



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA**

# **CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E FÍSICO-QUÍMICAS DA UREIA REVESTIDA PARA RUMINANTES**

***Sarah Damiani Soares***

**Brasília, Julho de 2014.**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA**

***Sarah Damiani Soares***

**CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E FÍSICO-QUÍMICAS DA  
UREIA REVESTIDA PARA RUMINANTES**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado à Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília - UnB, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheira Agrônoma.

**Orientador:** *Professor Dr. Cássio José da Silva*

**Brasília, Julho de 2014.**

*Sarah Damiani Soares*

## **CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E FÍSICO-QUÍMICAS DA UREIA REVESTIDA PARA RUMINANTES**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado à Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília - UnB, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheira Agrônoma.

BANCA EXAMINADORA:

---

**Prof. Dr. Cássio José da Silva**  
Universidade de Brasília – UnB  
Orientador

---

**Prof. Dr. Clayton Quirino Mendes**  
Universidade de Brasília – UnB  
Examinador

---

**Prof. Dr. Sérgio Lúcio Salomon Cabral Filho**  
Universidade de Brasília – UnB  
Examinador

*Dedico esse trabalho primeiramente a  
Nossa Senhora, por sempre passar à frente  
e iluminar meu caminho.*

*Aos meus pais, José Maria e Ivete; ao  
meu amigo e irmão Juliano; aos meus avós  
por sempre proferirem palavras sinceras; ao  
meu querido noivo Thiago; e a todos que me  
ajudaram e apoiaram de alguma forma, não  
só na vida acadêmica.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Nossa Senhora por sempre guiar o meu caminho, me proporcionando esperança, sabedoria e coragem para enfrentar qualquer dificuldade.

Ao meu pai, José Maria Soares, por todo carinho, paciência e por fazer todas as minhas vontades. A minha mãe, Ivete Valente, pelo colo e por me apoiar em todos os momentos.

Ao meu avô, Pedro Valente, pelos incentivos sinceros, pelo orgulho que sente e por nunca me deixar desistir.

Ao avô José Maria, pelas melhores balas escondidas e sorvetes pagos.

As minhas avós, Maria do Carmo e Santa Damiani, pelas orações, bolos, cobertores cheirosos e unguentos que resolvem minha vida.

Ao meu irmão mais que de coração, Juliano Faria, por me ouvir e apoiar, por ter perdido madrugadas resolvendo listas de matemática comigo e por ser meu melhor exemplo de vida.

Ao meu amado Thiago Peixoto, por ter aparecido em minha vida quando eu menos esperava, trazendo consigo uma bagagem de amor e sonhos, sempre estando ao meu lado mesmo longe e me fazendo morrer de saudades.

Aos meus padrinhos, José Vicente Soares, Ana Cristina Soares, Melquíades Araújo e Socorro Araújo, por sempre me receberem de braços abertos e com a maior festa.

Ao tio Isaias Valente, por sempre brigar comigo por tudo, fazendo com que eu o ame mais ainda.

A Valdirene Rodrigues, por há tanto tempo se preocupar e cuidar de mim com tanto carinho.

A minha melhor amiga, Camila Tavares, por sempre sacanear minha profissão.

Ao professor Cássio José, pela oportunidade de pesquisa, por todo conhecimento e toda atenção cedida, não se importando com os horários das mensagens e e-mails.

À Universidade de Brasília, por ter me proporcionado espaço para estudo e excelentes mestres, que me fizeram apaixonar pela produção animal. Em especial,

Aline Racanicci, Clayton Mendes, Itiberé Saldanha, José Diogo, Luci Murata, Rodrigo Navarro, Rodrigo Vidal e Sérgio Salomon.

Ao professor Marcelo Fagioli, por todo aprendizado e referência profissional.

À Fazenda Água Limpa e seus funcionários, que pela amizade e sorrisos, tornaram especial toda ida a FAL. Agradeço ao Cristiano, Luís, Lulinha, Miltão, Neguinho, Queen, Romilson, Valdemar, Rouland e todos os outros que quebraram o meu galho e me proporcionaram as melhores conversas.

Aos amigos do Laboratório de Nutrição Animal, Giovanna Noletto e Frederico Lopes, pela dedicação, risadas e conselhos.

Ao GPec, pelo aprendizado do trabalho em equipe, pelas aventuras diárias ao trato dos nossos animais e por toda alegria mesmo tão cedo ou no sol fervendo. Bruna Freire, Carlos Eduardo, César Francisco, Matheus Saldanha, João Beltrame, Paulo Miranda e Thiago Brandão.

E por fim, Agradeço a Deus, pela vida e por estar me tornando Engenheira Agrônoma.

***“ A tua palavra é lâmpada  
que ilumina os meus passos  
e luz que clareia o meu caminho. ”***

*(Salmos 119:105)*

## RESUMO

Existem diversos estudos para avaliação das características químicas de produtos fonte de nitrogênio não proteico, porém são escassas as pesquisas que avaliam características físicas e físico-químicas desses produtos recobertos por polímeros orgânicos. Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a higroscopicidade e a solubilidade da ureia convencional e revestida. A avaliação da higroscopicidade da ureia foi realizada em delineamento inteiramente casualizado com três fontes de nitrogênio não proteico, uma convencional e duas com revestimento, em seis tempos de exposição a umidade relativa do ar (1, 3, 6, 24, 48 e 72 horas). Para estimação da solubilidade utilizou-se as mesmas três fontes de nitrogênio não proteico, sendo retirado 2,0 ml de alíquota de solução contendo nitrogênio a cada 15 minutos em nove tempos pré-determinados (0, 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105 e 120 minutos). Após a solubilização, as amostras foram submetidas ao método de Kjeldahl para determinação dos teores de nitrogênio. Os dados obtidos foram analisados descritivamente e os resultados mostraram que o revestimento homogêneo da ureia com polímeros orgânicos permite a absorção de umidade, mas não ocasiona o empedramento do produto. A ureia encapsulada diminui a velocidade de liberação do nitrogênio, o que pode proporcionar uma sincronia com a digestibilidade dos carboidratos no rúmen.

Palavras chave: higroscopicidade, nitrogênio não proteico, revestimento, solubilidade.

## **ABSTRACT**

There are several studies to evaluate the chemical characteristics of products that are a source of non-protein nitrogen, but there are scarce studies that measure physical and physico-chemical characteristics of these products covered by organic polymers. In this way, this study aimed to evaluate the hygroscopicity and solubility of conventional and coated urea. The evaluation of hygroscopicity of urea was performed in a completely randomized experimental layout with three sources of non-protein nitrogen, a conventional one and two coated, in six periods of exposure to relative humidity (1, 3, 6, 24, 48 and 72 hours). It was used the same three sources of non-protein nitrogen to estimate the solubility, which withdrew 2,0 ml aliquot of solution containing nitrogen every 15 minutes in nine predetermined time (0, 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105 and 120 minutes). After solubilization, the samples were submitted to Kjeldahl Method to determine the levels of nitrogen. The obtained data were analyzed descriptively and the results showed that the homogeneous coating of urea with organic polymers allows humidity absorption, but does not cause the solidification of the product. The coated urea slows the release of nitrogen, which can provide synchronization with the digestibility of the carbohydrates in the rumen.

Keywords: hygroscopicity, non-protein nitrogen, coating, solubility.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Modelo de disposição dos sacos em relação as paredes e piso.....	20
Figura 2: Armazenamento dos produtos no galpão de ração.....	21
Figura 3: Armazenamento dos produtos no galpão de ração após alguns meses de abertura dos sacos.....	21
Figura 4: Amostras dos produtos fonte de NNP .....	22
Figura 5: Amostras fontes de NNP após serem retiradas do saco plástico.....	22
Figura 6: Placas com amostras na estufa a 50°C .....	23
Figura 7: Monitoramento da temperatura e umidade do ar pelo termo-higrômetro ...	24
Figura 8: Amostras de NNP nas placas de petri, com cinco repetições dos três produtos .....	24
Figura 9: Tubos no bloco digestor.....	26
Figura 10: Bloco digestor na capela, aguardando o início da digestão.....	26
Figura 11: Destilador de proteína em funcionamento, coleta da solução de coloração esverdeada.....	27
Figura 12: Titulação das amostras.....	28
Figura 13: Amostra titulada .....	28
Figura 14: Revestimento homogêneo e não empedramento no armazenamento do Optigen II, produto no saco .....	33
Figura 15: Revestimento desuniforme Reforce N revestido .....	34
Figura 16: Empedramento devido ao armazenamento do Reforce N revestido, produto no saco.....	34
Figura 17: Empedramento devido ao armazenamento do Reforce N sem revestimento, produto no saco.....	35
Figura 18: Resquícios do revestimento do Optigen II em meio aquoso.....	39
Figura 19: Gordura formada pelo revestimento do Optigen II .....	39
Figura 20: Resquícios do polímero orgânico do Reforce N revestido .....	40

## LISTA DE GRÁFICOS E TABELAS

Tabela 1: Variação da higroscopicidade do RsR, RR e OP, em função da temperatura ambiental e umidade relativa aos 60 dias de armazenamento.....	30
Gráfico 1: Variação da higroscopicidade em função do tempo do RsR, RR e OP armazenados por 60 dias.....	30
Tabela 2: Variação da higroscopicidade do RsR, RR e OP, em função da temperatura ambiental e umidade relativa aos 120 dias de armazenamento .....	31
Gráfico 2: Variação da higroscopicidade em função do tempo do RsR, RR e OP armazenados por 120 dias.....	31
Tabela 3: Variação da higroscopicidade do RsR, RR e OP, em função da temperatura ambiental e umidade relativa aos 180 dias de armazenamento .....	32
Gráfico 3: Variação da higroscopicidade em função do tempo dos produtos fonte de NNP armazenados por 180 dias. ....	32
Tabela 4: Teores de nitrogênio (% da solução) dos produtos fonte de NNP aos seis meses de armazenamento.....	35
Gráfico 4: Porcentagem de nitrogênio do RsR, RR e OP aos 60 dias de armazenamento .....	36
Gráfico 5: Porcentagem de nitrogênio do RsR, RR e OP aos 120 dias de armazenamento .....	36
Gráfico 6: Porcentagem de nitrogênio do RsR, RR e OP aos 180 dias de armazenamento .....	37

