

Patv

## CAPÍTULO 28

### UREIA NA ALIMENTAÇÃO DE GADO DE LEITE

*Roberto Guimarães Júnior<sup>1</sup>, Lúcio Carlos Gonçalves<sup>2</sup>,  
Luiz Gustavo Ribeiro Pereira<sup>3</sup>, Thierry Ribeiro Tomich<sup>4</sup>*

#### RESUMO

Este capítulo aborda questões relacionadas ao fornecimento da ureia na alimentação de vacas leiteiras. Ao longo do texto, é discutido, em detalhes, como a ureia é metabolizada pelo animal, as formas de sua utilização na dieta, bem como resultados experimentais de desempenho de vacas alimentando-se desse composto nitrogenado não proteico. O objetivo deste capítulo é discutir as potencialidades e limitações da utilização da ureia na alimentação de vacas leiteiras.

#### INTRODUÇÃO

As despesas com a alimentação contribuem de forma significativa nos custos de produção da atividade leiteira. Desta forma, a utilização de alimentos alternativos que substituam fontes de proteína comumente utilizadas na alimentação de ruminantes é assunto de grande interesse para a atividade pecuária. Nesse sentido, a utilização da ureia em dietas de ruminantes apresenta grande aplicabilidade.

Descoberta por Hilaire Rouelle em 1773, a ureia só foi sintetizada artificialmente em 1828, por Friedrich Wohler (Loosli e McDonald, 1968), derrubando a teoria de que os compostos orgânicos só poderiam ser sintetizados pelos organismos vivos (teoria da força vital). A sua produção em escala industrial iniciou-se em 1870, quando Bassarow conseguiu sintetizá-la a partir do gás carbônico e da amônia, porém a sua utilização na alimentação de ruminantes só teve início em meados de 1914. Neste período, a escassez de alimentos ocasionada pela Primeira Guerra Mundial levou a Alemanha a intensificar a produção de ureia, visando reduzir os custos de produção de carne e leite.

A ureia tem sido rotineiramente utilizada como um substituto nitrogenado da proteína verdadeira em dietas de vacas leiteiras, uma vez que, comparada a outras fontes de nitrogênio, é economicamente mais barata. Assim, a sua utilização visa à redução no custo da ração, na medida em que minimiza os gastos com a suplementação proteica.

<sup>1</sup> Médico Veterinário, D.Sc., EMBRAPA Cerrados, Planaltina, DF. guimaraes@cpac.embrapa.br

<sup>2</sup> Engenheiro Agrônomo, D.Sc., Prof. Associado Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30.123-970, Belo Horizonte, MG. luciocg@vet.ufmg.br

<sup>3</sup> Médico Veterinário, D.Sc., Embrapa Gado de Leite, Rua Eugênio do Nascimento, 610 Dom Bosco, CEP 36038-330, Juiz de Fora, MG. luiz.gustavo@cnppl.embrapa.br

<sup>4</sup> Médico Veterinário, D.Sc., EMBRAPA Pantanal, Rua 21 de Setembro, 1880, Caixa Postal 109, CEP 79320-900, Corumbá, MS. thierry@cpap.embrapa.br

Do ponto de vista nutricional, tem sido incorporada em dietas com o objetivo de elevar os teores de proteína degradável no rúmen (PDR) e também o teor de nitrogênio (N) de volumosos de baixa qualidade, aumentando o seu consumo e aproveitamento por ruminantes.

## 1. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

A ureia é um composto orgânico cristalino, de cor branca, solúvel em água e álcool. Quimicamente é classificada como amida e, por isso, é considerada um composto nitrogenado não proteico (NNP); a sua fórmula química é  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ . Embora exista uma variedade de compostos nitrogenados não proteicos (purinas, pirimidinas, aminoácidos, peptídeos etc.), a ureia não pode ser considerada proteína, porque não apresenta em sua estrutura aminoácidos reunidos por ligações peptídicas. Possui características específicas, uma vez que é deficiente em todos os minerais, não possui valor energético próprio e é rapidamente convertida em amônia no rúmen (Maynard et al., 1984).

A sua fabricação industrial é obtida pela síntese da amônia com o gás carbônico, em um reator, sob condições de elevada temperatura e pressão. A amônia, em presença de  $\text{CO}_2$  do ar, origina o carbamato de amônia, e esse produto, sob determinada pressão e temperatura, é decomposto em ureia e água. A partir daí, ocorre o processo de purificação, pois permanecem no reator a ureia, o carbamato de amônia, água e excesso de amônia. A mistura passa através de torres separadoras de alta e baixa pressão, a vácuo, onde se obtém uma solução água-ureia. Os gases  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CO}_2$  e a água que saem da seção de purificação são absorvidos na seção de recuperação, retornando para o reator como solução de reciclo (Pentreath, 2005). Na Tabela 1, verifica-se a composição química da ureia brasileira. Vale ressaltar que a pequena quantidade de ferro e chumbo encontrados em sua composição não é considerada tóxica para os animais.

Tabela 1. Composição química da ureia encontrada no Brasil.

Compostos	Concentração (%)
Nitrogênio	46,4
Biureto	0,55
Água	0,25
Amônio livre	0,008
Cinzas	0,003
Ferro e chumbo	0,003

Fonte: Santos et al. (2001b).

Teoricamente, o fornecimento de 100g de ureia na dieta de um ruminante resultaria em produção de cerca de 280g de proteína bruta de origem microbiana. Isto ocorre devido à alta porcentagem de nitrogênio na composição da ureia pecuária – ureia destinada ao consumo animal – e ao emprego do fator 6,25 para cálculo do conteúdo

de proteína bruta. Este fator foi obtido partindo-se do pressuposto de que, em média, as proteínas possuem 16% de nitrogênio. Assim, a divisão de 100 por esta média (16%) resultou em 6,25. Desta maneira, a utilização deste fator multiplicando o conteúdo de nitrogênio da ureia pecuária (de 42,0 a 46,7%) resulta em valores variando de 262,5 a 291,9% em equivalente proteico.

## 2. METABOLISMO NOS RUMINANTES

A degradação dos compostos nitrogenados é um processo múltiplo, envolvendo solubilização, hidrólise extracelular, transporte para o interior da célula, deaminação e formação de produtos finais, como amônia, AGV, CO<sub>2</sub> e metano (Owens e Zinn, 1988; Russel et al., 1991). Os principais microrganismos responsáveis pela degradação dos compostos nitrogenados no rúmen são as bactérias, embora os protozoários também atuem neste processo por um mecanismo de ação diferenciado (pela ingestão de pequenas partículas alimentares e bactérias). Apesar de também desaminarem aminoácidos (AA), os protozoários não são capazes de utilizar a amônia para a síntese proteica. E em virtude da pequena taxa de passagem desses microrganismos, eles contribuem pouco para o fluxo de proteína microbiana para o intestino (Santos, 2006).

Ao chegar ao rúmen, a ureia é rapidamente desdobrada em amônia e CO<sub>2</sub>, pela ação da uréase, uma enzima microbiana. A amônia pertence à classe de substâncias denominadas eletrólitos fracos e, em solução, suas formas ionizada (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) e não ionizada (NH<sub>3</sub>) estão em equilíbrio. No entanto, as suas respectivas concentrações dependem do pH (Visek, 1968). Na Figura 1, pode-se verificar que pequenos aumentos de pH acima de 7 provocam aumentos na proporção de amônia na forma não ionizada. O pH parece ser o fator mais importante na determinação da quantidade de amônia absorvida, uma vez que a absorção do NH<sub>3</sub> é passiva, através das camadas lipídicas das membranas celulares, no sentido de uma concentração fisiológica menor. Portanto, quando o pH intrarruminal é reduzido, a permeabilidade da parede celular para a amônia é diminuída. Desta forma, em valores de pH ruminal entre 6,0 e 7,0, praticamente toda a amônia encontra-se na forma ionizada, uma forma pouco lipossolúvel (Abdoun et al., 2007). Embora a concentração de amônia na forma não ionizada no rúmen seja pequena (0,38 a 2,5% para valores de pH de 6,6 a 7,4, respectivamente), ela é rapidamente repostada quando sai do meio, pois o equilíbrio NH<sub>3</sub> + H<sup>+</sup> ↔ NH<sub>4</sub><sup>+</sup> é estabelecido com rapidez (Visek, 1984). Assim, a concentração de amônia é dependente do equilíbrio entre as taxas de produção e absorção, o qual, por sua vez, depende da concentração da sua forma não ionizada no fluido ruminal, determinada pelo pH do meio (Nolan, 1993). Uma vez que a concentração de amônia na circulação periférica é mantida a baixos níveis devido à conversão da amônia em ureia no fígado, existe um gradiente de concentração permanente que permite a absorção da amônia ruminal que excede a capacidade de utilização pelos microrganismos. Este mecanismo torna-se fundamental quando os animais são alimentados com dietas de baixo valor nutricional, favorecendo uma melhor utilização da proteína (Van Soest, 1994).

