



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CAMPUS DE ARAGUAÍNA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

JHONATTA ANDRADE SOUSA

**FONTES ALTERNATIVAS DE NITROGÊNIO NÃO PROTEICO NA NUTRIÇÃO DE
RUMINANTES**

**ARAGUAÍNA -TO
2021**

JHONATTA ANDRADE SOUSA

FONTES ALTERNATIVAS DE NITROGÊNIO NÃO PROTEICO NA NUTRIÇÃO DE RUMINANTES

Trabalho de conclusão de curso apresentado à UFT – Universidade Federal do Tocantins – Campus Universitário de Araguaína como parte das exigências da disciplina TCC 2 – Trabalho de Conclusão de Curso.

Orientadora: Profa. Dra. Ana Cristina Holanda
Ferreira

ARAGUAÍNA – TO
2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins

S725f Sousa, Jhonatta Andrade.
Fontes Alternativas de Nitrogênio Não Proteico na Nutrição de Ruminantes. / Jhonatta Andrade Sousa. – Araguaína, TO, 2021.
36 f.
Monografia Graduação - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Araguaína - Curso de Zootecnia, 2021.
Orientadora : Profª. Dr. Ana Cristina Holanda Ferreira
1. Nutrição. 2. Ruminantes. 3. NNP. 4. Revisão Bibliográfica. I.
Título

CDD 636

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

JHONATTA ANDRADE SOUSA

FONTES ALTERNATIVAS DE NITROGÊNIO NÃO PROTEICO NA NUTRIÇÃO DE RUMINANTES

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à UFT – Universidade Federal do Tocantins – Campus Universitário de Araguaína, Curso de Zootecnia, foi avaliado para a obtenção do Título de Bacharel em Zootecnia e aprovado em sua forma final pela Orientadora e pela Banca Examinadora.

Data de Aprovação:02/08/2021

Banca examinadora:

Ana Cristina Holanda Ferreira

Profª. Dra. Ana Cristina Holanda Ferreira. Orientadora, UFT

PP Pimentel

Profª. Dra. Patrícia Guimarães Pimentel. Examinadora, Universidade Federal do Ceará

L. Sousa

Prof. Dr. Luciano Fernandes Sousa. Examinador, UFT

Dedico este trabalho a toda minha família e amigos, que estiveram comigo ao longo dessa caminhada, e me deram forças para continuar e ir até o fim.

AGRADECIMENTOS

Agradeço Primeiramente a Deus, pois sem ele nada somos.

Agradeço a Universidade Federal do Tocantins pela oportunidade de realizar esse trabalho.

Quero agradecer bastante a minha orientadora Professora Ana Cristina Holanda Ferreira, ser seu orientado foi a escolha mais certa que fiz, obrigado por toda a paciência, confiança e ensinamentos.

Minha família e amigos, obrigado por todo apoio, sei que todos torcem pela minha vitória, em especial a minha Mãe Cleione, meu Pai Mário Sérgio, meus irmãos Raylla, Rafael e Luanna, meu padrasto José Raimundo, minha namorada Adha Gabriela e aos meus companheiros de república, Manuel, Ítalo, Murilo e Luiz Eduardo. Vocês foram essenciais nessa caminhada.

MUITO OBRIGADO!

LISTA DE ILUSTRAÇÃO

- Figura 1 - Esquema simplificado do sistema digestório dos animais ruminantes.....10
- Figura 2 - Esquema simplificado do metabolismo de compostos nitrogenados.....13

LISTA DE SIGLAS

GMD – Ganho médio diário

NNP – Nitrogênio não proteico

PDR – Proteína degradável no rúmen

PNDR – Proteína não degradável no rúmen

Sumário

| | |
|---|----|
| 1. INTRODUÇÃO | 8 |
| 2. REFERENCIAL TEÓRICO | 10 |
| 2.2. Proteínas na alimentação de ruminantes | 10 |
| 2.3. Uso de NNP | 12 |
| 3. FONTES ALTERNATIVAS DE NNP | 17 |
| 3.1. Amireia | 17 |
| 3.2. Nitrato..... | 19 |
| 3.3. COMPOSTOS ENCAPSULADOS..... | 20 |
| 3.3.1. Ureia revestida com polímero..... | 20 |
| 3.3.2. Ureia encapsulada com cera de abelha | 22 |
| 3.3.3. Ureia encapsulada com cera de carnaúba | 23 |
| 3.4. Biureto | 23 |
| 4. METODOLOGIA..... | 25 |
| 5. ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS..... | 26 |
| 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS | 27 |
| REFERÊNCIAS | 28 |

1. INTRODUÇÃO

Grande parte da criação de animais ruminantes é realizada de forma extensiva, e em conjunto com o fato de as plantas forrageiras serem estacionais, provocam oscilações no ganho de peso dos animais. Produtores e pesquisadores buscam por alimentos que favoreçam bom desempenho do animal, e que apresentem preços inferiores, tendo em vista que a alimentação é parte de maior custo no sistema de produção. A fração proteica da dieta, por ter um custo mais elevado, requer mais atenção. A substituição da proteína verdadeira por fontes de nitrogênio não proteico (NNP) tem sido de significativo interesse em diversas pesquisas (VALADARES FILHO, 2004).

Segundo Soares (2014), a utilização de NNP como suplemento na alimentação de ruminantes potencializa o sistema de produção, e por isso seu uso é muito comum, ainda principalmente nas épocas que a disponibilidade das forrageiras são influenciadas pela falta de chuva. Valadares Filho et al. (2012) e Imaizumi (2006) relataram que a proteína é de suma importância na nutrição dos animais, mas o seu custo é bastante elevado, podendo ser o nutriente mais oneroso na dieta.

Carvalho et al. (2005), em conformidade com Gonçalves et al. (2011), entenderam que para se desenvolverem no rúmen os microrganismos precisam de nitrogênio. O referido elemento pode ser proveniente de proteínas verdadeiras, como forragens e farelo de soja, e também a partir de compostos inorgânicos, como por exemplo a ureia, que pode ser exógena, quando fornecida pelo homem e endógena quando é procedente da saliva e parede ruminal.

Owens e Zinn (1988) e Ferreira et al. (2007) expuseram que a ureia é a fonte de NNP mais usada na alimentação de ruminantes, e sua adição apresenta riscos se não for utilizada de forma adequada, pois dependendo da quantidade fornecida aos animais poderá exceder a capacidade dos microrganismos de utiliza-la, pois a ureia apresenta uma rápida liberação de amônia no rúmen. Quando a amônia está em excesso no rúmen do animal, ela é absorvida pela parede ruminal, sendo imediatamente transportada até o fígado pelo sistema porta. A amônia, na forma livre, é tóxica para o animal, devendo então ser metabolizada.

A metabolização da amônia em ureia ocorre no fígado e gasta energia. A ureia circulante pode voltar ao rúmen por meio da reciclagem, pela saliva ou via parede ruminal, e também pode ser excretada via urina após ser filtrada pelos rins. Quando o animal é alimentado com fontes de proteína verdadeira, o pico de amônia acontece de 3 a 5 horas

depois da alimentação. Contudo, quando é fornecido ureia o pico ocorre de 1 a 2 horas depois da alimentação. Portanto, o pico depende de qual fonte de N está sendo fornecida na ração (SANTOS e PEDROSO, 2012).

Para reduzir a toxicidade e aumentar a disponibilidade da amônia para a síntese microbiana, a melhor opção seria uma fonte de NNP que apresentasse liberação mais lenta em relação à ureia (BARTLEY e DEYOE, 1975).

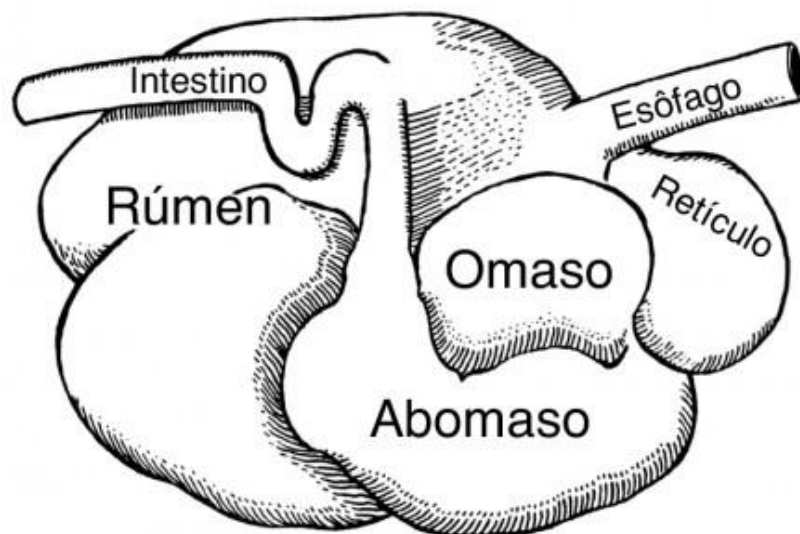
A atividade das ureases no rúmen e a necessidade de adaptação com a ureia tem estimulado o desenvolvimento de compostos que possibilitem a liberação mais lenta da ureia no rúmen. Algumas alternativas foram encontradas, mas geralmente apresentam um custo mais elevado que a ureia (AZEVEDO et al., 2015).