## SUMÁRIO

1. Introdução .....	12
1.1. Objetivo Geral .....	13
1.1.1. Objetivos Específicos.....	13
2. Revisão Bibliográfica .....	14
2.1. Metabolismo e Uso do NNP em Ruminantes .....	14
2.2. Ureia Convencional <i>versus</i> Ureia Revestida .....	16
2.3. Efeito das Condições de Armazenamento na Qualidade da Ureia .....	18
2.4. Hipótese.....	20
3. Materiais e Métodos .....	21
3.1. Avaliação da Higroscopicidade .....	23
3.2. Avaliação da Solubilidade .....	25
4. Resultados e Discussão .....	30
4.1. Avaliação da Higroscopicidade .....	30
4.2. Avaliação da Solubilidade .....	35
5. Conclusões.....	41
6. Referências Bibliográficas .....	42

## 1. INTRODUÇÃO

O uso de nitrogênio não proteico (NNP) é uma prática comum na alimentação de bovinos, uma vez que torna-se necessário a suplementação da dieta para potencializar a eficiência dos sistemas de produção de proteína de origem animal, principalmente nas épocas desfavoráveis ao crescimento de forragens. A microbiota ruminal é capaz de sintetizar proteína verdadeira a partir de fontes de NNP, como a ureia, o que possibilita a utilização deste composto como fonte de proteína nas rações e no sal para os ruminantes. A ureia é a principal fonte de NNP encontrada no mercado, constituindo-se em uma alternativa para redução dos custos da alimentação, aumento no ganho de peso de bovinos confinados ou em pastagem e ainda pela praticidade em sua utilização.

A amônia produzida pelas enzimas bacterianas do rúmen é utilizada para a síntese proteica e como o desenvolvimento da microbiota está diretamente relacionada com a digestão dos carboidratos, esta sincronia se torna o motivo principal para que o tratamento da ureia seja orientado para o uso de polímeros de revestimento (HENNINGET *et al.*, 1993; GALO *et al.*, 2003; AKAY *et al.*, 2003).

Um dos agravantes desse tipo de suplementação proteica é o aumento excessivo da concentração de amônia, logo após a ingestão da ureia, devido à alta taxa de hidrólise no rúmen (OWENS *et al.*, 1980). Conseqüentemente, o excesso de amônia é absorvido pela parede ruminal e, uma vez na corrente sanguínea pode causar intoxicação aos animais, o que a torna sua utilização como um fator limitante como fonte de NNP para sínteses de proteínas bacterianas (BLOOMFIELD *et al.*, 1961; TUDOR e MORRIS 1971; ROMERO *et al.*, 1976).

Uma fonte de NNP com liberação lenta pode oferecer vantagens por aumentar a disponibilidade da amônia para a síntese microbiana e reduzir sua toxidez (BARTLEY e DEYOE, 1975). A sincronização da liberação da amônia com metabolismo energético, em nível de rúmen, tem sido uma constante preocupação dos nutricionistas, uma vez que o nível mínimo de amônia para a máxima digestão de fibra é de 5 a 8 mg/dl de líquido ruminal (SATTER *et al.*, 2002). Vários trabalhos foram realizados como objetivo de tornar a ureia menos tóxica e conseqüentemente, com maior capacidade de ser aproveitada pela microbiota ruminal.

Posto que a amônia é a fonte preferencial de nitrogênio para as bactérias celulolíticas (RUSSELL *et al.*, 1992), o fornecimento de NNP é uma opção

conveniente para melhorar o aproveitamento e a digestão de forragens de baixa qualidade e deficientes em nitrogênio, contudo deve ser acompanhada de apropriada disponibilidade de forragem (SIEBERT e HUNTER, 1992, apud, MACITELLI *et al.*, 2007).

## **1.1. OBJETIVO GERAL**

Objetivou-se com esse trabalho avaliar os parâmetros físicos e físico-químicos da qualidade do Reforce N Petrobras revestido com polímero orgânico (Kimberlit), Reforce N Petrobras sem revestimento e Optigen II (Altech), submetidos ao armazenamento durante 6 meses.

### **1.1.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

De acordo com o objetivo geral, os critérios de avaliação foram:

1) Determinar a higroscopicidade (capacidade de absorção de água), considerando a umidade relativa do ar e a temperatura ambiental, medidos em tempos pré-estabelecidos.

2) Determinar a solubilidade “*in vitro*”, analisando a velocidade de liberação de nitrogênio presente nas amostras.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O nitrogênio é um componente substancial reconhecido na alimentação animal há muitos anos. O uso do nitrogênio não proteico (NNP) na nutrição dos ruminantes teve sua origem em 1879 na Alemanha e em 1939 já participava do arraçamento de bovinos nos Estados Unidos. A ureia começou a ser fabricada industrialmente em 1870, quando BASSAROW promoveu sua síntese a partir do gás carbônico e da amônia. Porém, foi na primeira guerra mundial, no período de 1914 a 1918, que a Alemanha intensificou a utilização da ureia como fonte proteica na alimentação de bovinos, devido a carência de alimentos. A intenção de aumentar a utilização da ureia visava uma produção intensiva e de baixo custo de carne e de leite (SANTOS *et al.*, 2001; GONÇALVES *et al.*, 2011).

A ureia é um composto orgânico sólido, solúvel em água e álcool, possui cor branca, aspecto cristalizado, é deficiente em todos os minerais e não possui valor energético próprio. Sua fórmula química é  $\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$  e possui em sua composição: nitrogênio (46,4%), biureto (0,55%), água (0,25%), amônio livre (0,008%), cinzas (0,003%) e pequena quantidade de ferro e chumbo (0,003%), os quais não são considerados tóxicos (AQUINO *et al.*, 2009; SANTOS *et al.*, 2001; PETRÓLEO BRASILEIRO S.A.).

O NNP, ureia, fornecida para os ruminantes possui em média 281% de equivalente proteico e é produzida sinteticamente a partir da combinação de gás carbônico e amônia, e em condições de elevada temperatura (195°C) e pressão (240 kg/cm<sup>2</sup>) (AQUINO *et al.*, 2009).

### 2.1. METABOLISMO E USO DO NNP EM RUMINANTES

Os microrganismos que habitam o sistema digestivo dos ruminantes precisam de nitrogênio para que se desenvolvam e colonizem o rúmen, sendo eficientes em utilizar de diversos modos os compostos nitrogenados da dieta, sejam eles provenientes de proteínas verdadeiras, tais como farelo de soja e forragens, ou ainda procedentes de compostos inorgânicos, como por exemplo a ureia, ora endógena quando oriunda da saliva, ora exógena, fornecida pelo homem (CARVALHO *et al.*, 2005; GONÇALVES *et al.*, 2011).

A ureia é rapidamente metabolizada no rúmen pela enzima urease, e se transforma em amônia (NH<sub>3</sub>), a qual é a mais importante fonte de nitrogênio para a síntese de proteína bacteriana. Desta forma, o ruminante é capaz de utilizar a ureia em sua dieta suplementar como alternativa a falta de pastagens de qualidade (CARVALHO *et al.*, 2005). Para que esse processo ocorra é essencial a presença de uma fonte de energia, como por exemplo, celulose das forragens, sacarose da cana de açúcar ou amido do milho. (GONÇALVES *et al.*, 2011). Quando há, simultaneamente, energia disponível da fermentação dos carboidratos e da amônia, a amônia é utilizada para produção de proteína microbiana, que posteriormente, sofre digestão no abomaso e no intestino delgado, liberando aminoácidos para absorção (AQUINO *et al.*, 2009).

A principal desvantagem da ureia, como fonte de NNP, é que por ser tão rapidamente hidrolisada pode haver produção excessiva de amônia e retenção de nitrogênio ineficiente no rúmen, devido aos microrganismos não conseguirem aproveitá-la. Esse excesso de amônia é absorvido pela circulação sanguínea e vai para o fígado, onde é transformada em ureia, que pode voltar ao rúmen como fonte de nitrogênio ou ser excretado na urina. Mas, caso a quantidade de amônia na circulação sanguínea seja elevada, o fígado não consegue metabolizá-la e conseqüentemente, causará intoxicação (CARVALHO *et al.*, 2005; LANA, 2007; SAVASTANO, [200-?]).

Como fonte de NNP, a ureia, dispõe de custo mais baixo, por unidade de nitrogênio, que as fontes de proteína verdadeira, mas além da toxicidade, ainda possui seu uso limitado, devido à pouca aceitabilidade pelos animais e sua segregação, quando misturada com farelos. Entretanto, de acordo com o experimento realizado por SALMAN *et al.* (1996), apud, SILVA *et al.* (1999), se a ureia for adequadamente agregada a fontes de amido, como grãos de milho ou de sorgo, constituíra-se na opção mais econômica na elaboração de rações para novilhos Nelore aos 36 meses de idade em terminação, no qual pode se recomendar o seu uso como fonte exclusiva de nitrogênio.

MALLMANN *et al.* (2006) ressalta que, mesmo com práticas de manejo para minimizar os efeitos sazonais, as pastagens apresentam limitações nutricionais que dificultam a expressão máxima do potencial genético dos animais. Dessa forma, a suplementação com NNP em forragens de baixa qualidade permite a otimização do

ambiente ruminal, visando a melhor utilização do alimento fibroso e garantindo o melhor desempenho do bovino.

## **2.2. UREIA CONVENCIONAL *versus* UREIA REVESTIDA**

O comprometimento da utilização de dietas ricas em NNP se dá devido a elevadas concentrações de nitrogênio sendo excretadas na urina, tendo então um déficit na utilização do mesmo devido a velocidade de produção de amônia ser quatro vezes superior a capacidade de utilização pelos microrganismos do rúmen, diminuindo drasticamente a utilização dessa fonte de N na produção de proteína microbiana (MAKKAR *et al.*, 1988, apud, SOUZA, 2008).

Para otimizar o crescimento microbiano, busca-se sincronizar a liberação de NNP com a degradação de carboidratos no rúmen. Alguns produtos com a premissa de aproveitamento lento e constante estão disponíveis no mercado, dentre eles o que podemos chamar de ureia protegida.

Dentre as vantagens da ureia revestida destaca-se a melhora na aceitabilidade dos suplementos quanto utilizada como fonte de nitrogênio. Ainda, devido ao processo de extrusão, seu nível de higroscopicidade é menor que o da ureia comum. Isto tende a facilitar a conservação e manuseio na confecção de misturas (VIEIRA, 2012).

