO PARA BOVINOS DE CORTE.....	28
4.1. Farelo de Soja.....	28
4.2. Ureia.....	29
4.3. Ureia Encapsulada.....	30
4.3.1. A ureia encapsulada e os parâmetros ruminais.....	31
4.3.2. A ureia encapsulada e o desempenho de bovinos de corte em confinamento.....	36
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	40
6. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA.....	41
<hr/>	
CAPÍTULO 2: SUBSTITUIÇÃO DO FARELO DE SOJA POR UREIA ENCAPSULADA EM DIETAS DE BOVINOS DE CORTE EM CONFINAMENTO: DESEMPENHO ANIMAL	47
<hr/>	
1. INTRODUÇÃO.....	47
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	48
2.1. Local e Período Experimental.....	48
2.2. Animais e Instalações.....	48
<hr/>	

2.3. Dietas Experimentais.....	49
2.4. Coleta de dados.....	51
2.5. Análises Estatísticas.....	51
2.6. Análises Laboratoriais.....	53
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	54
4. CONCLUSÕES.....	65
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	66

CAPÍTULO 3: SUBSTITUIÇÃO DO FARELO DE SOJA POR UREIA ENCAPSULADA EM DIETAS DE BOVINOS DE CORTE EM CONFINAMENTO: CONSUMO DE NUTRIENTES, DIGESTIBILIDADE APARENTE, ESTIMATIVA DE PRODUÇÃO DE PROTEÍNA MICROBIANA NO RUMÉN E BALANÇO DE NITROGÊNIO		70
--	--	----

1. INTRODUÇÃO.....	70
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	71
2.1. Local, Animais utilizados e Período Experimental.....	71
2.2. Tratamentos.....	71
2.3. Manejo Nutricional.....	73
2.4. Coleta de dados.....	74
2.5. Análises Laboratoriais.....	74
2.6. Análises Estatísticas.....	76
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	77
4. CONCLUSÕES.....	87
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	87

APÊNDICE	
1. Procedimentos da Análise Econômica.....	91
2. Resultados e Discussões.....	92
3. Conclusão.....	97
4. Referências Bibliográficas.....	97

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Ganho diário, consumo de matéria seca e conversão alimentar de novilhos recebendo dietas com farelo de soja ou ureia encapsulada	40
Tabela 2. Composição das dietas experimentais em matéria natural (MN) e seca (MS).....	50
Tabela 3. Composição químico-nutricional das diferentes dietas em experimentação, na base da matéria seca.....	50
Tabela 4. Análise de variância.....	52
Tabela 5. Análise de variância.....	53
Tabela 6. Composição bromatológica dos alimentos utilizados para compor as dietas experimentais.....	54
Tabela 7. Consumo de matéria seca (kg/dia), consumo em % do PV, eficiência alimentar (kgPV ganho/kgMS consumida), conversão alimentar (kgMS consumida/kgPV ganho) e ganho de peso vivo (kg/dia) para as diferentes dietas experimentais analisadas.....	55
Tabela 8. Ganhos de pesos vivos (kg/dia) nas diferentes épocas de pesagem para as três dietas experimentais analisadas.....	61
Tabela 9. Pesos iniciais, finais e de carcaças dos animais e seus rendimentos de carcaças, para os tratamentos UEP1, UEP2 e CON.....	63
Tabela 10. Ganhos médios diários de carcaças (kg/dia) e eficiências alimentares de carcaças (kg Carcaça/kg MS).....	65

Tabela 11. Composição das dietas experimentais expressa em porcentagem da matéria natural (MN) e da matéria seca (MS).....	72
Tabela 12. Composição químico-nutricional das diferentes dietas experimentais, expressa com base na matéria seca.....	73
Tabela 13. Composição bromatológica dos alimentos utilizados para compor as dietas experimentais.....	76
Tabela 14. Análise de variância.....	77
Tabela 15. Consumo de matéria seca (CMS), consumo de matéria orgânica (CMO), consumo de carboidratos totais (CHT), consumo de carboidrato não fibroso (CCNF), consumo de fibra em detergente neutro corrigida (CFDNcp), consumo de extrato etéreo (CEE) e consumo de proteína bruta (CPB) observados nos tratamentos UEP1, UEP2 e CON.....	78
Tabela 16. Coeficientes de digestibilidade aparente total da matéria seca (DIG MS), matéria orgânica (DIG MO), carboidratos totais (DIG CHT), carboidrato não fibroso (DIG CNF), fibra em detergente neutro corrigida (DIG FDNcp), extrato etéreo (DIG EE) e proteína bruta (DIG PB) observados nos tratamentos UEP1, UEP2 e CON.....	81
Tabela 17. Consumo de matéria seca digestível (CMSD), consumo de matéria orgânica digestível (CMOD), consumo de carboidratos totais digestíveis (CHTD), consumo de carboidrato não fibroso digestível (CCNFD), consumo de fibra em detergente neutro corrigida digestível (CFDNcpD), consumo de extrato etéreo digestível (CEED) e consumo de proteína bruta digestível (CPBD), observados nos tratamentos UEP1, UEP2 e CON.....	82

Tabela 18. Balanço de nitrogênio (N) nos diferentes tratamentos (UEP1, UEP2 e CON).....	84
Tabela 19. Derivados de purinas e estimativas de produção de N microbiano para os diferentes tratamentos UEP1, UEP2 e CON.....	86
Tabela 20. Custos, receita, lucro e rentabilidades no período e mensal do tratamento CON ao final do presente experimento.....	92
Tabela 21. Custos, receita, lucro e rentabilidades no período e mensal do tratamento UEP1 ao final do presente experimento.....	93
Tabela 22. Custos, receita, lucro e rentabilidades no período e mensal do tratamento UEP2 ao final do presente experimento.....	94
Tabela 23. Custos, receita, lucro e rentabilidades no período e mensal dos tratamentos CON, UEP1 e UEP2 ao final do presente experimento.....	95

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Uréia encapsulada: a) Aparência macro do produto; b) O “pellet” ou grânulo formado pela cápsula; c) Secção transversal da cápsula em micrografia a 570 vezes de aumento.....	31
Figura 2. Degradação da proteína bruta (%) em relação tempo (horas) para a ureia encapsulada (UEP) e o farelo de soja (FS).....	33
Figura 3. Concentração de N-NH ₃ de novilhos alimentados com dietas contendo ureia encapsulada ou farelo de soja como fonte de concentrado proteico (Tempo – P<0,01; tratamentos – P<0,01).....	35
Figura 4. Ganhos médios diários em pesos vivos obtidos nas diferentes pesagens.....	63
Figura 5. Fornecimento das cápsulas de óxido crômico aos animais.....	73
Figura 6. Variação do lucro dos tratamentos UEP1, UEP2 e CON para os diferentes preços de farelo de soja possíveis no mercado (R\$/kg).....	96

RESUMO

Dentre os nutrientes, a proteína se destaca por suas baixas concentrações nos alimentos volumosos oferecidos aos animais no período seco do ano. Cresce o interesse pela utilização de fontes nitrogenadas não protéicas (NNP) na suplementação alimentar de ruminantes representando uma alternativa no preenchimento das exigências em proteína, com possibilidade de redução do custo deste nutriente na alimentação dos animais. Este trabalho objetiva estudar os reais efeitos da substituição do farelo de soja por ureia encapsulada sobre o ganho de peso vivo, consumo de nutrientes, conversão alimentar, rendimento de carcaça, síntese de proteína microbiana no rúmen e digestibilidade aparentes dos nutrientes utilizados em dietas de bovinos de corte em confinamento. Os experimentos foram realizados na Estância ABCZ (Associação Brasileira dos Criadores de Zebu) durante o período de julho a novembro de 2011. Os animais utilizados eram bovinos de corte da raça Nelore confinados em baias individuais. Foram avaliadas três dietas experimentais contendo uréia encapsulada em diferentes níveis de substituição ao farelo soja: CON (controle) - Volumoso + concentrado sem uréia encapsulada; UEP1 (Uréia encapsulada 1) - Volumoso + concentrado com uréia encapsulada a 22% de substituição da proteína bruta do farelo de soja; UEP2 (Uréia encapsulada 2) - Volumoso + concentrado com uréia encapsulada a 61% de substituição da proteína bruta do farelo de soja. As dietas eram isoprotéicas e isoenergéticas. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados para o experimento 1 e no experimento 2 utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado. As análises estatísticas foram realizadas utilizando contrastes ortogonais para comparação e o teste de SNK. No primeiro período (GMD1 – Ganho médio diário 1) de avaliação UEP1 (2,616kg/dia) apresentou maior ganho de peso comparado a CON (2,190kg/dia) que por sua vez não diferiu de UEP2 (2,471kg/dia). O tratamento UEP1 não diferiu de UEP2. Nos próximos dois períodos de avaliação (GMD2 e GMD3 – ganhos médios diários 2 e 3, respectivamente) os tratamentos apresentaram a mesma resposta de ganho de peso e no último período (GMD4 – ganho médio diário 4) o tratamento UEP1 (1,867kg/dia) novamente apresentou mais desempenho comparado a CON (1,395kg/dia). O tratamento UEP2 (1,548kg/dia) não diferiu de nenhum dos dois outros tratamentos (UEP1 e CON). Quando se avaliaram os ganhos médios diários em conjunto (GMD), UEP1 diferiu do tratamento CON, sendo superior ao mesmo. UEP1 também foi

superior aos demais tratamentos na eficiência alimentar. O tratamento UEP2 apresentou maior consumo de fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína bruta (FDNcp) e FDNcp digestível (FDNcpD) em relação aos demais tratamentos. Os tratamentos não diferiram para derivados de purinas e estimativas de produção de proteína microbiana, consumo de matéria seca, digestibilidade aparente da matéria seca e matéria orgânica, e retenção de nitrogênio. A utilização de ureia encapsulada em substituição ao farelo de soja em baixos níveis (22% da PB do farelo de soja) provoca melhores ganhos de peso que a sua não inclusão, melhorando a eficiência alimentar dos animais. Não houve interferência na digestibilidade aparente dos alimentos, retenção de nitrogênio e produção de proteína microbiana.

Palavras-Chave: Uréia encapsulada, nitrogênio não proteico, proteína microbiana, bovinos de corte

ABSTRACT

Among the nutrients, protein is distinguished by its low concentrations in forages offered to animals in the dry season. Growing interest in the use of non-protein nitrogen sources (NPN) in supplementary feeding of ruminants representing an alternative in fulfilling the requirements for protein, with the possibility of reducing the cost of this nutrient in animal nutrition. This work aims to study the real effects of replacing soybean meal by encapsulated urea on live weight gain, nutrient intake, feed conversion, carcass yield, microbial protein synthesis in the rumen and apparent digestibility of nutrients used in diets of feedlot cattle. The experiments were performed at Estancia ABCZ (Brazilian Association of Zebu Breeders) during the period from July to November 2011. The animals used were beef cattle Nellore housed in individual pens. Were evaluated three experimental diets containing encapsulated urea at different levels of substitution of soybean meal: CON (control) - Forage + concentrate without encapsulated urea; UEP1 (Encapsulated Urea 1) - Forage + concentrate with encapsulated urea to 22% crude protein replacement soybean meal; UEP2 (Encapsulated Urea 2) - Forage + concentrate with encapsulated urea to 61% substitution of crude protein soybean meal. The diets were isocaloric and isonitrogenous. The experimental design was a randomized block design for the experiment 1 and experiment 2, we used a completely randomized design. Statistical analyzes were performed using orthogonal contrasts to compare and SNK test. In the first period (ADG1 - average daily gain 1) assessment UEP1 (2.616 kg / day) showed greater weight gain compared to CON (2.190 kg / day) which in turn did not differ from UEP2 (2.471 kg / day). The treatment UEP1 did not differ from UEP2. Over the next two periods (ADG2 and ADG3 - average daily gain 2 and 3, respectively) treatments showed similar response in weight gain and the last period (ADG4 - average daily gain 4) treatment UEP1 (1.867 kg / day) again showed more performance compared to CON (1.395 kg / day). Treatment UEP2 (1.548 kg / day) did not differ from either of the two other treatments (UEP1 and CON). When we assessed the average daily gains together (ADG), UEP1 differed from CON treatment, being higher than the same. UEP1 was also superior to other treatments in feed efficiency. Treatment UEP2 showed higher consumption of neutral detergent fiber corrected for ash and crude protein (NDF) and digestible NDF (NDFapD)

compared to the other treatments. The treatments did not differ for purine derivatives and estimates of microbial protein production, dry matter intake, digestibility of dry matter and organic matter, and nitrogen retention. The use of encapsulated urea as a replacement for soybean meal in low levels (22% of soybean meal CP) causes weight gain better than their non-inclusion, improving animal feed efficiency. It wasn't interference in apparent digestibility of foods, nitrogen retention and microbial protein production.

Keywords: Encapsulated urea, non protein nitrogen, microbial protein, beef cattle

CAPÍTULO 1

REVISÃO DE LITERATURA

1. INTRODUÇÃO

O potencial de produção dos ruminantes está alicerçado em sua carga genética e nos fatores de meio, onde a nutrição constitui o ponto mais limitante para se obter o máximo desempenho dos animais. Para alcançar melhores índices produtivos, deve-se fornecer níveis adequados de energia, proteínas, minerais e algumas vitaminas. Neste aspecto, o fornecimento de alimentos concentrados torna-se indispensável quando objetivamos melhores ganhos de peso em bovinos de corte e produções leiteiras. No período seco, quando os alimentos volumosos (pastagens, forragens conservadas, cana) não apresentam níveis suficientes daqueles nutrientes necessários para maximizar a produção (Bocchi *et al.*, 2008), a suplementação assume papel de destaque.

Dentre os nutrientes suplementados, a proteína se destaca por suas baixas concentrações nos alimentos volumosos oferecidos aos animais no período seco do ano. Sendo assim, o aproveitamento das diferentes fontes proteicas vem sendo bastante estudado pela comunidade científica mundial. Isso porque a proteína é tida como um dos nutrientes de custo mais elevado na dieta dos ruminantes, o que torna a viabilidade econômica da produção altamente dependente da eficiência de utilização deste nutriente (Moraes *et al.*, 2010).

Em consequência do exposto, o uso de fontes alternativas de proteína na alimentação animal tem se tornado cada vez mais importante, uma vez que os alimentos proteicos convencionais, na forma de grãos das oleaginosas e seus respectivos farelos, são concorrentes com a alimentação humana e, conseqüentemente, possuem preços cada vez mais elevados. Dessa forma, cresce o interesse pela utilização de fontes nitrogenadas não proteicas (NNP) na suplementação alimentar de ruminantes representando uma alternativa no preenchimento das exigências em proteína, com possibilidade de redução do custo deste nutriente na alimentação dos animais (Reynolds e Kristensen, 2008).

As fontes nitrogenadas não proteicas representam qualquer composto que contenha nitrogênio (N), todavia sem estar na forma polipeptídica das proteínas. Estas fontes de “proteína” destacam-se pelo seu baixo custo, principalmente a ureia, sendo muito úteis na alimentação dos ruminantes. Essas formas nitrogenadas têm a exclusiva característica de se hidrolisar em amônia, no rúmen, podendo ser incorporadas pela microbiota ruminal, com produção de proteína microbiana. O resultado é que o NNP é usado na nutrição de ruminantes como um alimento proteico alternativo, menos oneroso ao produtor rural, substituindo parcialmente fontes convencionais de proteína como a soja, o algodão e derivados de ambas as sementes (Firkins *et al.*, 2007).

Esta tese objetiva estudar os efeitos da substituição do farelo de soja por ureia encapsulada sobre o ganho de peso vivo, consumo de nutrientes, conversão alimentar, rendimento de carcaça, síntese de proteína microbiana no rúmen e digestibilidade aparente dos nutrientes em dietas de bovinos de corte em confinamento.

2. BIOQUÍMICA DO NITROGÊNIO (N)

Os compostos nitrogenados presentes nos organismos dos seres vivos são originários do ciclo biológico do N o qual se inicia com a fixação nitrogenada atmosférica e culmina na formação de compostos nitrogenados mais complexos que podem ser utilizados como fonte de nutrientes para a matéria orgânica do solo e plantas na síntese proteica. A principal função do N na homeostase dos seres vivos é principalmente a constituição proteica e formação dos ácidos nucleicos, ambos, elementos que exercem funções específicas nos organismos animal e vegetal participando ativamente do seu funcionamento (Ayantunde *et al.*, 2011).

Em geral para microorganismos, os compostos nitrogenados são utilizados na forma de amônia para participar da síntese proteica ou formação nucleotídica (Reynolds e Kristensen, 2008).

A utilização do N na alimentação dos animais ruminantes permeia não só a absorção de aminoácidos por estes animais, mas também a utilização dos compostos amoníacos pelos microorganismos que habitam o rúmen-retículo, os quais se desenvolvem, reproduzem e morrem, servindo de fonte aminoácido para o próprio ruminante (Firkins *et al.*, 2007).

Este processo de utilização nitrogenada é bastante complexo, mas reserva detalhes metabólicos importantes para compreender e concluir efeitos diversificados de dietas para os animais hospedeiros. Portanto, os processos bioquímicos do N e suas peculiaridades podem esconder caminhos ou até respostas diretas para efeitos que integrem os aspectos produtivos dos animais.

2.1. A bioquímica nitrogenada dos microorganismos do rúmen

Por depender ativamente da atividade microbiana ruminal, a utilização nitrogenada neste aspecto é de extrema importância para compreender com maior afinco os caminhos de formação e degradação dos compostos nitrogenados dentro do organismo do ruminante. Sendo assim, todos os procedimentos que envolvem o aproveitamento nitrogenado acabam influenciando respostas nutricionais do próprio ruminante.

Dentre os microorganismos ativos no rúmen pode-se considerar que as bactérias são responsabilizadas por grande parte das reações de aproveitamento alimentar. Em geral, grande

parte das bactérias apresentam atividade proteolítica e participam dos processos de utilização nitrogenada. Mas existem bactérias que necessitam mais de aminoácidos como fonte nitrogenada (*Peptostreptococci sp.*) e outras que utilizam somente a fonte amoniacal (*Ruminococcus albus*). Esta diferenciação é essencial para compreender a interferência das respostas de diferentes alimentos utilizados em dietas para ruminantes (Kozloski, 2002).

Dietas ricas em amido de alta degradabilidade ruminal são mais dependentes do N via precursores de aminoácidos do que do N amoniacal em si. Já para dietas a base de fibras os compostos amoniacais são fontes essenciais para a síntese proteica, apesar de que também dependem de aminoácidos fermentados para a formação dos ácidos graxos de cadeia ramificada, importantíssimos para o desempenho das bactérias fibrolíticas (Firkins *et al.*, 2007).

No processo bioquímico de síntese proteica da microbiota ruminal ocorre a fixação do N para formação aminoácida variada constituindo a base das proteínas presentes nas células bacterianas, protozoárias e fúngicas do ambiente ruminal. Este N utilizado pelos microorganismos ruminais pode-se apresentar sob diferentes formas sendo a principal com base amoniacal que ao se unir com a cadeia carbônica constitui a base aminoácida de formação proteica microbiana (Boucher *et al.*, 2007).

Dois situações envolvem a captação de amônia pela bactéria ruminal. Em altas concentrações de amônia não há necessidade de usar Adenosina Trifosfato (ATP) para integrar o N em uma molécula de glutamato. A enzima glutamato desidrogenase usa NADPH para doar hidrogênios e assim realizar a incorporação da amônia em um α -cetogluturato formando um glutamato, o qual é utilizado como base de formação aminoácida e síntese proteica pelas bactérias do rúmen. Mas se a concentração de amônia no meio ruminal for baixa a enzima que mais possui afinidade é a glutamina sintetase, catalisando a reação que incorpora a amônia em uma molécula de glutamato utilizando, neste caso, um ATP para formar a glutamina. Em uma sequência metabólica a glutamina doa um grupo amida para o α -cetogluturato formando 2 glutamatos. Esta reação é dependente da glutamato sintase para ocorrer, a qual utiliza um NADPH para doar hidrogênios na formação dos glutamatos. Nesta última situação verifica-se dependência energética além da necessidade uma cadeia carbônica (α -cetogluturato) para formação aminoácida, o que também se vê necessidade em ambiente de alta concentração amoniacal. Isto propõe a elevada importância da presença de carboidratos

que forneçam estes substratos para contribuir nas reações de captação amoniacal (Zanton e Heinrichs, 2009).

Segundo Firkins *et al.* (2007) a porcentagem de grãos de uma dieta é um fator que interfere na síntese proteica, apesar que se for considerado o nível de energia disponível do meio, essa interferência não ocorre, mas há diferença de síntese quando o processamento do grão for considerado. Esses autores observam que em dietas com alta quantidade de grão de milho com alta umidade pode ocorrer estimulação ruminal, contribuindo para evitar a queda de pH e aumentar a retenção do alimento no rúmen, o que melhora a digestibilidade do milho na dieta, em relação a dietas de milho seco.

As bactérias ruminais também podem adquirir energia e cadeias carbônicas a partir da degradação das proteínas, utilizando peptídeos ou aminoácidos livres. Os peptídeos ganham destaque, pois sua absorção pela bactéria é energeticamente mais eficiente que a absorção de aminoácidos livres. Por isso, observa-se maior concentração de peptídeos do que aminoácidos nos sítios de transporte ativo intermembranas da célula bacteriana. Ao entrar nessas células os peptídeos são hidrolisados a aminoácidos e posteriormente desaminados, principalmente os aminoácidos hidrofílicos e aqueles que entram livres nas células. O α -cetoglutarato resultante pode ser fermentado a ácidos graxos voláteis (AGV) ou excretado da célula. A principal situação que leva a maior utilização de aminoácidos no rúmen como forma energética é quando a disponibilidade de energia é baixa no sistema. Quando essa disponibilidade é alta (principalmente via carboidratos altamente fermentáveis) ocorre maior utilização dos aminoácidos prontos e a concentração de amônia no rúmen tende a ser menor. Porém, na maior parte das situações, a síntese proteica provém de aminoácidos sintetizados “de novo” a partir de amônia e cadeia carbônica (Law *et al.*, 2009).

Os compostos nitrogenados também podem se originar das bases nitrogenadas, ingeridas em pequenas proporções pelos ruminantes. Quando entram em contato com o líquido ruminal são metabolizadas a AGV's, gás carbônico e amônia. Por apresentar-se em pequenas proporções contribuem menos para a formação do conteúdo nitrogenado bacteriano que é de aproximadamente 10% sendo entre estes 75% via aminoácidos e 25% via bases nitrogenadas (Kozloski, 2002).

O estudo do aproveitamento nitrogenado pelas bactérias do rúmen ganha importância no meio científico a cada dia, pois, segundo Boucher *et al.* (2007) a constituição aminoácida

das bactérias do rúmen apresentam-se de alta qualidade e extremamente compatíveis com o padrão de aminoácidos exigidos pelo animal. Portanto, quanto mais proteína microbiana melhor. Todavia, outras fontes de aminoácidos podem integrar a exigência proteica contribuindo também com aminoácidos para compor a nutrição do animal hospedeiro. Estas são chamadas proteínas não degradadas no rúmen (PNDR) cujo balanço aminoácido deve ser considerado sempre que estas fontes forem utilizadas (Borucki *et al.*, 2008).

Isso ocorre, pois estas fontes proteicas passam do rúmen-retículo para o omaso e órgãos subsequentes sem sofrerem oxidação microbiana. Isto se deve ao fato de que a constituição química destas proteínas não permitem o ataque bacteriano ou devido a alta taxa de passagem provocada pela dieta ofertada aos animais. Desta forma os aminoácidos presentes na constituição proteica serão absorvidos no duodeno da mesma forma em que foram ingeridos pelos animais, o que não ocorre com a porção degradável no rúmen (PDR) que proporciona condições para ocorrer síntese de aminoácido “de novo” sintetizando proteína microbiana de semelhante padrão aminoácido (Gressley e Armentano, 2007).

