

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL
CURSO DE DOUTORADO**

**DESENVOLVIMENTO DE SUPLEMENTO NITROGENADO
REVESTIDO COM CERAS**

Alexandre Guimarães Inácio

Campo Grande – MS

2022

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL
CURSO DE DOUTORADO**

**DESENVOLVIMENTO DE SUPLEMENTO NITROGENADO REVESTIDO COM
CERAS**

DEVELOPMENT OF WAX COATED NITROGEN SUPPLEMENT

Alexandre Guimarães Inácio

Orientador: Prof. Dr. Luis Carlos Vinhas Ítavo

Tese apresentada à Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, como requisito parcial a obtenção do título de Doutor em Ciência Animal.

Área de concentração: Produção Animal.

Campo Grande – MS

2022

Serviço Público Federal
Ministério da Educação

Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul



Aos vinte e três dias do mês de fevereiro do ano de dois mil e vinte e dois, às catorze horas, na FAMEZ, da Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, reuniu-se a Banca Examinadora composta pelos membros: Luis Carlos Vinhas Itavo (UFMS), Alexandre Menezes Dias (UFMS), Luciano da Silva Cabral (UFMT), Rafael Henrique de Tonissi e Buschinelli de Goes (UFGD) e Rodrigo da Costa Gomes (EMBRAPA), sob a presidência do primeiro, para julgar o trabalho do aluno: **ALEXANDRE GUIMARÃES INÁCIO**, CPF 02338893107, Área de concentração em Produção Animal, do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Curso de Doutorado, da Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, apresentado sob o título "**Desenvolvimento de suplemento nitrogenado revestido com ceras**" e orientação de Luis Carlos Vinhas Itavo. O presidente da Banca Examinadora declarou abertos os trabalhos e agradeceu a presença de todos os Membros. A seguir, concedeu a palavra ao aluno que expôs sua Tese. Terminada a exposição, os senhores membros da Banca Examinadora iniciaram as arguições. Terminadas as arguições, o presidente da Banca Examinadora fez suas considerações. A seguir, a Banca Examinadora reuniu-se para avaliação, e após, emitiu parecer expresso conforme segue:

EXAMINADOR	AVALIAÇÃO
Dr. Luis Carlos Vinhas Itavo (Interno)	APROVADO
Dr. Alexandre Menezes Dias (Interno)	APROVADO
Dr. Luciano da Silva Cabral (Externo)	APROVADO
Dr. Rafael Henrique de Tonissi e Buschinelli de Goes (Externo)	APROVADO
Dr. Rodrigo da Costa Gomes (Interno)	APROVADO

DEDICO

Às pessoas mais importantes da minha vida, minha família.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que tornaram possível a realização deste trabalho, com especial atenção:

A minha mãe Vera Lucia, meus irmãos André e Andreia, meus amores Mariani e Arthur que me deram todo o apoio e condições para eu conseguir esta realização;

Ao meu orientador Prof. Dr. Luis Carlos Vinhas Ítavo por todos os ensinamentos, pela amizade, conselhos e orientações. Sinto-me privilegiado em ter esse convívio;

Aos professores Dr. Alexandre Menezes Dias, Dr. Rodrigo da Costa Gomes, Dra. Camila Celeste Brandão Ítavo, Dr. Gelson dos Santos Difante, Dr. Geraldo Tadeu dos Santos, Dr. Henrique Jorge Fernandes, Dra. Marina de Nadai Bonin Gomes e Dr. Ricardo Carneiro Brumatti. Profissionais inspiradores os quais contribuíram tanto na formação acadêmica quanto na pesquisa;

Aos meus amigos de trabalho e estudo: Marcus, Eduardo, Gabriella, Noemila, Evelyn, Lucimara, Ingrid, Marlova, Ângelo, Jessika, Leandro, Ricardo, Christian e todos demais amigos que a UFMS me proporcionou. Obrigado por toda ajuda, parceria e bons momentos;

A UFMS e todos os colegas discentes, técnicos, servidores e estagiários os quais contribuíram, direta ou indiretamente, na construção deste trabalho. Em especial àqueles envolvidos com o Programa de Pós Graduação em Ciência Animal – PPGCA, a Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia – FAMEZ e a Agencia de internacionalização e inovação - AGINOVA.

Muito obrigado!

RESUMO

O uso de suplementação proteica pode imprimir maior ganho de peso, principalmente para os ruminantes mantidos em pastagens durante a época seca, fazendo com que a produção se torne mais eficiente. A ureia é o principal suplemento utilizado nestes casos devido ao seu baixo custo, boa disponibilidade e fácil uso. Porém, por ser higroscópica e rapidamente convertida em amônia em meio aquoso, o seu uso deve ser cauteloso. Casos de intoxicação por ureia não são raros e podem levar os animais a óbito. Objetivando contornar esse problema, a ureia com liberação lenta (protegida/revestida) é estudada e comercialmente utilizada há anos. Um dos fatores que podem limitar a eficiência deste tipo de produto é a necessidade da pronta disponibilidade dos hidratos de carbono, necessários para síntese proteica juntamente com o nitrogênio fornecido pela ureia (sincronização). Com isso, o presente trabalho teve por objetivo desenvolver suplementos compostos por ureia e carboidratos, revestidos com cera, visando uma melhor sincronização destes nutrientes no ambiente ruminal e uma maior eficiência no seu uso. Os suplementos desenvolvidos e dois outros produtos comerciais baseados em ureia extrusada (UE) e ureia revestida com polímero (UP) foram testados quanto à solubilidade, análise térmica, microscópica, bromatológica e produção cumulativa de gás. As ceras utilizadas no processo de revestimento mostraram-se eficientes na redução da solubilização da ureia. A produção acumulada de gás apresentou melhores resultados em relação ao produto denominado "F17". Por meio de análises termogravimétricas, foi possível verificar a integridade química dos ingredientes que compõem os suplementos desenvolvidos. Foi verificado que é possível reduzir a solubilidade da ureia usando cera de carnaúba como material de revestimento. A fórmula com amido de mandioca (F17) associado à ureia apresentou melhor sincronização durante a degradação dos componentes.

Palavras-Chave: NNP, sincronização, carboidrato, liberação lenta

ABSTRACT

The use of protein supplementation can speed up weight gain, especially for ruminants kept on pastures during the dry season, making this production more efficient. Urea is one of the main supplement used in these cases due to its low cost, good availability and practical use. However, as it is hygroscopic and quickly converted into ammonia in an aqueous medium, the use must be cautious. Cases of urea intoxication are not unusual and can lead the animals to death. Aiming to get around this problem, controlled-release urea (protected/coated) has been studied and commercially used for years. One of the factors that can limit the nutritional efficiency of this type of product is the requirement for ready availability of carbohydrates, necessary for protein synthesis along with the nitrogen provided by urea (synchronization). Thus, the present work aimed to develop and evaluate different supplements composed of urea and carbohydrates, coated with wax, aiming at a better synchronization of these nutrients in the rumen environment and a better efficiency in their use. The developed supplements and two other commercial products based on extruded urea (EU) and polymer coated urea (UP) were tested for solubility, thermal analysis, microscopic analysis, chemical analysis and cumulative gas production. The waxes used in the coating process proved to be efficient in reducing urea solubilization. The accumulated production of gas presented greater production in relation to the product named "F17". Through thermogravimetric analysis, it was possible to verify the chemical integrity of the ingredients that make up the developed supplements. It has been found that it is possible to reduce the solubility of urea by using carnauba wax as a coating material. The formula with cassava starch (F17) associated with urea showed better synchronization during the degradability of the components.

Keywords: NPN, synchronization, carbohydrate, slow release

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Capítulo 2 - Redução da solubilidade da ureia através do revestimento com ceras.....	27
Figura 1. Variação da solubilização de N pelo tempo (a) e liberação de N por minuto (b).....	30
Capítulo 3 - Suplemento nutricional composto por ureia e carboidrato revestido com cera para liberação lenta no líquido ruminal.....	32
Figura 1. Microscópio estereoscópico ampliação de 40X dos produtos nitrogenados Ureia pura (1-a), UP (1-b), F16 (1-c) e F17 (1-d).....	46
Figura 2. (2-a) Formulação completa F17 e (2-b) Formulação F17 livre de enxofre.....	46
Figura 3. Teste de solubilização da UP (a), UE (b), F16 (c), F17 (d) todos os produtos testados (e) e solubilização por minuto de todos os produtos testados (f).....	47
Figura 4. Produção cumulativa de gás dos produtos testados ao longo de 1440 minutos.....	48
Figura 5. (5-a) Perda de massa do produto F16 e seus ingredientes (5-b) Perda de massa do produto F17 e seus ingredientes (5-c) Curvas derivadas primeira da perda de massa do produto F16 e seus ingredientes , e (5-d) Curvas derivadas primeira da perda de massa do produto F17 e seus ingredientes.....	49
Capítulo 4 - Composição à base de ureia e carboidratos com liberação lenta e processo para a sua elaboração.....	53
Figura 1. Processo de moagem (a) e pesagem (b) de ingredientes.....	61
Figura 2. Mistura dos ingredientes.....	61
Figura 3. Preparo da cera para o recobrimento: corte (a) e fusão (b).....	62
Figura 4. Etapa de preparo dos produtos.....	62
Figura 5. Produtos finalizados para teste in vivo (a) e in vitro (b).....	63

LISTA DE TABELAS

Capítulo 3 - Suplemento nutricional composto por ureia e carboidrato revestidos com cera para liberação lenta no líquido ruminal.....	32
Tabela 1. Composição química dos diferentes produtos nitrogenados avaliados.....	49
Tabela 2. Médias dos parâmetros estimados pela produção cumulativa de gases nos diferentes produtos nitrogenados avaliados.....	50
Capítulo 4 - Composição à base de ureia e carboidratos com liberação lenta e processo para a sua elaboração.....	53
Tabela 1. Proporções da composição final dos produtos.....	58

Sumário

Introdução Geral.....	11
Capítulo 1 - Revisão bibliográfica.....	13
Ureia na suplementação de ruminantes.....	13
Ureia protegida.....	15
Sincronização dos nutrientes.....	17
Carboidratos na dieta dos ruminantes.....	20
Referências bibliográficas.....	21
Capítulo 2 - Redução da solubilidade da ureia através do revestimento com ceras.....	27
Resumo.....	27
Introdução.....	27
Materiais e métodos.....	28
Resultados e Discussão.....	29
Conclusão.....	31
Referências bibliográficas.....	31
Capítulo 3 - Suplemento nutricional composto por ureia e carboidrato revestidos com cera para liberação lenta no líquido ruminal.....	32
Resumo.....	32
Introdução.....	33
Materiais e métodos.....	34
Resultados.....	37
Discussão.....	39
Conclusão.....	44
Figuras e Tabelas.....	46
Referências bibliográficas.....	50
Capítulo 4 - Composição à base de ureia e carboidratos com liberação lenta e processo para a sua elaboração.....	53
Setor Técnico.....	53
Estado da técnica.....	53
Problemas existentes.....	55
Objetivos da invenção e novidades.....	56
Descrição detalhada.....	56
Reivindicações.....	59
Figuras.....	61
Resumo.....	64

Introdução Geral

Os sistemas pastoris são extremamente dependentes de fatores climáticos, o que gera oscilações nos seus níveis produtivos durante o ano. Visando contornar certas adversidades, a utilização dos recursos de baixo custo e já disponíveis na propriedade se faz necessária. No caso da suplementação de animais em pastejo, o foco é a diminuição dos efeitos deletérios da estacionalidade produtiva e qualitativa das plantas forrageiras de forma a melhorar a utilização destas. A utilização da suplementação nitrogenada pode ocorrer em situações em que a proteína bruta do volumoso é limitante, visto que o teor de proteína é o principal fator que restringe o uso de pastagens de baixa qualidade (COCHRAN et al., 1998).