A ureia pecuária, quando ingerida pelos ruminantes, em poucos minutos é transformada em amônia devido à alta taxa de hidrólise no rúmen, o que acarreta um agravante nesse tipo de suplementação. Na dependência da falta de energia, que ocorre com frequência na época de seca, devido à baixa qualidade e quantidade de pastagem ou ainda pelo consumo excessivo de ureia, esse agravante poderá provocar um quadro clínico agudo de intoxicação e morte ou de forma mais branda a perda de peso, em consequência ao gasto de energia durante o metabolismo e excreção da amônia. Para a maior eficiência da síntese proteica microbiana, há necessidade de sincronia entre a produção de amônia e a energia proveniente da alimentação, sendo esse o motivo principal para que o tratamento da ureia fosse dirigido para o uso de polímeros (NETO e TEIXEIRA, 2012; NETO, 2013).

Para solucionar ou amenizar os efeitos desfavoráveis da utilização da ureia na nutrição de ruminantes, se faz necessário a redução da taxa de hidrólise da ureia

no rúmen, amenizando os problemas apresentados, possibilitando melhor utilização da mesma como fonte de N para os microrganismos ruminais (SOUZA, 2008). A ureia revestida, ao ser consumida pelos ruminantes é solubilizada no rúmen durante 8 a 10 horas, o que favorece a utilização de  $\text{NH}_3$  pelas bactérias do rúmen, evitando os sintomas de intoxicação. A sincronização da solubilização da ureia com a degradação dos carboidratos da alimentação otimiza a produção de proteína bacteriana e melhora a digestibilidade dos nutrientes da ração, melhorando o trânsito alimentar, com o aumento do consumo de forragem em torno de 20 a 30% (NETO, 2013).

O polímero utilizado no revestimento da ureia, consiste em uma substância de alta hidrofobicidade e apresenta-se em estado sólido a temperatura ambiente, no qual recobre todo o grânulo após o seu resfriamento durante o processo industrial, permitindo forte adesão, além de minimizar a existência de poros que podem favorecer a entrada de água, e solubilizar a ureia antes do tempo.

A cera animal, especificamente a cera de abelha, é uma classe de compostos que atendem esses requisitos para um bom revestimento, pois exibe características como plasticidade e baixo ponto de fusão, permitindo homogeneidade no envolvimento, o qual difere dos óleos vegetais que proporcionam um revestimento frágil que se solta facilmente do grânulo de ureia pecuária em contato com a água, tais como os óleos de dendê, girassol e linhaça. Ainda para melhorar a plasticidade e a característica de liberação sustentada do revestimento, são acrescentados hidrocarbonetos líquidos e pastosos, como o óleo mineral e a vaselina sólida. Por último adiciona-se agentes secantes, tais como o carbonato de cálcio e o dióxido de silício, permitindo assim uma secagem mais eficaz (PEDIDO DE PATENTE OURO FINO PARTICIPAÇÕES E EMPREENDIMENTOS S.A.).

Existem várias citações na literatura especializada que tratam de tecnologias envolvendo o revestimento de ureia. Um modo bem representativo é o pedido de patente PI 8504482-2, no qual descreve um processo de revestimento compreendendo a colocação da ureia pura e granulada em um misturador, que mantido em movimento recebe uma emulsão de óleos vegetais ou ceras animais com substâncias polimerizantes, minerais essenciais, vitaminas e nutrientes energéticos. Ainda em movimento, é adicionado no misturados um pó inerte e secante, através de pulverização, e assim, a ureia é revestida. Todo esse processo

deve acontecer sob temperatura controlada de 40 a 60°C (OURO FINO PARTICIPAÇÕES E EMPREENDIMENTOS S.A.).

Em trabalhos desenvolvidos por GONÇALVES (2006) foram avaliados níveis de NNP na fração de proteína bruta do suplemento e proporções diferentes de ureia comum e de liberação lenta para bovinos Nelore machos recebendo dieta a base de feno de *Brachiaria brizantha* (Braquiarão) e 0,6% do peso vivo de suplemento. A substituição da ureia comum por uma de liberação lenta melhorou a digestibilidade aparente da proteína bruta, porém resultou em poucos efeitos sobre o padrão de fermentação ruminal de bovinos expostos a dietas a base de forragens de baixa qualidade.

AKAY *et al.* (2004), observaram que vacas recebendo dietas formuladas com ureia de liberação controlada apresentaram redução de 0,89 kg no consumo de MS. Houve também aumento no teor de gordura do leite, sem alterar sua produção, conferindo assim maior eficiência para vacas alimentadas com ureia encapsulada.

### **2.3. EFEITO DAS CONDIÇÕES DE ARMAZENAMENTO NA QUALIDADE DA UREIA**

Muitas vezes os produtos pecuários ficam armazenados por um período até serem utilizados, as condições de armazenagem influem na qualidade do produto, podendo alterar propriedades químicas, físicas ou físico-químicas (GIRACCA e NUNES, [200-?]).

Segundo a Legislação Brasileira, Decreto 4.954 de 2004, Art. 47, o armazenamento de fertilizantes, corretivos, inoculantes ou biofertilizantes obedecerá às normas nacionais vigentes, devendo ser observadas as instruções fornecidas pelo fabricante ou importador, bem como as condições de segurança apresentadas no rótulo e observar as regras e aos procedimentos estabelecidos para o armazenamento de produtos perigosos, quando for o caso, constantes da legislação específica em vigor (PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA, LEGISLAÇÃO BRASILEIRA).

Uma das características físico-químicas dos fertilizantes sólidos é sua higroscopicidade, tendência em absorver água, normalmente da atmosfera (ALCARDE *et al.*, 1992). A absorção da água varia de acordo com o teor de umidade do ambiente, a umidade crítica (que é a umidade relativa do ar, acima da

qual uma determinada substância começa a absorver a água presente na atmosfera); do tempo de exposição do material à determinada umidade; e da natureza do fertilizante (GIRACCA e NUNES, [200-?]).

A ureia é altamente higroscópica e requer muito cuidado no seu armazenamento. O aumento na umidade pode causar o “empedramento” dos grânulos e o aumento na temperatura ambiental pode ocasionar a perda de nitrogênio por sublimação, na forma de amônia (GIRACCA e NUNES, [200-?]; TOWNSEND *et al.*, 1998). Os efeitos deletérios do “empedramento” consistem na dificuldade de se obter uma mistura homogênea da ureia com os demais ingredientes da ração, o que pode ocasionar em intoxicação por excesso de consumo, além de dificultar o manejo de fornecimento.

Para manter as características da ureia inalteradas até a época da utilização alguns cuidados devem ser tomados. O armazenamento deve ser feito em sacos plásticos e preferencialmente em área coberta, seca, ventilada, piso impermeável ou sobre paletes de madeira e afastados de outros produtos (incompatíveis). Durante o manuseio devem ser evitados danos físicos as sacarias. Em caso de armazenamento a céu aberto, deve ser feito o enlonamento evitando a entrada de água das chuvas e oscilações de temperatura devido a exposição ao sol. A ureia granel, deve ser armazenada em lugar seco, sem umidade e protegido de chuvas, mantendo-se inclusive em local coberto sem o risco de contaminação ou de alteração das suas propriedades físico- químicas (GIRACCA e NUNES, [200-?]).

O armazenamento da ureia em galpões totalmente fechados deve ser feito sobre palets ou estratos de madeira, se não for possível, é aconselhável forrar o chão com sacos plásticos usados ou lona plástica, evitando o contato direto dos produtos com o piso. A altura da pilha não deve ultrapassar a 20 sacos, para evitar a compactação nos sacos inferiores, já que pilhas grandes impedem o arejamento, e as muito altas, além do risco de desmoronamento se não estiverem bem feitas e bem amarradas, aumentam o problema de empedramento e possível rompimento dos sacos inferiores. Devem ser mantidos espaços de aproximadamente 60 cm entre as pilhas e 50 cm nas paredes, para ventilação (Figura 1). O prazo de validade é de 36 meses, desde que mantidas boas condições de armazenagem (BRASINTER, GIRACCA e NUNES, [200-?]; INDUKERN, 2007; LAUSCHNER, 2007; PETRÓLEO BRASILEIRO S.A; TOWNSEND *et al.*, 1998).

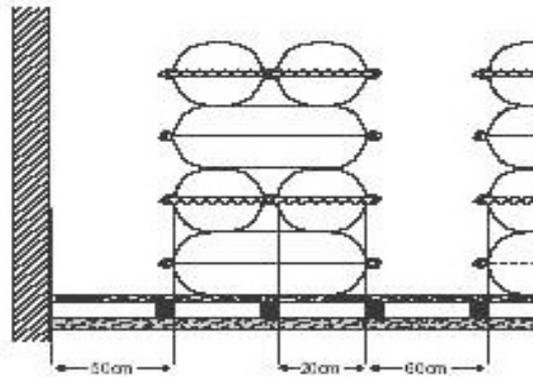


Figura 1: Modelo de disposição dos sacos em relação as paredes e piso. Adaptado de LAUSCHNER, 2007.

## 2.4. HIPÓTESE

Com base nas informações relatadas, a hipótese considerada nesse trabalho é que o revestimento dos grânulos de ureia com polímeros orgânicos poderá manter a qualidade da mesma ao longo de seis meses de armazenamento, evitando empedramento e liberação rápida de nitrogênio durante a solubilização.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

Os ensaios foram realizados no Laboratório de Nutrição Animal e o armazenamento dos produtos no galpão de ração (Figuras 2 e 3), ambos na Fazenda Água Limpa - Universidade de Brasília, no período de Junho de 2013 a Março de 2014. A Fazenda Água Limpa possui clima tropical com estação seca e verão úmido e chuvoso e ainda um inverno seco e relativamente frio, sendo este o clima predominante no Distrito Federal (WEATHERBASE). A temperatura média anual da fazenda e a precipitação média anual, nos últimos três anos (2010, 2011 e 2012), foram de 20,1°C e 1444,6 mm (FAZENDA ÁGUA LIMPA).



Figura 2: Armazenamento dos produtos no galpão de ração.



Figura 3: Armazenamento dos produtos no galpão de ração após alguns meses de abertura dos sacos.