O aumento na passagem de proteína não degradada para o duodeno pode ocorrer pela utilização de promotores de eficiência alimentar como os ionóforos. Estes componentes são aditivos utilizados em dietas de bovinos de leite e corte para melhorar a eficiência alimentar por reduzir a atividade de bactérias gram-positivas (extensivamente afetadas pelos ionóforos) inalterando as gram-negativas (resistente aos ionóforos). O aumento na participação das bactérias gram-negativas promove o aumento na produção de ácido propiônico, diminuição do acúmulo de ácido láctico, diminuição na produção de metano (menos perda de energia) e aumento da passagem de proteínas intactas para o omaso, abomaso e duodeno. Este último ocorre devido à redução da atividade de bactérias gram-positivas responsáveis por grande parte da oxidação dos aminoácidos. A consequência principal disso é o aumento de PNDR da dieta utilizada (Lana *et al.*, 2002).

2.2. Metabolismo de absorção do nitrogênio pelo ruminante

A amônia produzida no rúmen pode seguir duas vias principais: utilização pelas bactérias ruminais ou absorção pelo epitélio ruminal acessando assim a corrente sanguínea. Como a amônia é um composto altamente tóxico ao ruminante, devido a sua afinidade com a

hemoglobina, a qual se transforma em metahemoglobina com baixa eficiência de transporte de oxigênio, ela é convertida em ureia no fígado para excreção ou segue as vias de reciclagem principalmente através da saliva, difusão direta no rúmen ou lúmen intestinal (Muscher *et al.*, 2010).

Essas vias de reciclagem auxiliam na regulação do N excretado contribuindo não só para reduzir a poluição ambiental, como também para aumentar a eficiência de síntese proteica microbiana, elevando a eficiência alimentar. Ocorre que as vias de reciclagem participam mais ativamente da recomposição nitrogenada quando a dieta é pobre em N. Em situações que a proteína metabolizável não é limitante, o excesso de amônia produzida no rúmen é eliminado, sob forma de ureia (ciclo da ureia no fígado) principalmente pela urina dos animais. Para reduzir tal excreção é necessário aumentar a eficiência de síntese microbiana e segundo Reynolds e Kristensen (2008), isso pode ser alcançado melhorando a sincronia entre a liberação de energia pelas fontes de carboidratos e a disponibilização controlada de N pelas fontes proteicas e nitrogenadas não proteicas (NNP).

A absorção da amônia pela parede do rúmen pode ocorrer em sua forma ionizada (NH_4^+) ou não ionizada (NH_3). A forma absorvida depende do pH constante no ambiente ruminal. Segundo Abdoun *et al.* (2006) a forma não ionizada apenas passa para o sangue venoso em pH igual ou superior a sete, por meio de difusão simples sob a forma lipofílica de NH_3 . Em pH 6,5 ou menor a amônia se encontra predominantemente na forma ionizada e é absorvida em um canal de íon potássio (K^+). Ambas as formas absorvidas transpassam a membrana apical do epitélio do rúmen e acessam a veia porta, o qual os encaminha para a metabolização hepática. Essa passagem aumenta quanto maior for a ingestão de N podendo chegar a 42% do N ingerido. Este transporte também interage com o sódio (Na) e o magnésio (Mg). A uréia reciclada passa de volta ao ambiente ruminal por difusão direta na membrana baso-lateral, mas pode ser limitada se a concentração de amônia no rúmen estiver alta (Gozho *et al.*, 2008).

Por ser altamente tóxica a amônia passa pelo ciclo da ureia no fígado retornando à forma de ureia para reciclagem ou excreção pelo animal. Segundo Takagi *et al.* (2008) cinco enzimas são consideradas limitantes nas reações que envolvem o ciclo da ureia: carbamoil fosfato sintase, ornitina transcarbamoilase, argininosuccinato sintetase, argininosuccinato liase e arginase. Essas enzimas são controladas por fatores hormonais e nutricionais. Qualquer

modificação em sua atividade pode implicar em aumento ou diminuição da ureia sanguínea e consequentemente dos níveis de excreção deste componente.

Em um estudo realizado por Takagi *et al.* (2008) utilizando bezerros holandeses recém desmamados a 6 semanas de vida foi possível observar um aumento na atividade das enzimas carbamoil fosfato sintase, ornitina transcarbamoilase, arginase, provocado pelo aumento da demanda de transformação da amônia em ureia, o que levou a um aumento nos níveis de ureia no sangue. Ou seja, os bezerros pré desmama, de até 6 semanas de vida, não possuíam sistema hepático capacitado completamente para metabolizar a amônia em ureia e por isso suportariam altas quantidades deste elemento para estes animais. Por isso, vê-se a necessidade de adaptar os animais ao uso da ureia servindo como uma forma de evitar a intoxicação nestes animais.

3. OS PROCESSOS DIGESTIVOS DE UTILIZAÇÃO DAS PROTEÍNAS E DEMAIS FONTES DE NITROGÊNIO PELOS RUMINANTES

3.1. O aproveitamento dos compostos nitrogenados no metabolismo microbiano

O alimento ingerido pelo animal pode conter diversas fontes de nitrogênio que servem como substrato para o aproveitamento microbiano. Dentre as frações proteicas existem as degradáveis (PDR) e as não degradáveis (PNDR) no rúmen. Além destas, há também o NNP que constitui em uma fração nitrogenada altamente solúvel composta por ureia, aminoácidos livres, peptídeos, ácidos nucléicos, amidas, aminas, nitritos, nitratos e amônia (Lanzas *et al.*, 2007).

Os microorganismos que habitam o ambiente ruminal somente são capazes de degradar e aproveitar as frações PDR e NNP do nitrogênio alimentar. A porção nitrogenada presente em cadeias polipeptídicas passíveis de degradação por essas bactérias produz amônia, aminoácidos e peptídeos pequenos que podem ser aproveitados pela própria bactéria ou por outro grupo microbiano. Esse aproveitamento é altamente dependente de energia disponível no meio ruminal. De modo geral, a quase totalidade dos microorganismos do rúmen utiliza apenas carboidratos como fonte de energia. Algumas poucas espécies

microbianas têm capacidade de obter energia de proteínas. As gorduras não proporcionam disponibilidade de energia aos microorganismos do rúmen de forma significativa (Rius *et al.*, 2010).

3.1.1. A participação dos carboidratos na utilização proteica

Os carboidratos são hidratos de carbono formados basicamente de água e cadeia carbônica. Esta formação bioquímica simples origina uma infinidade de compostos com diversas funções na natureza. Para os animais ruminantes e sua atividade microbiana simbiótica, os carboidratos fornecem energia de disponibilidade adequada além de proporcionar a base carbônica para formação aminoácida e posteriormente proteica. É por isso que o aproveitamento das fontes proteico-nitrogenadas é tão dependente da utilização compatível de carboidratos e proteínas (Reynolds e Kristensen, 2008).

Os diferentes tipos de carboidratos são utilizados de forma diferenciada pelos microorganismos do rúmen para produzir energia disponível à síntese proteica. Celulose, hemicelulose, sacarose, amido e pectinas são todos utilizados como fonte de energia pelos microorganismos (Gozho e Mutsvangwa, 2008).

Segundo Santos (2006), rações ricas em concentrado suportam maior produção microbiana em virtude do maior teor de açúcares, amido e pectina, quando comparadas com rações ricas em forragem (maior concentração de celulose e hemicelulose). A totalidade dos açúcares é degradada no rúmen. As pectinas são degradadas em torno de 95%. Já o amido tem sua degradabilidade ruminal variável de acordo com seu processamento e origem. Valores abaixo de 50% podem ser observados em grãos inteiros, enquanto que em grãos floculados e em silagem de grão úmido o valor se eleva de 75 a 85%. Segundo Reynolds e Kristensen (2008), a velocidade de degradação desses carboidratos também é importante, sendo que carboidratos que degradam muito rapidamente e não mantêm uma constância de liberação de energia, apresentando picos de degradação, como é o caso dos açúcares em geral, principalmente sacarose, não contribuem tão grandemente com o aproveitamento do N no rúmen quanto às fontes de amido, principalmente do milho e mandioca. Esta compatibilidade pode ser aumentada pela gelatinização do amido, obtida por extrusão. Este processo, além de aumentar a velocidade de liberação da energia, reduz o pH do meio ruminal, diminuindo a atividade da urease.

Seria importante que a amônia fosse utilizada no rúmen nas maiores proporções possíveis, contribuindo assim, para as maiores produções de proteína microbiana. Considerando-se que não há fixação eficiente do N pelas bactérias ruminais se não houver energia e fontes de carbono disponíveis, a comunidade científica vem buscando ao longo dos anos “sincronizar” a liberação desses dois elementos no rúmen (Valkeners *et al.*, 2004).

3.1.2. A importância da velocidade de degradação compatível entre compostos nitrogenados e carboidratos

O conceito de sincronização da disponibilidade de N e carboidratos no rúmen já foram investigados em uma série de pesquisas científicas. Cabrita *et al.* (2006) em uma importante revisão sobre o assunto citaram que essa sincronia pode ser alcançada alterando a frequência de alimentação, alternando os tipos de ingredientes utilizados nas dietas, ou ainda, mudando o padrão de alimentação utilizado no sistema de criação.

A mudança de ingredientes das dietas envolve a composição química individual de cada ingrediente e suas interrelações. O tipo de carboidrato utilizado juntamente com o tipo de composto nitrogenado escolhido pode provocar diversos efeitos e maior ou menor aproveitamento por parte dos microorganismos ruminais. Outra forma de avaliar esta alternância de ingredientes para as dietas seria avaliar a relação Volumoso:Concentrado. Porém, neste aspecto, não há como avaliar qual o real fator que interfere o aparecimento dos resultados para ingredientes tanto do volumoso quanto do concentrado. Sendo assim, há que se avaliar separadamente cada efeito de ingredientes para que as respostas dos estudos sejam conclusivas e claras (Zanton e Heinrichs, 2009).

Dentre os carboidratos o efeito das diferentes degradabilidades das fontes é o parâmetro mais usado para determinar o ponto ideal de uso nitrogenado pelos microorganismos ruminais. É importante verificar que o tipo da fonte do carboidrato não é a única variável neste caso, mas há também o efeito do processamento do carboidrato e ainda, a diferente fonte de amido utilizada. No caso do uso de fibras para avaliar a contribuição energética para o aproveitamento nitrogenado deve-se verificar o efeito da lignificação da fonte, aspecto este que interfere grandemente no nível de degradabilidade da forrageira em estudo (Prado *et al.*, 2004).

Em uma reunião de sete estudos revisados por Cabrita *et al.* (2006) somente dois verificaram aumento no suprimento de N microbiano e cinco estudos não demonstraram efeito quando utilizaram fontes de amido mais degradáveis. Avaliando o aumento na síntese microbiana somente um dos sete estudos demonstrou efeito positivo no uso de fontes de amido mais degradáveis. Os autores salientam que estes resultados ocorreram por diferentes fatores. Ao mesmo tempo em que um amido de alta degradabilidade pode disponibilizar alta quantidade energia disponível do meio, por outro lado pode inibir ou reduzir a degradabilidade da fibra da dieta, resultando em um similar efeito na digestibilidade da matéria orgânica fermentada no rúmen. Além disso, ocorre diferença também nas fontes de energia e nitrogênio utilizados nos tratamentos entre os estudos, dificultando a comparação entre os mesmos.

Gozho e Mutsvangwa (2008) verificaram os efeitos de dietas contendo diferentes fontes de carboidratos (milho, trigo, cevada e aveia, todas em forma de rolão) para vacas holandesas multíparas recebendo dietas de relação volumoso:concentrado igual a 50:50%. As fontes de proteínas utilizadas nas dietas foram farelo de canola, semente integral de canola, resíduo de destilaria de milho e farelo de glúten de milho. As dietas foram formuladas para ser isonitrogenadas. Os autores não observaram alteração no consumo de matéria seca e produção de leite, mas houve menor porcentagem de gordura no leite para cevada e trigo, além de menor produção de leite corrigida para 3,5% de gordura para o trigo. A menor porcentagem de proteína do leite foi encontrada para a aveia, mas a menor produção de proteína em kg por dia foi encontrada para o trigo. Porém, não foi observada diferença para nenhum parâmetro ruminal. Foi encontrado menor digestibilidade para a proteína e amido de milho e trigo. A porcentagem de N excretado foi menor para o tratamento com amido de milho em relação aos demais tratamentos. Portanto, verifica-se que os tratamentos com melhor digestibilidade de amido não necessariamente foram os provocaram melhor produção de leite corrigido para gordura, levando a crer que a maior digestibilidade dos nutrientes não implica essencialmente maior quantidade de energia disponível para os microorganismos do rúmen e também para os próprios animais, como também foi constatado para Cabrita *et al.* (2006) e ainda no experimento de Gozho e Mutsvangwa (2008) os quais não observaram diferença na glicose sanguínea das vacas em estudo para nenhum dos tratamentos.

O mesmo foi observado por Valkeners *et al.* (2004) em bovinos de corte utilizando duas dietas com padrões adequados ou não de balanço energia:proteína para os animais. Segundo os autores isso ocorreu devido a reciclagem de uréia ter auxiliado na manutenção da sincronia entre os dois nutrientes das dietas estudadas.

A maior degradabilidade das fontes de amido provocam um aumento na energia líquido disponível para o animal elevar a produção de leite ou carne, porém se a proporção e a quantidade destes carboidratos digestíveis for excessiva isso irá provocar uma queda no pH ruminal causando um efeito inverso na produtividade e nos parâmetros de síntese de proteína microbiana no rúmen. Isso poderia justificar os efeitos controversos dos experimentos em estudo (Valkeners *et al.*, 2004; Cabrita *et al.*, 2006; Raggio *et al.*, 2006; Gozho e Mutsvangwa, 2008).

A crescente busca por alternativas proteicas nas dietas de bovinos de corte e leite tem levado a comunidade científica a estudar os efeitos destas fontes nos diversos parâmetros ruminais, síntese de proteína microbiana, digestibilidade total e produção de leite e carne. O uso de fontes nitrogenadas não proteicas (NNP) tem crescido nos últimos anos devido ao seu baixo custo de utilização comparado às demais fontes de proteína vegetal em todo o mundo (Cabrita *et al.*, 2006).

Ao avaliar o uso de fontes NNP deve-se considerar a capacidade de síntese de aminoácidos para a população microbiana no rúmen, além da taxa de liberação do nitrogênio. A taxa de liberação dos compostos NNP são geralmente mais rápidas que a liberação de energia das fontes de carboidratos. Isso teoricamente provoca uma incompatibilidade de uso dos dois nutrientes suprimindo a síntese de proteína microbiana (Taylor-Edwards *et al.*, 2009a)

Embora exista uma variedade de composto NNP (tais como purinas, pirimidinas, ureia, biureto, ácido úrico, glicosídeos nitrogenados, alcalóides, sais de amônio e nitratos, aminoácidos livres), a ureia, devido ao custo, disponibilidade e facilidade de emprego, é uma das mais utilizadas (Pinoz-Rodriguez *et al.*, 2010).

A atividade da urease (enzima que hidrolisa a ureia no rúmen e a converte em amônia) é um fator limitante devido à taxa de hidrólise da ureia ser aproximadamente quatro vezes superior à capacidade de utilização da amônia (Santos *et al.*, 2011);

São muitos os fatores que afetam a utilização do N pelos microorganismos do rúmen e talvez seja por isso que varia tanto a capacidade máxima que um animal possui para tolerar o excesso deste elemento. Em geral níveis de fornecimento de ureia entre 40 e 50g para cada 100 kg de peso corporal são considerados tóxicos. Porém, para vacas leiteiras em plena fase produtiva há relatos de fornecimentos superiores a estes sem haver qualquer sintoma de intoxicação (Santos, 2006).

4. FONTES DE NITROGÊNIO PARA BOVINOS DE CORTE

4.1. Farelo de Soja

O farelo de soja é o subproduto da extração do óleo de soja para alimentação humana. Segundo Vander Pol *et al.* (2008) este ingrediente é considerado o principal concentrado protéico para alimentação animal. Froidmont *et al.* (2009) citam que o farelo de soja é uma proteica de alta disponibilidade ruminal contribuindo fortemente com o crescimento dos microorganismos que ali habitam.

Segundo NRC (Nutrient..., 2001) o farelo de soja apresenta alta proporção de proteína verdadeira degradável no rúmen 76% da proteína bruta (PB), é rico em lisina (6,3% da PB), mas apresenta ligeira deficiência em metionina (1,45% da PB). Outros aminoácidos também se destacam em sua constituição como a Arginina (7,4% da PB), Leucina (7,8% da PB) e Fenilalanina (5,3% da PB). Sendo assim, o ingrediente apresenta um bom potencial de fornecimento de aminoácidos prontos aos microorganismos do rúmen considerando seu alto potencial de degradabilidade ruminal.

A taxa de degradabilidade do farelo de soja é lenta e compatível com o aproveitamento nitrogenado dos microorganismos do rúmen. O produto final da degradação deste ingrediente no rúmen, assim como todo concentrado proteico de alta degradabilidade, é principalmente a amônia quando seus aminoácidos forem desaminados durante o processo de lise proteica no rúmen. Essa taxa de liberação é contínua e extramente satisfatória para o aproveitamento microbiano. Portanto, a sua utilização juntamente com carboidratos adequados ao crescimento

microbiano, promovem o crescimento das populações microbianas no rúmen, contribuindo para o aumento na síntese de proteína microbiana (Firkins *et al.*, 2007).

Porém, dependendo da disponibilidade de energia presente dentro do rúmen pode ser que os aminoácidos desta fonte proteica não sofram desaminação antes de serem absorvidos pelas bactérias ruminais. Isso pode restringir o crescimento de algumas populações microbianas como as fibrolíticas tão dependentes da liberação de amônia no rúmen. Mesmo assim, o farelo soja atende, na maior parte das vezes, a necessidade geral do nitrogênio microbiano, contribuindo perfeitamente com o seu desenvolvimento (Cabrita *et al.*, 2006).

4.2. Ureia

A ureia é uma fonte de NNP altamente solúvel em água e em álcool. Constitui um composto orgânico, sólido, de cor branca e cristalizado através do sistema prismático. É classificada quimicamente como amida e por isso é considerado um composto NNP. Possui em sua composição pequenas quantidades de ferro e chumbo, que não são considerados tóxicos (Boucher *et al.*, 2007).

Ao entrar em contato com o fluido ruminal, a ureia sofre hidrólise por ação da enzima urease e é convertida em amônia. Esta reação ocorre muito rapidamente. O maior problema na utilização eficiente da ureia pelos microrganismos do rúmen é a rápida liberação da amônia pela mesma que não coincide com o aproveitamento microbiano máximo, podendo ocasionar perdas (Lazcano *et al.*, 2012).

Ureia dietética, se consumida em alta quantidade em um curto espaço de tempo, pode apresentar-se tóxica aos ruminantes. Isso porque a amônia removida do ambiente ruminal deve ser levada até o fígado onde será convertida em ureia novamente, mas grandes quantidades de amônia no sangue provocam uma sobrecarga dos hepatócitos. A amônia (NH_3), que é altamente tóxica em altas concentrações na corrente sanguínea, provoca distúrbios metabólicos que podem levar o animal à morte (Cabrita *et al.*, 2006).

Alguns fatores afetam diretamente a utilização da ureia dentro do rúmen como a adaptação dos animais ao uso da ureia, a utilização de fontes de enxofre para a síntese dos aminoácidos sulfurados, a idade do animal que está consumindo a uréia que pode ser tóxica em pequenos níveis para bezerros com menos de 6 semanas de idade (Firkins *et al.*, 2007), a

plena atividade da enzima uréase que hidrolisa a ureia em amônia no rúmen sendo que altas taxas de degradação não são interessantes pois podem liberar o nitrogênio acima da capacidade de utilização das bactérias, e por fim, a presença de carboidratos fornecendo energia e cadeias de carbono para a síntese de proteína microbiana (Law *et al.*, 2009). Além disso normalmente a eficiência de utilização da ureia nas dietas é maior quando o nível e a qualidade da proteína dietética forem baixos (Reynolds e Kristensen, 2008).

4.3. Ureia encapsulada

Várias tentativas de sincronizar a produção ruminal de amônia com a digestão de energia no rúmen se voltaram para o desenvolvimento de compostos de liberação controlada de ureia por mais de 30 anos. Compostos com liberação controlada de NNP desenvolvidos previamente, tais como a isobutilidina monoureia (Mathison *et al.*, 1994), o biureto (Loest *et al.*, 2001), a Starea (Bartley e Deyoe, 1975), a ureia tratada com formaldeído (Prokop e Klopferstein, 1977) e a ureia recoberta por óleo de semente de linhaça (Forero *et al.*, 1980) não conseguiram mostrar resultados semelhantes ou superiores à ureia. Isso ocorreu porque uma parte substancial do NNP destes compostos passava pelo rúmen sem ter sido convertida em amônia, reduzindo assim sua incorporação em proteína bacteriana. Além disso, a formação de amônia a partir destes compostos no rúmen, embora mais lenta em relação à ureia, ainda é rápida demais para melhorar a utilização do nitrogênio pelas bactérias ruminais (Taylor-Edwards *et al.*, 2009a).

Campling *et al.* (1962), aplicando ureia gradativamente por infusão diretamente no rúmen observaram em vacas de leite que a resposta da suplementação foi superior em consumo de MS e digestibilidade da MS, em comparação à dieta sem essa aplicação.

Nesse contexto, foi desenvolvido um produto à base de N de liberação controlada, protegido por patente (Uréia Encapsulada - OPTIGEN®). Esse produto é recoberto por um polímero biodegradável (cera vegetal), microporoso, em formato de “pellet” (Fig. 1.). A liberação de N ocorre por meio de difusão de forma lenta e uniforme. Quando em contato com o líquido ruminal, o revestimento protetor permite uma liberação gradativa de N para o rúmen. O produto possui um equivalente proteico de 256% (97% de ureia e 3% de cápsula

protetora), permitindo ao nutricionista que aumente a densidade de nitrogênio da fração proteica da dieta (Galo *et al.*, 2003).



Fonte: Valinorte e Leme (2006)

Figura 1. Uréia encapsulada: a) Aparência macro do produto; b) O “pellet” ou grânulo formado pela cápsula; c) Secção transversal da cápsula em micrografia a 570 vezes de aumento

Pode-se observar na figura 1a que ureia encapsulada possui coloração amarela que se assemelha a um grão de milho triturado resultando em uma mistura de aparência interessante comercialmente. Na figura 1b verifica-se o grânulo íntegro e todo recoberto pela camada biodegradável do polímero, enquanto que na figura 1c, após secção e em ampliação da imagem, pode-se observar a ureia cristalizada na região inferior da figura e logo acima a cápsula com os microporos.

4.3.1. A ureia encapsulada e os parâmetros ruminais

A ureia encapsulada foi desenvolvida para permanecer inerte no trato gastrointestinal dos ruminantes sem interferir na liberação ureática, hidrossolúvel, pelos poros do revestimento do polímero. A difusão da ureia ocorre pelo seu revestimento durante, aproximadamente, 16 horas no rúmen. Conseqüentemente, a ureia encapsulada libera NNP no ecossistema ruminal de forma lenta e uniforme (Palmer *et al.*, 2008).