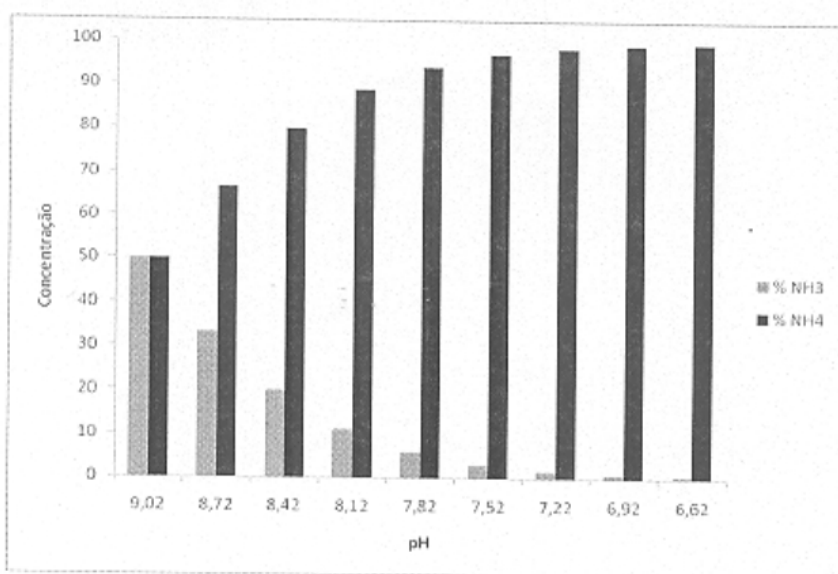


Figura 1. Relação entre o pH e as proporções entre as formas não ionizada e ionizada no plasma a 37°C (pk'a = 9,02).

Fonte: Adaptado de Visek (1968).

Os microrganismos ruminais que utilizam nitrogênio são divididos em dois grupos: aqueles que fermentam a celulose e a hemicelulose, apresentam crescimento lento e utilizam a amônia como fonte de N para síntese de proteína microbiana; e os microrganismos que fermentam amido, pectina e açúcares, crescem mais rapidamente que os anteriores e são capazes de utilizar tanto amônia quanto aminoácidos como fonte de nitrogênio, numa proporção média de 66% de aminoácidos e 34% de nitrogênio amoniacal (Russel et al., 1992). Portanto, dietas suplementadas com ureia, mas que fornecem também peptídeos e aminoácidos pré-formados, favorecem o crescimento microbiano, uma vez que todas as exigências quanto às diferentes fontes de nitrogênio para os microrganismos serão atendidas.

A fixação da amônia ruminal aos aminoácidos pelas bactérias é realizada mediante a ação de enzimas específicas, a glutamina sintetase (GS) e a glutamato desidrogenase (GDH). A concentração de GS é maior quando o nitrogênio amoniacal extracelular está baixo, enquanto a GDH não varia em sua concentração. Quando a concentração de amônia está alta, a captação de N é feita principalmente via GDH, mas, quando os níveis de amônia estão baixos, a principal enzima utilizada é a GS, uma vez que esta possui maior afinidade pelo nitrogênio amoniacal. Em contrapartida, a fixação de N por esta via metabólica envolve o gasto de um mol de ATP para cada mol de íon amônio fixado, enquanto nenhum ATP é gasto pela ação da GDH. Portanto, quando a concentração ruminal de nitrogênio amoniacal está baixa, a eficiência de crescimento microbiano é reduzida, porque o ATP utilizado para crescimento é desviado para captação de nitrogênio (Owens e Zinn, 1988). A amônia fixada é transferida para os precursores de outros aminoácidos por meio de reações de transaminação. Os aminoácidos formados são, então, conjugados para formar a proteína microbiana.

Quando a produção de amônia no rúmen, seja pela degradação da ureia ou de outros compostos nitrogenados, excede a capacidade de utilização pelos microrganismos, ocorre um acúmulo desta fonte de nitrogênio no rúmen. A amônia em excesso é removida, principalmente por difusão passiva através do epitélio ruminal, e imediatamente transportada pelo sistema porta ao fígado, onde é metabolizada, pois a sua forma livre é tóxica para o animal. As moléculas de amônia são, então, utilizadas para formação de ureia, na via metabólica conhecida como ciclo da ureia. Para a formação de uma molécula de ureia, são necessárias três moléculas de ATP, implicando gasto energético pelo animal (Santos et al., 2001b). Durante este ciclo, há formação de uma molécula de fumarato, que pode ser incorporada ao ciclo do ácido cítrico e gerar duas moléculas de ATP. Sendo assim, a reciclagem da amônia tem um custo energético de um ATP por molécula de ureia formada. Esta pode retornar ao rúmen e servir novamente como fonte de N para produção de proteína microbiana ou ser eliminada pela urina. A conversão da amônia e dos aminoácidos em excesso em ureia pelo fígado representa principal via cruzada de intercâmbio de nitrogênio corporal. A quantidade de nitrogênio reciclado varia amplamente, podendo reciclar até 90% da ureia nos casos de baixas ingestões de nitrogênio pelo animal (Abdoun et al., 2007). Esse nitrogênio reciclado representa uma importante fração do fluxo total de N pelo trato digestivo. De acordo com estudos de cinética com  $N^{15}$  (nitrogênio marcado) em vacas leiteiras, de toda a ureia produzida pelo corpo, 43% são eliminados pela urina. No entanto, 67% retorna ao trato digestivo. Esse valor contabiliza a ureia proveniente da saliva, além do fluxo proveniente da veia porta do fígado. Quanto à sua utilização, 54% são utilizados para fins anabólicos, 38% são reabsorvidos e retornam ao ciclo da ureia e somente 0,08% é perdido nas fezes (Lapierre et al., 2004).

As etapas de degradação e utilização da ureia (NNP) no ruminante são resumidas na Figura 2.



Figura 2. Metabolismo da ureia no ruminante.  
Fonte: Ureia... (1997).

### 3. FATORES QUE INFLUENCIAM A EFICIÊNCIA DE UTILIZAÇÃO DE COMPOSTOS NITROGENADOS:

Diversos são os fatores que interferem na eficiência de utilização da proteína dietética e de compostos nitrogenados não proteicos pelos ruminantes. De modo geral, o crescimento microbiano ocorre até que as exigências para utilização do N disponível sejam atingidas, o que é determinado pela presença de carboidratos fermentáveis no rúmen, produção de ATP e eficiência de conversão para células microbianas.

Os principais modificadores químicos e fisiológicos da fermentação são o pH e a taxa de renovação ruminal, sendo que ambos são afetados pela dieta e outras características relacionadas, como nível de ingestão, estratégias de alimentação, qualidade e tamanho de partícula da forragem e as relações entre volumosos e concentrados.

#### 3.1. Energia

Durante o processo de produção de proteína microbiana, ocorre a fixação do N amoniacal a uma molécula que possui carbono em sua composição, envolvendo gasto energético. Portanto, fica evidente a dependência de fontes energéticas no rúmen para que a produção de proteína microbiana seja realizada. Levando-se em consideração a elevada taxa de degradação da ureia, fontes de energia com alta degradabilidade ruminal favorecem a utilização da amônia e, conseqüentemente, diminuem as perdas de energia decorrentes da reciclagem do nitrogênio em excesso. Com base em dados de estudos *in vitro* e *in vivo*, existe um consenso geral de que a taxa de digestão dos carboidratos é o principal fator controlador da energia disponível para o crescimento microbiano, e a taxa de digestão dos carboidratos totais está diretamente relacionada às concentrações de amido, pectinas e açúcares (Hoover e Stokes, 1991).