O objetivo deste estudo foi apresentar fontes alternativas de NNP que apresentem liberação mais lenta em relação a ureia diminuindo possivelmente os riscos de intoxicação, mas que apresentem eficiência de uso pelos animais semelhante.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Os animais ruminantes apresentam sistema digestório bem adaptado aos tipos de alimentos que consomem. São animais herbívoros que apresentam a capacidade de mastigar, engolir, regurgitar e mastigar novamente os alimentos, até que as partículas fiquem do tamanho ideal para sua degradação posterior. Esses animais possuem o estômago dividido em quatro compartimentos (FIGURA 1). Essa divisão é de suma importância, pois permite o melhor aproveitamento da celulose presente nos vegetais consumidos por esses animais. Os três primeiros compartimentos, rúmen, retículo e omaso, locais onde ocorrem digestão microbiana. O abomaso é chamado também de estômago verdadeiro, pois nesse compartimento há presença de enzimas, produzidas pelo próprio animal, as quais são responsáveis pela digestão química.

Figura 1 - Esquema simplificado do sistema digestório dos animais ruminantes



Fonte: Sistema digestivo de ruminantes. Ilustração: By Pearson Scott Foresman [Public domain]

2.2. Proteínas na alimentação de ruminantes

Na alimentação dos ruminantes, as forragens constituem o principal alimento, porém os valores nutricionais das forragens geralmente são baixos, principalmente quando se trata dos níveis de proteína (7%), que não suprem as necessidades desses animais. Um dos principais obstáculos na produção de animais em sistemas de pastejo é não conseguir

fornecer nutrientes em quantidades adequadas, durante todo o ano, pois ocorrem diversas mudanças nas forragens, como aumento de parede celular e lignificação, os quais promovem redução no consumo e na digestibilidade da matéria seca.

Desta forma, a suplementação alimentar torna-se necessária para suprir a demanda de nutrientes dos animais ruminantes. Diversos suplementos estão disponíveis para atender às exigências proteicas, como por exemplo fontes de NNP, que apresentam custo menor em relação às fontes de proteínas verdadeiras (MINSON, 1990; VAN SOEST, 1994; NRC, 2000).

A quantidade de proteína na dieta necessita ser bem balanceada, pois dietas com baixos níveis proteicos acarretam diversos problemas para o animal, como o comprometimento de algumas funções vitais, e com isso, resultando em queda de peso, menor produção de leite e ineficiência reprodutiva (REIS e DANÉS, 2011).

Nutricionalmente, para os ruminantes, a proteína bruta contida nos alimentos apresenta duas frações que podem ser classificadas como proteína degradável no rúmen (PDR) e proteína não degradável no rúmen (PNDR). A PDR é a proteína disponível para ser usada pelos microrganismos como fonte de nitrogênio. Sua degradação acontece por meio de enzimas que são secretadas pelos microrganismos ruminais, são elas, proteases, deaminases e peptidases (MEDEIROS et al., 2015).

Para que ocorra melhor aproveitamento das fontes proteicas de alta degradabilidade, é necessário o uso em conjunto de fontes energéticas também de alta degradabilidade, com isso, ocorre sincronização de energia e nitrogênio disponível no rúmen, aumentando a eficiência dos microrganismos em fixar amônia, diminuindo perdas de energia e nitrogênio (NOCEK e RUSSEL, 1988). Por outro lado, o excesso de proteína degradável no rúmen também não é benéfico, pois pode ocasionar excesso de amônia no ambiente ruminal acima da capacidade que os microrganismos têm de utilizá-la (NETO et al., 2008).

Já a PNDR é fração da proteína que escapa da fermentação ruminal, sendo digerida e absorvida no abomaso e intestino delgado. As fontes ricas em PNDR mais utilizadas no Brasil são os farelos de soja, grãos de soja, farelo de amendoim, farelo de girassol, resíduos de cervejarias e farelo de grãos destilados. Alguns alimentos de origem animal também eram utilizados, como a farinha de carne e ossos, farinha de sangue, farinha de penas e farinha de peixes, mas após casos de Encefalopatia Espongiforme Bovina, conhecida como “doença da vaca louca”, foi proibida a utilização desses alimentos (RIBEIRO et al., 2014).

A qualidade das proteínas que chegam até o intestino delgado é de suma importância, pois são os aminoácidos essenciais das proteínas que vão otimizar o desempenho animal (RIBEIRO et al., 2014).

Além das fontes de proteína, os ruminantes podem utilizar o NNP, que é originado de forma diferente das proteínas, não são formados por aminoácidos ligados por peptídeos, mas podem ser convertidos em proteína pelos microrganismos ruminais. A maior parte do NNP quando chega ao rúmen é convertido rapidamente em amônia, tornando-se disponível para os microrganismos (MEDEIROS, 2006). Os microrganismos usam a amônia para a produção de proteína microbiana, que será disponibilizada ao ruminante (ORSKOV, 1982). Alguns dos exemplos de fontes de NNP que podem ser usados na alimentação de ruminantes são a ureia e os nitratos (PEREIRA et al., 2009).

2.3. Uso de NNP

A utilização de fontes de NNP nas dietas de ruminantes pode favorecer o sistema de produção. Pensando do ponto de vista econômico, o seu uso tende a baixar os custos da suplementação proteica, pois algumas fontes de proteínas vegetal como soja e algodão são bastante onerosos. Já do ponto de vista nutricional, o NNP adequa a dieta em PDR (Ali et al., 2008). A ureia é a fonte de NNP mais utilizada em dietas de animais ruminantes.

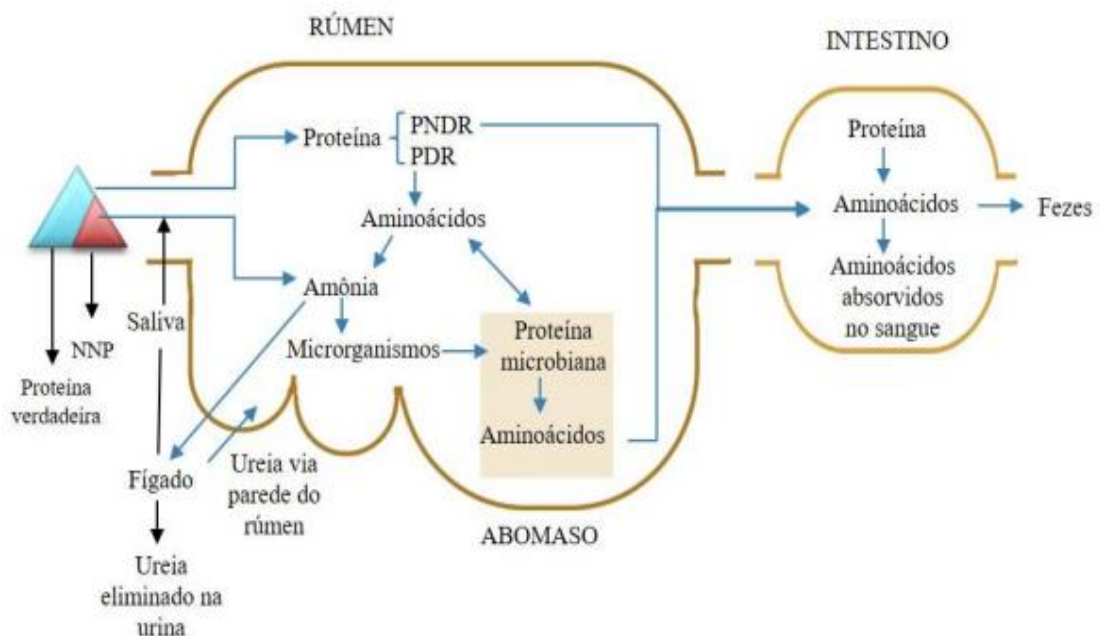
A produção da ureia ocorre de forma sintética, a partir da reação de gás carbônico e amônia, a temperatura de 195°C e 240 kg/cm² de pressão. A ureia tem 45% de N e em média 281% (45% de N/16% de N) de equivalente proteico (Aquino et al., 2009).