Taylor-Edwards *et al.* (2009a) realizaram um experimento utilizando animais (529kg PV) canulados no rúmen o qual obtiveram dados a partir de um ensaio in situ após incubação e coletas de líquido ruminal para análise dos parâmetros ruminais. Neste caso foram avaliados dois tratamentos (ureia e ureia encapsulada – 1,8% da MS) utilizando dieta basal de silagem

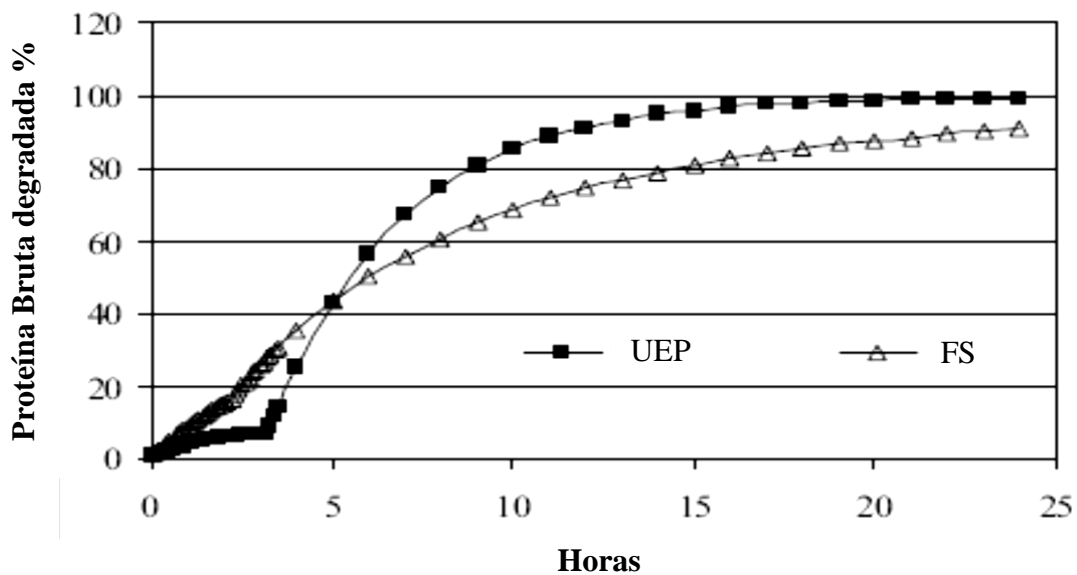
de milho, milho grão moído e suplementos minerais e vitamínicos. Foi verificado que a dieta com ureia encapsulada (8,9 mM) resultou em uma menor ($P=0,02$) concentração de amônia ruminal comparado com a ureia (14,1 mM) mas não diferenciou na degradação *in situ* das fontes NNP (%/h), níveis de AGV's e pH ($P>0,05$). Porém, houve uma tendência para aumentar ($P=0,06$) a atividade ureática ($\text{mmol}/(\text{min} \times \text{mL})^2$) medida a 4 horas depois da alimentação. Os autores citam que a ureia normal foi capaz de aumentar a concentração ruminal de N-NH₃ em relação à ureia encapsulada na ordem de 25% nas duas primeiras horas obtendo um pico de liberação de 147% a mais após 8 horas de incubação. Então, a ureia encapsulada demonstrou uma liberação de amônia mais lenta em comparação à ureia convencional. O consumo de matéria seca não diferiu entre os tratamentos (6,8 kg/dia – 1,29% do peso vivo).

Taylor-Edwards *et al.* (2009b) realizando infusão de ureia ou ureia encapsulada diretamente no rúmen de animais canulados recebendo dieta a base de silagem de milho e milho grão moído verificaram que a infusão de ureia aumentou em 263% a concentração de amônia no rúmen em relação à ureia encapsulada demonstrando que *in vivo* a ureia encapsulada proporciona uma liberação mais lenta de N em relação à ureia convencional e efetivamente ela consegue modular a concentração da amônia ruminal em relação à ureia.

Alvarez Almora *et al.* (2012) também avaliaram duas dietas comparando ureia (1,6% da MS) com ureia encapsulada (1,76% da MS) em dietas para novilhos confinados. As dietas eram compostas de 60% de volumoso (feno de *Panicum virgatum* L.) na MS com o concentrado a base de milho, farelo de soja e soja grão, além dos tratamentos em questão. Os autores também avaliaram o efeito da frequência de alimentação testando uma refeição por dia contra doze refeições. Os autores verificaram que a concentração de amônia no rúmen não foi diferente entre ureia e ureia encapsulada, mas foi influenciada pela frequência de alimentação, sendo menor para os tratamentos com doze refeições (alimentação a cada duas horas) tanto no tratamento com ureia quanto ureia encapsulada. O tratamento com ureia encapsulada aumentou a concentração de propionato ($P=0,03$) e diminuiu a de acetato ($P=0,01$), reduzindo também a relação acetato:propionato ($P=0,04$) em relação à ureia. A redução da relação acetato:propionato foi mais evidente quando se fez uma refeição em relação a doze refeições. Os índices de amônia, pH, nitrogênio uréico plasmático e conteúdo ruminais não diferiram entre ureia e ureia encapsulada. Consumo, concentração nas fezes e

digestibilidade de MS, FDN corrigida, fibra em detergente ácido (FDA), celulose e PB não diferiram entre os suplementos. O consumo de matéria seca para os dois suplementos foi de 4kg/dia para animais de 256kg de peso vivo em média, representando 1,56% do peso dos animais.

Palmer *et al.* (2008) realizaram um experimento utilizando líquido ruminal fresco de ovelhas em um ensaio *in vitro* utilizando uma técnica de produção de gases comparando farelo de soja com ureia encapsulada. O farelo de soja foi triturado em peneira de 2mm e a ureia encapsulada foi utilizada sem nenhuma preparação, para não romper a estrutura da capsula. A figura 2 apresenta os resultados avaliados ao longo de 24 horas de avaliação (degradação da proteína bruta em porcentagem).



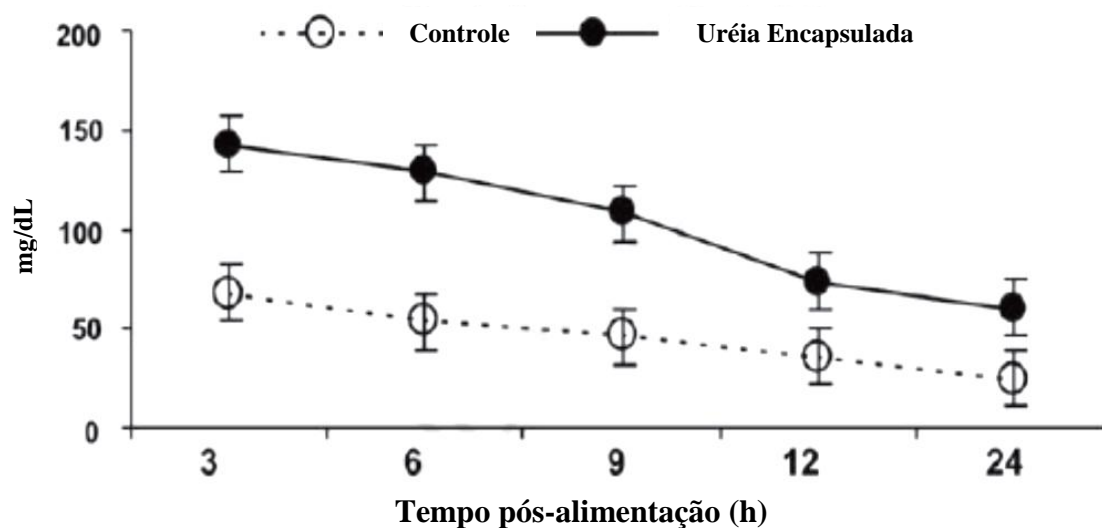
Fonte: Palmer *et al.* (2008)

Figura 2. Degradação da proteína bruta (%) em relação ao tempo (horas) para a ureia encapsulada (UEP) e o farelo de soja (FS)

Segundo Palmer *et al.* (2008), em um contexto geral, a liberação do nitrogênio foi semelhante entre os dois tratamentos (Fig. 2). O tempo “lag” de degradabilidade da ureia encapsulada (3,22 horas) foi maior que o farelo de soja (2,14 horas), enquanto a fração lenta

de liberação em relação à proteína bruta de cada produto foi de 92% para a ureia encapsulada e 65% para o farelo de soja. A fração rápida foi 31% para o farelo de soja e 8% para a ureia encapsulada.

Pinos-Rodriguez *et al.* (2010) realizaram um experimento com novilhos holandeses alimentados com duas dietas experimentais, sendo que a primeira possuía farelo de soja como fonte concentrada proteica e a outra substituiu 100% do farelo de soja por ureia encapsulada. As dietas eram isonitrogenadas, com 15,6% de volumoso (palha de aveia) na MS com fornecimento à vontade para os animais. Todas as duas dietas possuíam ureia pecuária na proporção de 0,6% da matéria seca total. As dietas foram moídas em peneira de 2mm e amostras de 5g foram obtidas para incubação *in sacco* (10 x 20 cm; poros 52+/-10µm). O desaparecimento das amostras foi analisado nos tempos 0, 3, 6, 9, 12 e 48h. No tratamento com ureia encapsulada a moagem ocorreu em toda a dieta, exceto, na ureia encapsulada para não seccionar a estrutura protetora da ureia. Nos tempos de 3, 6, 9, 12 e 24 horas foram coletadas amostras de líquido ruminal para mensuração do pH ruminal, AGV's, lactato e nitrogênio amoniacal (N-NH₃). Os autores não encontraram diferença para os parâmetros ruminais avaliados entre as duas dietas (pH, lactato e AGV's) e o consumo de matéria seca (13,15kg/dia em média – 2,7% do peso vivo). Porém, obtiveram menores valores de desaparecimento potencial da matéria seca (MS) e fibra em detergente neutro (FDN) na fração b do tratamento com ureia encapsulada em relação ao farelo de soja. Já no desaparecimento da fração a para a MS não foi observada diferença entre os tratamentos. O desaparecimento total (a + b) da MS também foi menor para o tratamento com ureia encapsulada comparada à dieta com farelo de soja. As taxas de desaparecimento foram iguais para os dois tratamentos. A concentração de N-NH₃ no rúmen foi maior para o tratamento com ureia encapsulada (Fig. 3) em relação ao farelo de soja.



Fonte: Pinos-Rodriguez *et al.* (2010)

Figura 3. Concentração de N-NH₃ de novilhos alimentados com dietas contendo ureia encapsulada ou farelo de soja como fonte de concentrado proteico (Tempo – P<0,01; tratamentos – P<0,01)

Observa-se na Fig. 3 que em todos os momentos pós-alimentação o N-NH₃ foi maior para a ureia encapsulada em relação farelo de soja e os autores propõem que este fato pode ter causado a redução nos desaparecimentos encontrados para a ureia encapsulada em relação ao farelo de soja.

Galo *et al.* (2003) realizaram um experimento com ureia encapsulada em substituição ao farelo de canola e ureia em dietas de vacas lactantes múltiparas (55 e 144 dias de lactação). As dietas eram constituídas de silagem de milho, feno de leguminosas/gramíneas e feno de alfafa como alimentos volumosos. Além disso foram utilizados como alimentos concentrados grãos de milho moídos, casca de soja, grãos de destilaria de milho, farelo de soja, farelo de glúten de milho 60% PB, farinha de peixe, farinha de sangue, trigo, além de suplementos vitamínico minerais, lisina e gordura inerte (“by-pass”). Os tratamentos eram compostos de duas dietas contendo 18% de PB na MS e uma dieta com 16% de PB na MS. As duas dietas de 18% de PB eram constituídas ou de ureia (0,3% MS) e farelo de canola (4,24% MS) como parte da proteína da dieta ou com ureia encapsulada (0,77% MS), ureia (0,13% MS) e sem

farelo de canola. A dieta com 16% de PB era constituída de ureia encapsulada (0,77% MS), ureia (0,09% MS) e sem farelo de canola, grãos de destilaria e farelo de glúten de milho.

Os autores não observaram diferença no consumo de matéria seca (23kg/dia em média) e na produção leiteira para as duas dietas de 18% de PB, mas menor consumo de matéria seca para a dieta de 16% PB em relação à dieta de 18% de PB sem uréia encapsulada, apesar de ser mais eficiente em produzir leite em relação ao consumo de proteína bruta comparado aos outros dois tratamentos (kg leite/kg PB ingeridos). Foi observada maior digestibilidade aparente total para a MS e PB para o tratamento com 18% de PB com ureia encapsulada em relação ao mesmo nível de PB sem este ingrediente, porém menor digestibilidade da FDA dos dois tratamentos contendo ureia encapsulada em relação ao tratamento sem ela. Os desaparecimentos da PB e da MS foram semelhantes entre os dois tratamentos com 18% de PB, mas o desaparecimento de PB foi menor para o tratamento com 16% de PB em relação aos demais tratamentos.

O desaparecimento do amido não foi diferente entre os tratamentos. Os autores ressaltam que houve dano à estrutura do encapsulamento da ureia e por isso as degradabilidades não foram diferentes.

Sendo assim verifica-se a necessidade de manter a estrutura do encapsulamento intacta nos ensaios *in-situ* e *in-vitro* para análise de desaparecimento dos produtos incubados (Galo *et al.*, 2003). Em geral, os experimentos que avaliaram ureia encapsulada comparada com farelos proteicos verificaram níveis semelhantes de liberação de nitrogênio no rúmen (Palmer *et al.*, 2008) mas com concentrações maiores do N-NH₃ no rúmen comparada às dietas com farelos proteicos (Pinos-Rodriguez *et al.*, 2010).

É importante citar que todos os trabalhos revisados foram com a mesma tecnologia de encapsulamento de ureia (Galo *et al.*, 2003) tendo em vista que existem muitos outros trabalhos que utilizam outras tecnologias para modular a liberação de amônia no rúmen (Owens *et al.*, 1980; Golombeski *et al.*, 2006; Huntington *et al.*, 2006; Cherdthong *et al.*, 2011).

4.3.2. A ureia encapsulada e o desempenho de bovinos de corte em confinamento

Atualmente no Brasil a maior parte dos confinamentos em atividade trabalha com sistema de engorda precoce e acelerada que deve sempre contar com uma dieta completa e

concentrada ao ponto de fornecer todos os nutrientes necessários ao crescimento e acúmulo de carcaça de forma sustentável e econômica (Lopes *et al.*, 2012).

Porém, os insumos utilizados na alimentação destes animais tem elevado os custos tornando o sistema inviável em alguns casos. Neste contexto, o farelo de soja se destaca por possuir alta demanda devido sua utilização praticamente obrigatória na alimentação dos animais monogástricos, cuja produção cresce exponencialmente a cada ano. Portanto, vê-se, na nutrição de ruminantes, a necessidade iminente de buscar alternativas de fornecimento proteico que atendam às exigências nutricionais, principalmente, dos microorganismos ruminais no intuito de produzir proteína microbiana da mesma forma que ocorre com N via farelos proteicos. Neste aspecto, os compostos NNP podem constituir uma maneira de fornecer esse N de forma econômica. A ureia encapsulada é uma alternativa que lança a chance de utilizar um NNP eficiente para substituir os farelos proteicos, inclusive o farelo de soja, nas dietas de bovinos em confinamento (Bourg *et al.*, 2012).

Diversos trabalhos foram desenvolvidos testando a inclusão da ureia encapsulada em dietas de bovinos em confinamento. Alguns deles foram realizados com o intuito de substituir o farelo de soja, tendo em vista que a ureia encapsulada demonstrou-se com liberação amoniacal semelhante aquele farelo proteico (Palmer *et al.*, 2008).

Tedeschi *et al.* (2002) utilizaram 40 animais confinados em baias individuais para um período de crescimento e terminação com peso inicial de 272 kg. Após a fase de crescimento os animais foram submetidos a uma dieta com alta proporção de grãos (Milho a 83% da MS), silagem de milho, feno e ureia ou ureia encapsulada (U₅₀, O₅₀ e U₂₅O₂₅) para atender 50% do requerimento de N ruminal ditado pelo modelo de “Cornell Net Carbohydrate and Protein System” (CNCPS) de Fox *et al.* (2000) ou 100% (U₁₀₀ e O₁₀₀), além do tratamento controle que não continha fonte concentrada proteica (C). Os animais controle obtiveram menores ganhos de peso (1,357 kg/dia) em relação ao tratamento U₁₀₀ (1,638 kg/dia), que por sua vez foi igual a O₁₀₀ (1,483 kg/dia), U₅₀ (1,449 kg/dia), O₅₀ (1,465 kg/dia) e U₂₅O₂₅ (1,382 kg/dia). O consumo de matéria seca foi igual para todos os tratamentos e a conversão alimentar acompanhou o ocorrido com o ganho de peso dos animais. Verifica-se portanto que a ureia encapsulada não exerceu efeitos nessas condições experimentais comparativas onde tanto o atendimento em 50% quanto 100% do N ruminal não exerceram influências no ganho de peso dos animais, consumo alimentar e conversão para peso vivo.

Em um outro experimento, Tedeschi *et al.* (2002) utilizaram 120 novilhos com peso inicial de 241 kg divididos em 12 baias (10 animais por baia) para proceder o crescimento e posterior terminação em regime de confinamento com alta proporção de grãos (Milho Grão Moído) na dieta (83% da MS). Os autores utilizaram somente ureia e ureia encapsulada como fonte concentrada proteica para atender as exigências do N ruminal em: 100% de ureia ($U_{100}O_0$) ou 66% de ureia e 34% de ureia encapsulada ($U_{66}O_{34}$) ou 34% de ureia e 66% de ureia encapsulada ($U_{34}O_{66}$) ou ainda 100% de ureia encapsulada. Os alimentos volumosos utilizados eram silagem de milho (6,4%) e feno (7%). Os ganhos de peso foram iguais para os tratamentos $U_{100}O_0$ (1,651 kg/dia), $U_{34}O_{66}$ (1,520 kg/dia), $U_{66}O_{34}$ (1,512 kg/dia). Porém, U_0O_{100} (1,419 kg/dia) foi inferior a $U_{100}O_0$. Neste caso, a conversão alimentar e o consumo de matéria seca foram iguais para todos os tratamentos.

Verifica-se, portanto, através dos experimentos de Tedeschi *et al.* (2002), que o atendimento de 100% ou 50% somente do N ruminal requerido (Fox *et al.*, 2000), tanto com ureia quanto uréia encapsulada não exerceu influência na performance dos animais, sugerindo que não houve vantagem neste caso em usar a ureia encapsulada nas dietas destes animais em terminação. É importante observar que as dietas destes experimentos não foram formuladas para atender as exigências totais de N dos animais, mas seguiram sim um padrão de N requerido ruminalmente ditado pelo modelo do CNCPS (Fox *et al.*, 2000). Neste caso, o consumo máximo de ureia ou ureia encapsulada ficou em aproximadamente 72 g/dia nas maiores inclusões dos ingredientes.

Bourg *et al.* (2012) realizaram um experimento em que foram utilizados 60 novilhos da raça Angus ou cruzados com a raça Nelore, recém desmamados (353 kg em média) e automaticamente transferidos para baias contendo 4 novilhos por curral, totalizando 15 currais para avaliação da performance dos animais. As dietas experimentais foram: $U_{1,2}$, Uréia a 1,2% da MS; $O_{1,3}$, Uréia Encapsulada a 1,3% da MS e $O_{3,1}$, Uréia Encapsulada a 3,1% da MS. No último tratamento, todo o farelo de algodão foi substituído por ureia encapsulada. As duas dietas que ainda possuíam farelo de algodão eram isoprotéicas (13,2% de PB) e isoenergéticas (2,58Mcal de EM/kg de MS), enquanto $O_{3,1}$ era isoenergética mas com PB de 14,8% da MS. O alimento volumoso utilizado foi a casca de algodão a 16,7% da MS. As dietas foram fornecidas à vontade dos animais. Os animais foram avaliados em três diferentes períodos (P1: 0-35 dias; P2: 0 – 70 dias; P3: 0 -105 dias). Os autores observaram que os ganhos de

peso foram iguais entre os tratamentos e períodos (P1 - $U_{1,2} = 1,19$; $O_{1,3} = 1,29$; $O_{3,1} = 1,31$ kg/dia; P2 - $U_{1,2} = 1,31$; $O_{1,3} = 1,38$; $O_{3,1} = 1,44$ kg/di; P3 - $U_{1,2} = 1,18$; $O_{1,3} = 1,23$; $O_{3,1} = 1,24$ kg/dia), assim como o consumo de matéria seca (P1 - $U_{1,2} = 7,58$; $O_{1,3} = 7,75$; $O_{3,1} = 7,49$ kg/dia; P2 - $U_{1,2} = 8,13$; $O_{1,3} = 8,17$; $O_{3,1} = 7,94$ kg/dia; P3 - $U_{1,2} = 8,24$; $O_{1,3} = 8,18$; $O_{3,1} = 7,95$ kg/dia). Porém, a conversão alimentar foi melhor para $O_{3,1}$ em relação a $U_{1,2}$ nos dois primeiros períodos ($P < 0,05$) e semelhante no período final. Já o tratamento $O_{1,3}$ foi igual aos demais tratamentos (P1 - $U_{1,2} = 7,39$; $O_{1,3} = 6,09$; $O_{3,1} = 5,76$ kgMS/kgPV; P2 - $U_{1,2} = 6,57$; $O_{1,3} = 5,97$; $O_{3,1} = 5,58$ kgMS/kgPV; P3 - $U_{1,2} = 7,14$; $O_{1,3} = 6,90$; $O_{3,1} = 6,51$ kgMS/kgPV). Portanto, observa-se que apesar dos ganhos serem iguais as conversões alimentares no início da avaliação (dois primeiros períodos) foram melhores para o tratamento que substituiu o farelo proteico por uréia encapsulada, em sua totalidade. Segundo Bourg *et al.* (2012) isso ocorreu devido à queda numérica do consumo de MS e o aumento numérico dos ganhos, neste tratamento, nos dois primeiros períodos. Verificando a dosagem de ureia encapsulada em $O_{3,1}$ e seu consumo de matéria seca, foi possível verificar um consumo de ureia encapsulada de 232 g/animal/dia no primeiro período até 246 g/animal/dia no terceiro período.

Kononoff *et al.* (2006) realizaram um experimento com 80 novilhas holandesas alojadas em currais com o sistema “Calan Gate” para crescimento programado de 0,8 kg/dia de acordo com NRC (Nutrient..., 2001). As dietas eram à base de silagem de milho, feno de capim “Timothy”, milho seco moído e concentrados proteicos que faziam variar os tratamentos: 75% de volumoso + ureia encapsulada e farelo de soja; 75% de volumoso + farelo de soja; 65% de volumoso + ureia encapsulada e farelo de soja; 65% de volumoso + farelo de soja e ureia comum. Todos os tratamentos apresentaram o mesmo ganho de peso (0,87kg/dia em média), consumo de matéria seca (5,35kg de MS/dia em média) e conversão alimentar (7,5kg de MS/kg de Peso Vivo). É importante verificar que, neste experimento, devido ao desafio proposto de ganho de peso em fêmeas destinadas a rebanhos leiteiros, o consumo, assim como a necessidade de N, não foram tão elevados ao ponto de exigir a ingestão de alta quantidade de concentrados proteicos.

No experimento de Pinos-Rodriguez *et al.* (2010), utilizando 20 novilhos, alimentados com dieta de altas proporções de grãos (80,4% da MS) e palha de aveia como volumoso (15,6% da MS), além de suplementos vitamínicos, verificaram a influência da ureia encapsulada substituindo 100% do farelo de soja sobre o desempenho dos animais, consumo

de matéria seca e conversão alimentar. Todas as dietas continham 0,6% de ureia em relação a MS total. Os resultados são ilustrados na tabela 1.

Tabela 1. Ganho diário, consumo de matéria seca e conversão alimentar de novilhos recebendo dietas com farelo de soja ou ureia encapsulada

Variáveis	Farelo de Soja	Uréia Encapsulada	EPM*
Peso Inicial, kg	328	330	27,6
Peso Final, kg	484	481	39,5
Consumo de MS, kg/dia	13,4	12,9	0,78
Ganho de Peso, kg/dia	1,9	1,8	0,15
Conversão Alimentar, kgMS/kgPV	7,0	7,1	0,98

*EPM – Erro padrão da média. Variáveis não diferiram pelo teste de F ($P>0,05$).

Fonte: Pinos-Rodriguez *et al.* (2010)

Pode-se verificar que os ganhos de peso, consumo de matéria seca e conversão alimentar foram iguais entre os tratamentos. Esses resultados, sugerem que a ureia encapsulada é capaz de substituir o farelo de soja em dietas de novilhos em confinamento.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A eficiência no aproveitamento do N em dietas de bovinos varia principalmente com o balanço de carboidratos das dietas, disponibilidade e aproveitamento do N para bactérias do rúmen, idade dos animais e qualidade da PNDR fornecida. Outro fator que interfere é o tempo de liberação do N no meio ruminal, sendo que a hidrólise lenta pode contribuir para melhorar a retenção de N pelos microorganismos do rúmen.

Os trabalhos relacionados sobre ureia encapsulada em substituição ao farelo de soja demonstram resultados semelhantes em performance, mas divergentes quanto a parâmetros ruminiais.

6. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

ABDOUN, K.; STUMPF, F.; MARTENS, H. Ammonia and urea transport across the rumen epithelium: a review. *Animal Health Research Reviews*, v. 7, p. 43-59, 2006.

ALVAREZ ALMORA, E.G.; HUNTINGTON, G.B.; BURNS, J.C. Effects of supplemental urea sources and feeding frequency on ruminal fermentation, fiber digestion, and nitrogen balance in beef steers. *Animal Feed Science and Technology*, v. 172, p. 136 – 145, 2012.