Em animais suplementados com farelados proteicos, as maiores concentrações de amônia ocorrem, normalmente, entre três e cinco horas após a alimentação. Já em dietas com ureia, o pico na concentração de amônia é observado cerca de uma a duas horas após o fornecimento da dieta. A maior eficiência de produção de proteína microbiana em dietas suplementadas com ureia é alcançada quando as elevações na concentração de amônia estão sincronizadas com uma alta disponibilidade de energia ruminal. O NNP é degradado rapidamente, e assume-se que essa fração é 100% degradada no rúmen. Logo, proporções adequadas de carboidratos de fermentação rápida e média maximizam a utilização da ureia, o que, por sua vez, aumenta a digestibilidade da fibra da dieta, por aumento da população de microrganismos ruminais. Conseqüentemente, ocorre um aumento na taxa de passagem dos alimentos, favorecendo o consumo de matéria seca, porque o rúmen se esvazia mais rapidamente. Os diferentes carboidratos que podem estar associados a dietas com a ureia apresentam as seguintes características:

Carboidratos rapidamente fermentáveis (açúcares solúveis) – fornecem a energia inicial e são encontrados principalmente nas forragens novas e tenras. Por serem muito solúveis, são também rapidamente degradados (> 300%/h). O melaço é um exemplo de suplemento dessa natureza.

Carboidratos com fermentação intermediária (amido e pectina) – acredita-se serem os mais efetivos. O amido é encontrado em grande quantidade nas sementes de cereais, como milho e trigo. A pectina está presente, principalmente, em subprodutos da agroindústria, como polpa cítrica, polpa de maçã, polpa de beterraba e de outros tubérculos. A taxa de fermentação destes carboidratos varia de 10-50%/h.

Carboidratos lentamente fermentáveis (< 10%/h), como a fibra ou parede celular, quando presentes em grande quantidade, limitam a síntese de proteína microbiana e diminuem a utilização da ureia. Quanto mais velha a forrageira, maior a quantidade de fibra pouco utilizável. Dietas com baixos teores de carboidratos solúveis e altas concentrações de parede celular de plantas maduras (como palhas) limitam a utilização do NNP em função da baixa disponibilidade de energia e da baixa taxa de digestão dos carboidratos disponíveis. Nestes casos, a eficiência de utilização da ureia é baixa, porque o pico na produção de amônia acontece bem antes da fermentação máxima dos carboidratos fibrosos (Van Soest, 1994).

Quantidades adequadas de energia e proteína degradáveis no rúmen resultarão na obtenção da produtividade animal desejada, com menor quantidade de proteína dietética. Para tanto, uma relação entre energia e proteína degradável (PDR) no rúmen deve ser respeitada. O National Research Council - NRC (2001) adotou a exigência de PDR igual a 1,18 multiplicada pela quantidade de proteína microbiana sintetizada no rúmen, a qual é calculada como 13% dos nutrientes digestíveis totais (NDT) ou 130g de PDR por kg de NDT.

### 3.2. Nitrogênio e enxofre

Quanto aos níveis de amônia encontrados previamente no rúmen, Satter e Roffler (1975) estimaram que o nível ótimo para alcançar a máxima eficiência de síntese microbiana seria em torno de 5mg/dl, com uma dieta com cerca de 13,4% de proteína bruta na matéria seca. Entretanto, concentrações superiores de nitrogênio (23,5mg/dL) maximizam a fermentação ruminal, promovendo maior fermentação do substrato (Song e Kennely, 1990). De acordo com Broderick (2006), mesmo depois de muita pesquisa nos últimos 20 anos, a questão relacionada à concentração ruminal ideal de amônia exigida permanece sem resposta.

A quantidade de proteína da ração afeta a conversão de nitrogênio não proteico em proteína microbiana. Teores proteicos elevados são capazes de reduzir a utilização de amônia pelos microrganismos do rúmen. Em dietas com teores energéticos adequados e elevados em proteína degradável no rúmen, o nível máximo de proteína bruta da ração, a partir do qual a adição de nitrogênio não proteico reduz a utilização da amônia para síntese proteica, está entre 14 e 15% da matéria seca. Por esse

motivo, em dietas suplementadas com ureia, é desejável a inclusão de fontes de proteína não degradável no rúmen (PNDR) (Broderick, 2006). A inclusão dessas fontes proteicas com baixa solubilidade e baixa degradação ruminal tem a finalidade de evitar o excesso de amônia ruminal e também de fornecer a quantidade necessária de proteína metabolizável de acordo com a exigência do animal. Outro ponto a se destacar é a necessidade da presença de proteína verdadeira degradável no rúmen para que o processo de síntese de proteína microbiana seja maximizado. A existência de peptídeos e aminoácidos pré-formados no ambiente ruminal associados ao nitrogênio não proteico proveniente da dieta potencializa o metabolismo proteico ruminal, tendo em vista que as exigências para utilização de N pela microbiota ruminal serão atendidas.

A ureia não possui nenhum mineral em sua composição. Dietas com ureia devem ser suplementadas com mistura mineral de qualidade, e atenção especial deve ser dada ao enxofre, uma vez que este mineral é utilizado para síntese microbiana de aminoácidos sulfurados (metionina, cisteína e cistina). Normalmente, o teor de enxofre é baixo em rações com níveis elevados de nitrogênio não proteico, especialmente nas dietas com altas proporções de grãos, ou baseadas em silagens. Por isso, a suplementação com enxofre em dietas com altos níveis de nitrogênio não proteico é necessária ao bom desempenho animal. A relação ótima entre nitrogênio/enxofre para bovinos é de 10 a 15 partes de nitrogênio para uma parte de enxofre. São indicados como fonte suplementar de enxofre o sulfato de amônio, misturado na proporção de nove partes de ureia para uma de sulfato de amônio, e o sulfato de cálcio, misturado na proporção de quatro partes de ureia para uma de sulfato de cálcio (Ureia..., 1997).

#### 4. AVALIAÇÃO DO METABOLISMO DO NITROGÊNIO

Uma ferramenta útil para avaliação do metabolismo dos compostos nitrogenados no rúmen são as dosagens de ureia no leite ou no sangue. As concentrações de ureia no leite representam, em média, 85% das encontradas no sangue (Harris Jr., 1997). Já Wittwer et al. (1993) encontraram uma correlação de 0,95 entre os valores de concentração de ureia no sangue e no leite, em amostras de um mesmo grupo de animais. Portanto, a concentração de ureia no leite, expressa como MUN – nitrogênio ureico no leite – pode ser adotada como um indicador do manejo nutricional, principalmente com relação à proteína. Em rebanhos pequenos, aconselha-se a amostragem de todos os animais, mas, quando o número de vacas é maior, uma amostragem ao acaso de 10 a 15% dos animais de cada lote de produção é suficiente. Os valores MUN devem situar entre 12 e 20mg/dl. Concentrações acima deste limite podem representar níveis excessivos de proteína na dieta, uma baixa quantidade ou qualidade de carboidratos fermentáveis no rúmen ou uma falha na sincronização na degradação destas fontes, indicando que existe uma ineficiência na suplementação proteica no rebanho.



## 5. FORMAS DE UTILIZAÇÃO NA DIETA E DESEMPENHO ANIMAL

A síntese microbiana fornece a maior parte da proteína utilizada pelo ruminante lactante para manutenção e produção de leite, portanto o maior objetivo da nutrição proteica deve ser maximizar a produção da proteína microbiana (Broderick, 2006). Na dieta de vacas leiteiras, a ureia é principalmente utilizada misturada ao concentrado, em volumosos ou na dieta completa.

### 5.1. Misturada a concentrados

Quando administrada via concentrado, a quantidade de ureia a ser fornecida pode ser facilmente controlada. Este método de fornecimento é seguro e prático, criando condições adequadas para utilização do NNP (Haddad, 1984). Na substituição de um farelo proteico, considera-se que a ureia não possui energia, devendo ser incluída na mistura pela adição de um concentrado energético. Faria (1984) demonstrou de modo prático o efeito da inclusão de diferentes níveis de ureia em um concentrado à base de milho e farelo de soja (Tabela 2).