Em conformidade com Petrobras (1997; 1998) a ureia tem como forma química NH₂CONH₂. Apresenta coloração branca, estado sólido, é higroscópica e solúvel em água, álcool e benzina. E de acordo com a legislação do Ministério da agricultura pecuária e abastecimento, existem dois tipos de ureia, a ureia agrícola, industrial e a pecuária. A ureia industrial é usada somente na indústria e não deve ser fornecida a animais de qualquer espécie. A ureia agrícola recebe adição de formol e polivinilacetato e possui granulometria específica. A ureia que é usada na pecuária possui um alto grau de pureza, após a produção não pode receber nenhum aditivo e pode ser vendida somente em embalagem própria.

O uso da ureia como fonte proteica na alimentação de animais ruminantes apresentou grande aumento durante o período da primeira guerra mundial, a qual ocasionou escassez de alimentos em várias regiões do mundo. O seu uso ocorreu com o objetivo de aumentar a produção de carne e leite com baixos custos (SANTOS et al., 2001).

Ao utilizar a ureia, o seu ponto inicial do metabolismo ocorre com a sua hidrólise no rúmen, até a sua nova produção no fígado. Sniffen (1974) relatou que a ureia é uma fonte de N totalmente solúvel, e com isso, totalmente degradável também. No rúmen a degradação da ureia é feita pelas bactérias que se encontram nas paredes ruminais, que imediatamente vão hidrolisar a ureia transformando em amônia e dióxido de carbono, devido à ação da enzima urease (FIGURA 2). Sendo o ambiente ruminal levemente ácido, a amônia se liga a íons H⁺ que estão livres no meio, se transformando no composto amônio, composto esse que as bactérias utilizam para a produção de proteína microbiana.

Figura 2 – Esquema simplificado do metabolismo de compostos nitrogenados



Fonte: Adaptado de Teixeira (1992) e Santos (2006).

De acordo com Van Soest (1994), os protozoários também tem uma importante participação na degradação da proteína no rúmen. São os microrganismos em menor quantidade dentro do ambiente ruminal, mas representam parte considerável do volume microbiano, em consequência do seu maior tamanho.

Há diversas diferenças do metabolismo proteico dos protozoários em relação às bactérias, a principal seria o local que ocorre a degradação. As bactérias se ligam as partículas e formam complexos, já os protozoários agem de forma diferente, eles ingerem bactérias, pequenas partículas de alimentos e fungos, das suas fontes de proteínas ingeridas as bactérias é a principal (JOUANY, 1999).

Para o uso adequado da ureia, é necessário ter uma quantidade adequada de energia, isso porque a ureia libera rapidamente amônia no rúmen, e com essa liberação rápida, pode ser, além do potencial dos microrganismos em utilizá-la (GALOMBESKI et al., 2006). Para que não ocorram perdas de nitrogênio amoniacal por liberação em excesso, redução na produção microbiana e também na degradação do alimento, é de suma importância fornecer fontes proteicas e energéticas, afim de ocorrer uma sincronização na degradação (RUSSEL et al., 1992).

Dentre os diversos fatores que influenciam o uso do N pelos ruminantes, estão a relação proteína:energia, a quantidade de N, período de adaptação e a adição de enxofre na dieta. É de suma importância a adição de enxofre à ureia, pois assim as bactérias irão conseguir produzir aminoácido sulfurados (cistina, cisteína e metionina), sendo a relação recomendada de 10:1 e 15:1, N e S respectivamente. As fontes de enxofre indicadas são o sulfato de cálcio, que contém 17% de S, e o sulfato de amônio, que contém 24% de S (SANTOS, CAVALIERI e MODESTO, 2001).

Quando a relação proteína:energia não está adequada pode haver ocorrência de intoxicação por ureia, resultado do catabolismo de ácidos nucleicos, aminoácidos e amônia (GONZALEZ e SILVA 2006). Devido à rápida hidrólise do nitrogênio das fontes de NNP em amônia no rúmen, sua quantidade fornecida deve ser limitada, pois a taxa de quebra ocorre mais rápido que a sua utilização pelas bactérias, o que resulta em acúmulo de amônia no rúmen. Esse excesso de amônia é absorvido pela parede ruminal, indo para a corrente sanguínea, e a amônia na corrente sanguínea pode ser tóxica para o animal (SATTER ROFFLER. 1975).

A intoxicação nos ruminantes não ocorre devido à ureia, acontece quando esse composto é convertido em amônia, que é o primeiro composto formado pela fermentação ruminal (HALIBURTON e MORGAN, 1989).

Quando se trata de intoxicação por amônia em dietas contendo ureia, o pH do rúmen é o principal fator, mas não o único. A velocidade de ingestão e grau de adaptação do animal também influencia. Quando fornecida grande quantidade de ureia, a degradação ocorre de forma acelerada, e isso causa a elevação do pH, com isso aumenta a absorção de amônia pela parede ruminal chegando até a corrente sanguínea.

Segundo Annison e Bryden (1999), McDonald et al. (2002) e Gonçalves et al. (2004), quando há excesso de amônia, esta é absorvida pela parede ruminal, passando pela veia porta alcançando o fígado. A amônia é convertida em ureia no fígado, com gasto de 3 ATP,

esse processo enzimático é denominado ciclo da ureia. Parte dessa ureia retorna ao rúmen, outra parte é reciclada na saliva ou pode ser excretada pela urina.

Fornecer quantidades superiores a 50g de ureia a cada 100 kg de peso vivo animal, em um tempo relativamente curto, pode ser fatal quando o animal não é adaptado (HUBER e KUNG, 1981). Em concordância, Bartley et al. (1976), após a administração de 50g de ureia a cada 100 kg de peso vivo, colocados diretamente no rúmen, via fístula, observaram quadro de tetania muscular após um tempo médio de 53 minutos. O que evidencia que a adaptação dos ruminantes à dieta com ureia é extremamente necessária.

A amônia, quando em excesso no sangue, não consegue ser totalmente convertida em ureia pelo fígado, com isso a concentração de amônia no sangue não baixa (ESSIG et al., 1988). A amônia é neurotóxica, esse fator é o principal responsável pela intoxicação. O excesso de amônia altera as propriedades da barreira hematoencefálica, o que ocasiona uma instabilidade dos aminoácidos presentes no cérebro. Os aminoácidos aromáticos são os precursores da grande maioria dos neurotransmissores, o excesso de amônia provoca excesso dessa substância no cérebro, ocorrendo distúrbios na condução de neurônios (COOPER e PLUM, 1987).

Assim, algumas recomendações devem ser seguidas quando fornecida a ureia com alimentos volumosos, como (GUIMARÃES JÚNIO et al., 2009):

- Realizar período de adaptação (aumentando gradualmente o fornecimento)
- Picar o volumoso, e quando o volumoso apresentar mais de 30% de umidade, reduzir pela metade a adição de ureia;
- A distribuição deve ocorrer de maneira homogênea;
- Evitar que ocorra acúmulo de ureia misturada com a fonte de enxofre no fundo do cocho;
- As sobras não devem ser reutilizadas;
- Se o animal ficar dois dias sem receber ureia, é necessária nova adaptação e não a fornecer a animais que estejam debilitados, famintos ou em jejum

Para proceder com o tratamento em casos de intoxicação, primeiramente deve-se reduzir o pH ruminal, assim impedindo que ocorra absorção excedente de amônia. Para isso, geralmente faz o uso de ácido acético ou de vinagre a 5% (4 a 6 litros, via oral). Não é recomendado fornecer ácido acético em concentrações superiores a 10%, pois pode causar lesões no esôfago do animal. Também foi observado que o esvaziamento ruminal

de forma rápida foi eficiente, e evitou a morte do animal (WORD et al. 1969). Dependendo do estado apresentado pelo animal, deve ser repetido esse processo após 6 horas. Se esses produtos não estiverem disponíveis, recomenda-se fornecer 20 a 30 litros de água fria, e assim diminui a atividade das enzimas ruminais que transformam a ureia em amônia.

Outras substâncias podem ser utilizadas para alívio dos sintomas, como por exemplo soluções de cálcio e magnésio, glicose a 20% misturada com ácido acético a 1% e laxantes. Para diminuir a pressão sanguínea recomenda a utilização de bloqueadores adrenérgicos (ORTOLANI, 2000 e MCDONALD et al., 2002).

No caso de intoxicação recomenda-se ainda aumentar a produção de urina, com finalidade de eliminar a ureia. Para isso, é recomendado o uso de solução salina com diuréticos, com a furosemida apresentando bons resultados (ORTOLANI, 2000). Animais que já se apresentam em estado de convulsão ou tetania geralmente não respondem a esses tratamentos, podendo ocorrer a morte rapidamente.