AYANTUNDE, A.A.; LEEUW, J.; TURNER, M.D.; SAID, M. Challenges of assessing the sustainability of (agro) – pastoral system. *Livestock Science*, n. 139, p. 30-43, 2011.

BARTLEY, E.E.; DEYOE, C.W. Starea as a protein replace for ruminants: a review of 10 years of research. *Feedstuffs*, Minneapolis, v.47, n. 30, p. 42-44, 1975.

BOCCHI, A.L.; OLIVEIRA, H.N.; FERRAZ, J.B.S.; ELER, J.P. Avaliação genética multiracial para ganho de peso pré-desmama em bovinos de uma população composta. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 37, n.7, p. 1207 – 1215, 2008.

BORUCKI, S.I.; PHILLIP, L.E.; LAPIERRE, H. et al. The relative merit of ruminal undegradable protein from soybean meal or soluble fiber from beet pulp to improve nitrogen utilization in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v. 91, n. 10, p. 3947 – 3957, 2008.

BOUCHER, S.E.; ORDWAY, R.S.; WHITEHOUSE, N.L. et al. Effect of incremental urea supplementation of a conventional corn silage-based diet on ruminal ammonia concentration and synthesis of microbial protein. *Journal of Dairy Science*, v. 90, n. 12, p. 5619 – 5633, 2007.

BOURG, B.M.; TEDESCHI, L.O.; WICKERSHAM, T.A.; TRICARICO, J.M. Effects of a slow-release urea product on performance, carcass characteristics, and nitrogen balance of steers fed steam-flaked corn. *Journal of Animal Science*, Disponível em: <http://jas.fass.org/content/early/2012/05/17/jas.2011-4832>. Versão on-line publicada em: 4 de junho de 2012.

CABRITA, A.R.J.; DEWHURST, R.J.; ABREU, J.M.F.; FONSECA, A.J.M. Evaluation of the effects of synchronising the availability of N and energy on rumen function and production responses of dairy cows – a review. *Animal Research*, v. 55, p. 1 – 24, 2006.

CAMPLING, R. C.; FREER, M; BALCH, C.C. Factors affecting the voluntary intake of food by cows. *British Journal of Nutrition*, n.16, p. 115-124, 1962.

CHERDTHONG, A.; WANAPAT, M.; WACHIRAPAKORN, C. Effects of urea-calcium mixture in concentrate containing high cassava chip on feed intake, rumen fermentation and performance of lactating dairy cows fed on rice straw. *Livestock Science*, v. 136, p. 76 – 84, 2011.

FIRKINS, J. L.; YU, Z.; MORRISON, M. Ruminal nitrogen metabolism: perspectives for integration of microbiology and nutrition for dairy. *Journal of Dairy Science*, v. 90, (E. Suppl.) p. E1-E16, 2007.

FORERO, O.; OWENS, F.N.; LUSBY, R.S. Evaluation of slow-release urea for winter supplementation of lactating range cows. *Journal Animal Science*, v. 50, p. 532-538, 1980.

FOX, D.G.; TYLUTKI, T.P.; TEDESCHI, L.O. et al. *The net carbohydrate and protein system for evaluating herd nutrition and nutrient excretion: Model documentation*. Mimeo. n. 213. Animal Science Dept., Cornell University, Ithaca, NY, 2000.

FROIDMONT, E.; WATHELET, B.; OGER, R. et al. Nutritional properties of potato protein concentrate compared with soybean meal as the main protein source in feed for the double-muscléd Belgian Blue bulls. *Animal Research*, v. 3, p. 200 – 208, 2009.

GALO, E.; EMANUELE, S.M.; SNIFFEN, C.J. et al. Effects of a polymer-coated urea product on nitrogen metabolism in lactating Holstein dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, v. 86, n. 6, p. 2154 – 2162, 2003.

GOLOMBESKI, G.L.; KALSCHEUR, K.F.; HIOOEN, A.R.; SCHINGOETHE, D.J. Slow-release urea and highly fermentable sugars in diets fed to lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v. 89, n. 11, p. 4395 – 4403, 2006.

GOZHO, G.N.; HOBIN, M.R.; MUTSVANGWA, T. Interaction between barley grain processing and source of supplemental dietary fat on nitrogen metabolism and urea-nitrogen recycling in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v. 91, p. 247 – 259, 2008.

GOZHO, G. N.; MUTSVANGWA, T. Influence of carbohydrate source on ruminal fermentation characteristics, performance, and microbial protein synthesis in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v. 91, n. 7, p. 2726 – 2735, 2008.

GRESSLEY, T. F.; ARMENTANO, L. E. Effects of low rúmen-degradable protein or abomasum fructan infusion on diet digestibility and urinary nitrogen excretion in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v. 90, n. 3, p. 1340 – 1353, 2007.

HUNTINGTON, G.B.; HARMON, D.L.; KRISTENSEN, N.B. et al. Effects of a slow-release urea source on absorption of ammonia and endogenous production of urea by cattle. *Animal Feed Science and Technology*, v. 130, p. 225 – 241, 2006.

KONONOFF, P.J.; HEINRICHS, A.J.; PAS; GABLER, M.T. The effects of nitrogen and forage source on feed efficiency and structural growth of prepubertal holstein heifers. *The Professional Animal Scientist*, v. 22, p. 84 – 88, 2006.

KOZLOSKI, G. V. *Bioquímica dos ruminantes*. Santa Maria: Ed. UFSM, 2002. 139 p.

LANA, R.P.; OLIVEIRA, J.S.; BORGES, A.C. et al. Efeito da monensina e lasalocida sobre a atividade de fermentação de aminoácidos in vitro pelos microorganismos ruminais. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 31, n. 2, p. 724 – 730, 2002.

LANZAS, C.; TEDESCHI, L.O; SEO, S.; FOX, D.G. Evaluation of protein fractionation systems used in formulating rations for dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, v. 90, n. 1, p. 507 – 521, 2007.

LAW, R.A.; YOUNG, F.J.; PATTERSON, D.C. et al. Effect of dietary protein content on animal production and blood metabolites of dairy cows during lactation. *Journal of Dairy Science*, v. 92, n. 3, p. 1001 – 1012, 2009.

LAZCANO, G.J.; VELEZ, M.; TRICARICO, J.M.; HEINRICHS, A.J. Short communication: nutrient utilization of fresh sugarcane-based diets with slow-release nonprotein nitrogen addition for control-fed dairy heifers. *Journal of Dairy Science*, v. 95, n. 1, p. 370 – 376, 2012.

LOEST, C.A.; TITGEMEYER, E.C.; DROUILLARD, J.S. et al. Urea and biuret as nonprotein nitrogen sources in cooked molasses blocks for steers fed prairie hay. *Animal Feed Science Technology*, v. 94, p. 115-126, 2001.

LOPES, L.S.; LADEIRA, M.M.; MACHADO NETO, O.R. et al. Características de carcaça e cortes comerciais de tourinhos Red Norte e Nelore terminados em confinamento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 41, n. 4. p. 970 – 977, 2012.

MATHISON, G.W.; SOOFI-SIAWASH, R.; WORSLEY, M. The potential of isobutyraldehyde monourea (propanal, 2-methyl-monourea) as a nonprotein nitrogen source for ruminant animals. *Canadian Journal Animal Science*, v. 74, p. 665-674, 1994.

MORAES, E.H.B.K.; PAULINO, M.F.; MORAES, K.A.K. et al. Exigências de proteína de bovinos anelados em pastejo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 39, n. 3, p. 601 – 607, 2010.

MUSCHER, A.S.; SCHRODER, B.; BREVES, G.; HUBER, K. Dietary nitrogen reduction enhances urea transport across goat rumen epithelium. *Journal of Animal Science*, v. 88, p. 3390 – 3398, 2010.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Nutrient requirements of dairy cattle. 7ª edição revisada, Washington: National Academy of Sciences, 2001, 381p.

OWENS, F.N.; LUSBY, K.S.; MIZWICKI, K.; FORERO, O. Slow ammonia release from urea: rumen and metabolism studies. *Journal of Animal Science*, v.50, n. 3, p.527-531, 1980.

PALMER, M.J.A.; WILDE, D.; FAWCETT, R.H. *A comparison of the proein degradation profile of soybean meal and a slow release nitrogen source (Optigen®) in vitro*. British Society of Animal Science. Scarborough, York, UK, 2008, 248p.

PINOS-RODRIGUEZ, J.M.; PEÑA, L.Y.; GONZALES-MUÑOZ, S.S. et al. Effects of a slow-release coated urea product on growth performance and ruminal fermentation in beef steers. *Italian Journal of Animal Science*, v. 9, e. 4, p. 16 – 19, 2010.

PRADO, I.N.; MOREIRA, F.B.; ZEOULA, L.M. et al. Degradabilidade in-situ da matéria seca, proteína bruta e fibra em detergente neutro de algumas gramíneas sob pastejo contínuo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 33, n. 5, p. 1332 – 1339, 2004.

PROKOP, M. J.; KLOPFENSTEIN. Slow ammonia release urea. *Nebraska Beef Cattle Report* No. EC. Nebraska, p. 77-218, 1977.

RAGGIO, G.; LEMOSQUET, S.; LOBLEY, G.E. et al. Effect of casein or propionate supply on mammary protein metabolism in lactating dairy cow. *Journal of Dairy Science*, v. 89, n. 11, p. 4340 – 4351, 2006.

REYNOLDS, C. K.; KRISTENSEN, N. B. Nitrogen recycling through the gut and the nitrogen economy of ruminants: An asynchronous symbiosis. *Journal of Animal Science*, v. 86, p. E293 – E305, 2008.

RIUS, A.G.; MCGILLIARD, M.L.; UMBERGER, C.A.; HANIGAN, M.D. Interactions of energy and predicted metabolizable protein in determining nitrogen efficiency in the lactating dairy cow. *Journal of Dairy Science*, v. 93, n. 5, p. 2034 – 2043, 2010.

SANTOS, F.A.P. Metabolismo de Proteínas. In: BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. de. *Nutrição de Ruminantes*. Jaboticabal: FUNEP, 2006. p. 255 – 286.

SANTOS, J.F.; DIAS JUNIO

R, G.S.; BITENCOURT, L.L. et al. Resposta de vacas leiteiras à substituição parcial de farelo de soja por ureia encapsulada. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 63, n. 2, p. 423 – 432, 2011.

TAKAGI, M.; YONETAWA, T.; HAGA, S. et al. Changes of activity and mRNA expression of urea cycle enzymes in the liver of developing Holstein calves. *Journal of Animal Science*, v. 86, p. 1526 – 1532, 2008.

TAYLOR-EDWARDS, C.C.; HIBBARD, G.; KITTS, S.E. et al. Effects of slow-release urea on ruminal digesta characteristics and growth performance in beef steers. *Journal of Animal Science*, v. 87, p. 200 – 208, 2009a.

TAYLOR-EDWARDS, C.C.; ELAM, N.A.; KITTS, S.E. et al. Influence of slow-release urea on nitrogen balance and portal-drained visceral nutrient flux in beef steers. *Journal of Animal Science*, v. 87, p. 209 – 221, 2009b.

TEDESCHI, L.O.; BAKER, M.J.; KETCHEN, D.J.; FOX, D.G. Performance of growing and finishing cattle supplemented with a slow-release urea product and urea. *Canadian Journal Science*, v. 82, p. 567 – 573, 2002.

VALINORTE, A. C.; LEME, P. R. Efeitos de OPTIGEN 1200 e BEEF-SACC sobre a digestibilidade e concentração de amônia ruminal em dietas à base de cana-de açúcar para búfalos. In: *Dossiê OPTIGEN-1200. Flexibilizando a Formulação*. Alltech do Brasil, p.17-18, 2006.

VALKENERS, D.; THÉWIS, A.; PIRON, F.; BECKERS, Y. Effect of imbalance between energy and nitrogen supplies on microbial protein synthesis and nitrogen metabolism in growing double-muscled Belgian Blue bulls. *Journal of Animal Science*, n. 82, p. 1818 – 1825, 2004.

VANDER POL, M.; HRISTOV, A.N.; ZAMAN, S.; DELANO, N. Peas can replace soybean meal and corn grain in dairy cow diets. *Journal of Dairy Science*, v. 91, n. 2, p. 698 – 703, 2008.

ZANTON, G. I.; HEINRICHS, A. J. Digestion and nitrogen utilization in dairy heifers limited a low or high forage ration at four levels of nitrogen intake. *Journal of Dairy Science*, v. 92, n. 5, p. 2078 – 2094, 2009.

CAPÍTULO 2

SUBSTITUIÇÃO DO FARELO DE SOJA POR UREIA ENCAPSULADA EM DIETAS DE BOVINOS DE CORTE EM CONFINAMENTO: DESEMPENHO ANIMAL

1. INTRODUÇÃO

Os bovinos são animais ruminantes com alto potencial produtivo alicerçado em três pilares produtivos: aspectos sanitários, genéticos e nutricionais. Dentre os três este último representa um dos pontos mais desafiadores e intrigantes nos diversos setores da produção bovina.

A fim de atingirem produções máximas, os bovinos necessitam suprir suas exigências nutricionais em proteínas, energia, minerais e vitaminas. Destes, a proteína constitui um dos elementos mais limitantes e pode tornar o sistema produtivo viável (Brito *et al.*, 2007). A proteína também se destaca por suas baixas concentrações nos alimentos volumosos oferecidos aos animais no período seco do ano (Lanzas *et al.*, 2007).

A nutrição dos bovinos é quase que exclusivamente dependente de uma atividade microbiana constante no ambiente ruminal. Os microorganismos, principalmente bactérias, são capazes de aproveitar componentes nitrogenados de naturezas variadas para sintetizarem suas próprias proteínas. Estas são chamadas de proteínas microbianas e normalmente possuem alta qualidade devido a sua composição aminoacídica. Todavia, a eficiência no uso do nitrogênio, não só no rúmen, mas em todo o metabolismo animal, tem sido bastante estudada ao longo dos anos devido, principalmente, à influência que esse nutriente causa no sucesso de dietas para as diversas categorias de bovinos (Hall e Huntington, 2008).

Em consequência do exposto, o uso de fontes alternativas de proteína na alimentação animal tem se tornado cada vez mais importante, uma vez que os alimentos proteicos convencionais, na forma de grãos das oleaginosas e seus respectivos farelos, são concorrentes com a alimentação humana e, conseqüentemente, possuem preços cada vez mais elevados. Dessa forma, cresce o interesse pela utilização de fontes nitrogenadas não proteicas (NNP) na suplementação alimentar de ruminantes representando uma alternativa no preenchimento das

exigências em proteína, ao mesmo tempo em que reduz o custo deste nutriente na alimentação dos animais (Valkeners *et al.*, 2004).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da substituição do farelo de soja por ureia encapsulada em dois níveis (22 e 61% da sua proteína bruta) sobre os parâmetros de ganho de peso, desempenho, rendimento de carcaça, consumo, eficiência e conversão alimentar.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Local e período experimental

O experimento foi realizado na Estância da Associação Brasileira dos Criadores de Zebu (ABCZ) durante o período de julho a novembro de 2011. O mês de julho foi destinado à adaptação dos animais ao ambiente e às dietas. Foram utilizados 14 dias de adaptação nos quais a dieta teve os percentuais de concentrado aumentados gradativamente em quatro fases distintas: do 1º ao 3º dia era fornecido $\frac{1}{4}$ da quantidade de ração concentrada total que deveria ser fornecida e a matéria seca da silagem complementava o restante da matéria seca exigida; do 4º ao 6º dia era fornecida a metade da ração concentrada e a silagem complementava a matéria seca exigida; do 7º ao 9º dia era fornecido $\frac{3}{4}$ da quantidade total de ração concentrada exigida com a silagem complementando o restante da matéria seca; e do 10º dia em diante era fornecida toda a quantidade de ração concentrada exigida além da silagem na proporção calculada. Ao final de 10 dias a quantidade de concentrado fornecido já condizia com o total recomendado e então foram dispostos mais quatro dias para os animais se habituarem ao manejo alimentar.

Após a adaptação, os bovinos foram submetidos às diferentes avaliações durante todo o período do confinamento, totalizando 98 dias do início da adaptação ao abate.

2.2. Animais e instalações

Foram utilizados 30 bovinos de corte, machos inteiros da raça Nelore, pesando em média 345kg no início do experimento. A idade média dos animais era de 18 meses, caracterizando um sistema de engorda precoce na raça utilizada. O confinamento objetivou

um ganho de peso vivo elevado (1,5kg/dia) para abate em três meses, ou seja, idade ao abate de 21 meses. Cada tratamento dispôs de 10 animais em avaliação.

Os bovinos foram alojados em baias individuais contendo bebedouros e comedouros independentes, para permitir a determinação do consumo voluntário de cada animal em estudo, sendo utilizadas, portanto, 30 baias individuais, as quais eram cobertas, dispostas em linhas de corredores, comuns para trânsito da mão de obra e dos próprios animais, quando houvesse necessidade. As medidas das baias era de 4m x 5m, dispondo, portanto, de uma área de 20m², o que permitia plena circulação do animal e desenvolvimento de hábitos comuns em confinamento em seu tempo de ócio.

Ao iniciar o período de adaptação dos animais foi observado que um deles não conseguiu se habituar com o manejo do confinamento, sendo que o mesmo não acessava o cocho adequadamente para se alimentar. Durante os 14 dias esse comportamento se manteve e assim o mesmo foi retirado do experimento.

2.3. Dietas experimentais

Foram avaliadas três dietas experimentais contendo ureia encapsulada em diferentes níveis de substituição ao farelo soja, conforme a seguir:

- CON: Volumoso + concentrado sem ureia encapsulada;
- UEP1: Volumoso + concentrado com ureia encapsulada em 22% de substituição da proteína bruta do farelo de soja;
- UEP2: Volumoso + concentrado com ureia encapsulada em 61% de substituição da proteína bruta do farelo de soja;

As dietas foram balanceadas de acordo com recomendações do NRC (Nutrient..., 1996), sendo as mesmas isoproteicas e isoenergéticas. O concentrado foi misturado com Silagem de Milho na proporção de 29% de Silagem para 71% de Concentrado na Matéria Seca (MS). A composição da dieta está descrita na tabela 2.

O concentrado foi triturado e preparado nas instalações da indústria Agrogado Nutrição Animal Ltda, sediada no município de Uberaba, onde os alimentos foram adquiridos, sendo que os custos já incluíam o valor para trituração do milho e mistura dos demais ingredientes.

Tabela 2. Composição das dietas experimentais em matéria natural (MN) e seca (MS)

Ingredientes	COM		UEP1		UEP2	
	MN (%)	MS (%)	MN (%)	MS (%)	MN (%)	MS (%)
Silagem de Milho	55,3	29,2	55,2	29,1	55,1	29,0
Milho Integral Moído	37,4	59,2	38,7	61,2	40,8	64,4
Farelo de Soja	5,7	9,0	4,3	6,8	2,0	3,2
Ureia	0,5	0,8	0,5	0,8	0,5	0,8
Ureia Encapsulada	-	-	0,2	0,3	0,5	0,8
Núcleo Comercial*	1,1	1,8	1,1	1,8	1,1	1,8

*Níveis de garantia: Cálcio (Máx.) 220g/kg, Cálcio (Mín.) 210g/kg, Sódio (Mín.) 74g/kg, Potássio (Mín.) 44g/kg, Enxofre (Mín.) 11g/kg, Cobre (Mín.) 500mg/kg, Manganês (Mín.) 310mg/kg, Zinco (Mín.) 3600mg/kg, Cobalto (Mín.) 50mg/kg, Iodo (Mín.) 63mg/kg, Selênio (Mín.) 16mg/kg, Vitamina A (Mín.) 250000UI/kg, Vitamina D3 (Mín.) 50000UI/kg, Vitamina E (Mín.) 1200mg/kg, Virginiamicina (Mín.) 750mg/kg, *Saccharomyces cerevisiae* (Mín.) 125 x 10⁶ UFC/kg. CON: Volumoso + concentrado sem ureia encapsulada; UEP1: Volumoso + concentrado com ureia encapsulada em 22% de substituição da proteína bruta do farelo de soja; UEP2: Volumoso + concentrado com ureia encapsulada em 61% de substituição da proteína bruta do farelo de soja

A composição químico-nutricional da dieta está descrita na tabela 3.

Tabela 3. Composição químico-nutricional das diferentes dietas em experimentação, na base da matéria seca

Nutrientes	CON	UEP1	UEP2
	%		
Proteína Bruta	13,60	13,57	13,51
NDT*	77,60	77,40	77,08
Cálcio	0,60	0,58	0,57
Fósforo	0,30	0,29	0,28
NNP**	0,38	0,47	0,60

*NDT - Nutrientes Digestíveis Totais. Estimado para a formulação pelo software Windiet. **NNP - Nitrogênio Não Proteico. CON: Volumoso + concentrado sem ureia encapsulada; UEP1: Volumoso + concentrado com ureia encapsulada em 22% de substituição da proteína bruta do farelo de soja; UEP2: Volumoso + concentrado com ureia encapsulada em 61% de substituição da proteína bruta do farelo de soja

Pode-se observar na tabela 3 que as dietas apresentaram semelhantes proporções de proteína bruta, NDT, Cálcio e Fósforo, apenas variando as concentrações de NNP devido à inclusão de ureia encapsulada.

2.4. Coleta de dados

Os animais foram pesados logo após a adaptação de 14 dias e em intervalos de 21 dias até o abate. A pesagem ocorria sistematicamente às 8 horas da manhã, antes da primeira alimentação do dia, obedecendo a um jejum alimentar de 12 horas, a fim de tentar eliminar o efeito do enchimento ruminal que pode interferir na determinação do peso dos animais.

O consumo dos alimentos foi determinado diariamente. As frações volumosas e concentradas foram pesadas separadamente e depois misturadas compondo a dieta total.

Foram realizados dois tratos por dia (8h e 15h). Após 24 horas as sobras foram mensuradas para determinação do consumo voluntário de alimento. A eficiência alimentar foi obtida pela relação entre o ganho de peso e a média da quantidade ingerida de matéria seca dos alimentos mensurados no mesmo período experimental.

As amostras dos alimentos fornecidos e das sobras foram pré-secas em estufa de ventilação forçada a 55°C por 72 horas e moídas em moinho com peneira de 1mm.

Os animais foram abatidos ao final do experimento e suas carcaças avaliadas quanto aos parâmetros de rendimento de carcaças e peso das carcaças quentes.

2.5. Análise estatística

O delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso sendo que estes classificavam os animais pelos seus pesos iniciais, permitindo isolar uma variável muito frequente que pode afetar os ganhos de peso e consumo alimentar. Cada animal, portanto, representava uma parcela experimental, com cinco repetições para cada dois blocos.

As variáveis de ganho médio diário e consumo de matéria seca (kg ou % do peso vivo), foram analisadas nas diferentes fases de pesagens por medidas repetidas do SAS no procedimento MIXED (SAS, 1998). A estrutura de covariância utilizada foi aquela com maior valor para critério de informação de Akaike, considerando a estrutura autoregressiva de ordem 1 – AR (1), As médias foram calculadas pelo mesmo procedimento e comparadas por contraste em teste de F. O nível de significância adotado foi $P < 0,10$.

O esquema de análise de variância utilizado foi (Tab.4):

Tabela 4. Análise de variância

Fontes de variação	Graus de liberdade
Total	29
Tratamentos (Trat.)	2
Blocos	1
Erro a	26
Subparcela	3
Amostragem X Trat.	6
Erro b	84
Total	119

O modelo matemático estatístico usado foi:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + B_j + S_k + E_{ijk} \text{ onde:}$$

Y_{ijk} é o valor observado do tratamento i

μ é uma constante associada a todas as observações

T_i é o efeito do tratamento i , com $i = 1,2,3$;

B_j é o efeito do bloco j , com $j = 1,2$;

S_k é o efeito de período de pesagem k , com $k = 1,2,3,4$;

E_{ijk} é o erro experimental associado a Y_{ijk} que, por hipótese, tem distribuição normal de média zero.

As demais variáveis foram analisadas pelo procedimento GLM do programa estatístico SAS (Statistical Analysis System). As médias analisadas neste procedimento foram comparadas pelo teste SNK (SAS, 1998). O nível de significância adotado foi $P < 0,05$.