Tabela 2. Efeito da adição de ureia sobre as proporções de milho e soja no concentrado.

% Ureia	Unidades percentuais de milho a serem adicionadas	Unidades percentuais de soja a serem retiradas
0,8	5,6	6,4
1,0	7,0	8,0
1,2	8,4	9,6
1,4	9,8	11,2
1,6	11,2	12,8
1,8	12,6	14,4
2,0	14,0	16,0

Fonte: Adaptado de Faria (1984).

Como exemplo, se em uma mistura composta por 70% de milho e 30% de farelo de soja, fosse escolhido incluir 1,0% de ureia, a formulação passaria a ter 77% de milho e 22% de farelo de soja. Por meio desta tabela e com base nos custos dos ingredientes, pode-se avaliar o impacto da inclusão da ureia numa mistura concentrada. No entanto, quando da inclusão da ureia, atenção deve ser dada ao balanceamento completo da dieta, de acordo com as exigências nutricionais dos animais. Holter et al. (1968) verificaram que a ureia fornecida até o nível de 2,5% em misturas de concentrados não apresentou efeitos prejudiciais significativos no consumo de alimento, em sua digestibilidade ou na produção de leite. Contudo, Wilson et al. (1975) observaram decréscimo no consumo de MS de uma ração completa contendo 2,3% de ureia (425 a 450g/dia), quando a ureia foi administrada oralmente ou por intermédio da fístula ruminal. Van Horn et al. (1968) advertem que a mistura máxima de ureia em concentrações não deve exceder 2%, mesmo considerando animais fisiologicamente adaptados a tolerar maiores quantidades, devido à possibilidade de existência de

problemas relacionados à palatabilidade. Abaixo, seguem sugestões de formulações de concentrados utilizando-se a ureia associada a diferentes alimentos.

Tabela 3. Sugestões de concentrados utilizando ureia pecuária.

Ingredientes (%)	Concentrados									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Milho, fubá	-	-	84,5	74,5	79,0	50,0	85,0	80,0	65,0	75,0
MDPS <sup>1</sup>	-	78,0	-	-	-	-	-	-	-	-
Soja, farelo	23,0	19,0	10,0	8,0	-	-	10,0	-	-	8,0
Algodão, farelo	-	-	-	-	15,0	10,0	-	15,0	10,0	-
Trigo, farelo	-	-	-	12,0	-	35,0	-	-	20,0	12,0
Mandioca	72,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Ureia</b>	<b>2,0</b>	<b>1,0</b>	<b>2,0</b>	<b>2,0</b>	<b>2,0</b>	<b>2,0</b>	<b>2,0</b>	<b>2,0</b>	<b>2,0</b>	<b>2,0</b>
Calcário calcítico	2,0	1,0	1,0	1,5	1,5	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Fosfato bicálcio	-	-	1,0	0,5	1,0	-	-	-	-	-
Minerais	1,0	1,0	1,5	1,5	1,5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Composição química (%)										
Proteína bruta	20,0	18,0	19,2	19,1	18,4	19,2	19,7	18,6	18,6	19,5
NDT <sup>2</sup>	75,8	70,0	75,2	73,9	73,0	73,0	79,0	77,0	74,9	77,3
Cálcio	1,20	0,60	0,92	1,00	1,07	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Fósforo	0,33	0,40	0,62	0,60	0,64	0,80	0,36	0,45	0,56	0,45

<sup>1</sup>MDPS - milho desintegrado com palha e sabugo, <sup>2</sup>Nutrientes digestíveis totais.

Fonte: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária/Centro Nacional de Pesquisa em Gado de Leite - Embrapa/CNPGL, citados por Ureia... (2000)

## 5.2. Misturada a volumosos

O fornecimento da ureia misturada a volumosos com baixa concentração de proteína bruta tem sido uma estratégia bastante utilizada.

### 5.2.1. Silagens e volumosos de baixa qualidade

Dixon (1999) relatou aumentos na degradabilidade *in situ* da matéria seca variando de 24 – 87% para 16 diferentes tipos de forrageiras, após a adição da ureia em dietas com baixa proteína. O uso de 0,5% de ureia como aditivo na silagem de milho foi capaz de aumentar o seu teor de proteína bruta em cerca de 50%, em trabalho de Rojas et al. (1980), elevar de 5,0 para 8,3, em estudo de Vilela et al. (1986), e praticamente dobrar este conteúdo, em avaliação de Gonçalves et al. (1998), conforme verificado na Tabela 4. Também na ensilagem do sorgo, a ureia tem sido adicionada com o objetivo principal de aumentar a porcentagem de proteína bruta, apesar de sua aplicação ter promovido melhor estabilização da massa ensilada após abertura, na silagem de milho (Vilela et al., 1986) e de capim-elefante (Vilela, 1989). A adição de ureia ao milho, no momento da ensilagem, pode melhorar a relação energia-proteína com reflexo positivo sobre a digestibilidade da matéria seca (Vilela et al., 1986) e sobre a digestibilidade da proteína bruta da silagem, melhorando os consumos de matéria seca e de proteína digestíveis (Gonçalves et al., 1998) e de energia bruta e digestível (Borges et al., 1998).

Tabela 4. Avaliação de silagens de milho com ou sem a adição de 0,5% de ureia.

Parâmetro	Silagem	
	Milho	Milho + ureia (0,5%)
Matéria seca - MS (%) <sup>1</sup>	32,7	30,3
Proteína bruta (% MS) <sup>1</sup>	5,0	8,3
pH <sup>1</sup>	3,9	4,7
Consumo de matéria seca digestível (g/Kg <sup>0,75</sup> ) <sup>2</sup>	21,40	28,77
Consumo de energia bruta (g/Kg <sup>0,75</sup> ) <sup>3</sup>	178,57	231,57
Consumo de energia digestível (g/Kg <sup>0,75</sup> ) <sup>3</sup>	97,38	138,45

Fonte: <sup>1</sup>Vilela et al. (1986); <sup>2</sup>Gonçalves et al. (1998); <sup>3</sup>Borges et al. (1998).

Palhadas de diversas culturas e fenos de gramíneas colhidos em estádios avançados de maturação apresentam baixas concentrações de nitrogênio (entre 0,6 e 0,8% na matéria seca). Tais concentrações são incapazes de satisfazer as exigências para o crescimento dos microrganismos ruminais (pelo menos 1% de nitrogênio na matéria seca). Além disso, estes materiais, assim como outros materiais fibrosos, são constituídos basicamente de celulose, hemicelulose e lignina, nos quais a celulose e a hemicelulose estão aglutinadas em um arranjo incrustado por lignina, dificultando o acesso das enzimas celulolíticas do rúmen aos pontos em que ocorre a ruptura do polímero celulósico. Desta maneira, a associação desses alimentos com a ureia exerce um efeito positivo, aumentando o conteúdo de nitrogênio do volumoso e estimulando o consumo de matéria seca. De acordo com Cloete e Kritzinger (1984), Vilela (1989) e Henning et al. (1990), a ureia pode ser utilizada como fonte de amônia em um sistema de tratamento fundamentado no fato de a ureia, em contato com uma fonte de uréase em meio aquoso, ser hidrolisada, produzindo duas moléculas de amônia e uma de CO<sub>2</sub>. Esta amônia liberada, à semelhança de outros álcalis, seria capaz de proporcionar expansão da parede celular da planta após um período de armazenamento, favorecendo a digestão, por propiciar melhor acesso das enzimas digestivas do rúmen às frações digestíveis da fibra.