Avaliou-se duas marcas comerciais de ureia, sendo elas RsR - Reforce N sem revestimento (Petrobras), RR - Reforce N revestido com polímero orgânico (Kimberlit) e OP - Optigen II (Altech) (Figura 4).

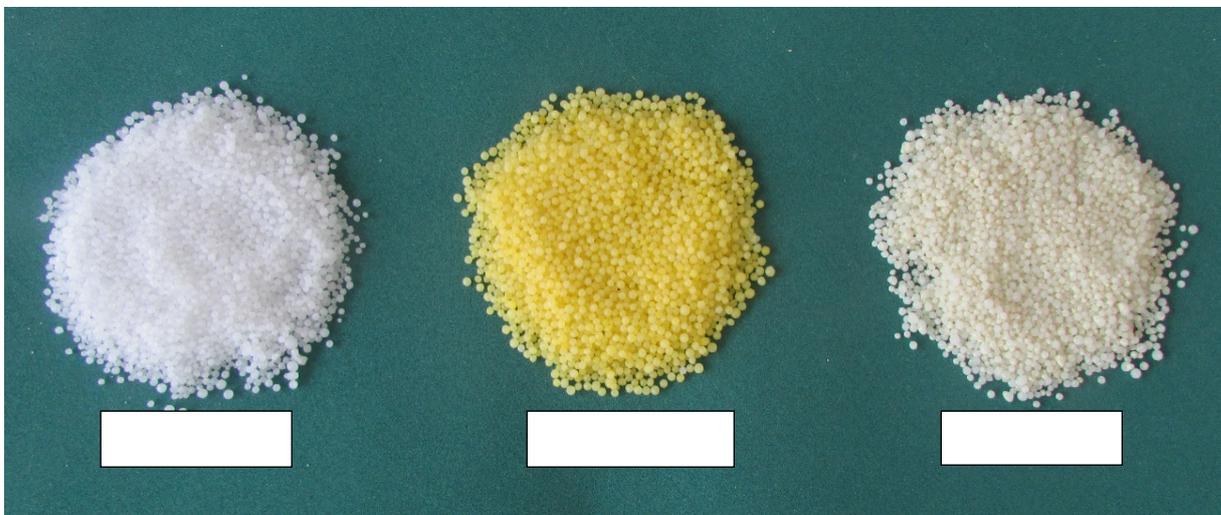


Figura 4: Amostras dos produtos fonte de NNP.



Figura 5: Amostras fonte de NNP após serem retiradas do saco plástico.

Os parâmetros de qualidade considerados para avaliação foram a higroscopicidade e a solubilidade *“in vitro”*.

A higroscopicidade pode ser definida como a tendência dos fertilizantes sólidos em absorver umidade, normalmente do ar atmosférico (SAUCHELLI, 1960, apud, ALCARDE *et al.*, 1992; NOVAIS *et al.*, 2007, apud, REIS *et al.*, 2012).

Já a solubilidade é a quantidade máxima de uma substância que pode dissolver-se em um líquido, normalmente expressa em porcentagem. A solubilidade da ureia constitui-se em um parâmetro de extrema importância, pois é necessário

que ocorra uma sincronia entre a hidrólise da ureia e a degradação dos carboidratos no rúmen.

Para isso, conduziu-se no período de seis meses de armazenamento, três avaliações de higroscopicidade e três avaliações de solubilidade, sendo uma no segundo, uma no quarto e outra no sexto mês de estocagem.

### 3.1. AVALIAÇÃO DA HIGROSCOPICIDADE

Para avaliação da higroscopicidade foram utilizadas as metodologias descritas por ALCARDE *et al.* (1992) e REIS *et al.* (2012), com adaptações.

Para condução das avaliações utilizou-se placas de petri, com 90 mm de diâmetro, 15 mm de profundidade e peso conhecido, de acordo com o procedimento relatado por REIS *et al.* (2012), onde foi adicionado 25 gramas amostra, que foram levadas à estufa a 50 °C, por 24 horas (Figura 6), conforme metodologia descrita por ALCARDE *et al.* (1992). Em seguida, as amostras foram pesadas, determinando-se o peso seco inicial (tempo 0). O peso foi novamente avaliado ao longo de seis tempos de exposição das amostras (1, 3, 6, 24, 48 e 72 horas) à umidade relativa do ar, similar ao reproduzido por ALCARDE *et al.* (1992). Foram utilizadas cinco repetições de cada amostra (Figura 8).



Figura 6: Placas com amostras na estufa a 50°C.

A umidade relativa e a temperatura do ar foram registradas durante todos os tempos de pesagem das placas com as amostras, que variaram entre 41 e 75 % e 23 a 26°C, durante o acompanhamento nas datas estabelecidas nos seis meses. O monitoramento foi feito com o uso do termo-higrômetro digital (Figura 7), da marca Inconterm.



Figura 7: Monitoramento da temperatura e umidade do ar pelo termo-higrômetro.



Figura 8: Amostras de NNP nas placas de petri, com cinco repetições de cada um dos três produtos.

O percentual de água absorvida foi determinado dividindo-se a diferença entre o valor do peso das amostras expostas a umidade ( $i = 1; 3; 6; 24; 48$  e  $72$  horas) e o valor do peso das amostras após a secagem, pelo valor do peso das amostras observado após a secagem dos produtos de acordo com a seguinte fórmula (ALCARDE *et al.*, 1992):

$$U = [(P_u - P_s)/P_s] \times 100,$$

onde:

$P_u$  = peso, em g, da amostra úmida;

$P_s$  = peso, em g, da amostra seca.

Os dados foram submetidos a análises temporais de higroscopicidade, de acordo com a variação do ganho ou perda de peso das amostras, e ajustados a gráficos de variação de higroscopicidade (%) *versus* tempo (h).

### 3.2. AVALIAÇÃO DA SOLUBILIDADE

Para determinar a solubilidade da ureia convencional e protegida, foram pesados 2 g de amostra e adicionado em um Becker de 500 ml de capacidade, contendo 100 ml de água destilada a 39°C.

Agitou-se suavemente a solução a aproximadamente 35 rpm em agitador magnético. A temperatura foi mantida a 39°C durante toda a agitação. Antes de adicionar a ureia a água destilada, retirou-se uma alíquota da solução contida no Becker, afim de determinar o nitrogênio presente (branco) na água.

O tempo de duração da análise foi estipulado para 120 minutos, sendo recolhido uma alíquota de 2,0 ml a cada 15 minutos em nove tempos pré-determinados (0, 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105 e 120 minutos), de forma a retirar sempre a alíquota da parte superior do líquido, evitando tocar na ureia que permaneceu contida no fundo do Becker.

Após a retirada das alíquotas da solução, empregou-se o método de Kjeldahl para determinação do nitrogênio total, descrito por AOAC (1984) e citado por SILVA e QUEIROZ (2002).

O método de Kjeldahl se baseia na digestão ácida, em que o nitrogênio da amostra é transformado em amônio ( $\text{NH}_4^+$ ), o qual é posteriormente separado por destilação e finalmente quantificado por titulação.

A etapa da digestão foi realizada em tubos de ensaios abertos, onde acrescentou-se juntamente com a alíquota de solução retirada do Becker, 1 g de mistura digestora (catalisador) e 5,0 ml de ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ). Executou-se a digestão no bloco digestor (Figuras 9 e 10) a temperatura de  $450^\circ C$  em capela. Os tubos digestores permaneceram na capela até que apresentassem coloração azul/verde claro. Na digestão, o nitrogênio é transformado em amônia e os compostos orgânicos são convertidos principalmente em  $CO_2$  e  $H_2O$



Figura 9: Tubos no bloco digestor.



Figura 10: Bloco digestor na capela, aguardando o início da digestão.

Na fase de destilação, os tubos com as amostras já frias receberam aproximadamente 10 ml de água destilada e posteriormente foram acoplados ao

destilador de proteína. No destilador acoplou-se um erlenmeyer contendo 7,5 ml de ácido bórico ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ ) e 3 gotas de reagente vermelho de metila ( $\text{C}_{15}\text{H}_{15}\text{N}_3\text{O}_2$ ). No funil do equipamento acrescentou-se 10,5 ml de hidróxido de sódio ( $\text{NaOH}$ ). As amostras permaneceram em destilação até que se obtivesse 40 ml de uma solução de coloração esverdeada (Figura 11). No processo de destilação, a amônia é separada e recolhida em uma solução receptora.



Figura 11: Destilador de proteína em funcionamento, coleta da solução de coloração esverdeada.

A titulação da amostra foi feita com ácido clorídrico ( $\text{HCl}$ ), contido em uma bureta com capacidade para 25 ml (Figura 12), até que a voltasse a coloração roxa do ácido bórico (Figura 13). A solução titulada manteve-se em agitação durante todo o processo. Nessa fase ocorre a determinação quantitativa da amônia contida na solução receptora.



Figura 12: Titulação das amostras.

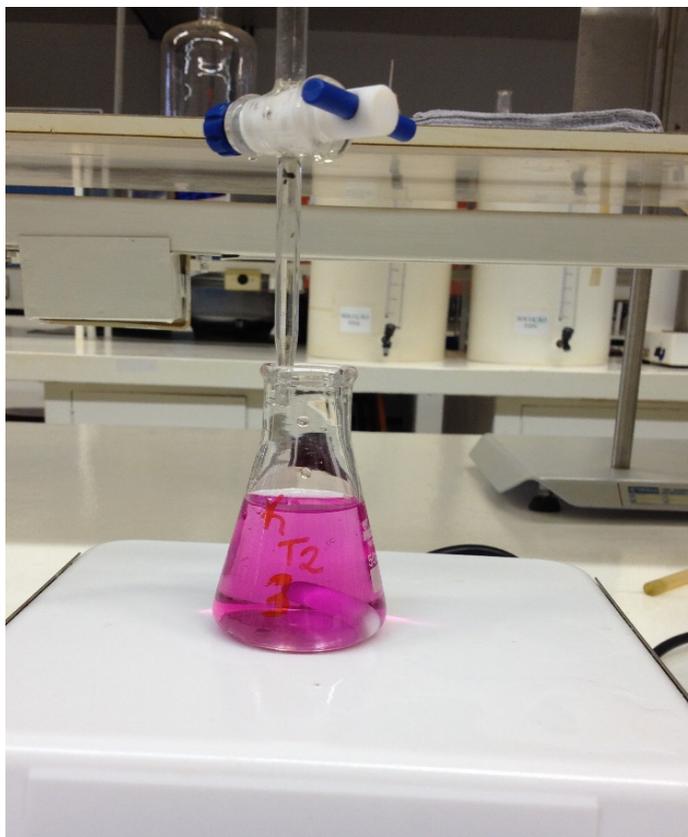


Figura 13: Amostra titulada.