Neste caso o esquema de análise de variância utilizada foi (Tab. 5):

Tabela 5. Análise de variância

Fontes de variação	Graus de liberdade
Total	29
Blocos	1
Tratamentos (Trat.)	2
Erro	26

O modelo matemático estatístico usado foi:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + E_{ij} \text{ onde:}$$

Y_{ij} é o valor observado do tratamento i

μ é uma constante associada a todas as observações

T_i é o efeito do tratamento i , com $i = 1,2,3$;

B_j é o efeito do bloco j , com $j = 1,2$;

E_{ij} é o erro experimental associado a Y_{ij} que, por hipótese, tem distribuição normal de média zero.

2.6. Análises laboratoriais

Os alimentos foram identificados e acondicionados em freezer a -20°C . A preparação das amostras para análises foi realizada após o descongelamento, seguido de secagem em estufa de ventilação forçada a 55°C por 72 h. O material pré-seco foi moído a dois mm e representado por amostra composta. A amostra composta foi realizada no próprio laboratório em bancada limpa forrada com plástico isento de qualquer resíduo contaminante. Ao final do processo foram identificadas três amostras de concentrados: uma amostra de silagem, amostra do milho, farelo de soja, ureia e ureia encapsulada utilizados para confeccionar as dietas.

Para as análises laboratoriais as amostras compostas foram moídas em moinho tipo Wiley com peneira de malha de 1mm. Foram analisadas as porcentagens de MS a 105°C , matéria mineral (MM), e Extrato Etéreo (EE), segundo recomendações de Silva e Queiroz (2002). Os teores de fibra em detergente neutro (FDN) foram determinados pelo método proposto por Van Soest *et al.* (1991). O teor de proteína bruta (PB) foi determinado pelo método de Kjeldhal. O nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) foi determinado

utilizando-se os resíduos da FDN, respectivamente, repetindo-se o processo de determinação da PB, segundo recomendações de Silva e Queiroz (2002).

A composição química obtida a partir das análises está representada na Tabela 6.

Tabela 6. Composição bromatológica dos alimentos utilizados para compor as dietas experimentais

Ingredientes	MS	PB	MM	EE	FDNcp
Silagem de Milho	23,3	8,4	6,6	2,3	58,2
Concentrado UEP1	87,9	18,1	4,6	3,9	11,3
Concentrado UEP2	89,0	19,1	3,6	3,9	11,6
Concentrado COM	88,7	19,3	3,7	3,4	11,4
Farelo de Soja	88,1	45,3	6,3	1,5	12,2
Milho Grão Moído	86,2	8,5	1,6	3,8	9,4
Ureia	85,2	280,1	-	-	-
Ureia Encapsulada	90,1	255,7	-	-	-

MS – Matéria seca. PB – Proteína bruta. MM – Matéria mineral. EE – Extrato Etéreo. FDNcp – Fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína bruta. CON: Volumoso + concentrado sem ureia encapsulada; UEP1: Volumoso + concentrado com ureia encapsulada em 22% de substituição da proteína bruta do farelo de soja; UEP2: Volumoso + concentrado com ureia encapsulada em 61% de substituição da proteína bruta do farelo de soja

Pode-se verificar através da Tabela 6, que os concentrados que constituíam os tratamentos eram isoprotéicos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na tabela 7 podem ser observados os consumos de matéria seca (kg/dia), em % do Peso Vivo (PV), eficiência alimentar (kgPV ganho/kgMS consumida), conversão alimentar (kgMS consumida/kgPV ganho) e ganho de peso vivo (kg/dia) para cada um dos tratamentos em toda a fase experimental, pós-adaptação.

Tabela 7. Consumo de matéria seca (kg/dia), consumo em % do PV, ganho de peso vivo (kg/dia) e eficiência alimentar (kgPV ganho/kgMS consumida) para as diferentes dietas experimentais analisadas

Variáveis	Tratamentos			EPM* –	EPM – CON
	UEP1	UEP2	CON	UEP1	e UEP2
CMS** (kg/dia)	10,7	10,3	10,3	0,257	0,244
CMS (%PV)	2,4	2,4	2,4	0,045	0,042
GMD*** (kg/dia)	2,115	1,983	1,892	0,067	0,063
EA**** (kg PV/kg MS)	0,202	0,199	0,185	0,006	0,006

*EPM – Erro Padrão da Média para os diferentes tratamentos. **CMS – Consumo médio diário. ***GMD – Ganho Médio Diário (0 – 84d). ****EA – Eficiência Alimentar. Contrastes CMS (kg/dia). UEP1 vs. CON – P=0,364. UEP1 vs. UEP2 – P=0,355. UEP2 vs. CON – P=0,985. Contrastes CMS (%PV). UEP1 vs. CON – P=0,615. UEP1 vs. UEP2 – P=0,636. UEP2 vs. CON – P=0,976. EA (kg PV/kg MS). UEP1 vs. CON – P=0,051. UEP1 vs. UEP2 – P=0,772. UEP2 vs. CON – P=0,083. Contrastes CA (kg MS/kg PV). UEP1 vs. CON – P=0,188. UEP1 vs. UEP2 – P=0,642. UEP2 vs. CON – P=0,373. Contrastes GMD (kg PV/dia). UEP1 vs. CON – P=0,023. UEP1 vs. UEP2 – P=0,164. UEP2 vs. CON – P=0,316. CON: Volumoso + concentrado sem ureia encapsulada; UEP1: Volumoso + concentrado com ureia encapsulada em 22% de substituição da proteína bruta do farelo de soja; UEP2: Volumoso + concentrado com ureia encapsulada em 61% de substituição da proteína bruta do farelo de soja

Pode-se observar na tabela 7 que nenhum dos dados de consumo foram diferentes entre os tratamentos ($P > 0,10$). Resultados similares têm sido encontrados na maior parte dos experimentos com ureia encapsulada em confinamentos (Tedeschi *et al.*, 2002; Kononoff *et al.*, 2006; Taylor-Edwards *et al.*, 2009a; Wahrmund e Hersom, 2009; Pinos-Rodriguez *et al.*, 2010; Alvarez Almora *et al.*, 2012; Bourg *et al.*, 2012). Apenas Wahrmund *et al.* (2007) encontrou aumento no consumo de matéria seca, da quarta à oitava semana de experimento, quando utilizou uréia encapsulada com o intuito de elevar a proteína degradável no rúmen de vacas cruzadas $\frac{1}{2}$ Brahman que estavam deficientes neste elemento. Segundo Mykolayunas-Sandroch *et al.* (2009) a falta de nitrogênio disponível para os microorganismos do rúmen realizarem suas atividades metabólicas reduz seu crescimento e conseqüentemente a capacidade de degradação da matéria seca, isso pode levar à redução de consumo de matéria principalmente quando o volumoso utilizado for de baixa digestibilidade, aumentando o tempo para esvaziamento no rúmen.

Nos experimentos em que a ureia encapsulada foi utilizada (Tedeschi *et al.*, 2002; Kononoff *et al.*, 2006; Taylor-Edwards *et al.*, 2009a; Wahrmund e Hersom 2009; Pinos-Rodriguez *et al.*, 2010; Alvarez Almora *et al.*, 2012; Bourg *et al.*, 2012) não ocorreu deficiência de proteína degradável no rúmen, portanto a tendência era que o crescimento microbiano não fosse afetado e por isso o consumo também não sofresse alteração, assim como foi observado neste experimento. Como a inclusão de ureia encapsulada, principalmente quando substitui farelos proteicos, objetiva elevar o nitrogênio degradável no rúmen e, portanto, acrescentar substratos para o crescimento microbiano, a tendência era que o consumo permanecesse inalterado.

Um outro fator que pode interferir, depreciando o consumo de matéria, é a concentração de amônia no sangue. Isso pode ocorrer quando a inclusão de um composto nitrogenado não proteico é realizada de forma demasiada ou quando sua utilização pelos microorganismos está ineficiente e o excesso de amônia, produzida na hidrólise da ureia no rúmen, não é aproveitada pela microbiota ruminal. Essa amônia é absorvida pelo epitélio do rúmen seguindo para circulação venosa portal, acessa o fígado e participa do ciclo da ureia. A síntese de ureia no fígado requer remoção de α -amino nitrogênios e carbono do catabolismo de aminoácidos disponibilizado pelo metabolismo oxidativo do fígado. Assim como o propionato, os aminoácidos também podem servir de combustível para o metabolismo oxidativo do fígado. Isso resulta em aumento na produção de Adenosina Trifosfato (ATP) no fígado, ocorrendo redução na hiperpolarização das membranas dos hepatócios, o que reduz a ativação dos nervos aferentes vago-hepáticos, inibindo o centro da fome no hipotálamo (Allen *et al.*, 2009). Em experimentos em que o consumo de ureia foi alto e a concentração de amônia no sangue indicava uma ineficiência de uso dos compostos nitrogenados, ocorreu depreciação do consumo de matéria seca (Mendonça *et al.*, 2004).

Em trabalhos com ingestões ou infusões de nitrogênio não proteico (NNP) através da ureia encapsulada em comparação à ureia, realizado por Taylor-Edwards *et al.* (2009b), em bovinos de corte confinados, pode-se verificar redução na concentração de amônia e ureia no sistema portal e hepático, indicando uma menor atividade oxidativa. Porém, o consumo não foi alterado por nenhum dos tratamentos. Possivelmente, neste caso, como o consumo de matéria seca foi baixo (6kg/vaca/dia) a ingestão das fontes NNP também foi baixa (95g/vaca/dia) deixando de interferir no consumo.

Santos *et al.* (2011) utilizando ureia encapsulada, ureia ou farelo de soja para compor dietas de vacas em lactação observaram redução no consumo quando se utilizaram as duas fontes de NNP, o que foi acompanhado por elevação na concentração de ureia no plasma sanguíneo nas primeiras duas horas após a alimentação para o tratamento contendo ureia comum. Neste caso a ingestão de matéria seca foi de 22kg/vaca/dia, levando a um consumo de 132g de ureia encapsulada, ou seja, um aumento de 39% na ingestão da fonte em relação ao demonstrado por Taylor-Edwards *et al.* (2009a). Esse efeito de redução no consumo não afetou a produção de leite no experimento de Santos *et al.* (2011), o que fez melhorar a eficiência alimentar.

No presente experimento o maior consumo de fontes de NNP foi de 80g de ureia encapsulada combinada com 80g de ureia comum em UEP2, ou seja, parte do nitrogênio possuía menor potencial de degradação enquanto que a outra metade possuía alto potencial de degradação. Como em nenhum tratamento houve redução no consumo de matéria seca, sugere-se que o uso combinado das fontes pode ser uma forma de aumentar o uso de fontes NNP em dietas de bovinos de corte em confinamento sem interferir no consumo de matéria seca.

O ganho médio diário e a eficiência alimentar foram superiores no tratamento UEP1 em relação ao CON ($P=0,051$), não diferindo de UEP2 ($P>0,10$). Os demais tratamentos não diferiram entre si ($P>0,10$). O maior ganho de peso observado neste experimento para a inclusão de ureia encapsulada substituindo farelo de soja discorda dos experimentos que também usaram esta fonte NNP para substituir este farelo proteico e não observaram mudança nos ganhos (Pinos-Rodriguez *et al.*, 2010; Bourg *et al.*, 2012). Estes autores entram em concordância o resultado observado em UEP2 onde a inclusão de ureia encapsulada foi mais alta que UEP1. Para Pinos-Rodriguez *et al.* (2010) o consumo de MS foi de 12,9kg/dia, indicando ingestão de 142g de ureia encapsulada por animal ao dia. Além disso, havia também ingestão de 77g de ureia comum como fonte de NNP. No experimento de Bourg *et al.* (2012) a ingestão de MS foi menor (8kg/dia) com um consumo de 248g de ureia encapsulada por dia. Ou seja, comparados com o presente experimento (o qual o maior consumo foi de 80g de ureia encapsulada mais 80g de ureia, e ainda, em UEP1 com consumo de 86g de ureia comum mais 32g de ureia encapsulada) os consumos de fontes NNP foram

muito superiores. Aliás, foram mais semelhantes ao tratamento UEP2, que obteve resultado igual ao tratamento sem ureia encapsulada.

O intuito dos experimentos que substituem ureia encapsulada por farelo de soja é de remover toda a fonte proteica do concentrado, o que não foi o caso no presente experimento. Bourg *et al.* (2012) demonstraram que utilizando um consumo de até 96g de ureia comum para substituir farelos proteicos, também se obtinham resultados iguais aqueles utilizando ureia encapsulada na mesma quantidade ou a 248g/dia. Tedeschi *et al.* (2002) testaram o uso combinado de ureia e ureia encapsulada, em vários níveis, na terminação de novilhos confinados, mas não observaram interferência da fonte de nitrogênio na performance dos animais. Neste caso, o consumo de fonte nitrogenada não proteica foi de no máximo 77g/dia, assemelhando-se ao consumo basal de ureia comum do presente experimento (80g/dia em média). Além disso, Tedeschi *et al.* (2002) não utilizaram farelos proteicos combinados com as fontes NNP em estudo.

Segundo Firkins *et al.* (2007) o nitrogênio amoniacal (amplamente disponível nas fontes NNP) constitui um importante, e em alguns casos (bactérias fibrolíticas) essencial, nutriente para suprir parcialmente o aporte nutricional necessário para o crescimento e proliferação populacional das bactérias ruminais. Porém, mesmo assim, existem ainda exigências aminoácidas que se respeitadas podem ampliar ainda mais a resposta microbiana no rúmen, o que pode ser refletido no desempenho dos animais. Wang *et al.* (2010) citam que a presença dos aminoácidos é importante pois os mesmos podem participar em vários aspectos da atividade microbiana, direta ou indiretamente. Os mesmos podem ser utilizados na gliconeogênese, ou até mesmo utilizados como fonte de energia. Segundo Agle *et al.* (2010) aminoácidos e peptídeos também exercem efeitos específicos na síntese de proteína microbiana no rúmen. Aminoácidos de cadeia ramificada (valina, leucina e isoleucina), quando fermentados no rúmen, produzem ácidos graxos voláteis de cadeia ramificada (isobutirato, isovalerato e 2-metilbutirato) que são nutrientes essenciais ao crescimento de bactérias fibrolíticas (Reynolds e Kristensen, 2008). Portanto, a presença do farelo proteico em dietas de bovinos em confinamento pode ser limitante para se obter o máximo desempenho.

O conceito de “sincronização” da disponibilidade de N com o fornecimento de energia, apesar de simbólico, pode constituir uma quebra de paradigma na nutrição de

ruminantes. Segundo Cabrita *et al.* (2006) uma das formas de se maximizar a utilização energética dos microorganismos é controlando a liberação de N no rúmen. Dietas que utilizem várias fontes com diferentes padrões de liberação de N podem auxiliar para que a sincronia N:energia se aproxime ao máximo da exigência microbiana daquela população em atividade no rúmen. Segundo Palmer *et al.* (2008) um dos fatores limitantes da utilização da ureia encapsulada é que ela apresenta um tempo “lag” de utilização maior que o farelo de soja e a ureia. Sendo assim, sua utilização como única fonte proteica pode deixar deficiente o meio ruminal em questão em alguns momentos da fermentação.

Se os padrões de liberação do N forem diversificados, a chance de aproveitamento será maior e os animais poderão responder de forma mais ativa no desempenho. Pinos-Rodriguez *et al.* (2010) demonstraram que a liberação de amônia que ureia encapsulada provocava no meio ruminal gerava uma concentração amoniacal no rúmen, em um primeiro momento que era o dobro daquela conseguida com o farelo de soja. Por um lado isso pode aumentar a chance de perda do N para a via portal hepática, mas por outro, e principalmente se o ambiente ruminal estiver ligeiramente ácido, pode tornar mais disponível à fonte de N por mais tempo no rúmen, melhorando a resposta microbiana. Neste caso, como a taxa de passagem dos alimentos normalmente é alta devido às altas proporções de grãos, talvez a permanência de microorganismos no rúmen não se reflita em maior degradabilidade do alimento, ou até mesmo digestibilidade aparente, mas ocasione um maior fluxo de aminoácidos microbianos para o duodeno o que pode elevar o ganho de peso (Brito e Broderick, 2007).

O maior desempenho dos animais no tratamento UEP1 culminou na maior eficiência alimentar, tendo em vista que o consumo foi igual para todos os tratamentos. Bourg *et al.* (2012) também observaram melhora na conversão alimentar ($P < 0,05$) quando se elevou o uso de ureia encapsulada para 3,1% da MS em relação à dieta com ureia comum a 1,2% da MS, em uma dieta de altas proporções de alimentos concentrados, 83,3% da MS para bovinos de corte em confinamento, nos primeiros dois períodos do confinamento (0 a 35 e 0 a 70 dias). Estes autores também observaram tendência de melhora ($P < 0,10$) na conversão quando a ureia encapsulada substituiu a ureia comum no mesmo nível NNP (1,3% de ureia encapsulada). Porém, Tedeschi *et al.* (2002) e Pinos-Rodriguez *et al.* (2010) não observaram esta mesma resposta.

No caso do experimento realizado por Bourg *et al.* (2012) a fonte básica de carboidratos da dieta era milho floculado. Segundo Cabrita *et al.* (2006) a presença de um carboidrato de disponibilidade elevada e gradual no rumen pode contribuir para um melhor efeito das fontes nitrogenadas não proteicas. Reynolds e Kristensen (2008) citam que o amido apresenta, dentre os outros carboidratos (sacarose, hemicelulose, celulose e pectinas), o melhor padrão de liberação de energia para o aproveitamento microbiano. Os tratamentos térmico e físico aumentam sua disponibilidade para a atividade microbiana tornando uma fonte extremamente adequada para fornecer energia e cadeias de carbono para a síntese proteica. Além disso, sua maior degradabilidade reduz o pH ruminal o pode contribuir ainda mais com a utilização de N eficiente pelos microorganismos. Segundo Hall e Huntington (2008), o baixo pH reduz a atividade da enzima urease, que hidrolisa a ureia em amônia, contribuindo para diminuir a taxa de liberação de N no rúmen. Além disso, o pH ligeiramente baixo (6 a 6,5) protoniza a molécula de amônia (NH₃), que permanece como íon amônio (NH₄⁺), menos permeável ao epitélio ruminal (Firkins *et al.*, 2007).

Portanto, vários são os aspectos que podem contribuir para melhorar o desempenho animal e quanto mais fatores forem atendidos para melhorar o metabolismo do N e da energia no rúmen, melhor será a resposta do ruminante. Além disso, é possível observar que em experimentos (Sgoifo Rossi *et al.*, 2012) em que a ureia encapsulada substituiu farelos proteicos e associou-se à ureia em menores quantidades, aparentemente ocorreu maior resposta.

O acompanhamento dos ganhos em peso vivo (kg/dia) dos animais a cada 21 dias permitiu avaliar o desenvolvimento do desempenho que é apresentado na tabela 8.

Pode-se verificar na tabela 8 que o primeiro período (GMD1) de avaliação UEP1 (2,616kg/dia) apresentou maior ganho de peso (P<0,10) comparado a CON (2,190kg/dia) que por sua vez não diferiu de UEP2 (2,471kg/dia). O tratamento UEP1 não diferiu de UEP2 (P>0,10). Nos próximos dois períodos de avaliação (GMD2 e GMD3) os tratamentos apresentaram a mesma resposta de ganho de peso e no último período (GMD4) o tratamento UEP1 (1,867kg/dia) novamente apresentou maior desempenho (P<0,10) comparado a CON (1,395kg/dia). O tratamento UEP2 (1,548kg/dia) não diferiu de nenhum dos dois outros tratamentos (UEP1 e CON). É possível verificar que na análise de crescimento do animal o balanço feito na dieta UEP1 efetivamente afetou o início da engorda dos animais e conseguiu

manter os ganhos no final, considerada fase de acabamento (alta deposição de gordura) por Bourg *et al.* (2012).

Tabela 8. Ganhos de pesos vivos (kg/dia) nas diferentes épocas de pesagem para as três dietas experimentais analisadas

Variáveis	Tratamentos			EPM* – UEP1	EPM – CON e UEP2
	UEP1	UEP2	COM		
GMD1** (kg/dia)	2,616	2,471	2,190	0,158	0,150
GMD2*** (kg/dia)	2,048	2,010	2,229	0,172	0,162
GMD3**** (kg/dia)	1,925	1,905	1,752	0,153	0,145
GMD4***** (kg/dia)	1,867	1,548	1,395	0,143	0,136

*EPM – Erro Padrão da Média para os diferentes tratamentos. **GMD1 – Ganho Médio Diário (0 – 21dias). ***GMD2 (22 – 42dias). ****GMD3 (43 – 63dias). *****GMD4 (64 a 84dias). Contrastes GMD1 (kg/dia). UEP1 vs. CON – P=0,059. UEP1 vs. UEP2 – P=0,495. UEP2 vs. CON – P=0,197. Contrastes GMD2 (kg/dia). UEP1 vs. CON – P=0,451. UEP1 vs. UEP2 – P=0,873. UEP2 vs. CON – P=0,350. GMD3 (kg/dia). UEP1 vs. CON – P=0,421. UEP1 vs. UEP2 – P=0,926. UEP2 vs. CON – P=0,463. Contrastes GMD4 (kg/dia). UEP1 vs. CON – P=0,025. UEP1 vs. UEP2 – P=0,118. UEP2 vs. CON – P=0,435. CON: Volumoso + concentrado sem ureia encapsulada; UEP1: Volumoso + concentrado com ureia encapsulada em 22% de substituição da proteína bruta do farelo de soja; UEP2: Volumoso + concentrado com ureia encapsulada em 61% de substituição da proteína bruta do farelo de soja

Todavia, Bourg *et al.* (2012), trabalhando com bovinos de corte em engorda encontraram resultados parcialmente diferentes, comparados aos do presente experimento, para ganhos acumulados (0-35 dias; 0-70 dias e 0-105 dias) em dois diferentes níveis de inclusão de ureia encapsulada. Em um dos níveis substituíram a ureia do tratamento controle (1,2% de ureia – U_{1,2} - na MS por 1,3% de ureia encapsulada na MS) e em um outro substituíram também o farelo proteico (farelo de algodão) da dieta, utilizando assim 3,1% de ureia encapsulada. Neste contexto, os autores não encontraram diferenças nos ganhos de pesos vivos. Sendo assim, os resultados de Bourg *et al.* (2012) concordam parcialmente com os do presente experimento. Isso porque UEP2 também não demonstrou diferença do tratamento controle, assim como encontrado por aqueles autores. Porém, UEP1 apresentou maior desempenho, o que discorda de Bourg *et al.* (2012).

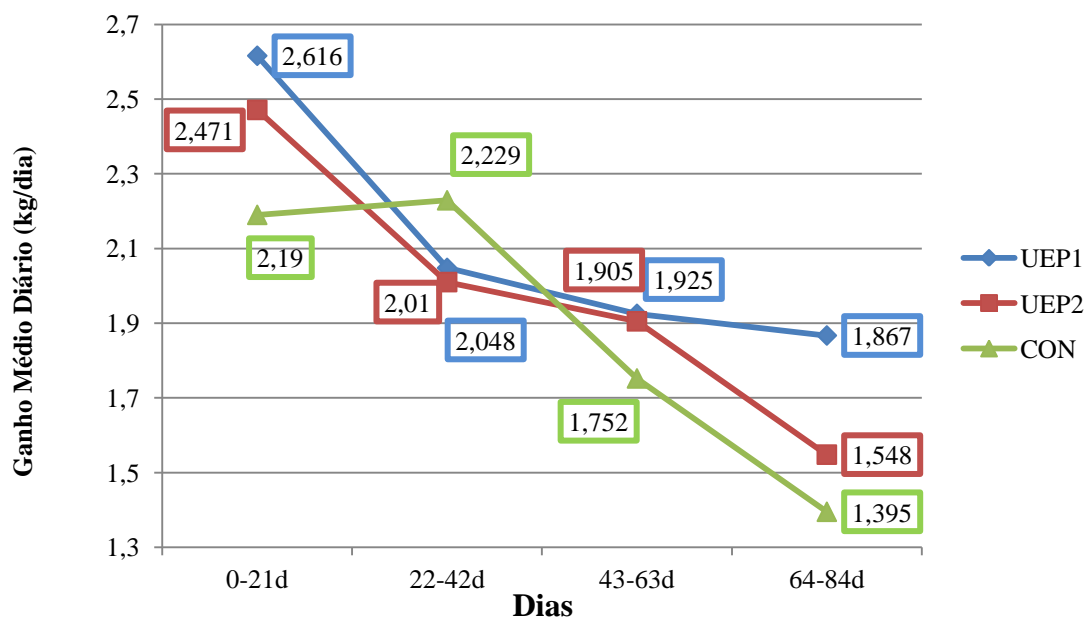
Os dados do presente experimento também discordaram parcialmente dos resultados de Wahrmund e Hersom (2009) que utilizaram grãos de destilaria de milho ou casca de soja associados à ureia encapsulada ou não, para alimentar 56 novilhos da raça Angus. Estes autores também avaliaram os ganhos de pesos em diferentes períodos (0-14 dias; 14-28 dias; 28-42 dias) e, ao contrário do presente experimento, não observaram diferenças no desempenho.