A utilização da ureia pecuária com volumosos de baixa qualidade deve seguir as seguintes recomendações:

- o volumoso deve ser totalmente picado;
- observar um período de adaptação, iniciando com o fornecimento de 0,5% da mistura ureia pecuária + fonte de enxofre no volumoso, aumentando a proporção desta suplementação para 1% na segunda semana;
- para volumosos com mais de 30% de umidade, recomenda-se não ultrapassar a proporção correspondente a 5% (0,5 quilo de ureia pecuária + fonte de enxofre para cada 100 quilos de volumoso);
- adicionar a solução ao volumoso, de preferência com regador;
- evitar o acúmulo da mistura ureia pecuária + fonte de enxofre no fundo do cocho.
- as sobras não devem ser utilizadas no dia seguinte ao do preparo;
- observar período da adaptação do animal à ureia pecuária. Caso o animal deixe de receber por dois dias, o trabalho de adaptação deve ser reiniciado;

- não fornecer mistura de volumosos de baixa qualidade com ureia a animais fracos, em jejum ou famintos.

### 5.2.2. Cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar é um volumoso que apresenta baixa concentração proteica, em torno de 2,74% (Valadares Filho et al., 2006) e por isso frequentemente é fornecida associada à ureia. A recomendação é de que, após um período de adaptação de dez dias usando-se 0,5% de ureia na cana picada, deve-se utilizar 1% de ureia em relação ao peso da cana picada. Além disso, deve ser adicionada uma fonte de enxofre, como o sulfato de amônio, para que se mantenha uma relação N : S de 14:1. A fórmula final é, portanto, de 0,5kg da mistura ureia + sulfato de amônio (na proporção 9 : 1, ou seja, 450g de ureia e 50g de sulfato de amônio) para 100kg de cana picada durante o período de adaptação. Em seguida, utiliza-se 1kg da mistura ureia + sulfato de amônio (na proporção 9:1, ou seja, 900g de ureia e 100g de sulfato de amônio) para 100kg de cana picada. Para aplicar a mistura ao volumoso, deve-se misturá-la em 3 a 4 litros de água e, com o auxílio de um regador, espalhá-la sobre a cana picada distribuída nos cochos. Finalmente, o material deve ser revolvido duas ou três vezes para homogeneização. Adotando-se esse procedimento, o déficit proteico fica praticamente suprido. Para alcançar as exigências de manutenção ou ganhos pouco acima da manutenção, a tecnologia cana + ureia e sulfato de amônio é suficiente para atender as necessidades nutricionais dos microrganismos do rúmen, resultando em melhor consumo e utilização de nutrientes. Rangel et al. (2005) avaliaram o desempenho produtivo de vacas leiteiras alimentadas com quatro tratamentos isoproteicos que utilizaram como volumoso cana-de-açúcar adicionado de farelo de soja ou 0,4; 0,8; 1,2% de mistura ureia e sulfato de amônia (9:1). Não houve diferença para a produção de leite, que foi em torno de 20kg por animal, quando se comparou farelo de soja com a ureia nos diferentes níveis, no entanto ocorreu efeito linear crescente para o aumento dos níveis de ureia.

### 5.3. Misturada em suplementos minerais

Para animais de menor exigência, como em vacas no período seco, a suplementação de ureia em misturas múltiplas tem se mostrado uma opção interessante. A diferença principal entre a mistura múltipla da seca e a mistura múltipla das águas, também chamada comercialmente de "sal energético", reside no fato de que, na maior parte da estação chuvosa, o teor de proteína das forrageiras geralmente pode ser considerado satisfatório e, por isso, a concentração de ureia é menor. O consumo da mistura múltipla de seca é bastante variável, dependendo da qualidade e da oferta de pastagem, situando-se numa faixa de 200 a 300 gramas por animal/dia. A frequência de reposição da mistura múltipla nos cochos não deve exceder três dias, já que a mistura em contato com a saliva do animal tem uma tendência a empedrar. O ganho de peso dos bovinos em pastagens suplementados com a mistura múltipla na época da seca tem variado de 100 a 300 gramas por cabeça/dia. É importante salientar que, para obter melhores resultados, é essencial a existência de uma boa oferta de pastagem (Lopes et al., 1998). A composição de fórmulas de mistura múltipla para a

época da seca e das águas desenvolvidas pela Embrapa Cerrados é mostrada na Tabela 4.

Tabela 5. Composição das misturas múltiplas desenvolvidas pela Embrapa Cerrados.

Ingredientes	Época das secas	Época das águas
	Quantidade	Quantidade
Milho desintegrado (quirera grossa)	27,0kg	52,0kg
Farelo de algodão	15,0kg	-
Fonte de fósforo	16,0kg	16,0kg
Ureia pecuária	10,0kg	5,0kg
Enxofre em pó	1,3kg	1,3kg
Sulfato de zinco	600 g	600 g
Sulfato de cobre	80 g	80 g
Sulfato de cobalto	20 g	20 g
Sal comum	30,0kg	25,0kg
Total	100,0kg	100,0kg

Fonte: Lopes et al. (1998).

#### 5.4. Misturada à dieta completa

Carmo (2001) concluiu que a substituição parcial do farelo de soja por ureia no teor de 2% da matéria seca da dieta é uma alternativa viável para vacas leiteiras no terço final (produção média de 20kg/dia) e após a lactação. Neste experimento, as dietas com ureia não afetaram o consumo de matéria seca, a produção de leite e a produção de leite corrigida para gordura, o teor e a produção de proteína e lactose do leite, a produção de sólidos totais, a concentração de nitrogênio ureico e glicose no plasma. Santos et al. (2001a), avaliando vacas no terço médio de lactação, com produção média de 32kg de leite/dia, observaram redução no consumo com a inclusão de 1% de ureia na MS da dieta em substituição ao farelo de soja. Em experimento realizado com vacas leiteiras no mesmo estágio de lactação (produção média de 30kg leite/dia), Cameron et al. (1991) suplementaram ureia na proporção de 0,75% da matéria seca da dieta. A ureia supriu 12,5% do nitrogênio total da dieta, e os animais consumiram em média de 157 a 172g de ureia por animal por dia. Os autores não verificaram diferenças significativas no consumo de MS, nas digestibilidades ruminal, pós-ruminal e no trato total da MS entre os tratamentos e obtiveram ganhos em produção de leite ( $P < 0,08$ ) nas dietas que continham ureia. Santos et al. (2006) analisaram o efeito da inclusão de níveis crescentes de ureia na dieta de vacas leiteiras do segundo ao sétimo mês de lactação, com produção média de leite no período de 22,7kg/dia. Os níveis de inclusão foram de 0, 0,75 e 1,5% de ureia na MS da dieta, cuja base volumosa era cana-de-açúcar. Nos tratamentos com 0,75 e 1,5% de ureia, o consumo médio foi, respectivamente, de 125g e 243g por dia. Não foram observadas diferenças entre os tratamentos quanto ao consumo de matéria seca, produção de leite, produção de leite corrigida para gordura e composição do leite. De acordo com os autores, estes resultados sugerem que o uso de até 1,5% de ureia na matéria seca da dieta não

interfere na produtividade e composição físico-química do leite. A adição de níveis crescentes de NNP (0, 0,7; 1,4 e 2,1% de ureia, correspondentes aos teores de 2,08; 4,01; 5,76 e 8,07%) reduziu o consumo de nutrientes, porém não foi observado efeito sobre as digestibilidades da MS, matéria orgânica, fibra em detergente neutro (FDN), proteína bruta e carboidratos para vacas no início da lactação, produzindo em torno de 20kg de leite/dia (Silva et al., 2001). O menor consumo de MS foi atribuído aos prováveis efeitos metabólicos da ureia e/ou à pouca palatabilidade do alimento, à medida que se elevou o teor de ureia na ração. Neste experimento, a produção máxima de leite por dia, estimada por meio de equação de regressão, foi obtida com o teor de 4,79% de NNP ou 0,7% de ureia na MS total das rações.

Santos et al. (1998), em trabalho de revisão de literatura, analisaram 23 comparações, a partir de 12 trabalhos em que a ureia substituiu, de forma parcial ou total, diversos suplementos proteicos em dietas de vacas leiteiras de alta produção (30 a 40kg/leite por dia). A inclusão da ureia na matéria seca (MS) da dieta variou entre 0,4 e 1,8%. O consumo de MS não foi afetado em 17 comparações, diminuiu em quatro e aumentou em duas, enquanto a produção de leite permaneceu inalterada em 20 e diminuiu em três comparações, com a inclusão da ureia na dieta. O teor de proteína do leite não foi afetado em 17 comparações e aumentou em cinco. A produção média de leite foi de 32,7kg/dia para vacas suplementadas com ureia e de 33,3kg/dia para vacas suplementadas exclusivamente com fontes de proteína verdadeira. Estes resultados mostram viabilidade de utilização da ureia, mesmo em dietas de vacas leiteiras de alta produção.