Segundo Owens e Zinn (1988), uma forma de amenizar o problema de toxicidade, seria a utilização de ureia de liberação mais lenta. O uso de ureia de liberação lenta combinado com uma dieta que apresente altos níveis de carboidratos fermentáveis rapidamente pode alavancar a síntese de proteína microbiana. Com isso ocorre a disponibilidade mais lenta de amônia, a eficiência dos microrganismos de utiliza-la aumenta (GALO et al., 2003 e BRODERICK et al., 2009).

Quando comparadas duas fontes de N (ureia pecuária e ureia de liberação lenta) em um teste de toxicidade em novilhos, foram observados sintomas de intoxicação em animais suplementados com ureia quando fornecidas ao mesmo nível de suplementação com ureia de liberação lenta, que não foi tóxica aos animais (OWENS et al., 1980; apud CORTE, 2012).

O fornecimento de amônia ao rúmen, a partir de suplementação com ureia de liberação lenta, aumenta o consumo de matéria seca e a digestibilidade da fibra, com redução nos problemas com toxidez, havendo maior consumo de energia pelo animal e incremento na síntese de proteína microbiana (BARTHEY e DEYOE, 1975). Cherdthong et al. (2010) concluíram que a ureia de liberação lenta é mais eficiente que ureia pecuária no que se refere à síntese de proteína microbiana e produção de leite.

Taylor et al. (2009) relataram que os compostos que estão sendo utilizados com maior frequência em dietas de ruminantes e que apresentam uma liberação lenta são: biureto, amiréia, ureia fosfato, formaldeído, polímeros e ureia com revestimentos.

3. FONTES ALTERNATIVAS DE NNP

3.1. Amireia

Em meados de 1970, diversos pesquisadores da Universidade de Kansas, Estados Unidos, desenvolveram um produto com a finalidade de melhorar a utilização da ureia na suplementação dos animais, a “Starea”, produto formado a partir da extrusão do milho e ureia, com um equivalente proteico próximo a 45% (BARTLEY e DEYOE, 1975). Na década de 80, na Universidade de Lavras, Brasil, foi desenvolvida a “Amireia”, tradução para o português de “Starea”. A produção da amireia passou pelo mesmo processo de extrusão do composto criado nos Estados Unidos, diferenciando-se pelo fato do composto ser enriquecido com enxofre.

A amireia pode ser oriunda de diferentes fontes de amido, mais enxofre. De acordo com a fonte usada, apresenta um determinado equivalente proteico. Quando utilizada a raspa de mandioca o equivalente proteico é 29%, milho é 100%, sorgo é 150% e farinha de mandioca 45% (TEIXEIRA e SANTOS, 2008).

Durante o processo de extrusão, a ureia e a fonte de amido são expostas à alta pressão, temperatura e umidade, e posteriormente resfriamento. Esse processo no qual essa fonte de NNP é submetida reduz a solubilidade, com isso reduz os riscos de intoxicação, além de melhorar a eficiência do animal em utilizar o pasto (SILVA et al., 1994 e SEIXAS et al., 1999).

A liberação gradativa não ocorre se a amireia não estiver em seu estado ideal. A degradabilidade sofre alteração devido a tamanhos diferentes de partículas, ou seja, a quebra ou moagem da amireia altera a fração solúvel da proteína, liberando mais N. Dessa forma, a amireia não degrada de forma mais lenta, e se assemelha a uma mistura de ureia com milho, sem ter passado pelo processo de extrusão (PIRES et al., 2004).

Em experimento *in vitro*, a amireia apresentou resultados positivos em relação à ureia. Após quatro horas de fermentação, foi observado que houve aumento nas concentrações de proteína microbiana e diminuição de amônia no líquido ruminal, quando o substrato usado foi a amireia. Além disso, a proteína microbiana apresentou mais aminoácidos essenciais. A diminuição de amônia no líquido ruminal, pode ser explicada pelo fato de ocorrer uma maior eficiência dos microrganismos em utilizar a amireia como substrato para a síntese proteica (HELMER et al., 1970).

Teller e Godeau (1985), em experimento com vacas, avaliaram o fluxo da digesta duodenal. Relataram que não foi observada elevação dos índices de produção de proteína microbiana quando utilizada amireia ao invés de ureia. Mas quando substituíram o farelo de soja pelas fontes de NNP, observaram maior eficiência na produção de proteína microbiana.

Bartley e Deyoe (1975) resumiram em diversos trabalhos, comparações de ganho médio diário e conversão alimentar em novilhos em terminação, animais recebendo amiréia e ureia. Concluíram que em todas as avaliações não houve diferença nas médias de comparações em relação as duas fontes de NNP.

Em outro estudo, utilizaram 30 bovinos, originados de cruzamento de *Bos Taurus* x *Bos Indicus*, que tinham em média 300 kg de peso vivo e idade média de 18 meses. Os animais foram submetidos a dietas com o mesmo teor proteína, mas as fontes se diferenciavam (farelo de algodão, ureia e amireia). A relação volumoso:concentrado era de 63:37, e a fonte volumosa usada foi a silagem de milho. Nenhuma diferença significativa foi observada nas variáveis avaliadas, GMD, consumo de MS e conversão alimentar (SEIXAS et al., 1999).

Já em estudos com vacas em lactação, observam diferenças quando alimentadas com amireia ao invés de ureia. No experimento, as vacas receberam ração a base de grãos, e suplementadas com farelo de soja, ureia ou amiréia, a ração foi balanceada para o teor de proteína bruta ser de 23%. Os autores observaram que as vacas alimentadas com a ração que continha amireia, apresentaram aumento no consumo de grãos e aumento na produção de leite, e o leite apresentou maior teor de proteína, em comparação com as vacas que foram alimentadas com a mesma ração contendo ureia. Chegaram à conclusão que a amireia pode substituir e solucionar alguns dos problemas ocasionados pelas rações com ureia para vacas leiteiras (HELMER et al., 1970).

A ureia não é o ingrediente ideal para o fornecimento a vacas em início de lactação, podendo ser substituída pela amireia. Em experimento no período de 120 dias pós-parto, 45 vacas Holandesas foram alimentadas com dietas contendo diferente níveis de PDR, a fonte era ureia (11,1 e 15,5%). Aquelas vacas que foram alimentadas com 15,5% de PDR, apresentaram perda de peso duas vezes superior em relação aquelas que consumiram a ração com 11,1% de PDR. Nessa fase, o mais indicado é o uso de farelos, que podem ser substituídos pela amiréia (SANTOS et al., 2001).

3.2. Nitrato

Nas últimas décadas, foram desenvolvidos diversos estudos baseados no nitrato (NO_3), buscando entender melhor seus benefícios e suas formas de uso. O nitrato apresenta 100% de equivalente proteico. Diversas fontes de nitrato já foram estudadas, como o nitrato de potássio (KNO_3), nitrato de cálcio ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$), nitrato de sódio (NaNO_3) e nitrato de amônio (NH_4NO_3). De imediato evidenciaram que a utilização do nitrato apresenta benefícios em relação a redução de gás metano produzido pelos animais ruminantes, sendo também uma fonte de NNP para os microrganismos ruminais (NOLAN et al., 2010).

Sua utilização ainda é muito discutida pelo fato do nitrito (NO_2), resultante da redução do nitrato, ser um composto tóxico. A redução do nitrato a nitrito ocorre de forma mais rápida que a redução de nitrito a amônia, ocasionando acúmulo de nitrito no rúmen, que será absorvido pela parede ruminal alcançando a corrente sanguínea (BRUNING-FANN e KANEENE, 1993). O nitrito no sangue se liga a hemoglobina, ocasionando oxidação do ferro, a hemoglobina (Fe^{2+}) passa a ser meta-hemoglobina (Fe^{3+}), uma forma de proteína da hemoglobina. A meta-hemoglobina não pode se ligar ao oxigênio, sendo incapaz de transportá-lo aos tecidos, sendo assim, as células são impedidas de gerar energia através da cadeia respiratória (SANTOS, 2006).

O processo de conversão de nitrato a amônia pelos microrganismos, compete com a produção de metano, pois há consumo de 8 elétrons no processo, cada mol de nitrato reduz a produção de 1 mol de metano, tornando essa rota um potente inibidor da metanogênese (LENG e PRESTON 2010; VAN ZIJDERVELD et al., 2010).

Na literatura são escassos trabalhos que relatam vantagens da adição de nitrato, se tratando de aumento na produção de carne ou leite, em decorrência da redução da produção de metano. Newbold et al., (2014) em experimento com bovinos, com adição de 2,4% de nitrato na dieta, observaram queda no consumo de matéria seca, porém os pesos corporais dos animais não sofreram alterações, concluindo que a adição de teores crescente de nitrato aumentou a eficiência alimentar.