Estes resultados são importantes porque demonstram que o balanço dietético obtido em UEP1 realmente fez a diferença no desempenho quando analisado nas 3 primeiras semanas (21 dias) de avaliação e nas últimas 3 semanas de avaliação (21 dias). Nas 6 semanas intermediárias todos os tratamentos foram iguais entre si. Isso sugere que UEP1 poderia ser usado estrategicamente na engorda dos animais para promover a engorda mais acelerada durante estas duas fases de crescimento dos animais.

Os dados da Tabela 8 estão ilustrados na Figura 4 para melhor visualização. Pode-se observar na figura 4 a desaceleração de ganho com o passar do tempo do confinamento, mas a redução ocorrida no UEP1 foi menor que a do CON. Este fato contribuiu para o melhor GMD geral observado na tabela 7.

Na tabela 9 são apresentados os resultados para pesos finais e iniciais, carcaças e rendimentos de carcaça para os diferentes tratamentos em estudo.

Pode-se observar na tabela 9 que os tratamentos não diferiram entre si em nenhuma das variáveis ($P > 0,05$). No trabalho realizado por Bourg *et al.* (2012) foram feitos contrastes ortogonais para comparar os pesos iniciais e finais do experimento, e neste caso, encontraram que o peso final dos animais que receberam ureia ($U_{1,2}$) foi mais leve ($P = 0,04$) que o da ureia encapsulada ($O_{1,3}$), não diferindo de $O_{3,1}$. Portanto, a inclusão mais baixa de ureia encapsulada para Bourg *et al.* (2012) produziu animais mais pesados comparados ao tratamento em que se utilizou uréia ($U_{1,2}$). Estes resultados discordam do presente experimento que não encontrou tal diferença para peso vivo final. Tedeschi *et al.* (2002), Wahrmund *et al.* (2007), Wahrmund e Hersom *et al.* (2009) e Pinos-Rodriguez *et al.* (2010) encontraram resultados que concordam com os do presente experimento para pesos finais e iniciais após a inclusão de ureia encapsulada.



CON: Volumoso + concentrado sem ureia encapsulada; UEP1: Volumoso + concentrado com ureia encapsulada em 22% de substituição da proteína bruta do farelo de soja; UEP2: Volumoso + concentrado com ureia encapsulada em 61% de substituição da proteína bruta do farelo de soja

Figura 4. Ganhos médios diários em pesos vivos obtidos nas diferentes pesagens

Tabela 9. Pesos iniciais, finais e de carcaças dos animais e seus rendimentos de carcaças, para os tratamentos UEP1, UEP2 e CON

Variáveis	Tratamentos			CV %*
	UEP1	UEP2	CON	
PESO INICIAL (kg)	349	340	346	6,5
PESO FINAL (kg)	525	510	512	4,8
PESO CARCAÇA (kg)	291	281	284	5,7
RENDIMENTO CARCAÇA (%)	55	55	55	3,2

* Coeficiente de Variação. Análise realizada em PROC GLM do SAS ao nível de significância de 5%. CON: Volumoso + concentrado sem ureia encapsulada; UEP1: Volumoso + concentrado com ureia encapsulada em 22% de substituição da proteína bruta do farelo de soja; UEP2: Volumoso + concentrado com ureia encapsulada em 61% de substituição da proteína bruta do farelo de soja

Segundo NRC (Nutrient..., 1996) um animal de 346 kg (peso inicial médio do experimento) necessita ingerir 1,078kg (14,4% da MS) de proteína bruta (PB) e 7,07kg (94,34% da MS) de nutrientes digestíveis totais (NDT) para obter um ganho de peso de 1,8kg/dia (relação Energia:Proteína de 6,56). Já no peso vivo final médio do experimento (515kg) a necessidade de PB é de 1,248kg (12,34% da MS) e de NDT igual a 9,54kg (94,34% da MS). Ou seja, uma relação energia:proteína de 7,64. Verifica-se portanto que a dependência da proteína é maior para o início da engorda dos animais em relação ao final, sendo assim, o maior aproveitamento microbiano nesta fase poderia fazer a diferença para aumentar os ganhos, principalmente porque o consumo de proteína bruta neste experimento em média foi superior ao recomendado por NRC (Nutrient..., 1996). Segundo Valadares Filho *et al.* (2010) esta exigência é ainda maior sendo que no início do experimento seria de 17,92% de PB com um consumo de 1,412kg de PB por animal (345kg) ao dia e para o fim do experimento seria de 14,72% com um consumo de 1,522kg por animal (515kg) por dia. A exigência de NDT é de 80% para o fim do experimento (consumo de 8,272kg/dia) e início de 82,96% (consumo de 6,537kg/dia). Ou seja, para início do experimento Valadares Filho *et al.* (2010) recomendam uma relação energia:proteína de 4,63 e para o final 5,43. Como a dieta desenvolvida para este experimento estabeleceu um consumo de nutrientes baseado em pesos vivos médios e já considerou um maior consumo de PB (acima do exigido) para todos os tratamentos era de se esperar que os ganhos sobressaíssem no início do experimento e desacelerassem ao final do mesmo devido a alta exigência de energia, tendo em vista que as dietas foram calculados para obter a relação energia:proteína de 5,7, maior que a recomendada por Valadares Filho *et al.* (2010) e um pouco abaixo da recomendada por NRC (Nutrient..., 1996).

Mesmo assim, o tratamento UEP1 sobressaiu em relação ao ganho esperado, principalmente porque a desaceleração da curva de crescimento foi menor para UEP1 em relação à CON. Tedeschi *et al.* (2002) cita que a predição feita pelo modelo do CNCPS (Fox *et al.*, 2000) subestima os ganhos, sendo melhor para os animais em crescimento do que em animais de terminação.

Os resultados de rendimento de carcaça (RC) inalterados pela inclusão ureia encapsulada nas dietas estão de acordo com a maior parte dos experimentos (Tedeschi *et al.*, 2002, Pinos-Rodriguez *et al.*, 2010, Bourg *et al.*, 2012). Segundo Bourg *et al.* (2012) a

mudança no RC depende da eficiência de limpeza para remoção de couro e de vísceras, mas também da idade dos animais pois animais mais jovens possuem menos extremidades corporais, como cornos, cabeça e vísceras, que contribuem para compor um peso que não é remunerado e por isso não está incluso no peso de carcaça.

Apesar dos rendimentos de carcaça (RC) não serem diferentes entre si para UEP1, UEP2 e CON, esta variável influenciou os ganhos de carcaça e eficiência de produção de carcaça, apresentados na tabela 10.

Tabela 10. Ganhos médios diários de carcaças (kg/dia) e eficiências alimentares de carcaças (kg Carcaça/kg MS)

Variáveis	Tratamentos			CV %*
	UEP1	UEP2	CON	
GMD**				
CARC (kg/dia)	1,390	1,322	1,291	10,3
EA CARC***.				
(kg Carc./kg MS)	0,129	0,127	0,123	8,0

* Coeficiente de Variação **GMD CARC. (kg/dia) – Ganho médio diário de carcaça em kg por dia *** EA CARC. – Eficiência Alimentar em Kg de Carcaça Ganhada por dia por Kg de Matéria Seca consumida. Análise realizada em PROC GLM do SAS ao nível de significância de 5%. CON: Volumoso + concentrado sem ureia encapsulada; UEP1: Volumoso + concentrado com ureia encapsulada em 22% de substituição da proteína bruta do farelo de soja; UEP2: Volumoso + concentrado com ureia encapsulada em 61% de substituição da proteína bruta do farelo de soja

Todos os três tratamentos do presente experimento não diferiram entre si para GMD CARC e EA CARC ($P > 0,05$). Como o RC foi igual para todos os tratamentos seria previsível que as variáveis de ganho e eficiência alimentar aplicados à carcaça fossem diferentes entre si. Porém, não foram diferentes, devendo levar em consideração que houve aumento do coeficiente de variação para estas medidas calculadas em relação ao próprio RC (3,2%).

4. CONCLUSÕES

A utilização de ureia encapsulada em substituição ao farelo de soja em dietas para bovinos de corte em confinamento não altera os índices de consumo, assim como as características de carcaça. Todavia, o uso de ureia encapsulada substituindo 21% da proteína

bruta do farelo de soja é capaz de aumentar o ganho de peso dos animais e a eficiência alimentar nestas condições experimentais.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGLE, M.; HRISTON, A.N.; ZAMAN, S. et al. The effects of ruminally degraded protein on rumen fermentation and ammonia losses from manure in dairy cows, v. 93, n. 4, p. 1625 – 1637, 2010.

ALVAREZ ALMORA, E.G.; HUNTINGTON, G.B.; BURNS, J.C. Effects of supplemental urea sources and feeding frequency on ruminal fermentation, fiber digestion, and nitrogen balance in beef steers. *Animal Feed Science and Technology*, v. 172, p. 136 – 145, 2012.

BOURG, B.M.; TEDESCHI, L.O.; WICKERSHAM, T.A.; TRICARICO, J.M. Effects of a slow-release urea product on performance, carcass characteristics, and nitrogen balance of steers fed steam-flaked corn. *Journal of Animal Science*. Disponível em: <http://jas.fass.org/content/early/2012/05/17/jas.2011-4832>. Versão on-line publicada em: 4 de junho de 2012.

BRITO, A.F.; BRODERICK, G.A.; REYNAL, S.M. Effects of different protein supplements on omasal nutrient flow and microbial protein synthesis in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v. 90, n. 4, p. 1828 – 1841, 2007.

BRITO, A. F.; BRODERICK, G. A. Effects of different protein supplements on milk production and nutrient utilization in lactating dairy cows, v. 90, n. 4, p. 1816 – 1827, 2007.

CABRITA, A.R.J.; DEWHURST, R.J.; ABREU, J.M.F.; FONSECA, A.J.M. Evaluation of the effects of synchronising the availability of N and energy on rumen function and production responses of dairy cows – a review. *Animal Research*, v. 55, p. 1 – 24, 2006.

FIRKINS, J. L.; YU, Z.; MORRISON, M. Ruminant nitrogen metabolism: perspectives for integration of microbiology and nutrition for dairy. *Journal of Dairy Science*, v. 90, (E. Suppl.) p. E1-E16, 2007.

FOX, D.G.; TYLUTKI, T.P.; TEDESCHI, L.O. et al. *The net carbohydrate and protein system for evaluating herd nutrition and nutrient excretion: Model documentation*. Mimeo. n. 213. Animal Science Dept., Cornell University, Ithaca, NY, 2000.

HALL, M. B.; HUNTINGTON, G. B. Nutrient synchrony: sound in theory, elusive in practice. *Journal of Animal Science*, v. 86, p. E287 – E292, 2008.

KONONOFF, P.J.; HEINRICHS, A.J.; PAS; GABLER, M.T. The effects of nitrogen and forage source on feed efficiency and structural growth of prepubertal holstein heifers. *The Professional Animal Scientist*, v. 22, p. 84 – 88, 2006.

LANZAS, C.; TEDESCHI, L.O.; SEO, S.; FOX, D.G. Evaluation of protein fractionation systems used in formulating rations for dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, v. 90, n. 1, p. 507 – 521, 2007.

MENDONÇA, S.S.; CAMPOS, J.M.S.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Consumo, digestibilidade aparente, produção e composição do leite e variáveis ruminais em vacas leiteiras alimentadas com dietas à base de cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 33, n. 2, p. 481 – 492, 2004.

MIKOLAYUNAS-SANDROCK, C.; ARMENTANO, L.E.; THOMAS, D.L.; BERGER, Y.M. Effect of protein degradability on milk production of dairy ewes. *Journal of Dairy Science*, v. 92, n. 9, p. 4507 – 4513, 2009.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Nutrient requirements of beef cattle. 7ª edição revisada, Washington: National Academy of Sciences, 1996, 234p.

PALMER, M.J.A.; WILDE, D.; FAWCETT, R.H. *A comparison of the proein degradation profile of soybean meal and a slow release nitrogen source (Optigen®) in vitro*. British Society of Animal Science. Scarborough, York, UK. 2008, 248p.

PINOS-RODRIGUEZ, J.M.; PEÑA, L.Y.; GONZALES-MUÑOZ, S.S. et al. Effects of a slow-release coated urea product on growth performance and ruminal fermentation in beef steers. *Italian Journal of Animal Science*, v. 9, e. 4, p. 16 – 19, 2010.

REYNOLDS, C. K.; KRISTENSEN, N. B. Nitrogen recycling through the gut and the nitrogen economy of ruminants: An asynchronous symbiosis. *Journal of Animal Science*, v. 86, p. E293 – E305, 2008.

SANTOS, J.F.; DIAS JÚNIOR, G.S.; BITENCOURT, L.L. et al. Resposta de vacas leiteiras à substituição parcial de farelo de soja por ureia encapsulada. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 63, n. 2, p. 423 – 432, 2011.

SGOIFO ROSSI, C.A.; COMPIANI, R.; BALSÌ, G. et al. Slow-release nitrogen ups rumen efficiency. In *Nutrition and Health: Beef. Feedstuffs*. Minneapolis, p 14-16, 2012.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. *Análises de alimentos: métodos químicos e biológicos*. 3.ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 235p.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM - SAS. *Institute SAS/STAT software: changes and enhancements through release 6.12*. Cary: Statistical Analysis System Institute, 1998. 1167p.

TAYLOR-EDWARDS, C.C.; ELAM, N.A.; KITTS, S.E. et al. Influence of slow-release urea on nitrogen balance and portal-drained visceral nutrient flux in beef steers. *Journal of Animal Science*, v. 87, p. 209 - 221 2009b.

TAYLOR-EDWARDS, C.C.; HIBBARD, G.; KITTS, S.E. et al. Effects of slow-release urea on ruminal digesta characteristics and growth performance in beef steers. *Journal of Animal Science*, v. 87, p. 200 – 208, 2009a.

TEDESCHI, L.O.; BAKER, M.J.; KETCHEN, D.J.; FOX, D.G. Performance of growing and finishing cattle supplemented with a slow-release urea product and urea. *Canadian Journal Science*, v. 82, p. 567 – 573, 2002.

VALADARES FILHO, S.C.; MARCONDES, M.I.; CHIZZOTTI, M.L. et al. *Nutrient requirements of zebu cattle BR-CORTE*. 2.ed. Viçosa, MG: DZO-UFV, 2010. 185p.

VALKENERS, D.; THÉWIS, A.; PIRON, F.; BECKERS, Y. Effect of imbalance between energy and nitrogen supplies on microbial protein synthesis and nitrogen metabolism in growing double-muscled Belgian Blue bulls. *Journal of Animal Science*, n. 82, p. 1818 – 1825, 2004.

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, v.74, n.11-12, p.3583-3597, 1991.

WAHRMUND, J.; ARAUJO, D.B.; HERSOM, M.; ARTHINGTON, J. Evaluation of Optigen II[®] as a source of rumen degradable protein for mature beef cows. *Florida Beef Report*. p. 61 – 63, 2007.

WAHRMUND, J.; HERSOM, M. Co-product and rumen degradable protein supplementation of beef steers fed bahiagrass forage. *Florida Beef Report*, p. 91 – 96, 2009.

WANG, C.; LIU, H.Y.; WANG, Y.M. et al. Effects of dietary supplementation of methionine and lysine on milk production and nitrogen utilization in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v. 93, n. 8, p. 3661 – 3670, 2010.

CAPÍTULO 3

SUBSTITUIÇÃO DO FARELO DE SOJA POR UREIA ENCAPSULADA EM DIETAS DE BOVINOS DE CORTE EM CONFINAMENTO: CONSUMO DE NUTRIENTES, DIGESTIBILIDADE APARENTE, ESTIMATIVA DE PRODUÇÃO DE PROTEÍNA MICROBIANA NO RÚMEN E BALANÇO DE NITROGÊNIO

1. INTRODUÇÃO

Segundo Froidmont *et al.* (2009) os bovinos são herbívoros ruminantes cujo controle do consumo de alimentos é feito por estímulos físicos (enchimento ruminal) e fisiológicos (concentração energética da dieta) e qualitativamente de acordo com a constituição química dos alimentos, mas também por fatores físicos como, granulometria de moagem dos alimentos e mistura homogênea das frações volumosas e concentradas.

Por isso, a seletividade alimentar praticada por essa espécie animal deve ser sempre considerada quando se formulam dietas para promover os objetivos zootécnicos cabíveis em cada situação. Isto se intensifica quando estes animais são fechados em baias para receber a alimentação total via cocho e assim se tornam totalmente dependentes da ação humana para ingerir corretamente os nutrientes necessários para expressar seu desempenho (Correia *et al.*, 2011).

As dietas totais ingeridas, principalmente em confinamentos, são muito influenciadas pela seleção alimentar e a única forma de se mensurar esta seleção é estudar o que sobra nos cochos após a refeição diária. Dessa forma, pode-se garantir que o nutriente foi realmente ingerido e a partir de então iniciar o estudo do aproveitamento alimentar (Silva *et al.*, 2009).

A digestibilidade aparente identifica a excreção de nutrientes via fezes e estima o que foi absorvido ou digerido no trato digestivo, demonstrando o potencial de utilização do nutriente pelo animal (Zanton e Heinrichs, 2009).

O objetivo deste trabalho foi verificar o efeito da substituição do farelo de soja por ureia encapsulada em diferentes níveis sobre o consumo de nutrientes, digestibilidade

aparente, consumo de nutrientes digestíveis totais, componentes de excreção urinária e os indícios de atividade microbiana no rúmen em dietas de bovinos de corte em confinamento.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Local, animais utilizados e período experimental

O experimento foi realizado na Estância ABCZ durante o mês de outubro. Foram utilizados 15 dias de avaliação sendo 10 para adaptação dos animais à ingestão do óxido crômico e cinco dias de coletas de fezes. Este experimento foi realizado durante o período de engorda dos animais (capítulo 2) e por isso representou exatamente a condição ambiental dos mesmos em produção.

Foram utilizados 18 animais, escolhidos aleatoriamente dentre os próprios animais no experimento de produção (capítulo 2), sendo seis para cada tratamento em estudo.

Os bovinos foram alojados em baias individuais contendo bebedouros e comedouros independentes, para permitir a determinação do consumo voluntário de cada animal. O experimento foi composto de 18 baias individuais cobertas dispostas em três linhas de corredores, comuns para trânsito de mão de obra e dos próprios animais, quando houvesse necessidade. As medidas das baias era de 4m x 5m, dispondo, portanto de uma área de 20m², o que permitia plena circulação do animal e desenvolvimento de hábitos comuns em confinamento em seu tempo de ócio.

2.2. Tratamentos

Para estes animais foram avaliadas três dietas experimentais contendo ureia encapsulada em diferentes níveis de substituição ao farelo soja, conforme descrito abaixo:

- CON: Volumoso + concentrado sem ureia encapsulada;
- UEP1: Volumoso + concentrado com ureia encapsulada em 22% de substituição da proteína bruta do farelo de soja;
- UEP2: Volumoso + concentrado com ureia encapsulada em 61% de substituição da proteína bruta do farelo de soja;

As dietas foram balanceadas de acordo com recomendações citadas pelo NRC (Nutrient..., 1996), sendo as mesmas isoproteicas e isoenergéticas. O concentrado foi misturado com Silagem de Milho na proporção de 29% de Silagem para 71% de Concentrado na Matéria Seca (MS), até que a dieta total permanecesse homogênea. Esta condição era muito bem controlada para evitar possíveis seleções de alimentos. A composição da dieta está descrita na tabela 11.

Tabela 11. Composição das dietas experimentais expressa em porcentagem da matéria natural (MN) e da matéria seca (MS)

Ingredientes	COM		UEP1		UEP2	
	MN (%)	MS (%)	MN (%)	MS (%)	MN (%)	MS (%)
Silagem de Milho	55,3	29,2	55,2	29,1	55,1	29,0
Milho Integral Moído	37,4	59,2	38,7	61,2	40,8	64,4
Farelo de Soja	5,7	9,0	4,3	6,8	2,0	3,2
Ureia Pecuária	0,5	0,8	0,5	0,8	0,5	0,8
Ureia Encapsulada	-	-	0,2	0,3	0,5	0,8
Núcleo Comercial*	1,1	1,8	1,1	1,8	1,1	1,8

MN – Matéria natural. MS – Matéria seca. *Níveis de garantia: Cálcio (Máx.) 220g/kg, Cálcio (Mín.) 210g/kg, Sódio (Mín.) 74g/kg, Potássio (Mín.) 44g/kg, Enxofre (Mín.) 11g/kg, Cobre (Mín.) 500mg/kg, Manganês (Mín.) 310mg/kg, Zinco (Mín.) 3600mg/kg, Cobalto (Mín.) 50mg/kg, Iodo (Mín.) 63mg/kg, Selênio (Mín.) 16mg/kg, Vitamina A (Mín.) 250000UI/kg, Vitamina D3 (Mín.) 50000UI/kg, Vitamina E (Mín.) 1200mg/kg, Virginiamicina (Mín.) 750mg/kg, *Saccharomyces cerevisiae* (Mín.) 125 x 10⁶ UFC/kg. CON: Volumoso + concentrado sem ureia encapsulada; UEP1: Volumoso + concentrado com ureia encapsulada em 22% de substituição da proteína bruta do farelo de soja; UEP2: Volumoso + concentrado com ureia encapsulada em 61% de substituição da proteína bruta do farelo de soja

A composição química da dieta está descrita na tabela 12.

Podem-se observar na tabela 12 que as dietas apresentaram semelhantes proporções de proteína bruta, NDT, Cálcio e Fósforo, variando apenas as concentrações de NNP devido à inclusão de ureia encapsulada.

Tabela 12. Composição químico-nutricional das diferentes dietas experimentais, expressa com base na matéria seca

Nutrientes	CON	UEP1	UEP2
	%		
Proteína Bruta	15,07	15,01	14,98
NDT Estimado*	78,20	78,10	78,08
Cálcio	0,62	0,60	0,58
Fósforo	0,33	0,31	0,30
NNP**	0,40	0,50	0,63

*NDT- Nutrientes Digestíveis Totais (estimado segundo dados de Valadares Filho et al. (2006)). **NNP - Nitrogênio Não Proteico. CON: Volumoso + concentrado sem ureia encapsulada; UEP1: Volumoso + concentrado com ureia encapsulada em 22% de substituição da proteína bruta do farelo de soja; UEP2: Volumoso + concentrado com ureia encapsulada em 61% de substituição da proteína bruta do farelo de soja

2.3. Manejo nutricional

O consumo dos alimentos foi determinado diariamente até o fim do confinamento, em que as frações volumosas e concentradas foram pesadas separadamente e depois misturadas compondo a dieta total. Após 24 horas as sobras foram mensuradas a fim de se determinar o consumo voluntário. A dieta era fornecida duas vezes ao dia (8h e 15h), e cada animal recebia diariamente 10g de óxido crômico (Cr_2O_3 - elemento utilizado como marcador interno para determinação da digestibilidade aparente), que era fornecido através de cápsulas de 1g ofertadas diretamente na boca dos animais (Fig. 5), divididos em dois fornecimentos diários (5g de óxido crômico de cada vez). As cápsulas foram feitas por indústria farmacêutica de manipulação, devidamente preparada para este fim.



Figura 5. Fornecimento das cápsulas de óxido crômico aos animais

2.4. Coleta de dados

Durante todo o período experimental foram coletadas diariamente amostras de silagem de milho e dos concentrados experimentais. Antes da primeira refeição diária foram coletadas as sobras de alimento, individualizadas por animal, assim como a dieta fornecida. As amostras foram acondicionadas em sacos próprios plásticos devidamente identificados e congeladas à temperatura de -20 graus Celsius.