Os dados foram submetidos a análises quantitativas de nitrogênio, a partir da seguinte fórmula:

$$\%N = \frac{N \times \text{fator do ácido clorídrico} \times 14 \times \text{volume do ácido clorídrico} \times 100}{\text{peso amostra}}$$

onde:

N = normalidade do ácido clorídrico, 0,1;

Fator do ácido clorídrico = 1,0050, calculado na hora de preparação;

14, equivalente do nitrogênio;

Volume do ácido clorídrico, em ml;

Peso da amostra, em g.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. AVALIAÇÃO DA HIGROSCOPICIDADE

A seguir são apresentadas as tabelas e gráficos referentes as análises de higroscopicidade dos produtos fontes de NNP armazenados ao longo de seis meses, seguidas de análise descritiva.

Tabela 1: Variação da higroscopicidade do RsR, RR e OP, em função da temperatura ambiental e umidade relativa aos 60 dias de armazenamento (mês 2)

Tempo (h)	1	3	6	24	48	72
Temperatura (°C)	27,07	27,49	20,94	25,8	27,37	26,87
Umidade Relativa (%)	41	39	56	24	41	43
Var. Higroscopicidade RsR (%)	0,004485	0,012173	0,012173	0,00921	0,012893	0,009049
Var. Higroscopicidade RR (%)	0,018179	0,017696	0,020833	0,004826	0,014237	0,010135
Var. Higroscopicidade OP (%)	1,636031	1,638716	1,639042	1,636601	1,639936	1,634486

RsR – Reforce N sem revestimento, RR – Reforce N revestido, OP – Optigen II.

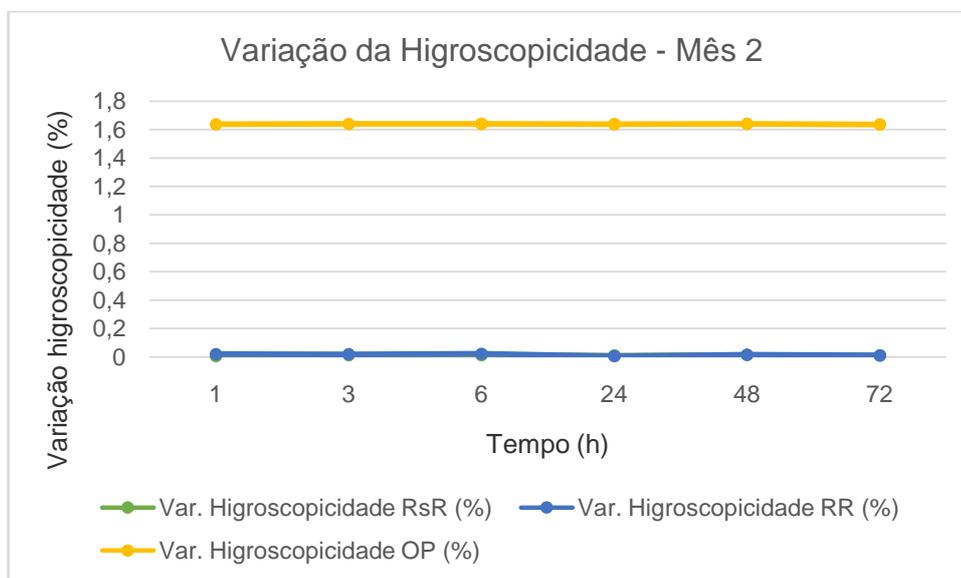


Gráfico 1: Variação da higroscopicidade em função do tempo do RsR, RR e OP armazenados por 60 dias (mês 2).

Observou-se após 60 dias de armazenamento que as variações de higroscopicidade permaneceram mínimas para o Reforce N revestido e Reforce N sem revestimento, com pequenas variações positivas e negativas de absorção de água, sendo as médias de quantidades de umidade absorvidas foram de 0,009997% e 0,014318% respectivamente. Para o Optigen II, as variações de higroscopicidade também apresentaram o mesmo comportamento das outras duas fontes de NNP,

porém com maior taxa de absorção de umidade, manifestando média de 1,637469%.

Tabela 2: Variação da higroscopicidade do RsR, RR e OP, em função da temperatura ambiental e umidade relativa aos 120 dias de armazenamento (mês 4)

Tempo (h)	1	3	6	24	48	72
Temperatura (°C)	22,9	21,8	21,7	21,2	21,8	22,6
Umidade Relativa (%)	65	71	71	73	75	74
Var. Higroscopicidade RsR (%)	-0,02319	0,006558	0,015756	0,060863	0,108689	0,170272
Var. Higroscopicidade RR (%)	0,101529	0,151371	0,152253	0,218683	0,283751	0,350742
Var. Higroscopicidade OP (%)	0,028251	0,039375	0,036414	0,048578	0,059302	0,094275

RsR – Reforce N sem revestimento, RR – Reforce N revestido, OP – Optigen II.

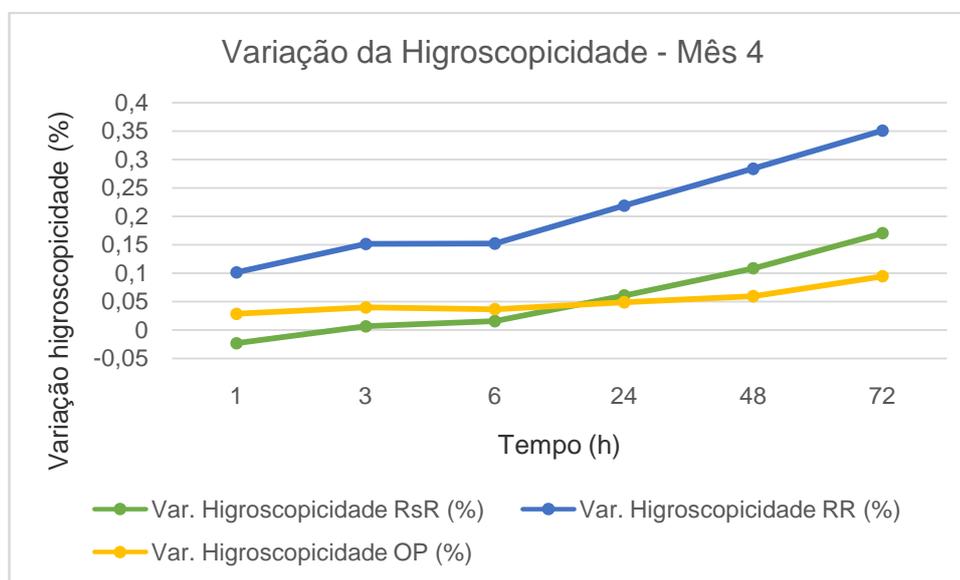


Gráfico 2: Variação da higroscopicidade em função do tempo do RsR, RR e OP armazenados por 120 dias (mês 4).

Após 120 dias de armazenamento as variações de higroscopicidade continuaram sendo mínimas para todas as fontes de NNP testadas. Para o Reforce N sem revestimento e o Reforce N revestido, houve um constante aumento do tempo 6 ao tempo 72, sendo este acréscimo de 0,088895% e 0,251357% sucessivamente. No caso do Optigen II, notou-se que a capacidade de absorção de umidade foi inferior as variações aos 60 dias de armazenamento. O comportamento mostrou-se constante até o tempo 48, com média de 0,042384%, e com aumento nas 24 horas restante de análise, 0,094275%.

Analisando-se a Tabela 2, é possível notar que no período de 120 dias de armazenagem, a temperatura ambiental média foi de aproximadamente 4°C inferior ao intervalo da primeira avaliação. Já a umidade relativa foi em média 33,72%

superior, explicando a expansão da variação de higroscopicidade do Reforce N sem revestimento e do Reforce N Revestido.

Tabela 3: Variação da higroscopicidade do RsR, RR e OP, em função da temperatura ambiental e umidade relativa aos 180 dias de armazenamento (mês 6)

<b>Tempo (h)</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>24</b>	<b>48</b>	<b>72</b>
<b>Temperatura (°C)</b>	<b>23,3</b>	<b>24,3</b>	<b>24,6</b>	<b>23,6</b>	<b>22,9</b>	<b>23</b>
<b>Umidade Relativa (%)</b>	<b>76</b>	<b>75</b>	<b>71</b>	<b>75</b>	<b>76</b>	<b>76</b>
Var. Higroscopicidade RsR (%)	0,078699	0,117129	0,083503	0,465152	0,283174	0,862092
Var. Higroscopicidade RR (%)	0,161694	0,241258	0,155679	0,622635	-2,50474	-1,48051
Var. Higroscopicidade OP (%)	0,050023	0,04402	0,04402	0,038658	0,192327	2,908597

RsR – Reforce N sem revestimento, RR – Reforce N revestido, OP – Optigen II.

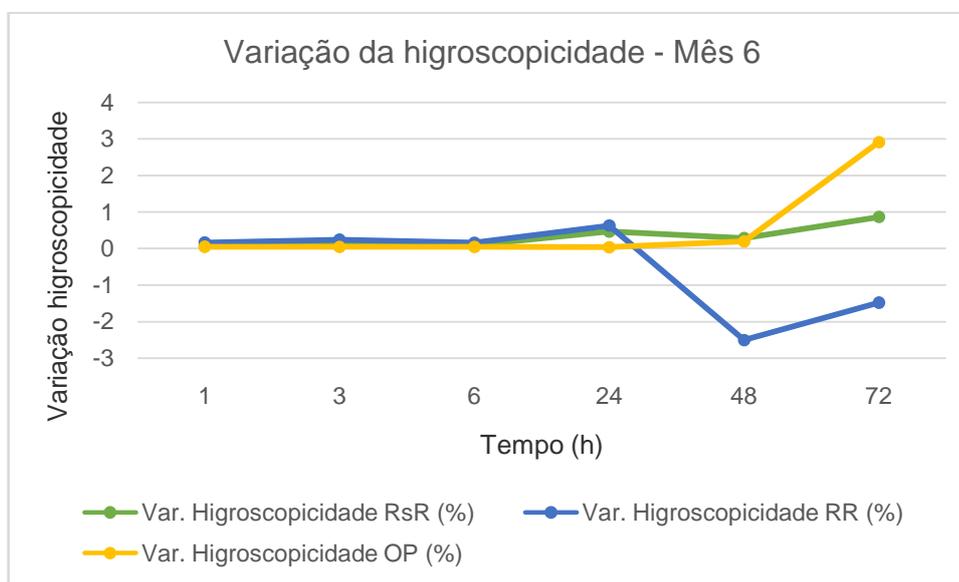


Gráfico 3: Variação da higroscopicidade em função do tempo dos produtos fonte de NNP armazenados por 180 dias (mês 6).