Os ruminantes são diferentes dos animais não ruminantes no que se refere ao valor da proteína ingerida, pois para estes, a proteína ingerida está sujeita ao ataque da população microbiana presente no rúmen e pode sofrer degradação antes de passar ao abomaso e intestino delgado, onde é digerida e posteriormente absorvida (WALLACE, 1994). A fermentação da proteína de fonte dietética pode ser compensada pela síntese de proteína microbiana. Utilizando da reciclagem endógena da ureia, os microrganismos são capazes de manter o crescimento, o que leva a uma maior quantidade de proteína disponível no intestino quando comparada à ingerida pelo animal (CHURCH, 1988).

A ureia pode ser reciclada no ambiente ruminal por duas vias, tanto pela saliva como pelo sangue. O nível de nitrogênio (N) na saliva é em torno de 0,1 a 0,2%, dos quais 60 a 80% estão na forma de ureia. Contudo, este teor é variável, sendo reflexo direto da quantidade de ureia no plasma, que pode variar de 8 mg/dL até 40 mg/dL. Numa situação de baixo nível de consumo de nitrogênio, grande proporção do nitrogênio metabolizado pelo animal é reciclado na forma de ureia e uma pequena porção é excretada na urina. Já quando se aumenta o fornecimento de nitrogênio na dieta, a porcentagem da reciclagem diminui, e o excesso é perdido através da urina (CHURCH, 1988).

A maior parte do nitrogênio utilizado pelos microrganismos ruminais está na forma de amônia. Os microrganismos ruminais são eficientes em capturar amônia até satisfazer suas exigências, que são estabelecidas pela disponibilidade de carboidratos fermentáveis, pela produção de ATP e pela eficiência de conversão das células

34 microbianas. A amônia, quando em excesso, é absorvida pela parede do rúmen e
35 chega ao fígado onde é novamente convertida em ureia (VAN SOEST, 1994).

36 Entre as fontes dietéticas de NNP (nitrogênio não proteico), a ureia pecuária é
37 a mais comum e de custo mais acessível. Segundo CAMPLING, FREER, BALCH
38 (1962) e RUSSELL et al., (1992), esta fonte é prontamente utilizada para a síntese de
39 proteína microbiana no rúmen e atua no crescimento das bactérias digestoras de fibra.
40 A utilização da ureia pode ser limitada devido a problemas na aceitação pelos animais
41 e também pela sua total solubilidade no ambiente ruminal, o que motivou STILES et
42 al., (1970) e HELMER, BARTLEY (1971) estudarem processos que minimizassem
43 esses problemas.

44 O excesso de nitrogênio amoniacal ($N-NH_3$) devido à alta solubilidade da ureia
45 pode, além de acarretar toxicidade, constituir um desperdício energético, ao requerer
46 energia para eliminar o excesso no sangue. A redução da velocidade de hidrólise em
47 aproximadamente 20%, pode ser realizada por intermédio do processo de sua
48 extrusão com o amido de milho, trigo ou mandioca (EZEQUIEL et al., 2001) ou pela
49 adsorção com argilas como a zeolita (CÂMARA et al., 2012).

50 A preocupação dos pesquisadores no sentido da adaptação dos animais à ureia
51 tem levado ao estudo de processos que reduzam a velocidade de hidrólise da ureia,
52 evitando assim os casos de toxidez. Esse problema pode ser superado utilizando as
53 fórmulas de nitrogênio não proteico de liberação lenta (HUNTINGTON et al., 2006).
54 Porém, os casos de desperdício energético por falta de sincronização nem sempre
55 podem ser evitados com a ureia de liberação lenta, já que a utilização do nitrogênio
56 (N) pelos microrganismos também é limitada pela disponibilidade de energia no
57 ambiente ruminal (HENNING; STEYN; MEISSNER, 1993).

58 Para determinar os reais efeitos da sincronização sobre o crescimento da
59 microbiota, HENNING et al. (1993) infundiram, intrarruminalmente, fonte de N e
60 energia de forma contínua e em tempos pré-determinados. Como resultado, foi
61 observado aumento no crescimento bacteriano de até 17%. Os autores relatam que a
62 simples sincronização não altera a síntese bacteriana e que primeiro deve-se buscar
63 um fornecimento padrão de energia no ambiente ruminal para assim então manter a
64 quantidade de N necessária para síntese.

65 De qualquer forma, a eficiência no uso do nitrogênio pelos microrganismos
66 ruminais é passível de melhoria. Os problemas com toxidez dos animais já podem ser

67 facilmente contornados pelos suplementos de liberação lenta, no entanto, a melhora
68 no uso dos componentes destes suplementos nem sempre é considerada.

69 Um outro ponto importante, que envolve a eficiência produtiva, foi abordado no
70 trabalho realizado por THOMAS et al. (2021). Os autores trazem o conceito da
71 contribuição líquida de proteína (sigla em inglês “NCP”) que busca avaliar a qualidade
72 da proteína produzida pelos sistemas pecuários e a eficiência desta produção,
73 levando em conta também a emissão de metano. De maneira geral os autores relatam
74 que os sistemas estudados (a pasto e semiconfinamento) são “NPC” positivos, ou
75 seja, contribuem positivamente transformando forragem de baixa qualidade em
76 proteína de alto valor para os humanos. Resultados assim, servem de estímulo tanto
77 à produção quanto ao aperfeiçoamento na eficiência dos sistemas pastoris.

78 Então, um suplemento que melhore o uso dos componentes da dieta e permita
79 fornecimento simultâneo, tanto da fonte de N quanto da fonte energética, pode trazer
80 uma melhor sincronização na degradação dos ingredientes da dieta. Este fato pode
81 acarretar em um maior crescimento da microbiota ruminal, menor desperdício
82 energético e conseqüentemente um melhor desempenho animal.

83 Sendo assim, o presente trabalho buscou desenvolver um suplemento capaz
84 de melhorar o uso do nitrogênio fornecido pela ureia através da liberação lenta e uma
85 melhor sincronização dos componentes. Para isso, algumas formulações foram
86 criadas e submetidas a análise de solubilidade, térmica, bromatológica, microscópica
87 e de produção cumulativa de gás.

88

89

90

Capítulo 1

91

Revisão Bibliográfica

92

1.1 Ureia na suplementação de ruminantes

94 A ureia é um composto orgânico sólido, solúvel em água, higroscópico e
95 pertence ao grupo de compostos nitrogenados não proteicos. Os ruminantes, através
96 dos microrganismos presentes no rúmen, são capazes de transformar tanto o
97 nitrogênio derivado da proteína verdadeira, quanto os provenientes de compostos
98 nitrogenados não proteicos, em proteína de alto valor nutritivo. Desta forma, o uso da
99 ureia na dieta desses animais apresenta-se como um método de economia,

100 permitindo poupar insumos normalmente utilizados na alimentação humana e de
101 outros animais monogástricos (PEREIRA; JUNIOR; TOMICH, 2008).

102 Entre as fontes de NNP (ureia, sulfato de amônio e biureto), a ureia tem sido a
103 mais utilizada devido ao baixo custo, fácil uso e maior acessibilidade (EZEQUIEL;
104 SOARES; SEIXAS, 2001). VELLOSO (1984), justificando os crescentes esforços em
105 encontrar fontes de proteína mais baratas para utilização nas dietas dos ruminantes,
106 afirma que a alimentação corresponde à maior parcela dos custos de produção da
107 carne bovina e que a proteína é a fração de custo relativo mais elevado nas rações.
108 A substituição de fontes de proteína verdadeira, como farelo de soja, por fontes de
109 compostos nitrogenados não-proteicos, tem sido uma boa alternativa de redução dos
110 custos da suplementação proteica em bovinos (AZEVEDO et al., 2015).

111 Nos sistemas de produção de bovinos em pastejo, principalmente durante a
112 época seca, a lenta degradação dos componentes fibrosos potencialmente
113 degradáveis das forragens é o primeiro fator limitante dos processos digestivos no
114 rúmen e que compromete o desempenho produtivo e reprodutivo dos animais. Nestas
115 circunstâncias, é fundamental o fornecimento de substratos essenciais via
116 suplementação para acelerar a digestibilidade da fração fibrosa e aumentar a taxa de
117 passagem da fração indigestível da forragem, causando efeitos positivos sobre o
118 consumo e o desempenho dos animais (DE MORAES et al., 2009).

119 Segundo MAGALHÃES et al. (2005), as recomendações sobre a utilização de
120 ureia em concentrados para bovinos não são adequadas, uma vez que níveis
121 superiores aos recomendados têm melhorado o desempenho dos animais. O
122 fornecimento destes suplementos proteicos permite a manutenção da curva de
123 crescimento de bovinos, encurtando o tempo necessário para terminação. A adição
124 de ureia na suplementação mantém a concentração de amônia ruminal em níveis
125 elevados, aumentando o consumo ao melhorar a fermentação ruminal (SALES et al.,
126 2008).

127 A ureia apresenta em torno de 45% de nitrogênio, sendo seu equivalente
128 proteico em torno de 281,25%, calculado através da multiplicação de seu teor de
129 nitrogênio pelo fator de conversão 6,25 (MAGALHÃES, 2007). LOOSLI et al. (1949)
130 observaram que a massa microbiana produzida por animais alimentados com dietas
131 purificadas, contendo ureia como fonte única de N, possuía todos os aminoácidos
132 essenciais. Posteriormente, BERGEN et al. (1967) demonstraram que a massa
133 microbiana apresentava perfil de aminoácidos essenciais, independente da

134 composição em aminoácidos da dieta, seja o nitrogênio suprido via proteína
135 verdadeira ou NNP. Segundo o NRC (2000), a proteína microbiana apresenta elevado
136 valor nutricional, pois apresenta perfil de aminoácidos semelhante ao encontrado no
137 leite e nos músculos, podendo atender por completo às exigências dos bovinos.