Os resultados de experimentos avaliando diferentes níveis de inclusão de ureia em dietas de vacas em lactação são variados. Há de se ressaltar que parte dessa variabilidade pode ser atribuída aos alimentos utilizados nas formulações da dieta total, aos níveis de produção, aos estágios de lactação e aos níveis de ureia empregados. Para vacas em início de lactação, independentemente do nível de produção, parece prudente utilizar menores concentrações de ureia, em função da queda no consumo de MS verificada neste período. Nos demais estágios da lactação, consumos de ureia próximos a 200 g/animal por dia podem ser interessantes, uma vez que a vantagem ou não da inclusão da ureia na alimentação destes animais estará diretamente relacionada ao balanceamento adequado da dieta e ao custo dos insumos.

## 6. TOXICIDADE

O consumo de grandes quantidades de ureia, durante um período curto, pode ser fatal para animais não adaptados. A rápida liberação de amônia a partir da hidrólise da ureia contribui para uma elevação no pH. Em condições de alcalose ruminal, a absorção de amônia aumenta significativamente via parede ruminal. A amônia em excesso é convertida no fígado em ureia, no entanto, quando a capacidade de conversão do fígado chega a seu limite, as concentrações de amônia no sangue aumentam (Essig et al., 1988). A neurotoxicidade da amônia é o principal responsável

pelos sinais de intoxicação. A hiperamonemia altera as propriedades fisiológicas da barreira hematoencefálica, ocasionando um desequilíbrio dos aminoácidos no cérebro. Os aminoácidos ramificados diminuem no soro e no cérebro, enquanto os aromáticos se elevam. Como estes últimos são os precursores da maioria dos neurotransmissores, ocorre um excesso dessas substâncias no cérebro, advindo distúrbios na condução neural (Cooper e Plum, 1987). Bartley et al. (1976) observaram quadro de tetania muscular, em média, 53 minutos após a administração da dose tóxica de ureia diretamente no rúmen, via fístula, e verificaram que o pH ruminal e as concentrações de amônia no sangue estavam estreitamente correlacionados com a toxidez. Desta forma, a adaptação de ruminantes a dietas suplementadas com ureia é necessária. Durante o processo de adaptação, a retenção de nitrogênio tende a crescer após o início do fornecimento de NNP até que se atinja o equilíbrio. A adaptação à ureia correspondente aos limites máximos recomendados pode ocorrer no prazo de duas semanas, mas esse processo deve ser reiniciado, caso haja uma interrupção no fornecimento de NNP por período superior a dois dias. O estímulo do ciclo de síntese de ureia no fígado (ciclo da ureia) aumenta a conversão de amônia em ureia e parece ter papel importante durante a adaptação dos animais.

O tratamento nos casos de intoxicação pela ureia tem como objetivo reduzir o pH no ambiente ruminal e impedir a absorção excessiva da amônia liberada. Para tal finalidade, utiliza-se o fornecimento, via oral, de 4 a 6 litros de solução de ácido acético ou de vinagre a 5%. Dependendo da sintomatologia apresentada, este procedimento deve ser repetido seis horas após a primeira administração. Em situações em que estes produtos não estejam disponíveis, deve-se fornecer de 20 a 30 litros de água fria, para dificultar a absorção, bem como diluir a amônia presente no rúmen. Animais em casos mais graves de intoxicação apresentam-se prostrados, com quadros de tetania ou convulsão, e raramente respondem ao tratamento. Nestes casos, a morte pode ocorrer rapidamente. Word et al. (1969) recomendam fornecer aos animais solução de ácido acético a 5 - 10% tão logo a toxidez se manifeste, seguindo-se uma segunda ingestão duas a três horas mais tarde. Estes autores observaram também que o rápido esvaziamento do conteúdo ruminal foi eficiente em evitar a morte dos animais por intoxicação.

## 7. EFEITO DA SUPLEMENTAÇÃO COM UREIA SOBRE A REPRODUÇÃO

Conforme já discutido, o fornecimento de ureia de forma inadequada ocasiona um excesso de nitrogênio ruminal. Dependendo das concentrações de amônia ruminal, o animal pode desenvolver um quadro de intoxicação ou representar um gasto adicional de energia para reciclagem do nitrogênio pelo ciclo da ureia.

Os prováveis efeitos negativos do excesso de nitrogênio não proteico nas dietas de vacas em lactação sobre os parâmetros reprodutivos têm sido atribuídos à redução da concentração plasmática de progesterona (Jordan e Swanson, 1979); alteração na composição iônica do fluido uterino e redução do pH intrauterino (Jordan et al., 1983; Elrod e Butler, 1993; Elrod et al., 1993); exacerbação do balanço energético negativo e

aumento da secreção endometrial de PGF2 $\alpha$  (Butler, 1998); presença de componentes tóxicos do metabolismo do nitrogênio (amônia ou ureia) nas secreções dos órgãos reprodutivos, comprometendo a viabilidade de espermatozoides ou ovócitos ou a sobrevivência e o desenvolvimento embrionário inicial (Garcia-Bojalil et al., 1994). Entretanto, de acordo com Vilela e Silvestre (1985), embora dietas contendo ureia tenham sido sugeridas como o principal desencadeador de menor eficiência reprodutiva em vacas, num estudo de duração de cinco anos envolvendo 85.157 lactações em 3.157 rebanhos, alterações significativas na produção de leite ou no intervalo de parições não foram observadas. Nesse estudo, em 1.442 rebanhos, as vacas não receberam ureia; em 1.715, o consumo médio de ureia foi de 80 gramas/vaca/dia e, nos rebanhos restantes, o consumo médio foi de 200 gramas/vaca/dia. Da mesma forma, Krassel (1988) e Oliveira et al. (2004), em estudos que avaliaram o desempenho reprodutivo de vacas recebendo ou não suplementação com ureia, não observaram diferenças significativas entre os tratamentos.

## 8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A ureia é um composto nitrogenado não proteico que pode ser utilizado para reduzir custos com a suplementação proteica em dietas de bovinos leiteiros. A eficiência de sua utilização pelos animais depende do balanceamento adequado da dieta, de modo a permitir uma sincronização entre a disponibilidade de carboidratos fermentáveis e nitrogênio no rúmen. Além disso, atenção deve ser dada à concentração de minerais, bem como ao período de adaptação à dieta pelos animais;

Para vacas no terço médio e final de lactação, a ingestão de ureia pode chegar a valores próximos a 200g por animal por dia ou 40g para cada 100kg de peso vivo. No entanto, o nível e a inclusão de ureia na dieta deverão sempre levar em conta as exigências de proteína bruta do animal, bem como a concentração de PDR na dieta. Para animais no início de lactação, aconselha-se o fornecimento de quantidades inferiores a essa.

A adaptação à ingestão da ureia por meio do fornecimento de quantidades gradativamente crescentes é condição fundamental para se evitar intoxicação.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDOUN, K.; STUMPF, F.; MARTENS, H. Ammonia and urea transport across the rumen epithelium: a review. *Anim. Health Res. Rev.*, v.7, p.43-59, 2007.
- BARTLEY, E.E.; DAVIDOVICH, A.; BARR, G.W. et al. Ammonia toxicity in cattle. 1. Rumen and blood change associated with toxicity and treatment methods. *J. Anim. Sci.*, v.43, p.835-841, 1976.
- BORGES, A.L.C.C.; RODRIGUEZ, N.M.; GONÇALVES, L.C. et al. Valor nutritivo de silagem de milho, adicionada de ureia e carbonato de cálcio, e do rolão de milho. II.



Consumo e digestibilidade de energia. *Arq. Bras. Méd. Vet. Zootec.*, v.50, p.317-320, 1998.

BRODERICK, G.A. Improving nitrogen utilization in the rumen of the lactating dairy cow. In: ANNUAL FLORIDA RUMINANT NUTRITION SYMPOSIUM, 17., 2006, Gainesville, FL Gainesville: University of Florida, 2006. Disponível em: <http://dairy.ifas.ufl.edu/rns.html>. Acessado em jan. 2007.