Para que a utilização de nitrato na dieta de ruminantes seja feita de forma segura e eficiente, estudos com adição de enxofre junto ao nitrato, e nitrato encapsulado vem sendo desenvolvidos ao longo dos anos. Provimi Holding B. V. (2011) relatou que o enxofre fomenta a presença de bactérias *Megasphaera elsdenii*. Com o aumento dessas bactérias, caem os riscos de intoxicação, pois elas têm a capacidade de reduzir o nitrito pelas vias

secundárias, diminuindo a presença desse composto intermediário no rúmen, e aumentando a redução até amônia.

Já em dietas com nitrato encapsulado para bovinos, apresentaram melhoras na sincronia da redução do nitrato a nitrito, e do nitrito a amônia, assim não tendo acúmulo de nitrito no meio ruminal, diminuindo chances de intoxicação. Além disso, ocorre aumento na capacidade de capturar os íons de hidrogênios disponíveis, reduzindo a produção de metano. O uso do nitrato encapsulado não apresenta aumento de GMD, peso final, e ingestão de matéria seca, mas apresenta melhora na eficiência alimentar. Se mostra seguro e aplicável na alimentação de animais ruminantes (El-Zaiat, 2014).

3.3. COMPOSTOS ENCAPSULADOS

Quando falamos em compostos com ureia encapsulada na nutrição animal, temos vários exemplos já utilizados e outros sendo desenvolvidos. O encapsulamento tem como objetivo diminuir a taxa de liberação de ureia, permitindo aumento da eficiência da microbiota ruminal, e melhora na eficiência do uso desses compostos nitrogenados nas dietas de animais ruminantes (NEDOVICA et al., 2011).

O método mais utilizado para a produção de sistemas de micro encapsulamento da ureia é o de liofilização, por ser um método que mantém a característica do composto. O processo de liofilização consiste em uma tecnologia de secagem, que remove a água através da sublimação. Esse método evita que ocorram perdas voláteis, ações de enzimas e desnaturação de proteínas (GARCIA, 2009). Na sequência, são apresentados compostos formados a partir desse processo.

3.3.1. Ureia revestida com polímero

Desde a década de 60, se busca fontes de nitrogênio que sincronizem a taxa de degradação de nutrientes e mantenham os níveis de amônia regulares ao longo do dia. O uso de NNP de liberação lenta resolve esse problema (FERREIRA et al., 2005 e HUNTIGTON et al., 2006).

O polímero mais utilizado no mercado para revestir a ureia é o Optigen (Alltech, Inc.). Formado por uma substância altamente hidrofóbica, que em temperatura ambiente se apresenta em estado sólido, a substância cobre todo o grânulo após o resfriamento, apresenta uma boa adesão e diminui a existência de poros que poderiam ser canais para a entrada da água, o que levaria a uma solubilização da ureia antes do tempo adequado (SOARES, 2014).

O equivalente proteico da ureia revestida com o Optigen é de 256%, 97% ureia e 3% capsula protetora. Seu perfil de degradação no rúmen é semelhante a fontes de proteínas verdadeiras, como farelo de algodão e farelo de soja, por conta disso sua comparação é com fontes vegetais, e não com a ureia. Além do controle de qualidade que o Optigen é submetido frequentemente, diferentemente dos farelos, os quais oscilam com frequência sua qualidade, esses produtos podem trazer melhoras em relação a custos de produção e custos operacionais, pois 8 kg de farelo de soja ou 11 kg de farelo de algodão podem ser substituídos por 1 kg de Optigen, devido a concentração de proteína degradável (MANELLA, 2012).

As vantagens da ureia revestida seria a redução da velocidade de liberação de nitrogênio no rúmen, possibilitando que os microrganismos tenham mais tempo para utilizá-la, maior aceitação desse suplemento como fonte de nitrogênio pelo animal, e em razão de passar por processo de extrusão, seu nível de higroscopicidade (capacidade de absorver umidade do ar) é menor em relação a ureia pecuária, desta forma isso ajuda na conservação, nos processos de misturas e no manuseio (VIEIRA, 2012).

Ribeiro et al. (2011) e Benedeti et al. (2014) em seus experimentos com uso de ureia revestida com polímero, relataram que a hidrólise desse composto ocorre de forma cadenciada, o que favorece o sincronismo entre a degradação da fibra e a liberação de N para as bactérias fibrolíticas. Segundo Marchesin et al. (2006), se não houver energia disponível de maneira imediata, as bactérias no rúmen, em especial aquelas associadas à digestão da fibra, serão incapazes de aderir o N presente no rúmen, fazendo com que esse N acabe sendo eliminado via urina.

Firkins (1996) afirma que quanto maior for a sincronia entre a hidrólise da ureia com a degradação de carboidatos maior será a incorporação de NNP em proteína microbiana. Nesse sentido, Azevedo et al. (2015) expuseram que ao utilizar desse suplemento em dietas, deve se pensar primeiramente em atender a microbiota ruminal, pois os microrganismos presentes têm relação direta com o desempenho produtivo dos animais. O foco não pode ser apenas os custos da dieta, mas também os fatores nutricionais que influenciarão as características da carcaça, a qual impactará diretamente na rentabilidade financeira de todo o sistema.

Segundo Akay et al. (2004), a ureia revestida com polímero leva por volta de 16 horas para se degradar, sendo sua solubilização é lenta e de forma constante. Os autores analisaram e compararam a utilização *in situ* do nitrogênio da ureia encapsulada com a ureia pecuária e com soja em grão. Os resultados demonstraram que a degradação *in situ*

da ureia de liberação lenta foi mais semelhante com a soja, do que com a ureia pecuária. Os padrões de degradação que se assemelharam tiveram uma velocidade intermediária de utilização nas primeiras 16 horas de fermentação ruminal, de 16 horas a 30 horas a velocidade foi mais lenta.

O uso da ureia revestida com polímero se apresentou eficaz substituindo farelos, em animais tratados a pasto, em confinamento e também em vacas leiteiras. Em experimentos com animais a pasto suplementados com Optigen, a melhora no ganho de peso teve aumento em média de 14%. Em experimentos realizados no Brasil, Argentina, Uruguai, EUA e na Europa, com animais em confinamentos, a conversão alimentar teve melhoras em média de 4,5%. Em vacas leiteiras, usando um plano similar à de animais de corte, os resultados apresentaram em média 1,3 L de leite a mais. Além disso, acarretou melhora no escore corporal das vacas, aumento nos sólidos e redução da ureia do leite, devido a alteração e otimização da proteína (MANELLA, 2012).

Em trabalhos com ovinos, com dieta a base de alta forragem e ureia protegida, observaram os seguintes resultados, maior consumo e aumento na digestibilidade, devido a melhor atividade das bactérias ruminais em fermentar a fibra (PUGA et al., 2001).

Já em experimentos comparando a ureia revestida com polímero com a ureia pecuária, não foram verificadas vantagens no uso, em relação ao consumo, digestibilidade e desempenho (GALO et al., 2003).

3.3.2. Ureia encapsulada com cera de abelha

Ao escolher um bom revestimento para a ureia, características como baixo ponto de fusão e plasticidade, se tornam primordiais, pois permitem que as capsulas sejam bem uniformes. Uma opção interessante que vem sendo estudada é a cera animal, especialmente a cera de abelha, a qual apresenta características desejáveis para ser um bom agente encapsulante. Apresenta resistência a umidade, baixo ponto de fusão (65°C) e alta hidrofobicidade (SOUZA et al., 2017).

A cera de abelha é constituída por uma série de misturas de substâncias lipídicas, explicando sua alta hidrofobicidade. Cerca de 15% da cera de abelha são ácidos graxos livres, sendo o tetracosanoico o ácido graxo mais abundante, representando por volta de 6% da cera (BARROS et al., 2009).

Carvalho (2018) relatou que a cera de abelha é adequada para encapsular a ureia, devido a compatibilidade química entre as duas. A encapsulação promove uma lenta liberação, desta forma diminui os riscos de intoxicação, e ao adicionar enxofre aumentará

a quantidade disponível de nitrogênio a ser usada na produção de proteína microbiana. Porém a fonte de enxofre não deve ser encapsulada junto com a ureia, pois dessa forma apresenta uma maior exposição da fonte de nitrogênio, levando a uma rápida taxa de liberação, ao contrário do que se busca.

Apesar de poucos trabalhos na literatura, o uso da cera de abelha está sendo cada vez mais abordado em estudos e pesquisas, e já mostrou ser uma boa alternativa para o revestimento da ureia com finalidade de uma degradação mais lenta.

3.3.3. Ureia encapsulada com cera de carnaúba

A carnaúba (*Copernicia cenifera*) é uma palmeira endêmica da região nordeste do Brasil. A cera produzida a partir de um pó extraído das folhas dessa palmeira é considerado seu principal produto, e pode ser utilizada em diversas finalidades.