138 MAGALHÃES et al. (2006) avaliaram os efeitos dos níveis de ureia sobre o
139 consumo, digestibilidade e características da carcaça de novilhos confinados em
140 quatro tratamentos: 0; 0,65; 1,30 e 1,95% de ureia na matéria seca (MS) total da dieta,
141 em substituição ao farelo de soja. A dieta final continha em torno de 22, 37, 50 e 63%
142 da proteína bruta (PB) na forma de compostos nitrogenados não-proteicos. Os autores
143 concluíram que a ureia pode substituir completamente o farelo de soja na dieta de
144 novilhos mestiços leiteiros confinados, permitindo ganhos de peso próximos a 1kg/dia
145 e que o uso de ureia na dieta pode melhorar a digestibilidade dos nutrientes.

146 Para obter resultados eficientes no uso da ureia e evitar a intoxicação dos
147 ruminantes alguns cuidados são necessários. Entre eles estão: fornecimento da dose
148 correta, mistura uniforme do material no concentrado, no volumoso ou na ração
149 completa, disponibilidade de energia para a síntese de proteína microbiana e
150 adequação mineral da ração, especialmente quanto ao enxofre, para que a síntese de
151 AA (aminoácidos) sulfurados não seja limitada (BERCHELLI; PIRES; DE OLIVEIRA,
152 2006).

153 Afim de facilitar o uso de suplementos contendo NNP, diminuir o risco de
154 intoxicação por amônia e aumentar a disponibilidade de nitrogênio ruminal para a
155 síntese microbiana, a indústria vem apresentando diferentes formas de revestimento
156 para controlar a liberação de amônia no ambiente ruminal (TEDESCHI et al., 2002).

157 Entretanto, AZEVEDO et al. (2010) estudando ureia encapsulada concluíram
158 que esta não demonstrou superioridade em relação à ureia não revestida,
159 provavelmente em razão da baixa eficiência de proteção verificada por meio da
160 liberação de amônia no rúmen, sendo semelhante ao longo do tempo. Nesse estudo
161 a utilização de ureia encapsulada e a suplementação de proteína degradável não
162 foram eficientes em aumentar a degradabilidade da parede celular do volumoso
163 utilizado.

164

165 **1.2 Ureia protegida**

166 A alta solubilidade ruminal apresentada pela ureia pode conduzir à toxidez.
167 Níveis elevados de nitrogênio são causados pelo excesso de liberação de amônia,

168 com conseqüente redução no consumo (SILVA et al., 2002). Fontes de nitrogênio não
169 proteico com liberação lenta de amônia podem apresentar vantagens, pois além de
170 aumentar a disponibilidade da mesma para síntese microbiana, reduz os problemas
171 com toxidez (BARTLEY; DEYOE, 1975).

172 A amiréia é um produto da extrusão do amido com a ureia que tem a
173 solubilidade ruminal reduzida. Uma das vantagens atribuídas à amiréia é o fato de
174 constituir um complexo de liberação lenta, o que pode reduzir a toxicidade potencial e
175 melhorar a aceitabilidade e a utilização de concentrados à base de ureia (EZEQUIEL;
176 SOARES; SEIXAS, 2001).

177 Além desta, foi também desenvolvida uma fonte de nitrogênio não proteico de
178 liberação lenta com equivalente proteico de 256% de proteína bruta, chamada de ureia
179 protegida (Optigen®). A degradação do Optigen® no rúmen leva de 16 a 24 horas,
180 sendo a sua solubilização lenta e constante, seguindo um padrão mais semelhante ao
181 do farelo de soja (AZEVEDO et al., 2015). O uso de suplementos com liberação lenta
182 é uma estratégia que permite a substituição de fontes de proteína verdadeira que
183 podem apresentar alto custo e/ou disponibilidade limitada com a vantagem de
184 minimizar os riscos de intoxicação (SOUZA et al., 2010).

185 RUIZ et al. (2002) observaram maior utilização da MS, N e FDN mediante
186 adição de ureia de liberação lenta à dieta de vacas leiteiras em lactação. OWENS e
187 ZINN (1988) relataram que compostos com liberação lenta de nitrogênio, tais como
188 amiréia, biureto, certos materiais de cobertura e a maioria dos complexos de ureia
189 com formaldeído ou melaço, auxiliaram a evitar a toxicidade do nitrogênio amoniacal,
190 mas não afetaram a utilização de nutrientes.

191 Em um experimento com 240 vacas, AKAY et al. (2004) observaram que as
192 vacas recebendo dietas formuladas com ureia de liberação lenta apresentaram
193 redução de 0,89 kg no consumo de MS. Como consequência, houve aumento no teor
194 de gordura do leite, sem alterar sua produção, o que conferiu maior eficiência de
195 conversão para as vacas recebendo a ureia encapsulada.

196 Os ensaios de liberação de amônia *in situ* também demonstram ser favoráveis
197 ao uso da ureia protegida, pois comprovam uma liberação mais gradual (FERREIRA
198 et al., 2005), assim como trabalhos de avaliação metabólica (HUNTINGTON et al.,
199 2006). No entanto, GALO et al. (2003) compararam a produção de leite e excreção de
200 N por vacas recebendo dietas com diferentes níveis de PB com ou sem ureia
201 protegida. Não foi verificada diferença na excreção de N na urina e na produção de

202 leite.) AZEVEDO et al. (2008) também não encontraram vantagens no uso da ureia
203 encapsulada. Os autores citaram que a suplementação de proteína degradável não
204 foi eficiente em aumentar a utilização de volumoso de baixa qualidade e que a ureia
205 encapsulada não demonstrou superioridade em relação à ureia pecuária, não
206 afetando os parâmetros avaliados de consumo e digestibilidade.

207 FERREIRA (2005) avaliou o desempenho de novilhas Nelore em pastagens de
208 *Brachiaria sp.*, durante o período da seca, e suplementadas com sal ureado em 30%.
209 O autor encontrou melhor resultado quando substituiu um terço (33%) do NNP da
210 ureia por Optigen® 1200, em relação ao controle com 100% de ureia (0,111 vs. 0,017
211 kg animal dia, respectivamente). Pelos resultados deste experimento, pode-se deduzir
212 que os desempenhos obtidos podem ser devido a melhor sincronização da liberação
213 de nitrogênio, quando 30% do NNP da ureia foi substituído por Optigen®, embora os
214 dados publicados não especifiquem esta informação.

215 Quando há um fornecimento sincronizado de ureia e energia, os
216 microrganismos são capazes de melhor utilizar o N-NH₃. Portanto, devem-se fornecer
217 fontes (proteicas e energéticas) que tenham sincronia na degradação, pois, caso
218 contrário, além de ocorrerem perdas de nitrogênio amoniacal pelo excesso de sua
219 liberação, a produção microbiana será reduzida e a degradação do alimento também
220 diminuirá (RUSSELL et al., 1992).

221 Apesar dos estudos já desenvolvidos, como visto acima, os resultados são
222 variáveis e não há informações conclusivas sobre fatores favoráveis e desfavoráveis
223 ao uso da ureia revestida ou protegida, bem como quantidades e proporções
224 indicadas. Por outro lado, foram relatados casos de diferenças não significativas ao
225 comparar a utilização da ureia pecuária com a protegida, fato esse por vezes
226 associado a falta de sincronização.

227

228 **1.3 Sincronização dos nutrientes**

229 Quando a ureia é hidrolisada e não há energia prontamente disponível para
230 capacitar a conversão do nitrogênio amoniacal em proteína microbiana ruminal, ocorre
231 o acúmulo e o escape da amônia no rúmen (HENNING et al., 1993). Por esse motivo,
232 a ureia é melhor utilizada como fonte de nitrogênio para síntese proteica, quando
233 ocorre o sincronismo entre liberação de nitrogênio e a disponibilidade de energia
234 (AKAY et al., 2004).

235 Os microrganismos são dependes do ATP (adenosina trifosfato) que é a
236 energia proveniente da fermentação dos carboidratos para que ocorra a biossíntese
237 da proteína microbiana. Porém, quando há uma baixa fermentação dos carboidratos,
238 os peptídeos e aminoácidos passam a ser utilizados como fontes de energia,
239 ocorrendo acúmulo de nitrogênio amoniacal (N-NH₃) no meio (RUSSELL et al., 1992).
240 Sendo assim, a concentração de N-NH₃ no ambiente ruminal e sua eficiente utilização
241 é dependente da degradabilidade da fonte proteica, da disponibilidade de carboidratos
242 e do equilíbrio entre sua produção e utilização pelos microrganismos (SATTER;
243 ROFFLER, 1975).

244 Neste sentido, é conhecido então que a energia é fator limitante para a
245 utilização da ureia. O eficiente uso da amônia, pelos microrganismos ruminais é
246 otimizado quando a ureia é acrescida em dietas com baixo nível proteico e elevado
247 nível de energia, minerais e outros nutrientes que aumentam a atividade microbiana.
248 Adequar a proteína à dieta pode representar redução do gasto energético, diminuição
249 da excreção de nitrogênio em excesso, redução de problemas reprodutivos, de custos,
250 além da diminuição dos impactos ambientais (CAMPOS; RODRIGUES, 1985).

251 CLARK; KLUSMEYER e CAMERON (1992) também citam a energia e o N
252 como fatores nutricionais que mais afetam o crescimento microbiano no rúmen.
253 Segundo os mesmos autores, taxas mais rápidas de crescimento acopladas a
254 passagens mais rápidas de microrganismos para o intestino delgado podem reduzir a
255 reciclagem de energia e de N por causa de um decréscimo na lise celular,
256 decrescendo também, as exigências para manutenção e fornecendo mais nutrientes
257 disponíveis para o crescimento microbiano, o que melhora a eficiência de síntese da
258 microbiota ruminal.

259 NOLAN (1993) concluiu que a taxa de degradação dos carboidratos, as fontes
260 de compostos nitrogenados (N) no rúmen (amônia, peptídeos, aminoácidos), o
261 enxofre presente na dieta e a frequência de alimentação são fatores que podem afetar
262 o crescimento e a síntese de proteína microbiana.

263 A maior parte do nitrogênio utilizado pelos microrganismos ruminais encontra-
264 se na forma de amônia e as bactérias são eficientes em assimilar amônia até
265 satisfazer seus requerimentos, determinados pela disponibilidade de carboidratos
266 fermentáveis. A amônia em excesso é absorvida pela parede do rúmen e, no fígado,
267 é convertida em ureia. Esta conversão custa ao animal 12 kcal/g de nitrogênio (VAN
268 SOEST, 1994). Logo, a excreção desta ureia representa elevado custo biológico e

269 desvio de energia para a manutenção das concentrações corporais de nitrogênio em
270 níveis não tóxicos.

271 Sendo assim, para alcançar o máximo crescimento microbiano, há a
272 necessidade de sincronização entre as taxas de degradação da proteína e do
273 carboidrato (RUSSELI et al., 1992). CHALUPA (1968), em revisão ao assunto,
274 comenta que a utilização da amônia na síntese de aminoácidos e proteínas é
275 dependente da disponibilidade de compostos carbonados, como dióxido de carbono
276 e acetato, além da disponibilidade de energia (ATP), proveniente da fermentação de
277 substratos. Existe ainda uma relação entre a energia disponível e a capacidade de
278 síntese de proteína microbiana, com estimativa de 130 gramas de proteína microbiana
279 gerada para cada quilo de nutrientes digestíveis totais (NDT) fermentados no rúmen
280 (NRC 2001), desde que o nitrogênio não seja limitante.