Com 180 dias de armazenamento as variações de higroscopicidade foram contínuas para o Reforce N sem revestimento até as 48 horas, com média de 0,205531%, entretanto ocorreu um pequeno aumento de 0,862092% nas últimas 24 horas. O Reforce N revestido permaneceu constante nas primeiras 24 horas, com média de 0,295316% nesse espaço e com queda na absorção de umidade do tempo 24 ao tempo 72, manifestando média de redução de 1,12087%. Por fim, o Optigen II, apresentou-se frequente, com redução e ganho de umidade até as 48 horas, com média de 0,073809%. No último momento de avaliação, exibiu aumento de 2,908597%.

Atentando-se aos gráficos 1, 2 e 3, e considerando-se a temperatura ambiental e a umidade relativa do ar, verifica-se aumento da higroscopicidade com o

tempo de exposição ao ambiente em relação aos 60 e 120 dias. Com 6 meses de armazenamento os produtos fonte de NNP avaliados tornam-se menos estáveis a exposição ao ambiente. Contudo essa é uma situação experimental que dificilmente ocorrerá no campo, pois na maioria das vezes o produto é armazenado em sacos e o consumo é rápido.

Expressando-se os valores em condições reais, pode-se dizer que o produto fonte de NNP Optigen II possui maior capacidade de absorção de umidade, porém não ocorreu empedramento, mesmo em circunstâncias de maior umidade relativa do ar. Essa característica representa a eficiência e homogeneidade (Figura 14) do polímero orgânico que reveste os grânulos de ureia, não havendo perda da qualidade física do produto, permitindo assim a facilidade do manejo ao fornecimento aos animais.



Figura 14: Revestimento homogêneo e não empedramento no armazenamento do Optigen II, produto no saco.

O Reforce N revestido expressa características semelhantes ao Reforce N sem revestimento, com predisposição para a absorção de água da atmosfera, o que resulta em menor eficiência do polímero que o envolve quando em contato com a água. Isso pode ser explicado devido ao revestimento do Reforce N ser menos uniforme e mais fino (Figura 15). Esses aspectos comprovam assim a funcionalidade e importância do revestimento, tanto para meios de armazenamento, quanto para

hidrólise no ambiente ruminal. Nos dois produtos fontes de NNP, houve empedramento no armazenamento (Figuras 16 e 17).



Figura 15: Revestimento desuniforme Reforce N revestido.



Figura 16: Empedramento devido ao armazenamento do Reforce N revestido, produto no saco.



Figura 17: Empedramento devido ao armazenamento do Reforce N sem revestimento, produto no saco.

## 4.2. AVALIAÇÃO DA SOLUBILIDADE

A seguir são apresentadas as tabelas e gráficos referentes as análises de solubilidade dos produtos fontes de NNP armazenados ao longo de seis meses, seguidas de análise descritiva.

Tabela 4: Teores de nitrogênio (% da solução) dos produtos fonte de NNP aos seis meses de armazenamento

Tempo (min)	RsR	RR	OP	RsR	RR	OP	RsR	RR	OP
	% N - Mês 2			% N - Mês 4			% N - Mês 6		
0	5,28	4,29	0	9,08	4,85	0,07	5,17	7,77	0,11
15	8,86	6,33	1,41	11,4	11,04	2,39	5,17	7,98	2,57
30	9,15	9,15	2,39	11,54	11,47	3,45	10,8	10,94	3,69
45	9,15	10,41	2,88	11,89	11,33	4,57	10,02	6,09	4,75
60	9,36	8,65	3,66	11,96	11,82	6,61	11,22	10,73	5,38
75	10,55	8,72	4,08	10,83	12,45	16,11	11,08	11,57	6,58
90	9,22	8,37	4,71	11,26	12,45	14,91	11,5	11,01	7,63
105	9,29	8,86	5,14	13,3	13,72	18,5	11,15	11,71	10,38
120	11,26	10,9	5,49	13,86	14,21	18,43	11,85	11,92	10,02

RsR – Reforce N sem revestimento, RR – Reforce N revestido, OP – Optigem II.

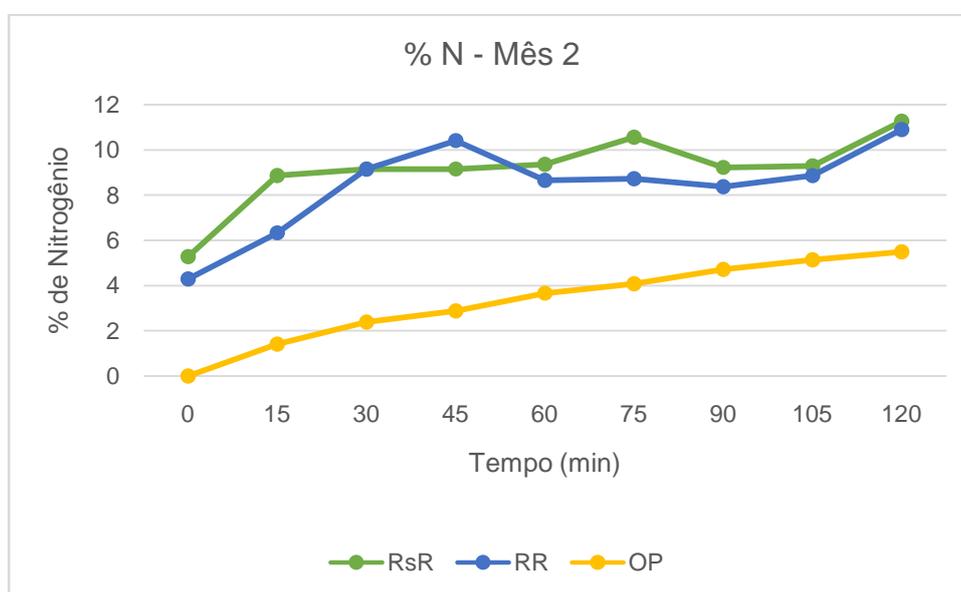


Gráfico 4: Porcentagem de nitrogênio do RsR, RR e OP aos 60 dias de armazenamento (mês 2).

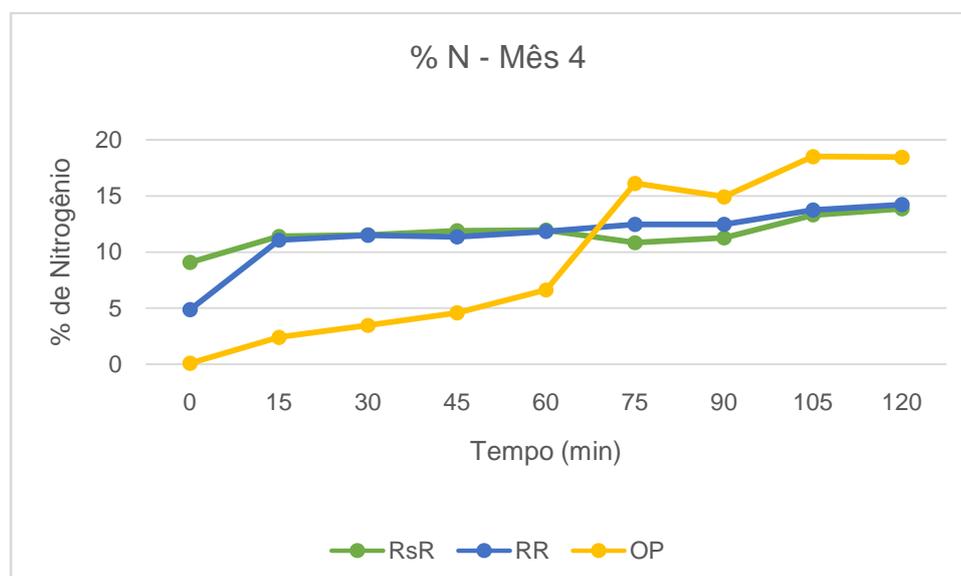


Gráfico 5: Porcentagem de nitrogênio do RsR, RR e OP aos 120 dias de armazenamento (mês 4).

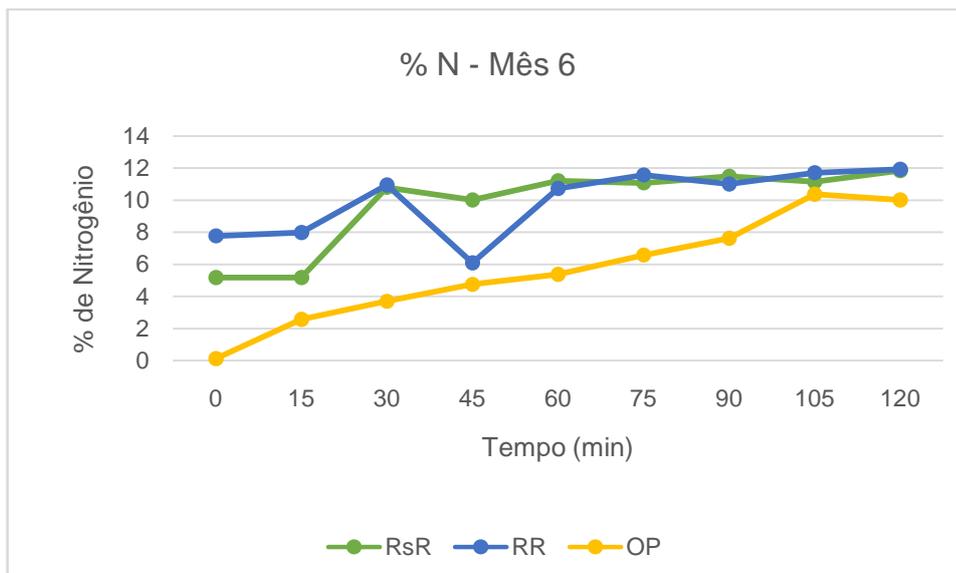


Gráfico 6: Porcentagem de nitrogênio do RsR, RR e OP aos 180 dias de armazenamento (mês 6).