A extração da cera não apresenta ameaça ao meio ambiente, pois as folhas que são retiradas para a extração da cera no ano seguinte são repostas naturalmente. A cera de carnaúba tornou-se uma alternativa bastante interessante para encapsular a ureia, por ser um composto inerte e hidrofóbico (PEZZINNI et al., 2007). Apesar de alguns lipídeos apresentam toxicidade aos microrganismos ruminais, a cera de carnaúba não apresenta nenhum risco quanto a isso, sendo um lipídeo natural saturado e de cadeia longa (RODRIGUES et al., 2014).

Nos processos de encapsulamento da ureia com a cera de carnaúba, a superfície apresenta forma irregular, o que pode ser explicado devido ao método utilizado, o de liofilização. O composto é totalmente vedado, sem poros, totalmente integro, e o ponto de fusão é de aproximadamente 83,9 °C (LACERDA et al., 2011).

Um ponto bastante interessante dessa alternativa de encapsulamento, é o fato de a cera de carnaúba inibir a retenção de umidade, diferentemente da ureia natural que absorve muita umidade do ar por ser higroscópica. Isso traz benefícios ao produto, pois o produto não petrifica durante o seu armazenamento, e a homogeneização nas dietas se torna mais fácil quando fornecido aos animais (FERNANDES et al., 2015). O uso dessa matéria prima apresenta um potencial altamente promissor, para a finalidade de encapsular a ureia para que ocorra a degradação mais lenta.

3.4. Biureto

O biureto tem como forma química $\text{NH}_2\text{CONHCONH}_2$, sendo um composto originado da união de duas moléculas de ureia pelo processo de condensação. A taxa de liberação

de N é mais lenta que a da ureia, o período de adaptação desse composto é superior às outras fontes de NNP, e seu uso não é recomendado para vacas leiteiras, pois deixa resíduos no leite. Está presente na ureia agrícola, usada em lavouras, e também na ureia pecuária, usada como suplemento animal (HUBER,1984; P. MCDONALD, R. A. EDWARDS, J. F. D, 1987).

O biureto é um contaminante do processo e pode ser tóxico para os animais. Na ureia pecuária, acreditam que a proporção de biureto seja desprezível por conta do elevado grau de pureza do composto (FERREIRA et al., 2007).

A partir disso, Ribeiro et al. (2006) avaliaram bovinos em pastejo sendo suplementados com duas fontes de ureia, a ureia pecuária e a ureia agrícola, com o objetivo de comparar os níveis de toxicidade dos compostos. Não houve relato de toxicidade e o desempenho dos animais nos dois grupos foram iguais. Os pesquisadores não dosaram as quantidades de biureto presentes nos compostos, mesmo assim foi possível comprovar que é segura a utilização de ureia agrícola em substituição a ureia pecuária, sem que ocorram alterações no desempenho dos animais e casos de intoxicação, ao contrário do que se acreditava, que a ureia agrícola como suplemento de ruminantes levava a intoxicação. Apesar disso, a ureia pecuária é mais adequada por apresentar elevado grau de pureza.

4. METODOLOGIA

O trabalho foi desenvolvido a partir de estudo exploratório, por meio de uma pesquisa bibliográfica baseada em artigos científicos e monografias.

Os artigos científicos sobre o tema foram acessados na base de dados da Scielo, Revista Brasileira de Zootecnia e Google Acadêmico, disponíveis de forma online e publicados no período de 1969 a 2017.

Foram utilizadas três monografias disponíveis nas bibliotecas online da Universidade de Brasília (UNB), Universidade de São Paulo (USP), e Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), publicadas entre o período de 2004 a 2018.

Houve o comprometimento em citar todos os autores utilizados no estudo, de acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

5. ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

A realização desta pesquisa bibliográfica teve como objetivo identificar e analisar algumas das principais fontes de NNP utilizados na alimentação de animais ruminantes, buscando fontes alternativas que pudessem substituir a ureia, fonte de NNP mais utilizada, sem que ocorra perdas no desempenho do animal.

A análise foi realizada de forma qualitativa, buscando compreender qual seria a melhor alternativa em substituição à ureia.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dentre as diversas fontes alternativas apresentadas nesse estudo, a ureia revestida com polímero, mais conhecida comercialmente como ureia protegida, se apresenta como uma fonte de NNP adequada para diminuir os riscos de intoxicação, devido a sua lenta e constante degradação no ambiente ruminal. Porém, a ureia revestida com polímero apresenta semelhança na sua degradação a fontes de proteínas verdadeiras, portanto sua comparação não é realizada com a ureia.

Outra fonte de NNP alternativo adequado é a amiréia, sendo seu uso já muito empregado na produção de suplementos concentrados proteicos para ruminantes. Reduz bastante os riscos de intoxicação, por sua degradação ocorrer de forma mais lenta, mas por outro lado não apresenta melhora na eficiência da utilização do nitrogênio, destacados nos trabalhos observados

Os compostos microencapsulados com cera de abelha e cera de carnaúba, se apresentam como uma fonte inovadora que precisa ser mais explorada. Na busca por fontes alternativas de NNP que apresentem uma degradação mais lenta, essas tecnologias de revestimentos da ureia apresentam potencial promissor no sentido nutricional, no entanto, a matéria prima utilizada não apresenta muita disponibilidade, e economicamente se torna um produto oneroso.

Já o uso do nitrato como fonte de NNP traz muitos benefícios do ponto de vista ambiental, devido à redução na produção de gás metano. Nutricionalmente não apresenta ganhos no consumo de matéria seca, ganho médio diário e peso final, não tornando vantajosa sua substituição à ureia.

Na literatura são escassos trabalhos em relação ao biureto, sobre sua forma de fornecimento e como pode favorecer os animais ruminantes. Não deixando claro se pode ser uma fonte de NNP a substituir a ureia.

REFERÊNCIAS

- AKAY, V.; TIKOFSKY, J.; HOLTZ, C.; DAWSON, K. A. **Optigen 1200**: liberação controlada de nitrogênio não proteico no rúmen. Anais do Simpósio Brasileiro Alltech, p. 105-111, 2004.
- ALI, C. S.; KHALIQ, T.; SARWAR, M.; JAVAID, A.; SHAHZAD, M. A.; NISA, M.; ZAKIR, S. **Effect of various non protein nitrogen sources on in vitro dry matter digestibility, ammonia production, microbial growth and ph changes by rumen bacteria**. Pakistan Veterinary Journal, v. 28, n. 1, p. 25- 30, 2008.
- ANNISON EF; BRYDEN WL. **Perspectives on ruminant nutrition and metabolism**. Nutrition Research Reviews. v. 12, p.147-177, 1999.
- AQUINO, A. A.; FREITAS, J. E. J.; GANDRA, J.R.; PEREIRA, A.S.C.; RENNO, F.P.; SANTOS, M.V. **Utilização de nitrogênio não proteico na alimentação de vacas leiteiras: metabolismo, desempenho produtivo e composição do leite**. Vet. E Zootec. v. 16, p. 575-591, 2009.
- AZEVEDO, O.H; BARBOSA, F.A; GRAÇA, D.S; PAULINO, P.V.R; SOUZA, R.C.; LAVALL, L.T.J.; BICALHO, F.L. **Ureia de liberação lenta em substituição ao farelo de soja na terminação de bovinos confinados**. Pesquisa Agropecuária Brasileira. v. 50, n. 11, p. 1079-1086, 2015.
- BACH, A.; CALSAMIGLIA, S.; STERN, M.D. **Nitrogen Metabolism in the Rumen**. Journal of Dairy Science, v. 88, p. 9-21, 2005.
- BARROS, A. I. R. A; NUNES, F. H. F. M.; COSTA, M. M. F. D. **Manual de Boas Práticas na Produção de Cera de Abelha**. Lisboa: Princípios gerais, 2009.
- BARTLEY EE; DADIVOVICH A; BARR GW; GRIFFEL GW; DAYTON AD; DEYOE CW; BETCHLE RM. **Ammonia toxicity in cattle I:Rumen and blood change associated with toxicity and treatments methods**. Journal Animal Science. V. 43. n 4. P. 835-841, 1976.
- BARTLEY, E.E.; DEYOE, C.W. **Starea as a protein replacer for ruminants: review of 10 years of research**. Feedstuffs, v.47, p.42-44, 1975.
- BENEDETI, P.D.B.; PAULINO, P.V.R.; MARCONDES, M.I.; VALADARES FILHO, S.C.; MARTINS, T.S.; LISBOA, E.F.; SILVA, L.H.P.; TEIXEIRA, C.R.V.; DUARTE, M.S. **Soybean meal replaced by slow release urea in finishing diets for beef cattle**. Livestock Science, v.165, p.51-60, 2014.
- BRODERICK, G.A.; STEVENSON, M.J.; PATTON, R.A. **Effect of dietary protein concentration and degradability on response to rumen-protected methionine in lactating dairy cows**. Journal of Dairy Science, v.92, p. 2719–2728, 2009.
- BRUNING-FANN, C.; KANEENE, J.B. **The effects of nitrate, nitrite, and N-nitroso compounds on animal health**. Veterinary and Human Toxicology, v. 35, p. 237-253, 1993.