281 Quando a concentração ruminal de amônia excede à capacidade de uso pelos
282 microrganismos, principalmente em dietas com baixo teor de carboidratos não
283 estruturais, ou mesmo em dietas com alta densidade e solubilidade de proteínas,
284 grande quantidade de nitrogênio deixa o rúmen na forma de amônia através da difusão
285 (VAN SOEST, 1994). Neste caso, a disponibilidade de energia no rúmen pode
286 favorecer a síntese proteica e diminuir a concentração de amônia ruminal, ureia no
287 plasma e conseqüentemente a síntese de ureia pelo fígado, levando também a uma
288 melhor utilização dos nutrientes (HUNTINGTON, 1989).

289 Observando estas preocupações dos pesquisadores no sentido da adaptação
290 dos animais à ureia e com base na hipótese de sincronização das taxas de
291 degradação de nutrientes no rúmen, há um grande esforço em buscar diferentes
292 fontes de nitrogênio que mantenham os níveis de amônia ruminal constantes ao longo
293 do dia (HUNTINGTON et al., 2006).

294 Historicamente, as tentativas de sincronizar o fornecimento de nutrientes para
295 os ruminantes, tiveram resultados variáveis. Isto, pois, a sincronia bem-sucedida no
296 fornecimento de nutrientes para bovinos consumindo dietas à base de forragem
297 enfrenta vários desafios. Especialmente para os bovinos alimentados com forragem,
298 essa disponibilidade de proteína e carboidratos pode ser o aspecto mais assíncrono
299 da dieta (HERSOM, 2008).

300 Portanto, é possível inferir que a eficiência no uso de suplementos contendo
301 fontes de NNP pelos ruminantes é também influenciada pela sincronização com os
302 carboidratos presentes na dieta. O fator que afeta a taxa de solubilização destas fontes

303 de nitrogênio é o seu método de revestimento (quando há), já para os carboidratos, o
304 que influencia a sua taxa de degradação é a característica química estrutural.

305

306 **1.4 Carboidratos na dieta dos ruminantes**

307 De acordo com VAN SOEST (1994) o tipo e a quantidade de carboidratos
308 presentes no alimento afetam a fermentação e a eficiência microbiana. Este é um
309 grupo heterogêneo e inclui ácidos orgânicos, açúcares (mono e oligossacarídeos),
310 amido e frutanas, além dos carboidratos encontrados na parede celular das plantas,
311 mas solúveis em detergente neutro, como a pectina, galactanos e b-glucanos.

312 Uma classificação, segundo o sistema CNCPS (The Cornell Net Carbohydrate
313 and Protein System), pode ser realizada de acordo com as taxas de degradação no
314 rúmen. A fração A é composta pelos açúcares solúveis prontamente degradados e
315 que apresentam taxa de digestão de 250 a 500%/h. A fração B1 compreende os
316 carboidratos não-fibrosos (amido e pectina) com fermentação intermediária de 30 a
317 70%/h. Já a fração B2 compreende os carboidratos fibrosos, celulose e hemicelulose,
318 com lenta taxa de degradação (3 a 20%/h). Por fim, a fração C consiste na parte
319 indegradável dos componentes fibrosos presentes na parede celular, composta
320 principalmente pela lignina.

321 O amido então possui uma fermentação intermediária e também é o principal
322 componente de muitos grãos de leguminosas, representa de 70 a 80% da composição
323 dos grãos de cereais e do mesmo modo está presente nas raízes e tubérculos.
324 Segundo VAN SOEST (1994), o amido tem alta digestibilidade, no entanto, variações
325 nessa taxa são relatadas em diferentes alimentos. Em geral, o amido presente nos
326 cereais é mais facilmente digerido quando comparado aos de raízes e tubérculos,
327 enquanto o amido das leguminosas apresentou digestibilidade intermediária
328 (ROONEY; PFLUGFELDER, 1986). Segundo esses autores, a digestibilidade do
329 amido foi, em geral, inversamente proporcional ao conteúdo de amilose.

330 Além do amido, o melaço de cana também é um alimento utilizado na nutrição
331 dos ruminantes. Segundo o NRC (2001), o melaço é essencialmente constituído por
332 açúcares solúveis (principalmente a sacarose) e minerais (13,3% da MS). Não
333 apresenta quantidades consideráveis de extrato etéreo, FDN e o teor de PB situa-se
334 próximo a 5,8% da MS. Os açúcares solúveis que compõe o melaço de cana
335 caracterizam-se por apresentar rápida (>400%/hora) e total degradação ruminal,
336 admitindo-se que são instantaneamente fermentados (NOZIÈRE et al., 2010).

337 Durante a fermentação ruminal os carboidratos fornecem energia para os
338 microrganismos e AGV's (ácidos graxos voláteis) para o ruminante. Quando ocorre
339 fermentação de açúcares e do amido geralmente maiores quantidades de propionato
340 são produzidas pelos microrganismos ruminais. Desta forma, a manipulação da
341 fermentação através da fonte de carboidrato pode conseqüentemente influenciar os
342 teores de gordura, produção de leite, assim como o padrão de crescimento animal.
343 Estas respostas podem ser obtidas uma vez que diferenças nos produtos da
344 fermentação proporcionam ao animal diferentes quantidades de nutrientes
345 metabolizáveis (HALL, 2001)

346 Neste contexto, o melhor aproveitamento dos carboidratos e proteínas torna-se
347 fundamental para uma maior síntese de proteína microbiana. Muitos fatores afetam a
348 eficiência de síntese de proteína microbiana, a pronta disponibilidade de energia e
349 nitrogênio são os principais determinantes desse processo (MOSCARDINI et al.,
350 1998).

351 Como visto, há diferentes tipos de carboidrato e variadas taxas de degradação.
352 Alcançar a sincronização na degradação dos ingredientes depende, dentre outros
353 fatores, da taxa de liberação do N, estrutura do carboidrato e dos demais componentes
354 da dieta. Nesse sentido, o presente trabalho buscou um método de revestimento que
355 permita a confecção de um suplemento capaz de controlar a liberação da ureia e
356 também da fonte de carboidrato, almejando uma melhor sincronização entre os
357 ingredientes utilizados.

358

359 **Referências bibliográficas**

360

361 AKAY, V. E.; et al. Optigen® 1200: Controlled release of non-protein nitrogen in the
362 rumen. **Anais**. In: Proceedings of alltech's twentieth annual symposium, 2004.

363 AZEVEDO, H.O., et al. Ureia de liberação lenta em substituição ao farelo de soja na
364 terminação de bovinos confinados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, n. 11,
365 p. 1079–1086, 2015.

366 AZEVEDO, E.B., et al. Incorporação de ureia encapsulada em suplementos protéicos
367 fornecidos para novilhos alimentados com feno de baixa qualidade. **Ciência Rural**, v.
368 38, n. 5, p. 1381–1387, 2008.

- 369 AZEVEDO, E.B., et al. Suplementação nitrogenada com ureia comum ou encapsulada
370 sobre parâmetros ruminais de novilhos alimentados com feno de baixa qualidade.
371 **Ciência Rural**, v. 40, p. 622–627, 2010.
- 372 AZEVEDO, H. O.; et al. Ureia de liberação lenta em substituição ao farelo de soja na
373 terminação de bovinos confinados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, n. 11,
374 p. 1079-1086, 2015.
- 375 BARTLEY, E. E.; DEYOE, C. W. Starea as a protein replacer for ruminants: a review
376 of 10 years of research. **Feedstuffs**, v. 47, p. 42–44, 1975.
- 377 BERCHELLI, T. T.; PIRES, A. V.; DE OLIVEIRA, S. G. Nutrição de Ruminantes.
378 **Jaboticabal:FUNEP**, 2006.
- 379 BERGEN, W. G.; PURSER, D. B.; CLINE, J. H. Enzymatic Determination of the Protein
380 Quality of Individual Rumen Bacteria. **The Journal of Nutrition**, v. 92, n. 3, p. 357–
381 364, 1967.
- 382 CÂMARA, L. R. A.; et al. Zeólita na dieta de bovinos de corte. **Arq. Bras. Med. Vet.**
383 **Zootec**, v. 64, n. 3, p. 631–639, 2012.
- 384 CAMPLING, R. C.; FREER, M.; BALCH, C. C. Factors affecting the voluntary intake of
385 food by cows. **British Journal of Nutrition**, v. 16, n. 1, p. 115, 1962.
- 386 CAMPOS, OF de; RODRIGUES, A. de A. Ureia para bovinos em crescimento.
387 **Coronel Pacheco: Embrapa/CNPGL**, 1985.
- 388 CLARK, J. H.; KLUSMEYER, T. H.; CAMERON, M. R. Microbial Protein Synthesis and
389 Flows of Nitrogen Fractions to the Duodenum of Dairy Cows. **Journal of Dairy**
390 **Science**, v. 75, n. 8, p. 2304–2323, 1992.
- 391 CHALUPA, W. Problems in Feeding Urea to Ruminants. **Journal of Animal Science**,
392 v. 27, n. 1, p. 207, 1968.
- 393 CHURCH, D. C. The Ruminant animal: digestive physiology and nutrition. **Prentice-**
394 **Hall**, 1988.
- 395 COCHRAN, R. C. et al. Supplemental protein sources for grazing beef cattle. **Anais.**
396 In: Annual Florida Ruminant Nutrition Symposium. p. 123-136. 1998.