BUTLER, W.R. Effect of protein nutrition on ovarian and uterine physiology in dairy cattle. *J.Dairy Sci.*, v.81, p.2533-2539, 1998.

CAMERON, M.R.; KLUSMEYER, T.H.; LYNCH, G.L. et al. Effects os urea and starch rumen fermentation, nutrient passage to the duodenum, and performance of cows. *J.Anim. Sci.*, v.74, p.1321-1336, 1991.

CARMO, C.A. *Substituição do farelo de soja por ureia ou amireia em dietas para vacas leiteiras em final de lactação*. 2001. 74f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

CLOETE, S.W.P.; KRITZINGER, N.M. A laboratory assessment of various treatment conditions affecting the ammoniation of wheat straw by urea. 1. The effect of teperature, moisture level and treatment period. *S. Afr. J. Anim. Sci.*, v.14, p.55-58, 1984.

COOPER, A.J.L.; PLUM, F. Biochemistry and physiology of brain ammonia. *Physiol.*, v.67, p.440-519, 1987.

DIXON, R.M. Effects of addition of urea to a low nitrogen diet on the rumen digestion of a range of roughages. *Aust. J. Agric. Res.*, v.50, p.1091-1097, 1999.

ELROD, C.C.; BUTLER, W.R. Reduction of fertility and alteration of uterine pH in heifers fed excess ruminally degradable protein *J. Anim. Sci.*, v.71, p.694-701, 1993.

ELROD, C.C.; VAN AMBURG, M.; BUTLER, W.R. Alterations of pH in response to increased dietary protein in cattle are unique to the uterus. *J. Anim. Sci.*, v.71, p.702-706, 1993.

ESSIG, H.W.; HUNTINGTON, G.B.; EMERICK, R.J. et al. Nutritional problems related to the gastro-intestinal tract. In: CHURCH, D.C. (Ed.). *The ruminant animal digestive physiology and nutrition*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1988. p.468-492.

FARIA, V.P. *Modalidade de utilização de ureia para bovinos*. Piracicaba, SP: ESALQ, 1984. 21p.

- GARCIA-BOJALIL, C.M.; STAPLES, C.R.; THATCHER, W.W. et al. Protein intake and development of ovarian follicles and embryos of superovulated nonlactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.77, p.2537-2548, 1994.
- GONÇALVES, L.C.; BORGES, A.L.C.C.; RODRIGUEZ, N.M. et al. Valor nutritivo da silagem de milho adicionada de ureia e carbonato de cálcio e do rolão de milho. I - Consumo e digestibilidade aparente da matéria seca e a da proteína bruta e balanço de nitrogênio. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.50, p.309-315, 1998.
- HADDAD, C.M. Ureia em suplementos alimentares. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS. UREIA PARA RUMINANTES, 2., 1984, Piracicaba, SP. *Anais...* Piracicaba: FEALQ, 1984. p.119-141.
- HARRIS Jr, B. Usando os valores de nitrogênio ureico no leite (MUN) e nitrogênio ureico sanguíneo (BUN). *Infomilk*, v.1, p.1-4-, 1997.
- HENNING, J.C.; DOUGHERTY, C.T.; O'LEARY, J.O. et al. Urea for preservation of moist hay. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.31, p.193-204, 1990.
- HOLTER, J.B., COLOVOS, N.F., DAVIS, H.A. et al. Urea for lactating dairy cattle. III. Nutritive value of rations of corn silage plus concentrate containing various levels of urea. *J. Dairy Sci.*, v.51, p.1243-1248, 1968.
- HOOVER, W.H.; STOKES, S.R. Balancing carbohydrates and proteins for optimum rumen microbial yield. *J. Dairy Sci.*, v.74, p.3630-3644, 1991.
- JORDAN, E.R.; CHAPMAN, T.E.; HOLTAN, D.W. et al. Relationship of dietary crude protein to composition of uterine secretions and blood in high-producing postpartum dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.66, p.1854-1862, 1983.
- JORDAN, E.R.; SWANSON, L.V. Effect of crude protein on reproductive efficiency, serum total protein, and albumin in the high-producing dairy cow. *J. Dairy Sci.*, v.62, p.58-63, 1979.
- KRASSEL, A.J. *Desempenho reprodutivo de vacas Holandês-Zebu recebendo suplemento com ureia*. 1988. 60f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Belo Horizonte, MG.
- LAPIERRE, H.; OUELLET, D.R.; BERTHIAUME, R. et al. Effect of urea supplementation on urea kinetics and splanchnic flux of amino acids in dairy cows. *J. Anim. Feed Sci.*, v.13, suppl. 1, p.319-322, 2004.
- LOOSLI, J.K.; McDONALD, I.W. Nonprotein nitrogen in the nutrition of ruminants. Roma: FAO, 1968. 94p. (FAO Agricultural Studies, 73). Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/004/AC149E/AC149E00.HTM> . Acessado em: nov. 2006.

- LOPES, H.O.S.; PEREIRA, E.A.; NUNES, I.J. et al. *Suplementação de baixo custo para bovinos: Mineral e alimentar*. Brasília: EMBRAPA/SPI, 1998. 107p.
- MAYNARD, L.A.; LOOSLI, J.K.; HINTZ, H.F. et al. *Animal nutrition*. 3.ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1984. 726p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient requirements of dairy cattle*. 7.ed. rev. Washington, DC: National Academy Press, 2001. 381p.
- NOLAN, J.V. Nitrogen kinetics. In: FORBES, F.M.; FRANCE, F. *Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism*. Wallingford, UK: CAB International, 1993. p.123-145.
- OLIVEIRA, M.M.N.F.; TORRES, C.A.A.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Ureia para vacas leiteiras no pós-parto: desempenho produtivo e reprodutivo. *Rev. Bras. Zootec.*, v.33, p.2266-2273, 2004.
- OWENS, F.N.; ZINN, R. Protein metabolism of ruminant animals. In: CHURCH, D.C. (Ed.). *The ruminant animal digestive physiology and nutrition*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1988. p.227-249.
- PENTREATH, M. *Uso da ureia agrícola ou pecuária como fonte de nitrogênio para ruminantes*. 2005. 111f. Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Belo Horizonte.
- RANGEL, A.H.N.; CAMPOS, J.M.S.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Desempenho produtivo de vacas leiteiras alimentadas com cana-de-açúcar corrigida com farelo de soja e diferentes níveis de ureia. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42, Goiânia. *Anais...* Goiânia: UFG, 2005. CD-ROM
- ROJAS, S.A.S.; RODRIGUEZ, N.M.; PIZARRO, E.A. Efeito da ureia e do carbonato de cálcio na fermentação da silagem de milho. *Arq. Esc. Vet. UFMG*, v.32, p.407-414, 1980.
- RUSSEL, J.B.; O'CONNOR, J.D.; FOX, D.G. et al. A Net Carbohydrate and Protein System for evaluating cattle diets. I. Ruminal fermentation. *J. Anim. Sci.*, v.70, p.3551-3561, 1992.
- RUSSEL, J.B.; ONODERA, R.; HINO, T. Ruminal protein fermentation: News perspectives on previous contradictions. In: TSUDA, T.; SASAKI, Y.; KAWASHIMA, R. (Ed.) *Physiological aspects of digestion and metabolism in ruminants*. New York: Academic Press, 1991. p.681-697.
- SANTOS, F.A.P. Metabolismo de proteínas. In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. (Ed.). *Nutrição de ruminantes*. Jaboticabal: Fundep, 2006. p.255-286.

SANTOS, F.A.P.; JUCHEM, S.O.; IMAIZUMI, H. et al. Suplementação de fontes de proteína e de amido com diferentes degradabilidades ruminais para vacas em lactação. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37, Piracicaba, 2001. *Anais...* Piracicaba: FEALQ, 2001a. CD-ROM.

SANTOS, F.A.P.; SANTOS, J.E.P.; THEURER, C.B. et al. Effects of rumen-undegradable protein on dairy cow performance: A 12-year literature review. *J. Dairy Sci.*, v.81, p.3182-3213, 1998.