Nos últimos cinco dias do experimento foram coletadas, duas vezes por dia, amostras das fezes. As amostras eram coletadas logo após a defecação do animal, recolhendo-se a parte superior do bolo fecal sobre o piso, sempre com o cuidado de não tocar no mesmo para não haver contaminação.

As equações utilizadas para estimar a produção fecal através do óxido crômico estão descritas abaixo:

Cromo Consumido em g = (Óxido crômico fornecido g/dia) x % de cromo no óxido crômico

Produção Fecal kg/dia = (Cromo consumido g/dia) ÷ Concentração de cromo nas fezes g/kg

As amostras de urina foram coletadas durante a última fase do experimento descrito no capítulo 3. Foram coletadas amostras “SPOT”, que foram imediatamente filtradas e diluídas com ácido sulfúrico a 0,036 N a 10%, segundo metodologia descrita por Rennó *et al.* (2008). As amostras diluídas foram armazenadas em congelador a -20°C até o momento de enviar ao laboratório para análise.

Para obtenção das amostras os animais eram encaminhados até a balança e, ao pararem na entrada da mesma, ocorria micção espontânea, quando a amostra era coletada de forma segura, utilizando-se uma haste adaptada ao pote de coleta.

2.5. Análises laboratoriais

Os alimentos, sobras e fezes foram identificados e acondicionados em freezer a -20°C. A preparação das amostras para análises foi realizada após o descongelamento, seguido de secagem em estufa de ventilação forçada a 55°C por 72 h. O material pré-seco foi moído a dois mm e utilizado para formar uma amostra composta. A amostra composta foi realizada no próprio laboratório, em bancada limpa, forrada com plástico isento de qualquer resíduo

contaminante. Ao final do processo foram identificadas três amostras de concentrados, uma amostra de silagem, 18 amostras de sobras e 18 amostras de fezes.

Para as análises laboratoriais as amostras compostas foram moídas em moinho tipo Wiley com peneira de malha de 1mm. Foram analisadas as porcentagens de MS a 105 °C, matéria mineral (MM), e extrato etéreo (EE), segundo recomendações de Silva e Queiroz (2002). Os teores de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) foram determinados pelo método proposto por Van Soest *et al.* (1991). O teor de proteína bruta (PB) foi determinado pelo método de Kjeldhal; o nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e o nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) foram determinados utilizando-se os resíduos da FDN e FDA, respectivamente, repetindo-se o processo de determinação da PB, segundo recomendações de Silva e Queiroz (2002).

A porcentagem de carboidratos totais (CHT) foi obtida pela equação proposta por Sniffen *et al.* (1992), segundo a fórmula: $CHT (\%MS) = 100 - [PB (\%MS) + EE (\%MS) + CINZAS (\%MS)]$.

A FDN foi corrigida para cinzas e proteína (FDNcp), enquanto os carboidratos não fibrosos (CNF) foram calculados, pela diferença entre os CHT e a FDNcp, de acordo com a fórmula: $CNF (\%MS) = (CHT - FDNcp)$.

A determinação das concentrações de cromo foi realizada nas fezes e no óxido crômico, através de absorção atômica (Williams *et al.*, 1962).

Para o cálculo do consumo dos nutrientes digestíveis totais (CNDT), foi utilizada a fórmula proposta por Sniffen *et al.* (1992):

$$CNDT = (CPB - PBf) + 2,25(CEE - EEf) + (CCHOT - CHOTf)$$

Onde CPB, CEE e CCHOT significam, respectivamente, consumo de PB, consumo de EE e consumo de CHOT, enquanto PBf, EEf e CHOTf são as quantidades de PB, EE e CHOT nas fezes, respectivamente.

As amostras congeladas foram processadas no laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia (DZO) da Universidade Federal de Viçosa (UFV).

As análises de alantoína foram feitas pelo método colorimétrico, conforme técnica de Fujihara *et al.* (1980), citados por Chen e Gomes (1995). Para mensuração do ácido úrico foram utilizados kits apropriados (kit Uric Acid liquicolor – InVitro) que utilizam o sistema enzimático por reação de ponto final seguindo o princípio uricase – reação de Trinder.

Os derivados de purinas totais foram calculados pela soma de excreções de alantóina e ácido úrico, multiplicados pela excreção total de urina, estimada pelo teor de creatinina (Chen e Gomes, 1995).

A creatinina, por sua vez, foi analisada por meio de kits apropriados (Laborlab®), utilizando-se a reação enzimática calorimétrica cinética em aparelho SBA-200 CELM. Essa medição foi usada para estimar a produção urinária total, segundo metodologia descrita por Chen e Gomes (1995).

A composição química obtida a partir das análises está representada na Tabela 13.

Tabela 13. Composição bromatológica dos alimentos utilizados para compor as dietas experimentais

Ingredientes	MS	PB	MM	EE	FDNcp
Silagem de Milho	23,3	8,4	6,6	2,3	58,2
Concentrado UEP1	87,9	18,1	4,6	3,9	11,3
Concentrado UEP2	89,0	19,1	3,6	3,9	11,6
Concentrado CON	88,7	19,3	3,7	3,4	11,4
Farelo de Soja	88,1	45,3	6,3	1,5	12,2
Milho Grão Moído	86,2	8,5	1,6	3,8	9,4
Ureia	85,2	280,1	-	-	-
Ureia Encapsulada	90,1	255,7	-	-	-

MS – Matéria seca. PB – Proteína bruta. MM – Matéria mineral. EE – Extrato Etéreo. FDNcp – Fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína bruta

Pode-se verificar através da tabela 13 que os concentrados que constituíam os tratamentos eram isoprotéicos.

2.6. Análise estatística

As variáveis foram analisadas pelo procedimento GLM do programa estatístico SAS (Statistical Analysis System). As médias analisadas neste procedimento foram comparadas por teste de SNK (SAS, 1998) ao nível de significância $P < 0,05$.

O esquema de análise de variância utilizado foi:

Tabela 14. Análise de variância

Fontes de variação	Graus de liberdade
Total	17
Tratamentos (Trat.)	2
Erro	15

O modelo matemático estatístico usado foi:

$$Y_i = \mu + T_i + E_i \text{ onde:}$$

Y_i é o valor observado do tratamento i

μ é uma constante associada a todas as observações

T_i é o efeito do tratamento i , com $i = 1,2,3$;

E_i é o erro experimental associado a Y_i que, por hipótese, tem distribuição normal de média zero.

O delineamento estatístico utilizado foi o inteiramente casualizado devido à uniformidade dos animais em estudo. Foram utilizadas seis repetições por tratamento.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os consumos de nutrientes estão expressos na Tabela 15.

Pode-se observar na tabela 15 que os consumos de MS, MO, CHT, CNF e PB diferiram entre si ($P > 0,05$). O consumo de FDNcp foi maior para UEP2 em comparação a UEP1 e CON ($P < 0,05$). O consumo de EE foi maior para UEP1 e UEP2 em relação ao tratamento controle.

Chizzoti *et al.* (2008), avaliando o aumento de ureia em substituição ao farelo de soja para bovinos de corte em confinamento, observaram redução linear no consumo de FDNcp ($P < 0,01$). Estes resultados, portanto foram contrários ao presente experimento. Já Rennó *et al.* (2005) em um experimento que avaliou o aumento de ureia substituindo farelo de soja em dietas de bovinos de corte em confinamento, não observaram interferência do aumento de NNP sobre o consumo de FDNcp.

Tabela 15. Consumo de matéria seca (CMS), consumo de matéria orgânica (CMO), consumo de carboidratos totais (CHT), consumo de carboidrato não fibroso (CCNF), consumo de fibra em detergente neutro corrigida (CFDNcp), consumo de extrato etéreo (CEE) e consumo de proteína bruta (CPB) observados nos tratamentos UEP1, UEP2 e CON, expressos por kg/cabeça/dia

Variáveis	Tratamentos			CV %*
	UEP1	UEP2	CON	
CMS (kg/cab./dia)	11,19	11,56	11,27	8,5
CMO (kg/cab./dia)	10,59	11,04	10,78	8,5
CCHT (kg/cab./dia)	8,65	9,01	8,86	8,6
CCNF (kg/cab./dia)	5,70	5,51	6,01	8,5
CFDNcp (kg/cab./dia)	2,96b	3,50a	2,85b	9,6
CEE (kg/cab./dia)	0,387 ^a	0,404a	0,343b	8,6
CPB (kg/cab./dia)	1,55	1,63	1,58	8,4

a,b - Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste de SNK ao nível de 5% de probabilidade ($P < 0,05$). *CV- Coeficiente de variação. CON: Volumoso + concentrado sem ureia encapsulada; UEP1: Volumoso + concentrado com ureia encapsulada em 22% de substituição da proteína bruta do farelo de soja; UEP2: Volumoso + concentrado com ureia encapsulada em 61% de substituição da proteína bruta do farelo de soja

O maior consumo de FDNcp para o tratamento contendo uma maior quantidade de ureia encapsulada pode ser indício de uma maior seleção de fibras por estes animais. Este pode ser um sinal de acidose subclínica, tendo em vista que as dietas eram de altas proporções de grãos e o alto consumo provoca uma alta ingestão de carboidratos altamente fermentáveis, como o amido de milho (Nagaraja e Titgemeyert, 2007). Apesar disso, não foi observado maior consumo de carboidratos não fibrosos (CCNF) para este tratamento.

O consumo de milho grão moído (grande contribuidor dos carboidratos altamente fermentáveis – amido) foi de 6,7kg/animal/dia para CON, 7,44kg para UEP2 e 6,85kg para UEP1. O consumo adicional de milho foi de 590g em comparação com UEP1 e 740g para CON.

Nagaraja e Titgemeyert (2007) citam que a acidose subclínica é uma condição que deve ser observada na engorda precoce de bovinos de corte, mas não é totalmente desfavorável tendo em vista que a maior absorção de ácidos graxos voláteis (AGV) pelo epitélio ruminal é quando o pH está mais baixo (abaixo de 5,6) pois os AGV's se tornam mais

protonados ($Pka -4,9$ para AGV) contribuindo mais com a resposta no desempenho do animal. Todavia, esta condição não é considerada confortável pelo animal e ela não deve permanecer por longos períodos, pois pode afetar o crescimento microbiano e elevar a taxa de passagem dos alimentos pelo tubo digestivo dos ruminantes. A acidose pode ser ocasionada não só pelo aumento de produção de ácidos no rúmen (ocasionado pela maior ingestão de carboidratos altamente fermentáveis), mas também pela diminuição da salivação e ainda pela redução na capacidade absorptiva do ambiente ruminal (rumenites ou papilas anormais).

O tamanho adequado de partículas do alimento fibroso é essencial para manter suficientes quantidades de alimentos que estimulem a ruminação e, portanto, a motilidade ruminal que é o principal provocador de mastigação. A fibra efetiva é a fibra com tamanho mínimo que provoque ruminação e por isso deve ser levada em consideração principalmente quando a dieta fornecida for de altas proporções de grãos para engorda precoce e alta produção leiteira. A concentração de fibra em detergente neutro corrigido em cinza e proteína (FDN_{cp}) na dieta também é um fator importante para garantir a mastigação dos animais. Porém, mesmo se estes dois fatores forem obedecidos e a mastigação for garantida pode ainda ocorrer queda no pH ruminal, principalmente se a concentração de carboidratos fermentáveis for elevada na dieta (Yang e Beauchemin, 2009).

Yang e Beauchemin (2009), avaliando os sinais de acidose e atividade de mastigação em vacas de leite em diferentes dietas com alta proporção de concentrados ou não (volumoso:concentrado – 35:65 e 60:40, respectivamente para 27% e 31% de FDN) e com partículas de forragens grandes ou pequenas (15% a 1,9cm ou 27% a 1,9cm) verificaram que a acidose foi mais rigorosa quando foram combinadas dietas com baixa relação volumoso:concentrado e forragens de tamanho pequeno de partícula. O restante dos tratamentos não apresentou sinais de acidose (queda no consumo, laminites) e o pH permaneceu acima de 5,8 na maior parte do tempo (83% do tempo de 24 horas de avaliação) sendo que no restante do tempo esteve entre 5,6 e 5,8 (4 horas aproximadamente).

No presente experimento a concentração de FDN_{cp} esteve entre 25 e 26% e tamanho de partícula com 29% acima de 1,9cm. Sendo assim, devido à fibra efetiva, o presente experimento não deveria produzir pH abaixo de 5,8. Mesmo assim, UEP2 apresentou quantidades substanciais de milho a mais em sua constituição (+590 e +740g/animal por dia, comparados com UEP1 e CON, respectivamente). Isso poderia contribuir para aumentar a

propensão de causar ligeira acidose subclínica em determinados momentos do dia (Moya *et al.*, 2011).

Chizzotti *et al.* (2008) observaram efeito quadrático no consumo de EE quando elevaram o nitrogênio não proteico da dieta em forma de ureia, substituindo o farelo de soja. Já Rennó *et al.* (2005) não observaram algum efeito quando aumentaram a inclusão de compostos NNP em dietas de bovinos confinados.

O maior consumo de extrato etéreo (EE) para UEP1 e 2 não poderia ser associado ao maior consumo de milho. Isso porque, mesmo com o consumo adicional de 740g de milho para UEP2 em relação à CON seriam adicionados 28g de EE/animal/dia e isto não justifica a diferença de 61g de EE real que ocorreu para estes dois ingredientes. Talvez numericamente isso possa ter contribuído para elevar os valores, mas não justifica como fator único. Elementos associativos podem ter auxiliado neste caso. Os erros inerentes às análises bromatológicas são aceitáveis em até 5% de variação (Hess *et al.*, 2008) e isso representa, em relação à CON, um adicional de 17g que somados a 28 se tornam 45g. Portanto, o aumento do NNP da dieta não pode ser associado ao aumento do consumo de EE e isso ficou evidenciado no experimento de Chizzotti *et al.* (2008).

Na tabela 16 estão apresentados os resultados dos coeficientes de digestibilidade aparente total dos tratamentos em estudo.

É possível verificar na tabela 16 que os tratamentos não diferiram entre si para qualquer uma das variáveis ($P > 0,05$). O mesmo foi observado por Taylor-Edwards *et al.* (2009a) e Santos *et al.* (2011). Em outros experimentos em que foram avaliados os efeitos de aumento de NNP por meio de ureia comum também não ocorreu variação na digestibilidade aparente da matéria seca e matéria orgânica (Rennó *et al.*, 2005; Chizzotti *et al.*, 2008). Porém, Chizzotti *et al.* (2008) observaram efeito linear ascendente para a digestibilidade da proteína bruta quando se elevou a ureia da dieta de bovinos de corte em confinamento.

Tabela 16. Coeficientes de digestibilidade aparente total da matéria seca (DIG MS), matéria orgânica (DIG MO), carboidratos totais (DIG CHT), carboidrato não fibroso (DIG CNF), fibra em detergente neutro corrigida (DIG FDNcp), extrato etéreo (DIG EE) e proteína bruta (DIG PB) observados nos tratamentos UEP1, UEP2 e CON

Variáveis	Tratamentos			CV %*
	UEP1	UEP2	CON	
DIG MS (%)	78,45	78,01	79,93	5,6
DIG MO (%)	79,16	78,59	80,66	5,4
DIG CHT (%)	79,82	78,15	80,79	5,1
DIG CNF (%)	86,02	81,20	85,23	4,1
DIG FDNcp (%)	67,79	71,52	73,36	8,3
DIG EE (%)	78,39	84,82	80,69	8,5
DIG PB (%)	75,69	79,34	79,89	8,2
NDT** (%)	78,27	78,76	80,19	5,2

a,b - Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste de SNK ao nível de 5% de probabilidade ($P < 0,05$). *CV- Coeficiente de variação. ** NDT- Nutrientes digestíveis totais ($NDT = (CPBD + (CEED \times 2) + CCNFD + CFDNcpD) / CMS \times 100$). CPBD. Consumo de PB digestível. CCNFD. Consumo de CNF digestível. CFDNcpD. Consumo de FDNcp digestível. CON: Volumoso + concentrado sem ureia encapsulada; UEP1: Volumoso + concentrado com ureia encapsulada em 22% de substituição da proteína bruta do farelo de soja; UEP2: Volumoso + concentrado com ureia encapsulada em 61% de substituição da proteína bruta do farelo de soja

O aumento da digestibilidade aparente da PB, que pode ocorrer em experimentos com alta proporção de NNP via ureia comum, é geralmente associado à absorção do N no rúmen em forma de amônia, o qual pode ser eliminado na urina e reciclado via saliva e trato gastrointestinal. Portanto, esse não aproveitamento do N pelo animal não poderia ser totalmente identificado através da digestibilidade aparente, pois as perdas por urina não são computadas neste tipo de aproveitamento (Chizzoti *et al.*, 2008). Se for considerado, que a uréia encapsulada reduz este efeito através do controle de liberação do N no rúmen (Palmer *et al.*, 2008; Taylor-Edwards *et al.*, 2009a), então pode-se deduzir que seria comum não aparecer diferenças nas variáveis de digestibilidade aparente em PB, ao se comparar ureia com ureia encapsulada.

Todavia, Galo *et al.* (2003) observaram aumento na digestibilidade aparente de PB quando houve aumento do NNP da dieta (0,13 para 0,36% de NNP na MS) em substituição ao farelo protéico (farelo de canola). Os autores justificaram essa diferença pela variação dos ingredientes proteicos na dieta, pois, com o aumento do NNP, várias fontes de proteína bruta

de baixa degradabilidade foram reduzidas na dieta, como a farinha de sangue e o farelo de glúten de milho 60% PB. Neste caso, houve também aumento da digestibilidade da MS e redução de digestibilidade de FDA.

Portanto, os efeitos provocados pela dieta na digestibilidade aparente devem ser muito bem isolados para se atribuir um aumento ou redução desta variável dentro de dietas para bovinos, devendo-se sempre considerar o efeito ruminal e a variação de ingredientes da dieta como ficou evidenciado por Galo *et al.* (2003) e Chizzoti *et al.* (2008).

A tabela 17 apresenta os resultados obtidos para consumo de nutrientes digestíveis nas dietas estudadas.

Tabela 17. Consumo de matéria seca digestível (CMSD), consumo de matéria orgânica digestível (CMOD), consumo de carboidratos totais digestíveis (CHTD), consumo de carboidrato não fibroso digestível (CCNFD), consumo de fibra em detergente neutro corrigida digestível (CFDNcpD), consumo de extrato etéreo digestível (CEED) e consumo de proteína bruta digestível (CPBD), observados nos tratamentos UEP1, UEP2 e CON

Variáveis	Tratamentos			CV %*
	UEP1	UEP2	CON	
CMSD (kg/cab./dia)	8,77	9,06	9,01	11,9
CMOD (kg/cab./dia)	8,49	8,73	8,53	8,7
CCHTD (kg/cab./dia)	6,90	7,07	7,16	11,5
CCNFD (kg/cab./dia)	4,90	4,47	5,12	10,0
CFDNcpD (kg/cab./dia)	2,00b	2,59a	2,04b	15,9
CEED (kg/cab./dia)	0,303ab	0,344a	0,277b	12,4
CPBD (kg/cab./dia)	1,17	1,30	1,26	13,7
CNDT (kg/cab./dia)	8,75	9,14	9,05	11,6

a,b - Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste de SNK ao nível de 5% de probabilidade ($P < 0,05$). *CV - Coeficiente de variação. CON: Volumoso + concentrado sem ureia encapsulada; UEP1: Volumoso + concentrado com ureia encapsulada em 22% de substituição da proteína bruta do farelo de soja; UEP2: Volumoso + concentrado com ureia encapsulada em 61% de substituição da proteína bruta do farelo de soja

Na tabela 17 pode-se verificar que os consumos de MS digestível, MO digestível, CHT digestível, CNF digestível, PB digestível e NDT não diferiram entre si para os tratamentos UEP1, UEP2 e CON.

O consumo de FDNcp digestível foi maior para UEP2 em comparação a UEP1 e CON ($P < 0,05$). O consumo de EE digestível foi maior para UEP2 em comparação ao tratamento controle ($P < 0,05$), mas não diferiu de UEP1 ($P > 0,05$), que por sua vez não diferiu de CON ($P > 0,05$).

Observa-se na tabela 17 que os resultados acompanharam os dados de consumo de nutrientes apresentados na tabela 15. Como os coeficientes de digestibilidade permaneceram constantes a tendência era que o consumo de nutrientes digestíveis permanecesse como o consumo de nutrientes. Porém foi possível observar que o consumo de EE digestível foi superior apenas para a maior inclusão de ureia encapsulada (UEP2) em relação ao tratamento controle, sendo que UEP1 (menor inclusão de ureia encapsulada) não diferiu de CON.

Os consumos de NDT também não diferiram entre os tratamentos UEP1, UEP2 e CON. Estes consumos se aproximam dos valores definidos por NRC (Nutrient..., 1996) em comparação a Valadares Filho *et al.* (2010), sendo que ambos apresentam valores menores que os encontrados nos três tratamentos (8,31kg/dia e 7,40kg/dia, respectivamente para NRC (Nutrient..., 1996) e Valadares Filho *et al.* (2010) contra 8,75; 9,14 e 9,05 kg/dia, respectivamente para UEP1; UEP2 e CON). Considerando que os consumos de PB para os três tratamentos foram de 1,55; 1,63 e 1,58 kg/dia, respectivamente para UEP1; UEP2 e CON, as relações NDT:PB no presente experimento foram de 5,65; 5,61 e 5,73, respectivamente. Estas relações NDT:PB reais deste experimento são intermediárias às relações ditadas por NRC (Nutrient..., 1996) e Valadares Filho *et al.* (2010), em média 7,12 e 5,03, respectivamente, porém mais próximas a Valadares Filho *et al.* (2010).

Pode-se observar então que as dietas apresentavam maiores proporções de PB em relação ao NDT que as determinadas por NRC (Nutrient., 1996). Sendo assim, é importante avaliar a eficiência de uso do N da dieta, não só pelo aproveitamento alimentar, mas também para observar o N excretado, característica em destaque para avaliação do impacto ambiental (Zanton e Heinrichs, 2008; Arriaga *et al.*, 2010).

Os resultados obtidos para o balanço de N estão apresentados na tabela 18.

Pode-se observar na tabela 18 que os valores de N ingerido, N urina e N retido, que não diferiram entre si ($P > 0,05$) para o uso das diferentes dietas em estudo. Apenas o N presente nas fezes foi maior ($P < 0,05$) para UEP1 (69 g/dia) em relação aos demais

tratamentos (UEP2 – 55,86; CON – 52,10 g/dia). UEP2 e CON foram semelhantes entre si ($P>0,05$).

Tabela 18. Balanço de nitrogênio (N) nos diferentes tratamentos (UEP1, UEP2 e CON)

Variáveis	Tratamentos			CV %*
	UEP1	UEP2	CON	
N ingerido (g/dia)	287,99	271,75	255,70	11,6
N fezes (g/dia)	69,00a	55,86b	52,10b	12,4
N urina (g/dia)	155,34	138,33	132,62	29,5
N retido (g/dia)**	63,65	77,56	70,99	44,8

a,b - Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste de SNK ao nível de 5% de probabilidade ($P<0,05$). *CV - Coeficiente de variação ** N retido = N ingerido – N fezes – N urina. CON: Volumoso + concentrado sem ureia encapsulada; UEP1: Volumoso + concentrado com ureia encapsulada em 22% de substituição da proteína bruta do farelo de soja; UEP2: Volumoso + concentrado com ureia encapsulada em 61% de substituição da proteína bruta do farelo de soja

Uma das razões que pode explicar este resultado diferencial em UEP1 é o maior peso final numérico deste tratamento em relação aos demais, o que pode provocar maior ingestão de N (numericamente), influenciando a saída de N nas fezes.

Galo *et al.* (2003), quando incluíram ureia encapsulada na dieta de vacas leiteiras encontraram menos N nas fezes comparado à dieta controle (com farelo proteico) discordando do presente experimento.