Observa-se na Tabela 4 e nos gráficos 4, 5 e 6 que a velocidade de liberação de nitrogênio do Reforce N sem revestimento e do Reforce N revestido em solução aquosa foram semelhantes e maiores que o Optigen II. Isso era de se esperar no caso do Reforce N sem revestimento, pois este é uma fonte de ureia convencional e não possui polímero orgânico. Todavia, o Reforce N revestido apresentou uma solubilização mais rápida que o esperado, sendo também superior ao Optigen II. Este padrão se manteve até o final do ensaio com 120 minutos, evidenciando a diferença na taxa de liberação dos três produtos fontes de NNP. Comparando-se cada produto separadamente nos gráficos durante os seis meses, é possível verificar diferenças na taxa de liberação.

A maior velocidade de solubilização do Reforce N revestido pode ser justificado pelo padrão irregular de revestimento dos grânulos de ureia, como mencionado na avaliação da higroscopicidade (Figura 16). Contudo essa maior velocidade de liberação do Reforce N revestido em solução aquosa pode não ser o melhor parâmetro para avaliação desse produto, pois o processo de solubilização em ambiente ruminal sofre efeito de enzimas microbianas e a velocidade de reação pode ser diferente.

A melhor velocidade de solubilização pode não ser necessariamente a mais lenta, pois a velocidade de degradação dos carboidratos depende de sua fonte. A produção de amônia em sinergismo com o metabolismo energético no conteúdo ruminal é um fator decisivo na formação de proteína microbiana (SANTOS *et al.*,

2001), situação essa que pode ser obtida com a ureia encapsulada com polímeros de origem orgânica como o Reforce N revestido e Optigen II.

Já a liberação rápida de nitrogênio, como se verificou para o Reforce N sem revestimento, é o fator limitante do uso desse tipo de ureia exclusivamente em alimentos com fibra de baixíssima qualidade, pois se houver deficiência de energia na alimentação, situação que ocorre com frequência no período da seca, a amônia livre no líquido ruminal não será utilizada pelos microrganismos para sintetizar proteínas bacterianas e conseqüentemente, o  $\text{NH}_3$  será absorvido pelas papilas ruminais em direção ao fígado, com gasto de aproximadamente 12 Kcal/g de N (VAN SOEST, 1994).

O revestimento do Reforce N não contribuiu para redução na velocidade de solubilização da ureia em meio aquoso, o que evidencia, assim como na avaliação da higroscopicidade, a ineficiência do polímero que encapsula os grânulos de ureia, necessitando de melhor homogeneidade no processo de revestimento.

Como último critério de qualidade, foi possível observar que ao final dos 120 minutos de solubilização, o polímero que revestia o Optigen II transformou-se em uma gordura uniforme sobrenadante (Figuras 18 e 19). O mesmo não foi observado para o Reforce N revestido, no qual não ocorreu uma degradação por completa do polímero orgânico (Figura 20). Ressalta-se que esse material pode ocasionar efeitos sobre a microbiota ruminal, porém isso não foi avaliado neste trabalho.

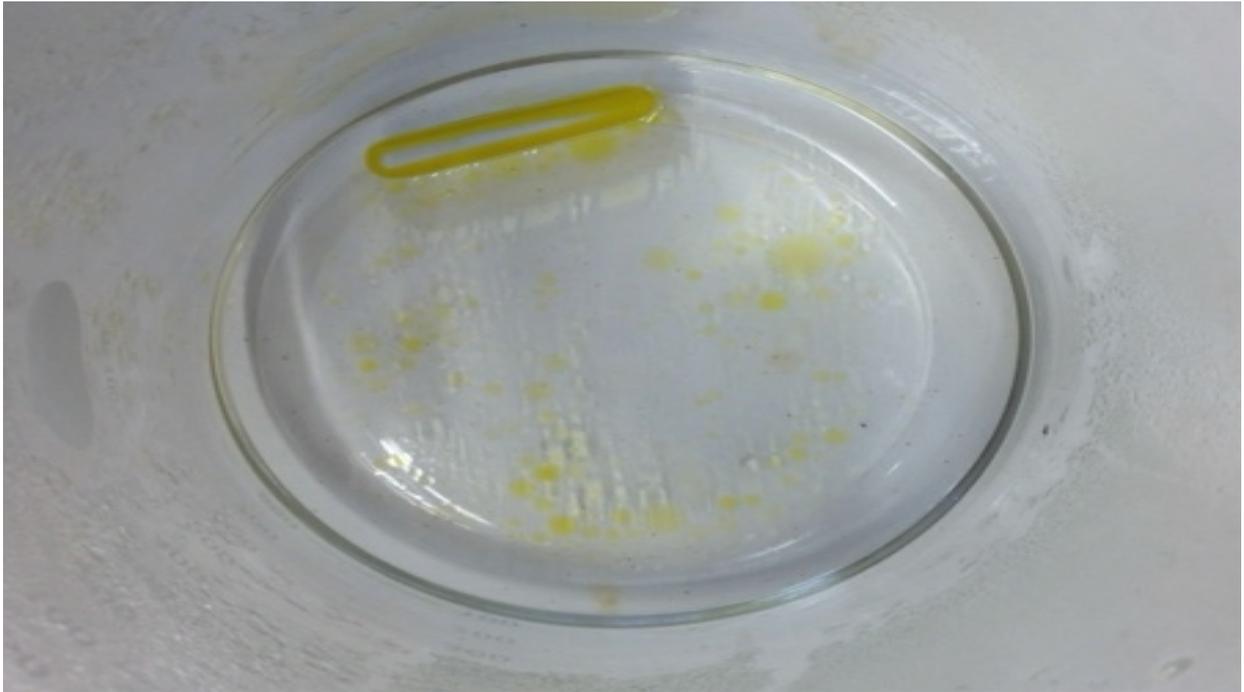


Figura 18: Resquícios do revestimento do Optigen II em meio aquoso.

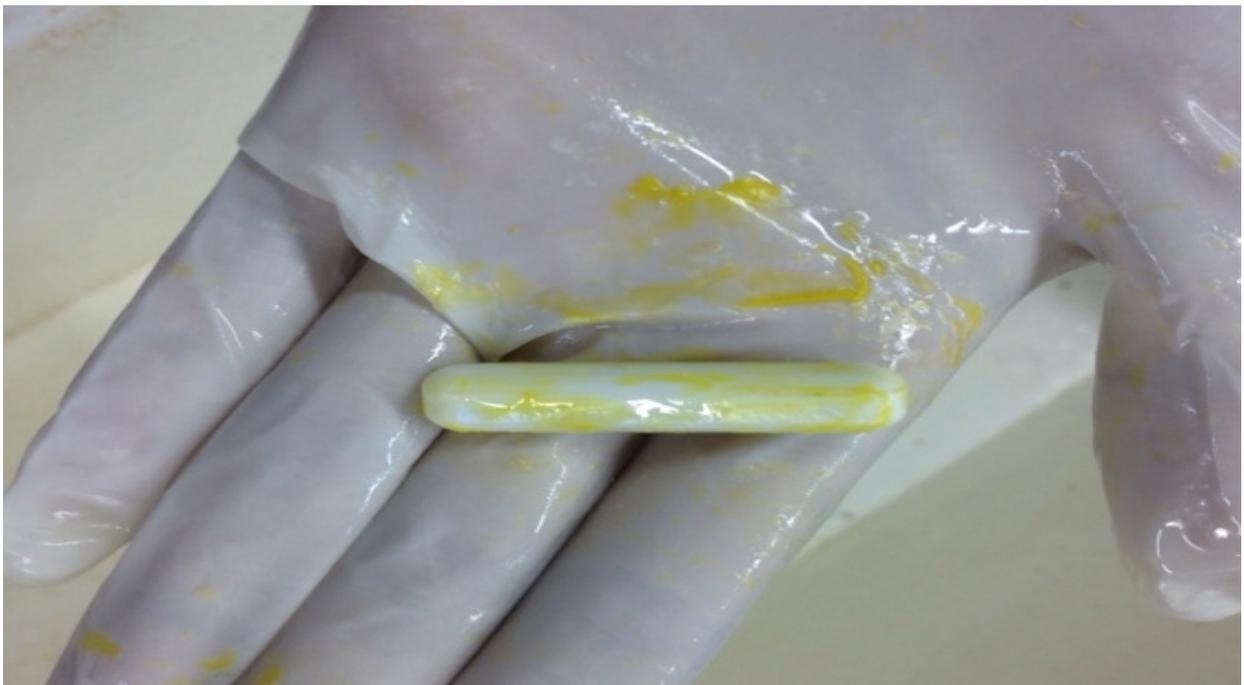


Figura 19: Gordura formada pelo revestimento do Optigen II.



Figura 20: Resquícios do polímero orgânico do Reforce N revestido.

## **5. CONCLUSÕES**

O Optigen II (Altech) possui maior higroscopicidade que o Reforce N revestido (Kimberlit) e o Reforce N sem revestimento, porém devido a uniformidade do seu revestimento não ocorre “empedramento” deste produto ao longo de 6 meses de estocagem ao contrário dos demais.