- 397 DE MORAES, E. H. B. K. et al. Ureia em suplementos protéico-energéticos para
398 bovinos de corte durante o período da seca: características nutricionais e ruminais.
399 **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 4, p. 770–777, 2009.
- 400 EZEQUIEL, J. M. B.; SOARES, W. V. B.; SEIXAS, J. R. C. Digestibilidade in vitro da
401 Matéria Seca, Nitrogênio e Fibra em Detergente Ácido de Dietas Completas Contendo
402 Farelo de Algodão, Ureia ou Amiréia. **Rev. bras. zootec**, v. 30, n. 1, p. 236–241, 2001.
- 403 FERREIRA, R. et al. Liberação de nitrogênio amoniacal no rumen com o uso de ureia
404 encapsulada com polímero (Optigen 1200 Alltec®). **Anais**. In: Reunião anual da
405 sociedade brasileira de zootecnia, 2005.
- 406 GALO, E. et al. Effects of a polymer-coated urea product on nitrogen metabolism in
407 lactating Holstein dairy cattle. **Journal of dairy science**, v. 86, n. 6, p. 2154–62, 2003.
- 408 HALL, M. B. Recentes avanços em carboidratos não-fibrosos na nutrição de vacas
409 leiteiras. **Anais**. In: simpósio internacional de bovinocultura de leite, 2001.
- 410 HELMER, L. G.; BARTLEY, E. E. Progress in the Utilization of Urea as a Protein
411 Replacer for Ruminants. A Review. **Journal of Dairy Science**, v. 54, n. 1, p. 25–51,
412 1971.
- 413 HENNING, P. H.; STEYN, D. G.; MEISSNER, H. H. Effect of synchronization of energy
414 and nitrogen supply on ruminal characteristics and microbial growth. **Journal of**
415 **animal science**, v. 71, n. 9, p. 2516–2528, 1993.
- 416 HUNTINGTON, G. B. Hepatic urea synthesis and site and rate of urea removal from
417 blood of beef steers fed alfalfa hay or a high concentrate diet. **Canadian Journal of**
418 **Animal Science**, v. 69, n. 1, p. 215–223, 1989.
- 419 HUNTINGTON, G. B.; et al. Effects of a slow-release urea source on absorption of
420 ammonia and endogenous production of urea by cattle. **Animal Feed Science and**
421 **Technology**, v. 130, n. 3–4, p. 225–241, 2006.
- 422 HERSOM, M. J. Opportunities to enhance performance and efficiency through nutrient
423 synchrony in forage-fed ruminants. **Journal of animal science**, v. 86, n. suppl_14, p.
424 E306-E317, 2008.
- 425 LOOSLI, J. K. . et al. Synthesis of amino acids in the rumen. **Science (Washington)**,
426 v. 110, p. 144–145, 1949.

- 427 MAGALHÃES, Karla Alves et al. Produção de proteína microbiana, concentração
428 plasmática de ureia e excreções de ureia em novilhos alimentados com diferentes
429 níveis de ureia ou casca de algodão. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, p. 1400-
430 1407, 2005.
- 431 MAGALHÃES, K. A. et al. Performance, digestibility and carcass characteristics of
432 feedlot dairy steers fed diets with different urea levels. **Arquivo Brasileiro de**
433 **Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 58, n. 5, p. 860–867, 2006.
- 434 MAGALHÃES, K. A. Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos.
435 **Universidade Federal de Viçosa**, 2007.
- 436 MOSCARDINI, S.; et al. Effects of rumen-undegradable protein and feed intake on
437 purine derivative and urea nitrogen: comparison with predictions from the Cornell Net
438 Carbohydrate and Protein System. **Journal of dairy science**, v. 81, n. 9, p. 2421–9,
439 1998.
- 440 NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. Nutrient Requirements of Beef Cattle.
441 Washington, D.C.: **National Academies Press**, 2000.
- 442 NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7.
443 ed. Washington, D.C.: **National Academies Press**, 2001.
- 444 NOLAN, J. V. Nitrogen kinetics. **CAB International**, 1993.
- 445 NOZIÈRE, P.; et al. Carbohydrate quantitative digestion and absorption in ruminants:
446 from feed starch and fibre to nutrients available for tissues. **Animal**, v. 4, n. 7, p. 1057–
447 1074, 2010.
- 448 OWENS, F.; ZINN, R. Protein metabolism of ruminant animals. In: *The Ruminant*
449 *Animal Digestive Physiology and Nutrition*: Englewood Cliffs: Simon & Schuster, p.
450 227–249, 1988.
- 451 PEREIRA, L. G. R. P.; JUNIOR, R. G.; TOMICH, T. R. Utilização da ureia na
452 alimentação de ruminantes no semi-árido. **Anais**. In: *Reunião anual da sociedade*
453 *brasileira de zootecnia*, 2008.
- 454 ROONEY, L. W.; PFLUGFELDER, R. L. Factors Affecting Starch Digestibility with
455 Special Emphasis on Sorghum and Corn¹. **Journal of Animal Science**, v. 63, n. 5, p.
456 1607–1623, 1986.

- 457 RUIZ, R. et al. The effect of a ruminal nitrogen (N) deficiency in dairy cows: evaluation
458 of the cornell net carbohydrate and protein system ruminal N deficiency adjustment.
459 **Journal of dairy science**, v. 85, n. 11, p. 2986–99, 2002.
- 460 RUSSELL, J. B.; et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle
461 diets: I. Ruminal fermentation. **Journal of animal science**, v. 70, n. 11, p. 3551–61,
462 1992.
- 463 SALES, M. F. L. et al. Níveis de energia em suplementos múltiplos para terminação
464 de novilhos em pastagem de capim-braquiária no período de. **Revista Brasileira de**
465 **Zootecnia**, v. 37, n. 4, p. 724–733, 2008.
- 466 SATTER, L. D.; ROFFLER, R. E. Nitrogen requirement and utilization in dairy cattle.
467 **Journal of dairy science**, v. 58, n. 8, p. 1219–37, 1975.
- 468 SILVA, F. F.; et al. Desempenho produtivo de novilhos Nelore, na recria e na engorda
469 recebendo dietas com diferentes níveis de concentrado em proteína. **Revista**
470 **Brasileira de Zootecnia**, v. 31, p. 492–502, 2002.
- 471 SOUZA, V.; et al. Substituição parcial de farelo de soja por ureia protegida na
472 produção e composição do leite. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e**
473 **Zootecnia**, v. 62, n. 6, p. 1415–1422, 2010.
- 474 STILES, D. A. et al. Feed processing. VII. Effect of an expansion-processed mixture of
475 grain and urea (starea) on rumen metabolism in cattle and on urea toxicity. **Journal of**
476 **dairy science**, v. 53, n. 10, p. 1436–47, 1970.
- 477 TEDESCHI, L. O. et al. Performance of growing and finishing cattle supplemented with
478 a slow-release urea product and urea. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 82, n.
479 4, p. 567–573, 2002.
- 480 THOMAS, D.T. et al. Net protein contribution and enteric methane production of
481 pasture and grain-finished beef cattle supply chains. **Animal**, v. 15, n. 12, p. 100392,
482 2021.
- 483 VAN SOEST, P. J. Nutritional ecology of the ruminant. **Comstock Pub**, 1994.
- 484 VELLOSO, L. Ureia em rações de engorda de bovinos. **Anais**. In: Simpósio sobre
485 nutrição de bovinos-ureia para ruminantes, 1984.

486 WALLACE, R. J. Ruminant microbiology, biotechnology, and ruminant nutrition:
487 progress and problems. **Journal of animal science**, v. 72, n. 11, p. 2992–3003, 1994.

Capítulo 2

Redução da solubilidade da ureia através do revestimento com ceras

Resumo contendo os resultados preliminares da pesquisa apresentado no 29º Congresso Brasileiro de Zootecnia.

Resumo

A ureia é um suplemento alimentar que faz parte dos compostos nitrogenados não proteicos, amplamente utilizados na dieta dos bovinos criados a pasto, principalmente nos períodos de seca, quando o nível de proteína nas pastagens é baixo. Devido à sua alta solubilidade, aliada a erros durante o uso, pode levar os animais à intoxicação. Para contornar este problema, diferentes métodos e produtos que reduzem a solubilidade da ureia vêm sendo desenvolvidos. As ceras são produtos hidrofóbicos, maleáveis e inertes. Estas são características desejáveis para um material de revestimento, porém, na alimentação animal, faltam estudos que avaliem a eficácia deste tipo de invólucro. Portanto, o presente trabalho teve como objetivos desenvolver dois novos produtos à base de ureia revestida, avaliar a capacidade das ceras (abelha e carnaúba) em reduzir da solubilidade do nitrogênio e comparar com produtos comerciais similares (Amiréia e Optigen®). Para isso, após a confecção, os produtos desenvolvidos e os comerciais foram submetidos ao teste de solubilidade em meio aquoso utilizando o método Kjeldahl para a determinação do nitrogênio total. Os resultados mostraram que os produtos desenvolvidos são eficientes em controlar a liberação do nitrogênio, comprovando a redução na solubilidade da ureia conferida pelas ceras.

Palavras chave: Solubilização, Nitrogênio amoniacal, liberação lenta

Introdução

Dentre as fontes de NNP (ureia, sulfato de amônio e biureto), a ureia tem sido a mais utilizada devido ao baixo custo e fácil uso (EZEQUIEL; SOARES; SEIXAS, 2001). Nos sistemas de produção de bovinos em pastejo, principalmente durante a seca, a lenta degradação dos componentes fibrosos potencialmente degradáveis das

521 forragens é o primeiro fator limitante dos processos digestivos no rúmen e que
522 compromete o desempenho produtivo e reprodutivo dos animais. Nestas
523 circunstâncias, é fundamental o fornecimento de substratos essenciais via
524 suplementação, como a ureia, para acelerar a digestibilidade da fração fibrosa e
525 aumentar a taxa de passagem da fração indigestível da forragem, causando efeitos
526 positivos sobre o consumo e o desempenho dos animais (DE MORAES et al., 2009).

527 Porém, o excesso de nitrogênio amoniacal ($N-NH_3$) devido à alta solubilidade da
528 ureia pode, além de acarretar toxicidade, constituir um desperdício energético, ao
529 requerer energia para eliminar o excesso no sangue. Visando contornar esse
530 problema, a ureia de liberação lenta é capaz de reduzir a solubilidade graças ao
531 processo de proteção (revestimento) empregado (PATRA, 2015).

532 As ceras de abelha e de carnaúba são substâncias inertes, hidrofóbicas,
533 maleáveis, possuem um alto ponto de fusão (em torno de $82^\circ C$) e já são utilizadas em
534 algumas formulações alimentares, compondo assim características desejáveis para
535 um material de revestimento (GUIMARÃES-INÁCIO et al., 2018).

536 Há relatos da aplicação da cera de abelha e carnaúba, na alimentação humana,
537 como agente de revestimento, estabilizante, antioxidante, na confecção de filmes
538 comestíveis, entre outros usos (DE FREITAS et al., 2019. RAGHAV; AGARWAL;
539 SANI., 2016). Porém, faltam resultados sobre o uso destas para revestimento da ureia
540 utilizada na alimentação animal.

541 Portanto, o objetivo do presente trabalho foi de desenvolver dois novos produtos
542 à base de ureia revestida com ceras (abelha e carnaúba), verificar a capacidade da
543 cera em reduzir a solubilidade da ureia e comparar os resultados com os de produtos
544 comerciais já estabelecidos (Amiréia e Optigen®).

545

546 **Material e Métodos**

547 Dois produtos à base de ureia revestida com cera de abelha (F13) e carnaúba
548 (F16), foram desenvolvidos no laboratório de nutrição aplicada da Faculdade de
549 Medicina Veterinária e Zootecnia (FAMEZ - UFMS). Primeiramente, para a obtenção
550 destes produtos, a ureia pura foi moída (peneiras de 1 mm), buscando melhor
551 uniformidade no tamanho das partículas a serem recobertas. Separadamente, as
552 ceras de abelha (F13) e carnaúba (F16) foram colocadas em banho-maria a $80^\circ C$ para
553 derretimento. Um recipiente de vidro contendo ureia também foi aquecido em banho-

554 maria. Em seguida, a cera foi lentamente vertida sob a ureia iniciando uma agitação.
555 Após a homogeneização da cera com a ureia, a mistura foi retirada do banho,
556 mantendo a agitação. Por fim, o carbonato de cálcio foi pulverizado na mistura durante
557 o resfriamento à temperatura ambiente objetivando a estabilização.