Ao contrário disso, Taylor-Edwards *et al.* (2009b), quando estudaram a ureia encapsulada substituindo a ureia de dietas de bovinos de corte em confinamento, encontraram mais N nas fezes quando utilizaram ureia encapsulada em relação ao tratamento com uréia, concordando com o ocorrido no presente experimento. Estes autores concluíram que provavelmente parte da ureia encapsulada ingerida passou pelo rúmen-retículo sem ser degradada pelos microorganismos do rúmen, aparecendo nas fezes. Isso poderia ocorrer devido à alta taxa de passagem da dieta. Uma outra hipótese é que a ureia encapsulada poderia aumentar a população microbiana do intestino grosso dos animais, estimulada não só pela ureia encapsulada que passa sem ser degradada no rúmen, mas também pela maior reciclagem de ureia via trato gastrointestinal por difusão direta. Aparentemente o que ocorreu foi que a ureia encapsulada usada por Taylor-Edwards *et al.* (2009b) ofereceu proteção em excesso à degradação ruminal e o NNP não foi utilizado pela microbiota ruminal, sendo usada no

intestino grosso, onde a absorção de nutrientes é menor que no rúmen. Deve-se considerar neste caso que esta ureia encapsulada é diferente (Agri Nutrients Technology Group, Petersburg, VA) da usada no presente experimento (Optigen[®]), podendo haver diferenças na estrutura do polímero da mesma.

Já Santos *et al.* (2011) não encontraram diferença de N nas fezes para dietas com uréia encapsulada na alimentação de vacas leiteiras. No experimento de Bourg *et al.* (2012), utilizando ureia encapsulada (UEP) substituindo ureia, também não foi observada diferença entre os tratamentos quanto ao balanço do N, tanto em altas inclusões de NNP (1,73% NNP na MS) quanto nas baixas (0,87% NNP na MS). As dietas apresentavam altas proporções de concentrado na MS (83% na MS).

Analisando todos os autores citados pode-se verificar certa discrepância nos resultados encontrados para N nas fezes, porém em todos os experimentos (Galo *et al.*, 2003; Taylor-Edwards *et al.*, 2009b; Santos *et al.*, 2011 e Bourg *et al.*, 2012) a retenção de N permaneceu inalterada para os tratamentos com ureia encapsulada substituindo farelo proteico ou ureia comum. O único experimento que concordou com o presente foi o de Taylor-Edwards *et al.* (2009b), que apesar de não ter usado a mesma ureia encapsulada forneceu uma hipótese contundente em relação ao N excretado nas fezes para a sua realidade experimental. Isto fornece novas possibilidades de estudo que devem ser averiguadas em futuros experimentos.

Uma das formas de avaliar o uso do N no rúmen é através do crescimento microbiano. Para elucidar melhor este efeito, na tabela 19 podem-se observar os resultados obtidos para as estimativas de produção microbiana no rúmen pela técnica de derivados de purinas.

Pode-se observar na tabela 19 que não houve diferença entre nenhuma das variáveis ($P > 0,05$). O presente experimento apresentou baixas concentrações de purinas nas urinas de UEP1, principalmente de alantoina e ácido úrico, gerando os valores de PB microbiana que também não foram diferentes entre si (760; 712 e 641 g/dia, respectivamente para UEP1, UEP2 e CON) produzidas diariamente, nos três tratamentos.

Tabela 19. Derivados de purinas e estimativas de produção de N microbiano para os diferentes tratamentos UEP1, UEP2 e CON

Variáveis	Tratamentos			CV %*
	UEP1	UEP2	CON	
Urina (L/cab/dia)	6,85	4,08	3,06	94,2
Ác. Úrico (mmol/dL)	0,51	0,88	1,02	80,0
Alantoina (mmol/dL)	4,26	5,49	6,36	58,6
Purinas (mmol/dL)	4,77	6,37	7,38	52,7
Alantoina (% Purinas)	89,11	86,27	87,55	9,1
Derivados Purinas (mmol/dia)	188,38	177,38	161,56	40,2
Purinas Absorvidas (mmol/dia)	193,29	181,05	163,14	46,7
Nmic (g/dia)	121,65	113,95	102,68	46,7
PBmic (g/dia)	760,30	712,20	641,70	46,7
Ureia (mg/dL)	221,30	310,00	346,90	52,7

a,b - Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste de SNK ao nível de 5% de probabilidade ($P < 0,05$). *CV - Coeficiente de variação. CON: Volumoso + concentrado sem ureia encapsulada; UEP1: Volumoso + concentrado com ureia encapsulada em 22% de substituição da proteína bruta do farelo de soja; UEP2: Volumoso + concentrado com ureia encapsulada em 61% de substituição da proteína bruta do farelo de soja

No presente experimento, apesar do aumento numérico de 18,5% na síntese de PB microbiana com o uso da ureia encapsulada (CON em relação a UEP1), não houve diferença estatística para esta variável. Certamente os altos valores de coeficientes de variação foram os principais fatores que prejudicaram a análise estatística desta variável (46,7%). Aliás, em todas as variáveis derivadas do método de purinas para determinação da produção microbiana apresentaram elevados coeficientes de variação, sugerindo falhas que podem ser relacionadas ao próprio método adotado. Autores têm sugerido estudar o crescimento microbiano através da contagem bacteriana no rúmen e no duodeno, fazendo uma relação mais coerente e consistente do N ingerido e a atividade microbiana total (Boucher *et al.*, 2007 e Van Vliet *et al.*, 2007).

4. CONCLUSÕES

A inclusão de ureia encapsulada em dietas de bovinos de corte em confinamento substituindo parcialmente o farelo de soja não interfere na digestibilidade aparente da dieta, mas aumenta a excreção de N nas fezes. A ureia encapsulada também não interfere para no N retido pelos animais após a alimentação e muito menos na produção de proteína microbiana no rúmen. Apesar disso, este N protegido está associado à maior ingestão de fibra em detergente neutro sendo relacionado com a seleção por parte dos animais à dieta. Isso pode ser consequência da elevada ingestão de carboidratos altamente fermentáveis que causam acidoses subclínicas em determinados momentos do dia.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARRIAGA, H.; SALCEDO, G.; MARTÍNEZ-SULLER, L. et al. Effect of dietary crude protein modification on ammonia and nitrous oxide concentration on a tie-stall dairy barn floor. *Journal of Dairy Science*, v. 93, n. 7, p. 3158 – 3165, 2010.

BOUCHER, S.E.; ORDWAY, R.S.; WHITEHOUSE, N.L. et al. Effect of incremental urea supplementation of a conventional corn silage-based diet on ruminal ammonia concentration and synthesis of microbial protein. *Journal of Dairy Science*, v. 90, n. 12, p. 5619 – 5633, 2007.

CHEN, X.B.; GOMES, M.J. *Estimation of microbial protein supply to sheep and cattle based on urinary excretion of purine derivatives – an overview of the technical details*. International Feed Resources Unit: Bucksburn Aberdeen – UK, 1995. 21p.

CHIZZOTTI, F.H.M.; PEREIRA, O.G.; TEDESCHI, L.O. et al. Effects of dietary nonprotein nitrogen on performance, digestibility, ruminal characteristics, and microbial efficiency in crossbred steers. *Journal of Animal Science*, v. 86, p. 1173 – 1181, 2008.

CORREIA, B.R.; OLIVEIRA, R.L.; JAEGER, S.M.P.L. et al. Consumo, digestibilidade e pH ruminal de novilhos submetidos a dietas com tortas oriundas da produção do biodiesel em substituição farelo de soja. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 63, n. 2, p. 356 – 363, 2011.

FROIDMONT, E.; WATHELET, B.; OGER, R. et al. Nutritional properties of potato protein concentrate compared with soybean meal as the main protein source in feed for the double-muscled Belgian Blue bulls. *Animal Research*, v. 3, p. 200 – 208, 2009.

GALO, E.; EMANUELE, S.M.; SNIFFEN, C.J. et al. Effects of a polymer-coated urea product on nitrogen metabolism in lactating Holstein dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, v. 86, n. 6, p. 2154 – 2162, 2003.

HESS, B.W.; MOSS, G.E.; RULE, D.C. A decade of developments in the area of fat supplementation research with beef cattle and sheep. *Journal of Animal Science*, v. 86, p. E188 – E204, 2008.

MOYA, D.; MAZZENG, A.; HOLTSHAUSEN, L. et al. Feeding behavior and ruminal acidosis in beef cattle offered a total mixed ration or dietary components separately. *Journal Animal Science*, v. 89, p.520 – 530, 2011.

NAGARAJA, T. G.; TITGEMEYERT, E. C. Ruminal acidosis in beef cattle: the current microbiological and nutritional outlook. *Journal of Dairy Science*, v. 90, E. Supplement. p. E17 – E38, 2007.

NRC (National Research Council). *Nutrient Requirements of Beef Cattle*. Ed. 7. Washington, D.C.: National Academic Press, 1996. 248p.

PALMER, M.J.A.; WILDE, D.; FAWCETT, R.H. *A comparison of the proein degradation profile of soybean meal and a slow release nitrogen source (Optigen®) in vitro*. British Society of Animal Science. Scarborough, York, UK. 2008. 248p.

RENNÓ, L.N.; VALADARES FILHO, S.C.; VALADARES, R.F.D. et al. Níveis de ureia na ração de novilhos de quatro grupos genéticos: estimativa da produção de proteína microbiana por meio dos derivados de purinas na urina utilizando duas metodologias de coleta. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 37, n. 3, p. 546 – 555, 2008.

RENNÓ, L.N.; VALADARES FILHO, S.C.; VALADARES, R.F.D. Níveis de uréia na ração de novilhos de quatro grupos genéticos: consumo e digestibilidades totais. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.34, p.1775-1785, 2005.

SANTOS, J.F.; DIAS JUNIOR, G.S.; BITENCOURT, L.L. et al. Resposta de vacas leiteiras à substituição parcial de farelo de soja por ureia encapsulada. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 63, n. 2, p. 423 – 432, 2011.

SAS. Institute. SAS/STAT. *User's guide*. Cary: Statistical Analysis System Institute, 1998.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. *Análises de alimentos: métodos químicos e biológicos*. 3.ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 235p.

SILVA, F. M. da. et al. Replacement of soybean meal by cottonseed meal in diets based on spineless cactus for lactating cows. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 38, n. 10, p. 1995 – 2000, 2009.

SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D; VAN SOEST, P.J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. *Journal of Animal Science*, v.70, n.11, p.3562- 3577, 1992.

TAYLOR-EDWARDS, C.C.; ELAM, N.A.; KITTS, S.E. et al. Influence of slow-release urea on nitrogen balance and portal-drained visceral nutrient flux in beef steers. *Journal of Animal Science*, v. 87, p. 209 – 221, 2009b.

TAYLOR-EDWARDS, C.C.; HIBBARD, G.; KITTS, S.E. et al. Effects of slow-release urea on ruminal digesta characteristics and growth performance in beef steers. *Journal of Animal Science*, v. 87, p. 200 – 208, 2009a.

VALADARES FILHO, S.C.; PAULINO, P.V.R.; MAGALHÃES, K.A. et al. Exigências nutricionais de zebuínos puros e cruzados: BR-CORTE. 2ª edição. Viçosa: UFV/DZO, 2010. 193p.

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, nonstach polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, v.74, n.11-12, p.3583-3597, 1991.

VAN VLIET, P.C.J.; REIJS, J.W.; DIJKSTRA, J.; GOEDE, R.G. Effect of cow diet on the microbial community and organic matter and nitrogen content of feces. *Journal of Dairy Science*, v. 90, n. 11, p. 5146 – 5158, 2007.

WILLIAMS, C. H.; DAVID, D. J.; IISMAA, O. The determination of chromic oxide in faeces samples by atomic absorption spectrophotometry. *J. Agric. Sci.*, v.59, n.3, p.381- 385, 1962.

YANG, W. Z.; BEAUCHEMIN, K. A. Increasing physically effective fiber content of dairy cow diets through forage proportion versus forage chop length: chewing and ruminal pH. *Journal of Dairy Science*, v. 92, n. 4, p. 1603 – 1615, 2009.

ZANTON, G. I.; HEINRICHS, A. J. Digestion and nitrogen utilization in dairy heifers limited a low or high forage ration at four levels of nitrogen intake. *Journal of Dairy Science*, v. 92, n. 5, p. 2078 – 2094, 2009.

APÊNDICE

1. Procedimentos da análise econômica

Para medir a viabilidade econômica do projeto foram utilizados custos de matérias primas e mão de obra relativos ao período do experimento durante o ano de 2011. Não foi necessária a aquisição de qualquer equipamento, pois o local de realização já possuía os materiais necessários para transportar os alimentos, assim como as baias destinadas ao confinamento.

Na ocasião, foi utilizada mão de obra de dois estagiários curriculares sem remuneração, devidamente regulamentados nas leis trabalhistas, em parceria com as Faculdades Associadas de Uberaba (FAZU). Mesmo assim, um funcionário foi contratado para permanecer durante os meses de agosto, setembro e outubro (período de maior coleta de dados), recebendo a importância de R\$ 750,00 mensais para executar as ações de transporte dos alunos estagiários e auxílio na alimentação. Este valor foi considerado no custo para condução dos três tratamentos e por isso o mesmo foi diluído por três.

A silagem foi adquirida quinzenalmente (era desensilada no local de origem, transportada e reensilada), e fornecida aos animais ao custo de R\$ 100,00 por tonelada. O milho foi adquirido pelo valor de R\$ 30,00 o saco de 60 kg, o farelo de soja no valor de R\$ 750,00 a tonelada, a ureia R\$ 1,32 o quilo e a ureia encapsulada R\$ 3,20 o quilo. O núcleo (Tab. 3.) utilizado no experimento foi adquirido ao custo de R\$ 1,50 o quilo.

Na ocasião do confinamento não foram utilizados quaisquer medicamentos ou vacinas, pois tais procedimentos ocorreram antes do período de campanha e a desverminação foi realizada 15 dias antes dos animais se deslocarem ao confinamento. O cálculo da viabilidade econômica do projeto considerou apenas os 10 animais de cada tratamento, sendo que o valor calculado de receita foi feito a partir dos pesos médios de carcaças divididos por 15, multiplicados pelo valor da arroba do boi gordo ao fim do mês de outubro de 2011, que estava cotada a R\$ 94,00 (BM&FBOVESPA, 2012).

O custo de compra dos animais foi calculado a partir do peso identificado no início do experimento multiplicado por 50% de rendimento de carcaça dividido por 15 e multiplicado pelo

valor da arroba do boi gordo (valor comercializado na ocasião) que era R\$ 84,00 (BM&FBOVESPA, 2012).

2. Resultados e Discussões

Nas tabelas 20, 21 e 22 pode-se observar a análise econômica realizada para os tratamentos CON, UEP1 e UEP2, respectivamente, executados no presente experimento, utilizando os dados de custos e receita referentes ao período experimental.

Observa-se na tabela 20 um lucro de R\$ 1307,58 no período experimental e uma rentabilidade mensal de 2,6%.

Tabela 20. Custos, receita, lucro e rentabilidades no período e mensal do tratamento CON, ao final do presente experimento

Itens	Unidade	Quantidade	R\$/Unidade	R\$ Total
Custos Fixos				
Mão de Obra	-	3	750,00	750,00
Custos Variáveis				
Milho	Kg	6549	0,50	3.274,45
Farelo de Soja	Kg	1004	0,75	753,26
Ureia	Kg	87	1,32	115,15
Ureia Encapsulada	Kg	0	3,20	0,00
Núcleo	Kg	194	1,50	290,78
Silagem	Kg	10413	0,10	1.041,28
Animais	-	10	1.026,17	10.261,70
Custos Totais				16.486,62
Receita	Unidade	Quantidade	R\$/Unidade	R\$ Total
Animais		10	1.779,42	17.794,20
Lucro				1.307,58
Rentabilidade	Período			7,9%
Rentabilidade	Mês			2,6%

Tabela 21. Custos, receita, lucro e rentabilidades no período e mensal do tratamento UEP1, ao final do presente experimento

Itens	Unidade	Quantidade	R\$/Unidade	R\$ Total
Custos Fixos				
Mão de Obra	-	3	750,00	750,00
Custos Variáveis				
Milho	Kg	6843	0,50	3.421,63
Farelo de Soja	Kg	759	0,75	569,52
Ureia	Kg	88	1,32	116,07
Ureia Encapsulada	Kg	37	3,20	119,12
Núcleo	Kg	195	1,50	293,12
Silagem	Kg	10489	0,10	1.048,95
Animais	-	10	1.035,07	10.350,70
Custo Total				16.669,11
Receita	Unidade	Quantidade	R\$/Unidade	R\$ Total
Animais		10	1.823,60	18.236,00
Lucro				1.566,89
Rentabilidade	Período			9,4%
Rentabilidade	Mês			3,1%

Na tabela 21 pode-se verificar que o lucro em UEP1 foi maior que o tratamento CON, obtendo uma rentabilidade de 3,1% mensalmente.

Tabela 22. Custos, receita, lucro e rentabilidades no período e mensal do tratamento UEP2 ao final do presente experimento

Itens	Unidade	Quantidade	R\$/Unidade	R\$ Total
Custos Fixos				
Mão de Obra	-	3	750,00	750,00
Custos Variáveis				
Milho	Kg	7127	0,50	3.563,66
Farelo de Soja	Kg	349	0,75	262,00
Ureia	Kg	87	1,32	114,42
Ureia Encapsulada	Kg	95	3,20	305,44
Núcleo	Kg	193	1,50	288,95
Silagem	Kg	10345	0,10	1.034,52
Animais	-	10	1.008,37	10.083,70
Custos Totais				16.402,70
Receita	Unidade	Quantidade	R\$/Unidade	R\$ Total
Animais		10	1.760,62	17.606,20
Lucro				1.203,50
Rentabilidade	Período			7,3%
Rentabilidade	Mês			2,4%

É possível observar nas tabelas 20, 21 e 22 a semelhança na rentabilidade de CON e UEP2 e melhores índices econômicos para UEP1, o qual apresentou melhor rentabilidade mensal (3,1%), sendo 19,83% superior comparado a CON.

Deve-se salientar também que esta diferença de viabilidade pode ser alterada se os custos de matérias-primas forem alterados, principalmente para o farelo de soja. Isto porque o custo da ureia encapsulada no mercado varia menos que o do farelo de soja, devido principalmente ao preço do grão de soja, demanda de óleo e do próprio farelo, além de outros custos de produção e operacionais, como a mão de obra no beneficiamento, preço dos combustíveis, entre outros. Já a ureia encapsulada depende do valor da própria ureia no mercado, considerando que a mesma é fabricada em território nacional utilizando as matérias primas locais.

Além disso, como a ureia encapsulada é um ingrediente com alta concentração de nitrogênio (41%) e por isso é usada em pequena quantidade na dieta, em relação ao farelo de soja, pode ocorrer interferência também pelo preço do milho grão no mercado, pois o mesmo aumenta sua concentração à medida que a ureia encapsulada substitui maior quantidade de farelo de soja na dieta.

Um bom exemplo seria extrapolar tais resultados do presente experimento para as condições atuais de preços de matérias primas. Para realizar este cálculo foram utilizados os mesmos custos fixos e variáveis, exceto para milho grão, com o valor de R\$ 20,00 o saco de 60 kg, e farelo de soja, a R\$ 980,00 por tonelada. A tabela 13 apresenta os dados de custos, receitas, lucros e rentabilidades mensais, extrapolados para o mês de Maio de 2012.

Tabela 23. Custos, receita, lucro e rentabilidades no período e mensal dos tratamentos CON, UEP1 e UEP2 ao final do presente experimento

Variáveis	Tratamentos		
	UEP1	UEP2	CON
Custos totais, R\$	15.680,41	15.271,40	15.604,30
Receita, R\$	18.236,00	17.606,20	17.794,20
Lucro, R\$	2.555,59	2.334,80	2.189,90
Rentabilidade mensal, %	5,4	5,1	4,7

CON: Volumoso + concentrado sem ureia encapsulada; UEP1: Volumoso + concentrado com ureia encapsulada em 22% de substituição da proteína bruta do farelo de soja; UEP2: Volumoso + concentrado com ureia encapsulada em 61% de substituição da proteína bruta do farelo de soja

Pode-se observar na tabela 23 que mesmo com estes novos valores de custos para o milho e o farelo de soja (ingredientes mais participantes nas dietas experimentais) o tratamento UEP1 ainda foi superior. Porém UEP2 apresentou desta vez melhor viabilidade que o tratamento CON sendo 6,62% maior que o mesmo. Observa-se, portanto, que o preço do farelo de soja assim como do milho no mercado podem alterar a escolha da quantidade de uso da ureia encapsulada nas dietas de animais em confinamento.

No figura 6 pode-se observar uma simulação realizada para a viabilidade dos tratamentos deste experimento com quatro diferentes valores para o farelo de soja no mercado (0,50; 0,75; 1,00; 1,25 R\$/kg).

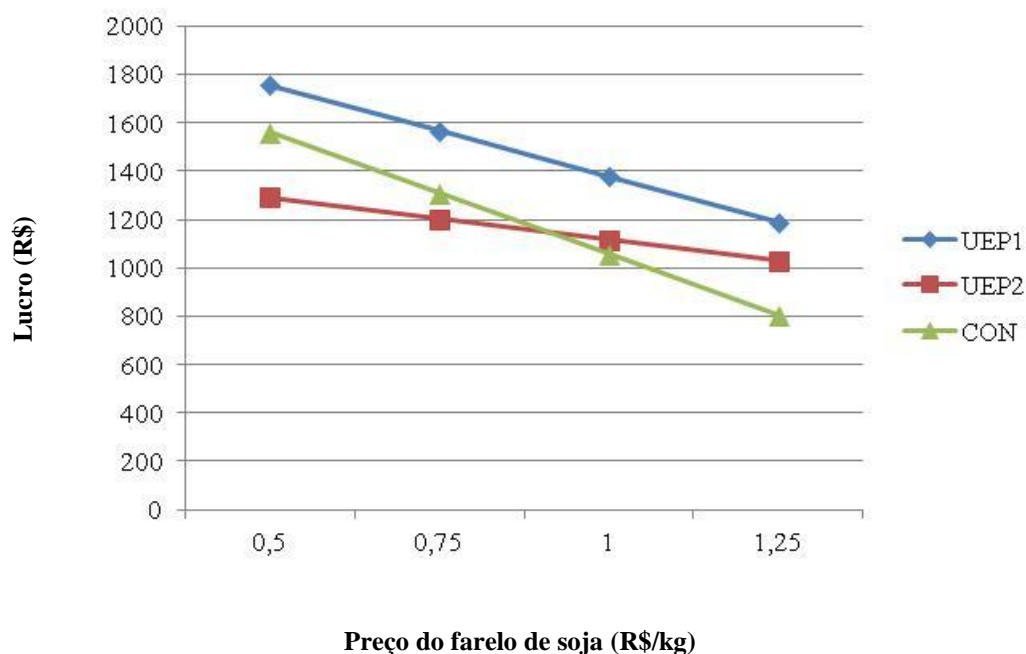


Figura 6. Variação do lucro dos tratamentos UEP1, UEP2 e CON para os diferentes preços de farelo de soja possíveis no mercado (R\$/kg)

Verifica-se através da figura 6 que a viabilidade do confinamento decresce com o aumento do preço do farelo de soja, mas a dieta que menos sofre efeito deste aumento é a UEP2. É possível identificar que existe um ponto de equilíbrio na viabilidade econômica do uso de alta proporção de ureia encapsulada em substituição ao farelo de soja. Esse ponto de equilíbrio é exatamente o momento exato em que o valor da proteína bruta do farelo de soja é tão alto que UEP2 passa a ser mais viável que a proteína vegetal em si. Nestas condições experimentais o preço de equilíbrio é de R\$ 0,909 por kg de farelo de soja, sendo que valores abaixo deste beneficiam o tratamento controle em relação a UEP2 e valores acima sugerem maior viabilidade para UEP2 em relação a CON. Mesmo assim, nas quatro possibilidades de preços sugeridas pelo gráfico 2, em todas elas UEP1 foi mais viável que os demais tratamentos, reafirmando que aquela proporção de ureia encapsulada em substituição ao farelo de soja seria mais indicada nas situações criadas pelo presente experimento.

3. Conclusão

A utilização de ureia encapsulada em dietas de bovinos de corte em confinamento é viável economicamente.

4. Referências bibliográficas

BM&FBOVESPA. *Mercadorias e futuros*. Disponível em: <http://www.bmfbovespa.com.br/pt-br/mercados/mercadorias-e-futuros.aspx?idioma=pt-br>. Acessado em: 01 de maio de 2012.