O Reforce N revestido (Kimberlit) e o Reforce N sem revestimento apresentam maior velocidade de solubilização em meio aquoso devido ao padrão irregular de revestimento dos grânulos de ureia e a falta de revestimento, respectivamente.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALCARDE, J. C.; MALAVOLTA, E.; BORGES, A. L.; MUNIZ, A. L.; VELOSO, C. A.; FABRICIO, A. C.; VEGAS, I. J. M. Avaliação da higroscopicidade de fertilizantes e corretivos. **Scientia Agricola**, Piracicaba, São Paulo, p. 137-144, 1992.
- 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.
- 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.
- BARTLEY, E. E.; DEYOE, C. W. Starea as a protein replacer for ruminants: review of 10 years of research. **Feedstuffs**, Minnetonka, v. 47, n. 30, p. 4244, 1975.
- BLOOMFIELD, R. A.; GARNER, G. B.; MUHRER, M. E. Kinetics of urea metabolism in sheep. **Journal of Animal Science**, p. 19:1248, 1961.
- BRASINTER. Ficha de informações de segurança: ureia técnica. **Brasinter produtos químicos**. Disponível em: <<http://www.grupobrasinter.com.br/fispqs/48-UREIA.pdf>>. Acesso em: 07 de Junho de 2014.
- CARVALHO, F. A. N.; BARBOSA, F. A.; RUSSELL, L. M. Nutrição de bovinos a pasto. 1ª edição. **Belo Horizonte**: PapelForm, 438 p, 2005.
- DIEST, V. A. Volatilización del amoníaco en los suelos anegados, y sus repercusiones en el rendimiento de arroz. **Noticiarios de la Comisión Internacional del arroz**, FAO, v. 37, p. 1-6, 1988.
- FAZENDA ÁGUA LIMPA. Dados estação agrometeorológica automática. Disponível em: <[http://www.fal.unb.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=269%3A2013&catid=39&Itemid=78](http://www.fal.unb.br/index.php?option=com_content&view=article&id=269%3A2013&catid=39&Itemid=78)>. Acesso em: 23 de Junho de 2014.
- INDUKERN. Ficha de informações sobre produtos químicos: ureia pecuária, 2007. Disponível em: <[http://www.indukern.com.br/arquivosUp/197\\_UR%C3%89IA\\_PECU%C3%81RIA.pdf](http://www.indukern.com.br/arquivosUp/197_UR%C3%89IA_PECU%C3%81RIA.pdf)>. Acesso em: 07 de Junho de 2014.
- GALO, E.; EMANUEL, S. M.; SNIFFEN, C. J.; WHITE, J. H.; KNAPP, J. R. Effect of a polymer-coat urea production nitrogen metabolism in lactating dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 86, p. 2154-2162, 2003.

- GIRACCA, E. M. N.; NUNES, J. L. S. Armazenagem de fertilizantes. **Agro Link**. Disponível em: < <http://www.agrolink.com.br/fertilizantes/Armazenagem.aspx>>. Acesso em: 07 de Junho de 2014.
- GONÇALVEZ, A. P. Uso de ureia de liberação lenta em suplementos proteicos energéticos fornecidos a bovinos recebendo forragens de baixa qualidade. **Universidade de São Paulo**, Pirassununga, p. 82, 2006.
- GONÇALVES, C. C. M.; TEIXEIRA, J. C.; SALVADOR, F. M. Ureia na alimentação de ruminantes. Universidade Federal de Lavras. Disponível em: <[http://www.uesc.br/cursos/pos\\_graduacao/mestrado/animal/bibliografia2011/jose\\_augusto\\_artigo2\\_ureia.pdf](http://www.uesc.br/cursos/pos_graduacao/mestrado/animal/bibliografia2011/jose_augusto_artigo2_ureia.pdf)>. Acesso em: 18 de Maio de 2014.
- HENNINGET, P H.; STEYN, D. G.; MEISNER, 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.
- LANA, R. P. Nutrição e alimentação animal (mitos e realidades). 2ª edição. Viçosa: UFV, 344 p, 2007.
- LAUSCHNER, M. H. Recomendação técnica para armazenagem e mpilhamento de fertilizantes. **Unifertil**, 2007. Disponível em: < [www.unifertil.com.br/admin/files/rc20071205164521.doc](http://www.unifertil.com.br/admin/files/rc20071205164521.doc)>. Acesso em: 25 de Junho de 2014.
- MACITELLI, F.; BERCHIELLI, T. T.; MORAES, J. A. S.; SILVEIRA, R. N.; CANESIN, R. C. Desempenho e rendimento de carcaça de bovinos mestiços alimentados com diferentes volumosos e fontes protéicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.6, p.1917-1926, 2007.
- MALLMANN, G. M.; PATINO, H. O.; SILVEIRA, A. L. F.; MEDEIROS, F. S.; KNORR, M. Consumo e digestibilidade de feno de baixa qualidade suplementado com nitrogênio não proteico em bovinos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, p. 331-337, 2006.
- NETO, O. C. Ureia revestida: aditivo nutricional para ruminantes. Perguntas e respostas. **Universidade Estadual Paulista**, Botucatu, SP, 2013. Disponível em: < <http://pt.engormix.com/MA-pecuaria-corte/nutricao/artigos/ureia-revestida-aditivo-nutricional-t1801/141-p0.htm>>. Acesso em: 07 de Junho de 2013.
- NETO, O. C; TEIXEIRA, J. Ureia de liberação lenta: avaliação biológica e produtiva em vacas leiteiras. 2012. Disponível em: < [http://www.agrolink.com.br/saudeanimal/artigo/ureia-de-liberacao-lenta--avaliacao-biologica-e-produtiva-em-vacas-leiteiras\\_146703.html](http://www.agrolink.com.br/saudeanimal/artigo/ureia-de-liberacao-lenta--avaliacao-biologica-e-produtiva-em-vacas-leiteiras_146703.html)> Acesso em: 07 de Junho de 2013.
- OWENS, F. N., LUSBY, K. S., MIZWICKI, K.; FORERO, O. Slow ammonia release from urea: rumen and metabolism studies. **Journal of Animal Science**, v. 50, p. 527, 1980.

OURO FINO PARTICIPAÇÕES E EMPREENDIMENTOS S.A. Composição alimentícia a base de ureia pecuária revestida para liberação ruminal sustentada e processo para sua preparação. **Patente**, 2011. Disponível em: <<http://www.google.com/patents/WO2011116445A2?cl=pt>>. Acesso em: 15 de Junho de 2014.

PETRÓLEO BRASILEIRO S.A. (Petrobras). Ficha de informações de segurança de produto químico. **Reforce N.** Disponível em: <<http://www.br.com.br/wps/wcm/connect/25e41380441ec7f58e508eebba755bc2/fis-pq-quim-ureia-reforce-n.pdf?MOD=AJPERES>>. Acesso em: 07 de Junho de 2014).

PETRÓLEO BRASILEIRO S.A. (Petrobras). Folheto técnico Reforce N. **Reforce N.** Disponível em: <<http://www.br.com.br/wps/wcm/connect/33ed1800441ec5078e088eebba755bc2/f-t-quim-ureia-reforce-n.pdf?MOD=AJPERES>>. Acesso em: 15 de Junho de 2014.

PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA, LEGISLAÇÃO BRASILEIRA. Decreto número 4.954, de 14 de Janeiro de 2004. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2004/decreto/d4954.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/d4954.htm)>. Acesso em: 07 de Junho de 2014.

REIS, R. A.; SILVA, D. R. G. Avaliação das características físicas e físico-químicas de fertilizantes nitrogenados e fosfatados revestidos por polímeros. **Magistra**, Cruz das Almas, Bahia, v. 24, p. 145-150, 2012.

ROMERO, A. B.; SIEBERT, B. D.; MURRAY, R. U. A study on the effect of frequency of urea ingestion on the utilization of low quality roughage by steers. **Australian J. Exp. Agri. And Anim, Husband**, v. 16, p. 308, 1976.

RUSSELL, J. B.; O'CONNOR, J. D.; FOX, D. G. *et al.* A net carbohydrate and Protein System for evaluating cattle diets: I. Ruminal fermentation. **Journal of Animal Science**, v. 70, p. 3551-3561, 1992.

SANTOS, G. T.; CAVALIERI, F. L.; MODESTO, E. C. Palestra publicada nos **Anais do 2º Simpósio Internacional em Bovinocultura de Leite: Novos conceitos em nutrição**. UFLA, p. 199-228, 2001.

SATTER, L. D.; KLOPFENSTEIN, T. J.; ERICKSON, G. E. The role of nutrition in nutrient output from ruminants. **Journal of Animal Science**, Albany, E. Suppl, v. 80, p. 143-156, 2002.

SAVASTANO, S. Fornecimento de ureia para ruminantes. Divisão de extensão rural do governo de São Paulo. Disponível em: <[http://cati.sp.gov.br/Cati/\\_tecnologias/bovinocultura/FornecimentoUreia.pdf](http://cati.sp.gov.br/Cati/_tecnologias/bovinocultura/FornecimentoUreia.pdf)>. Acesso em: 21 de Maio de 2014.

SILVA, J. M.; FEIJO, G. L. D.; THIAGO, L. R. L. S.; KICHEL, A. N.; PORTO, J. C. A. Desempenho animal e avaliação do potencial produtivo de forragens para

ensilagem, por intermédio de diferentes fontes de suplementação nitrogenada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 28, p. 642-653, 1999.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos. **Viçosa**: UFV, 235p, 2002.

SOUZA, A. A. Maximização do uso da ureia pelos microrganismos ruminais. **Beef Point**, 2008. Disponível em: < <http://www.beefpoint.com.br/radares-tecnicos/nutricao/maximizacao-do-uso-da-ureia-pelos-microrganismos-ruminais-45159>>. Acesso em: 07 de Junho de 2014.

TOWNSEND, C. R.; COSTA, N. L.; PEREIRA, R. G. A. Ureia percuária: alternativa para produção de carne e leite em Rondônia. **Embrapa**, Circular técnica nº37, p. 27, Rondônia, 1998.

TUDOR, G. W.; MORRIS, J. G. The effect of frequency of ingestion of urea on voluntary food intake, organic matter digestibility and nitrogen balance of sheep. **Australian J. Exp. Agri. and Anim. Husband**, v. 11, p. 483, 1971.

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

VIEIRA, L. C. J. **Beef Point**. Uso da ureia na alimentação de ruminantes. 2012. Disponível em: < <http://www.beefpoint.com.br/radares-tecnicos/uso-da-ureia-na-alimentacao-de-ruminantes>>. Acesso em: 7 de Junho de 2014.

WEATHERBASE. Clima de Brasília. Disponível em: < <http://www.weatherbase.com/weather/weathersummary.php3?s=87338&cityname=Brasilia%2C+Distrito+Federal%2C+Brazil&units=>>>. Acesso em: 13 de Junho de 2014.