558 Os produtos comerciais Amiréia (Amiréia 200S, Amiréia Pajoara, Brasil) e
559 Optigen® (Optigen, Alltech, USA), que também são à base de ureia protegida, foram
560 submetidos ao mesmo teste de solubilização.

561 Para determinar a liberação do nitrogênio (solubilização) nos diferentes
562 produtos empregou-se o método Kjeldahl para a determinação de nitrogênio total
563 (AOAC, 2000, método 976.05).

564 Inicialmente, 2 gramas (g) de cada produto a ser analisado (P1, P2, Amiréia e
565 Optigen®) foram acondicionados em vidrarias com 500 mililitros (ml) de capacidade.
566 Em seguida adicionou-se 200 ml de água destilada e levou-se as amostras ao banho
567 maria (39,5°C) com agitação.

568 O tempo total de análise foi de 360 minutos, sendo que a cada 60 minutos uma
569 alíquota de 2 ml era retirada do sobrenadante de cada amostra (em triplicata). Essas
570 alíquotas foram acondicionadas em tubos digestores que continham 5ml de hidróxido
571 de potássio (KOH) 2N e 13 ml de água destilada.

572 Posteriormente os tubos digestores foram levados ao destilador de nitrogênio
573 (TECNAL® – TE0364). No mesmo equipamento também foi acoplado um erlenmeyer
574 contendo 10 ml de ácido bórico a 2% e em seguida a destilação ocorreu até a
575 obtenção de 75 ml de solução.

576 Por fim foram feitas as titulações das soluções recuperadas no destilador, para
577 isso utilizou-se o ácido clorídrico (HCL) 0,005 N até a obtenção do ponto de viragem
578 das soluções. Assim como na destilação, a titulação também foi realizada em triplicata
579 para cada produto e para cada tempo de análise (60, 120, 180, 240, 300 e 360
580 minutos). Um branco (somente água destilada) também foi realizado no início de cada
581 tempo de análise.

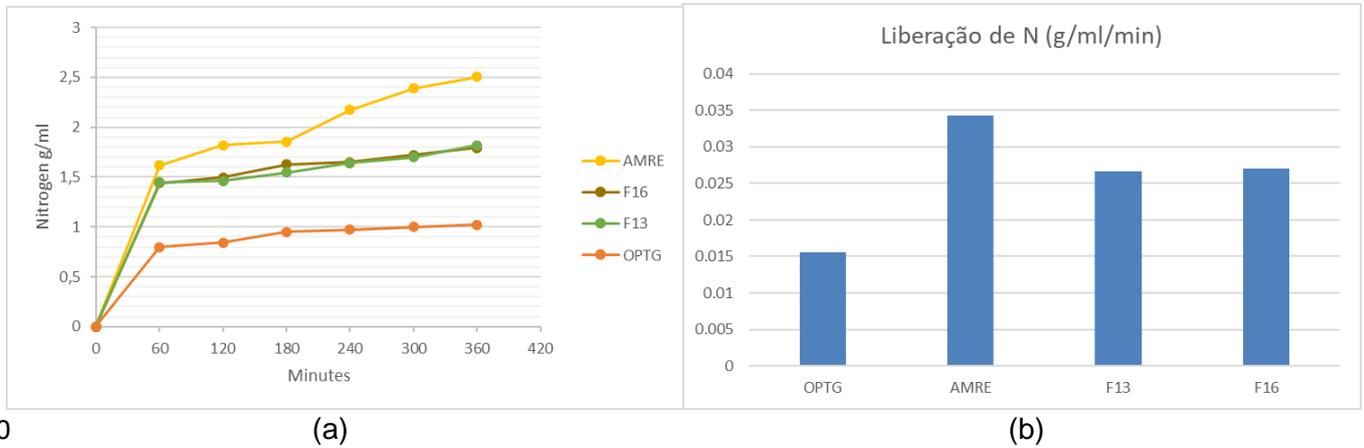
582

583 **Resultados e Discussão**

584 A seguir são apresentadas as figuras contendo os resultados do teste de
585 solubilização do nitrogênio dos produtos F13, F16, Optigen® (OPTG) e Amiréia
586 (AMRE). A primeira (a) expõe os valores absolutos do N (g/ml) liberados durante cada

587 tempo de análise, já a segunda (b) traz as quantidades totais de nitrogênio liberado
 588 dividido pelo tempo total de análise (liberação por minuto).

589



590

(a)

(b)

591 Figura 1. Variação da solubilização do N pelo tempo (a) e liberação de N por minuto (b)

592

593 Pode ser observado na figura 1 (a) que a variação da solubilização do nitrogênio
 594 foi mais acentuada para a Amiréia e menos para o Optigen®, já os produtos
 595 desenvolvidos neste trabalho apresentaram curvas com variações intermediárias
 596 quando comparados aos produtos comerciais.

597 A figura 1 (b) mostra a velocidade de liberação dos produtos analisados e
 598 corrobora com o primeiro resultado, mostrando o OPTG como o que menos libera por
 599 minuto, a AMRE liberando uma maior quantidade de nitrogênio por minuto e os demais
 600 produtos com uma velocidade de liberação intermediária.

601 Apesar dos diferentes tipos de cera, a metodologia de confecção dos novos
 602 produtos (P1 e P2) foi a mesma e os resultados similares confirmam a capacidade de
 603 redução da solubilidade da ureia conferida tanto pela cera de abelha quanto pela cera
 604 de carnaúba. A proteção verificada pode ser atribuída a característica hidrofóbica de
 605 ambas ceras que dificultam a reação entre a ureia e a água.

606 Outra propriedade que colabora com os resultados apresentados é o ponto de
 607 fusão das ceras (aproximadamente 82°C). Segundo a revisão sobre as propriedades
 608 físicas e químicas do rúmen feita por FEBRES e VERGARA-LÓPEZ (2007), o rúmen
 609 é um meio aquoso e sua temperatura pode variar entre 39° e 42°C nas condições
 610 normais de funcionamento. Mesmo se considerarmos as temperaturas ruminais mais
 611 altas, estas não chegariam próximas ao ponto de fusão das ceras. Analisando por

612 esta perspectiva, este tipo de revestimento pode então apresentar estabilidade em
613 condições ruminais.

614

615 **Conclusão**

616 Através do presente trabalho foi possível comparar a solubilidade dos produtos
617 testados e verificar variações entre as taxas de liberação. Tanto a cera de abelha
618 quanto a cera de carnaúba mostraram ser eficientes materiais de revestimento para a
619 redução da solubilidade da ureia.

620

621 **Referências bibliográficas**

622

623 DE FREITAS, Claisa Andréa Silva et al. Carnauba wax uses in food—A review. **Food**
624 **chemistry**, v. 291, p. 38-48, 2019.

625 DE MORAES, E. H. B. K. et al. Ureia em suplementos proteico-energéticos para
626 bovinos de corte durante o período da seca: características nutricionais e ruminais.
627 **Rev. Bras. Zootec.**, v. 38, n. 4, p. 770–777, 2009.

628 EZEQUIEL, J. M. B.; SOARES, W. V. B.; SEIXAS, J. R. C. Digestibilidade in vitro da
629 Matéria Seca, Nitrogênio e Fibra em Detergente Ácido de Dietas Completas Contendo
630 Farelo de Algodão, Ureia ou Amiréia. **Rev. Bras. Zootec**, v. 30, n. 1, p. 236–241, 2001.

631 FEBRES, O.R.A. e VERGARA-LÓPEZ, J. "Propiedades físicas y químicas del rumen."
632 **Archivos Latinoamericanos de Producción Animal**, v.15, n.1, p.133-140, 2007.

633 GUIMARÃES-INÁCIO, Alexandre et al. Evaluation of the oxidative stability of chia oil-
634 loaded microparticles by thermal, spectroscopic and chemometric methods. **LWT**, v.
635 87, p. 498-506, 2018.

636 PATRA, A. K. Urea/ammonia metabolism in the rumen and toxicity in ruminants. In:
637 Rumen microbiology: From evolution to revolution. **Springer**, New Delhi, p. 329-341,
638 2015.

639 RAGHAV, P.; AGARWAL, Nidhi; SAINI, Mitu. Edible coating of fruits and vegetables:
640 A review. **Education**, v. 1, p. 2455-5630, 2016.

641

642

Capítulo 3

Suplemento nutricional composto por ureia e carboidrato revestidos com cera para liberação lenta no líquido ruminal

A new feed supplement composed of urea and carbohydrate coated with wax for controlled nitrogen release in ruminal fluid

Artigo aceito para publicação na revista Scientific Reports

Resumo

A ureia é um composto amplamente utilizado como suplemento alimentar para ruminantes, porém quando usado em abundância pode levar animais à intoxicação. Outro fator que afeta a eficácia da ureia é a falta de sincronização entre o nitrogênio e a disponibilidade de carboidratos, necessária para um melhor desenvolvimento da microbiota ruminal. Com o objetivo de contornar esses problemas e melhorar a eficiência no uso da ureia, o presente estudo desenvolveu dois novos suplementos nutricionais (F16 e F17) com diferentes fontes de carboidratos. Um dos produtos desenvolvidos (F16) utilizou melaço de cana como fonte de carboidrato, enquanto o outro (F17) utilizou amido de mandioca. Além da fonte de carboidratos, os dois produtos continham as mesmas quantidades de ureia, enxofre, carbonato de cálcio e eram revestidos com cera de carnaúba. Os suplementos desenvolvidos e dois outros produtos comerciais baseados em ureia extrusada (UE) e ureia revestida com polímero (UP) foram testados quanto à solubilidade e produção cumulativa de gás. A cera utilizada no processo de revestimento dos produtos desenvolvidos mostrou-se eficiente na redução da solubilidade dos ingredientes utilizados. Durante a análise da composição química foi possível verificar que ambos os suplementos desenvolvidos continham proteína equivalente acima de 150% da proteína bruta. A produção acumulada de gás foi maior para o produto F17 ($p < 0,05$). Por meio da análise termogravimétrica, foi possível verificar a integridade química dos ingredientes que compõem os suplementos desenvolvidos. Portanto, foi possível reduzir a solubilidade da ureia utilizando a cera de carnaúba como material de revestimento.

Palavras-Chave: Cera de carnaúba, Ruminantes, Nitrogênio, Liberação lenta

676 **Introdução**

677 A ureia é um composto orgânico que pertence ao grupo dos compostos
678 nitrogenados não proteicos (NNP). Na dieta de ruminantes, pode ser utilizada como
679 fonte alternativa à proteína verdadeira, pois é capaz de substituí-la com a vantagem
680 de ser mais barata (BENEDETI et al., 2014).