CARVALHO, ARIÁDNE DE BARROS. **Ureia de liberação lenta micro encapsulada com cera de abelha na dieta de ovinos**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Saúde e Tecnologia Rural – Patos, 2018.

CARVALHO, F.A.N.; BARBOSA, F.A.; MCDOWELL, L.R. et al. **Nutrição de bovinos a pasto**. 2.ed. Belo Horizonte: Gradual, p.428, 2005.

CHERDTHONG, A; WANAPAT, M. **Development of Urea Products as Rumen Slow- Release Feed for Ruminant Production: A Review**. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, V. 4, p. 2232-2241, 2010.

COOPER, A.J.L.; PLUM, F. **Biochemistry and physiology of brain ammonia**. Physiological Reviews, v.67, n.2, p.440-519, 1987.

CORTE, ROSANA RUEGGER PEREIRA DA SILVA. **Substituição do farelo de soja por fontes de nitrogênio não proteico em bovinos**. Pirassununga, 126 f, 2012.

EL-ZAIAT, H. M.; ARAUJO, R. C.; SOLTAN, Y. A.; MORSY, A. S.; LOUVANDINI, H; PIRES, A. V.; PATINO, H. O.; CORREA, P. S.; ABDALLA, A. L. **Encapsulated nitrate and cashew nut shell liquid on blood and rumen constituents, methane emission, and growth performance of lambs**. Journal of Animal Science, Champaign, v.92, p.2214-2224, 2014.

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. New Jersey: Prentice Hall, Englewood Cliffs, p.468-492. 1988.

FERNANDES, B.S.; PINTO, J.C.; CABRAL-ALBUQUERQUE, E.C.M.; FIALHO, R.L. **Free-Radical polymerization of urea, acrylic acid, and glycerol in aqueous solutions**. Polymer Engineering and Science, p.1219-1229, 2015.

FERREIRA, D.A.; GONÇALVES, L.C.; MOLINA, L.R. et al. **Características de fermentação da silagem de cana-de-açúcar tratada com uréia, zeólita, inoculante bacteriano e inoculante/enzimático**. Arq. Bras. Med. Vet. Zootec. v.59, p.423-433, 2007.

FERREIRA, R. B.; V. P. FRANZINI, V. P.; J. A. GOMES NETO, J. A.; **Determinação de biureto em ureia agroindustrial por espectrofotometria**. Eclética Química, São Paulo, v. 32, n. 1, p. 43 – 47, 2007.

FERREIRA, R.N. et al. **Liberação de nitrogênio amoniacal no rumen com o uso de uréia encapsulada com polímero (Optigen 1200 Alltec)**. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, ed. 42., 2005.

FIRKINS, J.L. **Maximizing microbial protein synthesis in the rumen**. Journal of Nutrition. f. 126, 1996.

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

GARCIA, L. P. **Liofilização aplicada a alimento.** 45p. (Graduação Bacharelado em Química de Alimentos) - Universidade Federal de Pelotas. 2009.

GOLOMBESKI, G.L.et al. **Slow-release urea and highly fermentable sugars in diets fed to lactating dairy cows.** Journal of Dairy Science, v. 89, p. 4395-4403, 2006.

GONÇALVES CCM et al., **Desempenho de bovinos de corte no pasto suplementados com misturas múltiplas contendo uréia e amiréia.** Ciência Agrotécnica, Lavras. v 28 n 1. 174-181. 2004.

GONÇALVES, C. C. M.; TEIXEIRA, J. C.; SALVADOR, F. M. **Ureia na alimentação de ruminantes.** Universidade Federal de Lavras. pasto. 1ª edição. Belo Horizonte: PapelForm, p. 438 , 2005.

GONZALEZ FHD; SILVA SC. **Bioquímica clínica de proteínas e compostos nitrogenados.** In: Introdução a bioquímica clínica veterinária. 2 ed. Porto Alegre: Editora Universidade Federal do Rio Grande do Sul, p. 81-119, 2006.

GUIMARÃES JÚNIO, R.; GONÇALVES, L. C.; PEREIRA, L. G. R.; TOMICH, T. R. **Ureia na alimentação de gado de leite.** In: Alimentos para Gado de Leite. Belo Horizonte: FEPMVZ, p.511-531, 2009.

HALIBURTON JC; MORGAN SE. **Nonprotein nitrogen induced ammonia toxicosis and amoniated feed toxicity syndrome.** Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice, v. 5 n. 2, p. 237-249, 1989.

HENNINGET, P H.; STEYN, D. G.; MEISNNER, H. H. **Effect of synchronization of energy and nitrogen supply on rumen characteristics and microbial growth.** Journal of Animal Science, v. 71, p. 2516-2523, 1993.

HUBER, J.T.; KUNG JR. **Protein and nonprotein nitrogen utilization in dairy cattle.** Journal of Dairy Science, v.64, n.6, p.1170-1195, 1981.

HUNTINGTON, G.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, n.3, p.225-241, 2006.

IMAIZUMI, H.; SANTOS, F. A. P.; PIRES, A. V.; JUCHEM, S. O. **Fontes protéicas e de amido com diferentes degradabilidades ruminais para alimentar vacas leiteiras.** Pesquisa agropecuária brasileira, Brasília, v. 41, p. 1413 – 1420, 2006.

JOUANY JP, Ushida K. **The role of protozoa in feed digestion.** Asian- Aust J Anim Sci. p.113-128. 1999.

LACERDA, S.P.; CERIZE, N. N. P.; RÉ, M. I. Preparation and characterization of carnauba wax nanostructured lipid carriers containing benzophenone-3. *International Journal of Cosmetic Science*, v.33, p.312–321, 2011.

LENG, R. A.; PRESTON, T. R. **Further considerations of the potential of nitrate as a high affinity electron acceptor to lower enteric methane production in ruminants.** *Livestock Research for Rural Development*. V. 22, n 221, 2010.

MARCHESIN, W.A.; HERLING, V.R.; LUZ, P.H.C. **Níveis de substituição da uréia de suplementos protéicos por uréia encapsulada na recria de machos da raça Nelore.** IN: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, ed. 43, 2006.

McDONALD et al. **Animal Nutrition.** 5th ed. Longman Scientific and Technical: New York. 1995. 607p. 1995.

McDONALD P et al. **Non-protein nitrogen compounds as protein sources.** In: *Animal nutrition*. Pearson Prentice Hall. Ed. 6, p.609-614, 2002.

MEDEIROS, S. R. de; GOMES, R. da C.; BUNGENSTAB, D. J. (Ed.). **Nutrição de bovinos de corte:** fundamentos e aplicações. Brasília, DF: Embrapa, 2015. p 18, 2015.

MEDEIROS, S.R. **Valor nutricional dos alimentos.** Curso Agripoint Consultoria Ltda. Disponível em: < <http://www.beefpoint.com.br> > 2006.

MINSON, D.J. **Forage in ruminant nutrition.** San Diego: Academic Press. P. 483, 1990.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle.** Washington: Academic Press. Ed. 7 p. 381, 2001.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrients requeriments of beef cattle.** Washington, D.C. ed. 7. P. 244, 2000.

NEDOVICA, V.; KALUSEVICA, A.; MANOJLOVICB, V.; LEVICA, S.; BUGARSKIB, B. **An overview of encapsulation technologies for food applications.** *Procedia Food Science*, v. 1 p. 1806 -1815, 2011.

NETO, S. F. C. et al. **Proteína Degradável no Rúmen na Dieta de Bovinos:** Digestibilidade Total e Parcial dos Nutrientes e Parâmetros Ruminais. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 37, n. 6, p. 1094 – 1102, 2008.

NEWBOLD, J. R.; VAN ZIJDERVELD, S. M.; HULSHOF, R. B. A.; FOKKINK, W. B.; LENG, R. A.; TERCENIO, P.; POWERS, W. J.; VAN ADRICHEM, P. S. J.; PATON, N. D.; PERDOK, H. B. **The effect of incremental levels of dietary nitrate on methane emissions in Holstein steers and performance in Nelore bulls.** *Journal of Animal Science*, Champaign, v.92, p. 5032-5040, 2014.

NOCEK, J.E.; RUSSELL, J.B. **Protein and energy as an integrated system:** Relation of ruminal protein and carbohydrates availability to microbial synthesis and milk production. *Journal of Dairy Science*, v.71, p. 2070-2107, 1988.