SANTOS, G.T.; CAVALIERI, F.L.B.; MODESTO, E.C. *Recentes avanços em nitrogênio não proteico na nutrição de vacas leiteiras*. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL EM BOVINOCULTURA DE LEITE: NOVOS CONCEITOS EM NUTRIÇÃO, 2, 2001, Lavras, MG. Lavras, MG:UFLA, 2001b. p.199-228.

SANTOS, M.V.; AQUINO, A.A.; REAL, Y.L.V. et al. Efeito de níveis crescentes de ureia na dieta de vacas em lactação, sobre o consumo, produção e composição do leite. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43, João Pessoa, 2006. *Anais...*João Pessoa: SBZ, 2006. CD-ROM.

SATTER, L.D.; ROFFLER, R.E. Nitrogen requirement and utilization in dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, v.58, p.1219-1237, 1975.

SILVA, R.M.; VALADARES, R.F.D.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Ureia para vacas em lactação. 1. Consumo, diestabilidade, produção e composição de leite. *Rev. Bras. Zootec.*, v.30, p.1639-1649, 2001.

SONG, M.K.; KENNELY, J.J. Ruminant fermentation pattern, bacterial population and ruminal degradation of feed ingredients as influenced by ruminal ammonia concentration. *J. Dairy Sci.*, v.68, p.1110-1120, 1990.

UREIA pecuária: Informações técnicas. Camaçari, BA: Petrobrás, 2000. 24p.

UREIA pecuária: Informações técnicas. Juiz de Fora, MG: Embrapa/CNPGL, 1997. 15p.

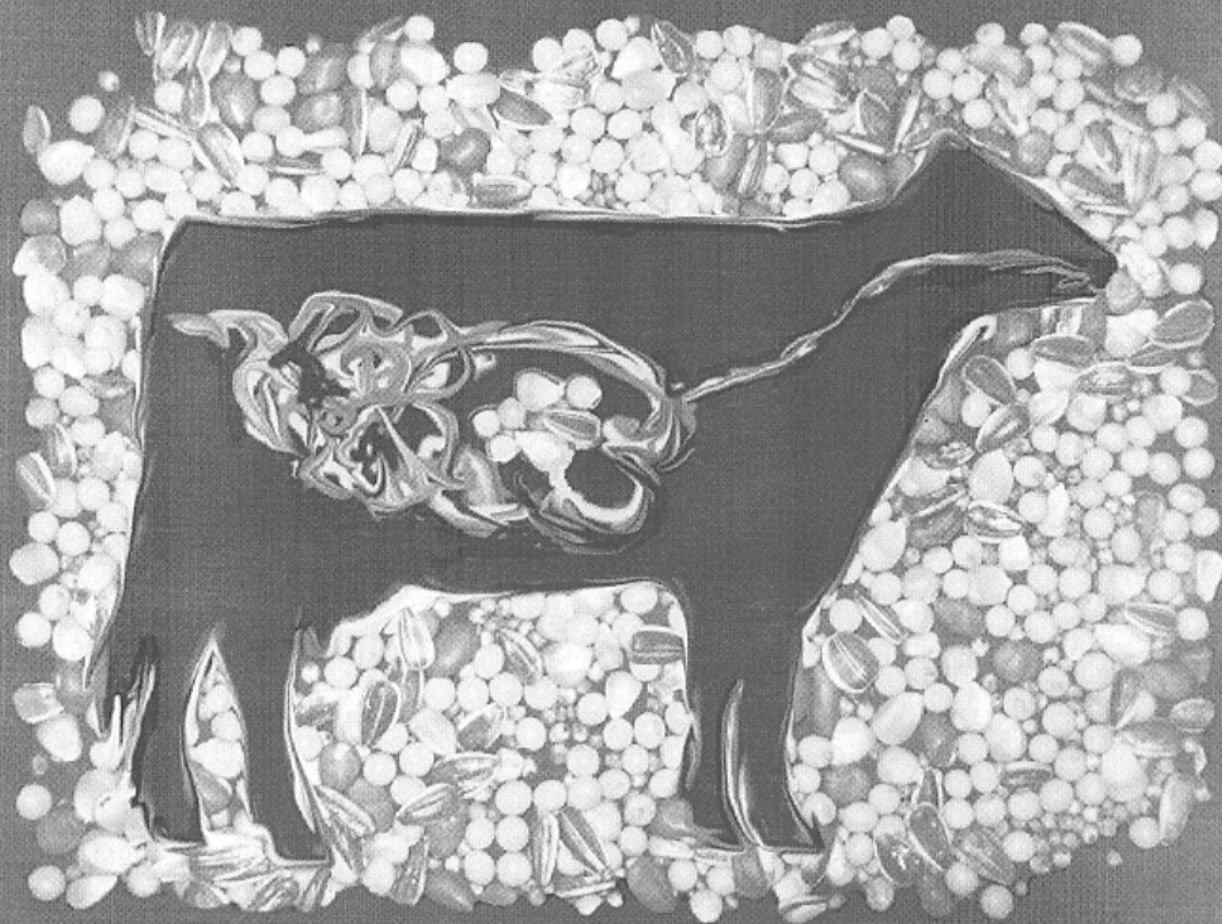
VALADARES FILHO, S.C.; MAGALHÃES, K.A; ROCHA Jr, V.R. et al. *Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos*. CQBAL 2.0. Viçosa, MG: UFV, 2006. 329p.

VAN HORN, H.F.; FOREMAN, CF.; RODRIGUEZ, J.E. Effect of high supplementation on feed intake and milk production of dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.50, p.709-714, 1968.

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

- VILELA, D. *Avaliação nutricional da silagem de capim-elefante (Pennisetum purpureum, Schum) submetido a emurchecimento e adição de ureia na ensilagem*. 1989. 186f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- VILELA, D.; MELLO, R.P.; VILLAÇA, H.A. et al. Efeito da cama de aviário e da ureia na ensilagem do milho sobre o desempenho de vacas em lactação. *Rev. Bras. Zootec.*, v.15, p.57-68, 1986.
- VILELA, H.; SILVESTRE, J.R.A.S. *Ureia: Informe técnico*. Brasília: EMBRATER/EMATER-MG, 1985. 57p.
- VISEK, W.J. Ammonia: Its effects on biological systems. Metabolic hormones and reproduction. *J. Dairy Sci.*, v.67, p.481-498, 1984.
- VISEK, W.J. Some aspects of ammonia toxicity in animal cells *J. Dairy Sci.*, v.51, p.286-295, 1968.
- WILSON, G.; MARTZ, F.A.; CAMPBELL, J.R. Evaluation of factors responsible for reduced voluntary intake of urea for ruminants. *J. Anim. Sci.*, v.41, p.1431-1437, 1975.
- WITTEWER, F.; REYES, J.M.; OPITZ, H. et al. Determinación de urea en muestras de leche de rebaños bovinos para el diagnóstico de desbalance nutricional. *Arch. Med. Vet.*, v.25, p.165-172, 1993.
- WORD, J.D.; MARTIN, D.L. WILLIAMS, E.I. et al. Urea toxicity studies in the bovine. *J. Anim. Sci.*, v.29, p.786-791, 1969.

# Alimentos para Gado de Leite



**Editores:**  
**Lúcio Carlos Gonçalves**  
**Iran Borges**  
**Pedro Dias Sales Ferreira**

Lúcio Carlos Gonçalves  
Iran Borges  
Pedro Dias Sales Ferreira

# **ALIMENTOS PARA GADO DE LEITE**

FEPMVZ-Editora  
Belo Horizonte  
2009

A414 Alimentos para gado de leite / Editores: Lúcio Carlos Gonçalves, Iran Borges,  
Pedro Dias Sales Ferreira. – Belo Horizonte: FEPMVZ, 2009.  
568 p. : il.

Inclui bibliografia  
ISBN 978-85-87144-36-2

1. Bovino de leite – Alimentação e rações. 2. Bovino de leite - Nutrição.  
3. Nutrição animal. I. Gonçalves, Lúcio Carlos. II. Borges, Iran. III. Ferreira,  
Pedro Dias Sales.

CDD – 636.214 085 2