681 Os microrganismos ruminais são capazes de transformar o nitrogênio dos
682 compostos NNP em proteínas de alto valor nutricional. Porém, se a liberação de
683 amônia promovida pelo NNP ultrapassar a capacidade de uso pela microbiota ruminal,
684 haverá a excreção desse excesso com conseqüente perda de energia. Se a
685 concentração de amônia extrapolar a capacidade de excreção, pode ocorrer
686 intoxicação do animal (NRC, 1985).

687 Para contornar esses problemas e obter uma melhor eficiência no
688 aproveitamento do nitrogênio pelos microrganismos ruminais, diferentes tipos de ureia
689 de liberação lenta (ULL) como biureto, amiréia (ureia extrusada), fosfato de ureia,
690 revestimentos à base de óleo, ureia tratada com formaldeído e ureia revestida com
691 polímero foram desenvolvidos (LIRA-CASAS et al., 2019). Esses produtos diminuem
692 as chances de intoxicação e podem melhorar o crescimento bacteriano, pois são
693 capazes de manter uma disponibilidade constante de nitrogênio no rúmen (RIBEIRO
694 et al., 2011).

695 A eficiência dos produtos que contêm ULL é variável. Isso ocorre porque a
696 velocidade de solubilização depende do material e do método usado para revestir
697 essa ureia. Outro fator importante é a disponibilidade imediata de carboidratos; eles
698 são necessários para fornecer energia para a síntese microbiana (CHERDTHONG E
699 WANAPAT, 2010). O enxofre também influencia essa eficácia, pois alguns
700 aminoácidos sulfurados são essenciais para o desenvolvimento da microbiota ruminal
701 (NRC, 1985).

702 Portanto, o presente estudo teve como objetivo melhorar a eficiência no uso da
703 ureia criando dois produtos contendo, além da ureia, uma fonte de carboidratos
704 (melaço de cana - F16 ou amido de mandioca - F17), enxofre e carbonato de cálcio.
705 Para obter uma liberação lenta, todos os ingredientes foram homogeneizados e
706 revestidos com cera de carnaúba, material de revestimento que possui características
707 desejáveis como hidrofobicidade, alto ponto de fusão, origem natural e já é utilizado
708 em filmes alimentícios comestíveis.

709 A hipótese investigada foi a de que a liberação lenta e sincronizada dos
710 componentes dessas formulações pode melhorar o desempenho da microbiota
711 ruminal. Para avaliar essa hipótese, os produtos desenvolvidos e também dois
712 produtos comerciais (a base de ureia com liberação lenta) foram submetidos as
713 análises de solubilidade, produção cumulativa de gás, análises químicas,
714 microscópicas e térmicas.

715

716 **Materiais e Métodos**

717 O presente estudo, assim como os suplementos à base de ureia, foi
718 desenvolvido no Laboratório de Nutrição Animal Aplicada da Universidade Federal de
719 Mato Grosso do Sul em Campo Grande, Brasil. Todos os procedimentos
720 experimentais foram aprovados pelo Comitê de Ética no Uso de Animais da
721 Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) de acordo com as normas de
722 bem-estar animal (número de aprovação: 654/2015). Todos os procedimentos foram
723 realizados de acordo com os protocolos aprovados, diretrizes relevantes e
724 regulamentos. O estudo foi realizado em conformidade com as diretrizes Animal
725 Research: Reporting of In Vivo Experiments (ARRIVE).

726

727 **Preparo dos suplementos e composição química**

728 Dois suplementos foram desenvolvidos (F16 e F17). O equivalente proteico
729 estimado para cada produto desenvolvido foi 150% da proteína bruta. Para isso, os
730 ingredientes utilizados foram: ureia, flor de enxofre, cera de carnaúba, carbonato de
731 cálcio e melão de cana (F16) ou fécula de mandioca (F17), todos adquiridos de
732 empresas de nutrição locais (Campo Grande, MS, Brasil).

733 Primeiramente, a ureia pura foi moída (peneiras de 1 mm), buscando melhor
734 uniformidade no tamanho das partículas a serem recobertas. Em seguida, em um
735 recipiente de vidro, foram homogeneizados ureia moída, pó de melão (F16) ou amido
736 de mandioca (F17) e a flor de enxofre. Separadamente, a cera de carnaúba foi
737 colocada em banho-maria a 80°C para derretimento. Durante 1 minuto a mistura
738 contendo ureia e a fonte de carboidrato também foi aquecida em banho-maria. Em
739 seguida, a cera foi lentamente despejada em uma mistura, sob agitação constante.
740 Após a homogeneização da cera com os demais ingredientes, a mistura foi retirada

741 do banho, mantendo a agitação. Finalmente, o carbonato de cálcio foi pulverizado na
742 mistura durante o resfriamento à temperatura ambiente.

743 Amostras dos produtos desenvolvidos (F16 e F17), bem como dos produtos
744 comerciais UE (ureia extrusada) e UP (ureia revestida com polímero) foram
745 acondicionadas em placa de Petri e secas em estufa de ar forçado a 55 °C por 96 h
746 previamente às análises químicas.

747 Foram determinadas as concentrações de matéria seca (MS) (AOAC, 2000;
748 método 930.15), matéria mineral (MM) (AOAC, 2000; método 942.05) e proteína bruta
749 (PB) (AOAC, 2000, método 976.05). Para estabelecer os teores de fibra em
750 detergente neutro (FDN) foi utilizada a α -amilase termoestável (Termamyl 120 L®
751 Sigma-Aldrich, 3050 Spruce Street, Saint Louis, MO, EUA) segundo metodologia
752 descrita por MERTENS (2002). A determinação do extrato etéreo foi realizada em
753 aparelho Ankom XT 10 extractor (Ankon Technology, NY, USA). A matéria orgânica
754 (MO) foi calculada como 100-MM.

755

756 **Microscopia**

757 Através de um microscópio estereoscópico (Cobra Micro Zoom MZ1000, Micros,
758 Hunnenbrunn, Austria), com aumento de 40X, foram feitas fotos dos suplementos
759 desenvolvidos. Um grupo controle, sem adição de flor de enxofre, também foi
760 analisado para comparação de resultados.

761

762 **Teste de Solubilização**

763 Para o teste de solubilização, a metodologia para determinação do nitrogênio
764 amoniacal proposta por BOLSEN et al. (1992) foi utilizada, com modificações.
765 Inicialmente 2 (\pm 0,005) g dos produtos desenvolvidos (F16 e F17) e também dos
766 produtos comerciais UP (ureia revestida com polímero) e UE (ureia extrusada), foram
767 colocados em frascos de 250ml. Os tempos de análise foram 5, 10, 20, 40, 60, 120,
768 180, 240, 300 e 360 minutos e para cada tempo e produto foi preparada uma triplicata.
769 Em seguida, 100 mL de fluido ruminal, previamente coletado, filtrado e mantido a
770 39°C, foram adicionados a cada frasco, purgados com CO₂ e mantidos em banho-
771 maria (39,5°C) sob agitação constante. Em tempos pré-determinados, foram
772 coletados 2 ml do sobrenadante e levados a um tubo de ensaio contendo 5 ml de KOH
773 (2 N), e 13 ml de água destilada, esses tubos foram levados ao destilador de
774 nitrogênio. Para a recuperação do destilado, foi preparado um frasco cônico de 100

775 ml contendo 10 ml de ácido bórico (2%) e a destilação continuou até atingir o volume
 776 total de 75 ml. Finalmente, houve a titulação com HCl (0,005 N) e o volume gasto foi
 777 aplicado à equação abaixo para determinar a concentração de nitrogênio liberado:

778

$$779 \quad N(\text{g/mL}) = \frac{\text{Volume de HCL gasto} \times \text{Fator de correção do HCL} \times 0,005 \times 0,014 \times 100}{2 \text{ mL (amostra)}} \quad (\text{Eq.1})$$

780

781 **Análise térmica**

782 A análise termogravimétrica (TGA) foi realizada por um TGA Q-50 da TA
 783 Instruments®. Foram utilizados 0,5 gramas de amostra e a análise ocorreu em
 784 atmosfera de ar sintético com vazão de 60 mL por minuto até a temperatura de 900°C.

785

786 **Produção cumulativa de gás**

787 O aumento da pressão produzida no interior dos frascos foi medido por meio do
 788 Sistema Automático de Produção de Gases (ANKOM®). As análises foram feitas em
 789 duplicata, com leituras a cada 5 minutos, durante um tempo total de 24 horas (1440
 790 minutos). Para isso, foram pesados em cada frasco 5 g de feno de *Brachiaria*
 791 *decumbens* juntamente com 0,05 g dos produtos desenvolvidos e também dos
 792 comerciais UP e UE (para comparação). 100 ml de solução tampão, 25 ml de inóculo
 793 ruminal também foram adicionados a este frasco e em seguida foi purgado com CO₂.
 794 Um grupo controle também foi realizado, contendo apenas o feno. Os dados obtidos
 795 da produção de gás foram medidos em psi e transformados em moles de gás através
 796 da equação do gás ideal. Em seguida, os moles foram convertidos em ml de gás
 797 produzido pela equação 2.

798

$$799 \quad V_x = V_j P_{psi} \times 0,068004084 \quad (\text{Eq.2})$$

800 Onde:

801 V_x = volume do gas a 39 °C, em ml

802 V_j = volume do espaço não preenchido no frasco, em ml;

803 P_{psi} = pressão acumulada registrada pelo software do sistema de produção de gás

804

805 Os dados da produção de gás *in vitro* foram analisados de acordo com o modelo
806 de SCHOFIELD et al. (1994) como exibido na equação 3:

807

$$808 \quad y = A/\{1 + e^{[2+4*B*(C-T)]}\} + D/\{1 + e^{[2+4*e*]}\} \quad (\text{Eq.3})$$

809

810 Onde:

811 y = volume total de gás no tempo T (extensão da degradação);

812 A = volume de gás (ml) da fração rapidamente degradável;

813 B = taxa de degradação da fração A (ml/h);

814 C = lag time (h);

815 D = volume de gás (ml) da fração lentamente degradável;

816 E = taxa de degradação da fração D (mL/h).

817

818 Os parâmetros do modelo dual-pool logistic (SHOFIELD et al., 1994) foram
819 estimados pelo método de Gauss-Newton modificado pelo procedimento NLIN do SAS
820 (SAS University Edition, Sas Institute Inc. Cary, CA, EUA). O número máximo de
821 interações utilizadas foi de 100 (cem). O critério utilizado para avaliar o modelo foi o
822 coeficiente de determinação (R^2). Os parâmetros do modelo que melhor descreveram
823 a curva média de produção de gás *in vitro* dos tratamentos foram submetidos a uma
824 análise de variância pelo procedimento PROC GLM, e as médias foram comparadas
825 pelo teste de Tukey no programa SAS (SAS University Edition, Sas Institute Inc. Cary,
826 CA, EUA). Adotou-se o nível de significância a 5% em todas as análises estatísticas.