NOLAN, J. V.; HEGARTY, R. S.; HEGARTY, J.; GODWIN, I. R.; WOODGATE, R. **Effects of dietary nitrate on fermentation, methane production and digesta kinetics in sheep.** Anim. Prod. Sci. v. 50. p. 801–806, 2010.

ORSKOV, E.R. **Protein nutrition in ruminants.** London: Academic, p. 160, 1982.

ORTOLANI EL et AL, **Ammonia toxicity from urea in a brazilian dairy goat flock.** Veterinary and Human Toxicology. v 42 n 2, p. 87-89, 2000.

OWENS, F.N.; ZINN, R. **Protein metabolism of ruminant animal.** In: CHURCH, D.C. (Ed.). The ruminant animal: digestive physiology and nutrition. Englewood Cliffs: Simon & Schuster, p. 227-249 1988.

P. MCDONALD, R. A. EDWARDS, J. F. D. GREENHALGH, **Animal Nutrition,** Longman Scientific & Technical, Hong Kong, ed 4, p.543, 1987.

PEREIRA, M.L.A.; VALADARES FILHO, S.C.; VALADARES, R.F.D. et al. **Consumo, digestibilidade aparente total, produção e composição do leite em vacas no terço inicial da lactação alimentadas com níveis crescentes de proteína bruta no concentrado.** Revista Brasileira de Zootecnia, v.34, n.3, p.1029-1039, 2005.

PEREIRA, L. G. P.; GUIMARÃES JUNIOR, R.; TOMICH, T. R. **Utilização da ureia na alimentação de ruminantes no semi-árido.** Embrapa Pecuária Informática, Campinas, n. 18, p. 1 – 13, 2009.

Pearson Scott Foresman, Domínio público, via Wikimedia Commons

PETROBRAS. **Ureia pecuária Petrobrás:** informações técnicas. Rio de Janeiro: Petrobrás, 23p. 1998.

PETROBRAS/EMBRAPA – **Gado de Leite. Uréia pecuária.** Informações técnicas. Embrapa – Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Leite – Juiz de Fora, MG. 15p, 1997.

PEZZINI, B.R.; SILVA, M.A.S.; FERRAZ, H.G. **Formas farmacêuticas sólidas orais de liberação prolongada:** sistemas monolíticos e multiparticulados. Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas. v.43, n.4, p.491-502, 2007.

PINA, D. S. et al. **Degradação Ruminal da Proteína dos Alimentos e Síntese de Proteína Microbiana.** 2010. Disponível em: <http://cqbal.agropecuaria.ws/webcqbal/brcorte/brcorte>, 2010.

PIRES, Alexandre Vaz et al. **Substituição do farelo de soja por uréia ou amiréia na dieta de bovinos de corte confinados.** Pesq. agropec. bras., Brasília, v. 39, n. 9, p. 937-942, 2004.

PRATT, C.W.; CORNELLY, K. **Membranas biológicas.** In: Bioquímica Essencial. 326 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, cap.8, p. 221-249, 2006.

PROVIMI HOLDING B. V. Unidade de pesquisa. Hindrik Bene Perdok, Sander Martin van Zijderveld, Rob Bernard Anton Hulshof, David Deswysen, Walter Jan Jozef Gerrits, Jan Dijkstra. **Compositions for reducing gastro-intestinal methanogenesis in ruminants.** 2011.

REIS, R.B.; DANES, M.A.C. **Adequação proteica em rações de vacas em confinamento.** In: Simpósio Sobre nutrição de bovinos, 9, 2011, Anais Piracicaba: FEALQ, p.159-180, 2011.

Ribeiro, P. R.; Macedo, G. de L.; da Silva, S. P. **ASPECTOS NUTRICIONAIS DA UTILIZAÇÃO DA PROTEINA PELOS RUMINANTES.** Vet. Not, 2014.

RIBEIRO, S.S.; VASCONCELOS, J.T.; MORAIS, M.G.; ÍTAVO, C.B.C.F.; FRANCO, G.L. **Effects of ruminal infusion of a slow-release polymer-coated urea or conventional urea on apparent nutrient digestibility, *in situ* degradability, and rumen parameters in cattle fed low-quality hay.** Animal Feed Science and Technology, v.164, p.53-61, 2011.

RODRIGUES, D.C.; CACERES, C.A, RIBEIRO, H.L.; ABREU, R.F.A.; CUNHA .A.P.; AZEREDO, H.M.C. **Influence of cassava starch and carnauba wax on physical properties of cashew tree gum-based films.** Food Hydrocolloids. v.38, p.147-151, 2014.

RUSSELL, J. B. et al. **A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Ruminal fermentation.** Journal of Animal Science, v.70:3551–3561, 1992.

SANTOS GT, CAVALIERI FLB, MODESTO EC. **Recentes avanços em nitrogênio não protéico na nutrição de vacas leiteiras.** In: Anais do 22º Simpósio Internacional em Bovinocultura de Leite: novos conceitos em nutrição; Lavras: UFLA. p.199-228, 2001.

SANTOS, F. M. S. C., et al. **Balanço de Nitrogênio em Ovinos Alimentados com Dietas à Base de Palma Forrageira e Ureia.** Revista Científica de Produção Animal, v.14, n.1, p.89-92, 2012.

SANTOS, G.T.; Cavaliere, F.L.B.; Modesto, E.C. **Novos conceitos em Nutrição.** UFLA, p.199-228, 2001.

SANTOS, J. E. P. **Distúrbios metabólicos.** In: BERCHIELLI, T.T.; OLIVEIRA, S.G.; PIRES, A.V. Nutrição de Ruminantes. Jaboticabal: FUNEP, cap. 15, p. 423 – 492, 2006.

SATTER, L.D. e ROFFLER, R.E. **Nitrogen Requirement and utilization in dairy cattle.** Journal of Dairy Science, v. 58, p. 1219, 1975.

SEIXAS, J.R.C.; EZEQUIEL, J.M.B.; ARAÚJO, W.D. et al. **Desempenho de bovinos confinados alimentados com dietas à base de farelo de algodão, uréia ou amiréia.** Rev. Bras. Zootec., v.28, p.432-438, 1999.

SILVA, J.F.C; PEREIRA, J.C.; VALADARES FILHO, S.C. et al. **Valor nutritivo da palha de arroz suplementada com amiréia, fubá+uréia e farelo de soja.** Pesq. Agropecu. Bras., v.29, p.1475-14881, 1994.

SNIFFEN, C. J. **Nitrogen utilization as related to solubilities of NPN and protein in feeds.** p. 12 in Proceedings of Cornell Nutrition Conference. Cornell University, Ithaca, NY, 1974.

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

SOARES, SARAH DAMIANI. **Características físicas e físico-químicas da ureia revestida para ruminantes.** Trabalho de conclusão de curso de graduação. Universidade de Brasília, faculdade de agronomia e medicina veterinária., p. 46, 2004.

SOUZA, C.; FREITAS, A. P.; CAMPOS, P. M. B. G. **Topical Formulation Containing Beeswax-Based Nanoparticles Improved In Vivo Skin Barrier Function.** American Association of Pharmaceutical Scientists, 2017.

TAYLOR-EDWARDS, C.C., 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, 2009.

TEIXEIRA, J. C.; SANTOS, R. A. **Utilização da amiréia (produto da extrusão amido/uréia) na alimentação animal,** 2008.

VALADARES FILHO, S.C.; MORAES, E.H.B.K.; MAGALHAES, K. A.; CHIZZOTTI, M. L.; PAULINO, M.F. **Alternativas para otimizar a utilização de uréia para bovinos de corte.** IV Simpósio de produção de gado de corte. 1ed. Visconde do Rio Branco: Suprema Gráfica e Editora, v. 1, p. 313- 338, 2004.

VALADARES FILHO, S.C.; PINA, D.S. **Fermentação Ruminal.** In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. (Eds). Nutrição de Ruminantes. 2006.p..151- 182, 2006.

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

VAN ZIJDERVELD, S. M.; GERRITS, W. J. J.; APAJALAHTI, J. A.; NEWBOLD, J. R.; DIJKSTRA, J.; LENG, R. A.; PERDOK, H. B. **Nitrate and sulfate:** Effective alternative hydrogen sinks for mitigation of ruminal methane production in sheep. Journal Dairy Science, v. 93, p. 5856– 5866, 2010.

VIEIRA, L. C. J. Beef Point. **Uso da ureia na alimentação de ruminantes.** 2012.

WORD, J.D.; MARTIN, D.L. WILLIAMS, E.I. et al. **Urea toxicity studies in the bovine.** Journal of Animal Science, v.29, p.786, 1969.