827

828 **Resultados**

829 **Composição Química**

830 As análises químicas dos produtos desenvolvidos (F16 e F17), bem como dos
831 produtos comerciais ureia extrusada (UE) e ureia revestida com polímero (UP) são
832 apresentadas na Tabela 1. Os resultados de MM e MO são apresentados como
833 porcentagem da MS, enquanto os demais são apresentados como porcentagem do
834 produto total.

835

836 **Microscopia**

837 Podem ser visualizados os grânulos de ureia pura, resultado da moagem
838 realizada antes das análises (Figura 1-a). Na Figura 1-b, é possível observar os
839 grânulos intactos de ureia, revestidos com polímero amarelado (UP). As imagens na
840 Figura 1-c e 1-d são, respectivamente, dos produtos F16 e F17. Os grânulos de cor
841 marrom e amarelo são aparentes na figura 1 (c) e de cor branca e amarela na Figura
842 1-d. Essas cores foram associadas aos ingredientes que compõem esses
843 suplementos.

844 A Figura 2 (a) mostra o produto F17 com sua formulação completa, sendo
845 possível observar grânulos brancos e amarelos como na Figura 1-d. A Figura 2-b
846 mostra a imagem obtida do produto F17 sem adição de enxofre em sua formulação,
847 sendo possível observar apenas grânulos brancos. Desta forma, foi possível verificar
848 a influência do enxofre no aspecto do produto e, assim, descartar a falta de
849 homogeneização da cera durante o preparo do suplemento.

850

851 **Teste de Solubilização**

852 As Figuras 3 (a, b, c, d) contém os resultados do teste de solubilização dos
853 produtos comerciais UP e UE, bem como dos produtos F16 e F17. As curvas do
854 gráfico na Figura 3-e mostra simultaneamente a curva de solubilização dos diferentes
855 produtos à base de ureia testados. Na primeira hora de análise, observou-se um
856 rápido aumento na solubilização de nitrogênio em todos os produtos testados, sendo
857 UP o menos solubilizado e UE o mais solubilizado. A partir da primeira hora ocorre
858 então uma redução na velocidade de solubilização dos produtos, menor para o UE
859 que tem um segundo aumento após 120 min. A Figura 3-f mostra o gráfico com as
860 taxas de liberação por minuto obtidas durante o teste de solubilização. Esses dados
861 corroboram com os apresentados na Figura 3-e, sendo o UE o produto com a maior
862 taxa de solubilização, o UP com a menor e os produtos F16 e F17 com taxas de
863 liberação intermediárias.

864

865 **Produção cumulativa de gás**

866 A Figura 4 contém as curvas da produção cumulativa de gás tanto para os
867 produtos comerciais quanto para aqueles desenvolvidos neste trabalho. Os resultados
868 exibidos mostram um aumento na produção de gás em todas as amostras nos

869 primeiros minutos de análise. Aproximadamente aos 120 minutos de análise, o
870 produto F17 começa a apresentar maior produção de gás e por volta dos 360 minutos
871 também é possível observar um aumento nas curvas dos produtos F16 e UE. Aos
872 1440 minutos, tempo de análise final, foi possível observar uma maior produção de
873 gás referente ao produto F17, seguido de UE, F16 e por fim com menor produção de
874 UP.

875 A Tabela 2 contém as médias dos parâmetros estimados para a produção de
876 gás nos diferentes produtos testados. Foram avaliados: Volume de gás (mL) da fração
877 rapidamente degradável (A), taxa de degradação da fração A (B), tempo de latência
878 (C), volume de gás (ml) da fração lentamente degradável (D) e taxa de degradação
879 da fração D (E), e Total de gás produzido (A + D).

880

881 **Análise termogravimétrica**

882 A Figura 5 contém as curvas termogravimétricas e suas derivadas dos produtos
883 F16, F17 e seus ingredientes. Os gráficos das Figuras 5-a e 5-b mostram as perdas
884 de massa ocorridas durante a análise, onde é possível verificar o início do evento
885 próximo a 200°C. As curvas derivadas (Figura 5-c e 5-d) permitem uma visualização
886 mais detalhada dos eventos térmicos ocorridos. É possível observar uma
887 sobreposição da curva de ambos os produtos (em preto) pelas curvas dos
888 ingredientes que os compõem (em azul, verde e vermelho).

889

890 **Discussão**

891 **Composição Química**

892 Os dados da análise química dos produtos testados, Tabela 1, mostram que os
893 suplementos alimentares desenvolvidos (F16 e F17) atingiram um valor em proteína
894 bruta (PB) equivalente acima dos 150% inicialmente propostos neste trabalho. Os
895 produtos comerciais (UP e UE) também atingiram o valor mínimo de proteína bruta
896 informado pelos respectivos fabricantes.

897 A quantidade de matéria seca, matéria mineral, matéria orgânica e extrato
898 etéreo encontrada foi próxima entre os produtos desenvolvidos. Esse resultado pode
899 ser associado a uma formulação semelhante e à metodologia de produção idêntica
900 dessas formulações. Os resultados encontrados para a composição química de

901 produtos comerciais corroboram os encontrados na literatura (ITAVO et al., 2008;
902 SALMAN, 2008).

903

904 **Microscopia**

905 A Figura 1 contém as imagens obtidas através do microscópio estereoscópico
906 de ureia pura (Figura 1-a), UP (Figura 1-b) e os produtos F16 (Figura 1-c) e F17 (Figura
907 1-d). A Figura 1-a mostra os grânulos obtidos pela moagem da ureia, sendo possível
908 observar uma cor uniforme, indicando que aparentemente não há presença de
909 impurezas. A diferença no tamanho dos grânulos, por outro lado, pode estar associada
910 à alta higroscopicidade da ureia, que pode causar aglutinação desses grânulos. Na
911 Figura 1-b, podem ser vistos os grânulos de ureia recobertos por polímero (UP). A
912 heterogeneidade desses grânulos pode ser associada tanto ao processo de
913 fabricação da ureia quanto ao seu posterior processo de revestimento com o polímero.
914 Pode-se observar diferenças de cor ao comparar as Figuras 1-c e 1-d; a que mostra
915 o produto F16 (Figura 1-c) apresenta uma cor mais escura. A cor marrom observada
916 neste produto se deve ao melaço em pó, presente nesta formulação, que não ocorre
917 mais com o F17 por conter amido de mandioca (de cor branca) como fonte de
918 carboidrato.

919 Pequenos grânulos amarelos também são vistos nas Figuras 1-c e 1-d, que
920 podem estar relacionados tanto à flor de enxofre quanto à cera de carnaúba por
921 possuírem cor amarelada. Para esclarecer a dúvida, uma formulação F17 sem enxofre
922 foi realizada (Figura 2-b) e os grânulos amarelos não foram observados. Sendo assim,
923 os grânulos amarelos observados foram atribuídos à flor de enxofre. Embora a cera
924 também tenha uma cor amarela, não foi observada esta imagem (Figura 2-b).

925 A não observação da cera nas imagens sugere uma boa homogeneização
926 durante o processo de revestimento das partículas, uma vez que seria possível
927 visualizar a cera se houvesse uma má distribuição desse material utilizado no
928 revestimento. A homogeneidade no processo de revestimento com ureia é desejável
929 para que o produto final tenha uma solubilização lenta, homogênea e constante no
930 rúmen.

931

932 **Teste de Solubilização**

933 O teste de solubilização mostrou a liberação de nitrogênio em líquido ruminal
934 durante 6 horas (360 minutos). A Figura 3-a mostra a concentração de nitrogênio (N)

935 em g/mL. Na primeira hora de análise, um rápido aumento na liberação de N é
936 observado em todos os produtos testados. Esse fato se deve à rápida hidrólise que a
937 ureia sofre em meio aquoso. As diferentes taxas de liberação, também observadas
938 entre os produtos testados, refletem a diferença de eficiência do processo de
939 revestimentos utilizado.

940 Observa-se que a UE foi que liberou mais N (128,04 mg/mL medido aos 360
941 minutos), ou seja, foi o produto menos efetivo na redução da solubilidade da ureia.
942 Por outro lado, UP foi a mais efetiva na prevenção da liberação rápida do nitrogênio
943 (92,16 mg/mL medido aos 360 minutos). Os produtos desenvolvidos neste trabalho
944 tiveram taxas intermediárias de liberação de N (F16 = 117,48 mg/mL e F17 = 118,19
945 mg/mL medidos aos 360 minutos) quando comparados aos produtos comerciais.

946 A Figura 3-b mostra os resultados do mesmo teste de solubilização, mas esses
947 dados são apresentados de outra forma, pois trazem a liberação média de N por
948 minuto. Os resultados da Figura 3-b corroboram com a Figura 3-a mostrando uma
949 maior liberação de N por minuto da UE (1,58 mg/mL/min), seguido por F16 (1,32
950 mg/mL/min), F17 (1,35 mg/mL/min) e UP (1,08 mg/mL/min). As diferentes taxas de
951 liberação observadas podem ser relacionadas aos diferentes materiais e métodos
952 utilizados no revestimento dessas fontes de ureia.

953 IBRAHIM et al., (2014) avaliaram alguns materiais, em diferentes proporções,
954 utilizados no processo de recobrimento de ureia, e também observaram resultados
955 variados na eficiência da proteção. Esses autores relataram uma relação entre a
956 espessura do revestimento e a eficiência da proteção (quanto mais espesso maior a
957 proteção). Eles também observaram que a padronização no tamanho das partículas,
958 antes do revestimento, aumentou a eficiência da proteção devido à melhor
959 uniformidade da camada de revestimento.

960 Enquanto a ureia dos produtos F16, F17 e UP são protegidas por revestimento
961 com material hidrofóbico, a ureia extrusada (UE) é obtida por outra técnica. A UE é
962 um produto obtido através da extrusão de uma mistura de amido e ureia, por meio de
963 alta temperatura e pressão, levando à gelatinização do amido. A extrusão provoca a
964 incorporação da ureia na estrutura do amido, reduzindo sua solubilidade (ÍTAVO et
965 al., 2016; MORAES et al., 2019).

966 As estruturas criadas durante a extrusão dependem dos efeitos induzidos pelo
967 calor, pressão e interações dos componentes do alimento escolhidos para o processo
968 (YING et al., 2015). Por outro lado, a eficácia do revestimento, como visto

969 anteriormente, parece ser principalmente influenciada pela espessura e uniformidade
970 da camada externa.

971 Portanto, a redução da solubilidade da ureia pelo processo de recobrimento
972 permite diferentes taxas de liberação, o que pode contribuir para a sincronização dos
973 nutrientes da dieta utilizados pela microbiota ruminal.

974

975 **Produção cumulativa de gás**

976 A técnica de produção cumulativa de gases pode ser utilizada para verificar o
977 comportamento de alguns alimentos no rúmen. Uma das vantagens dessa técnica é
978 que o produto final medido (o gás produzido) resulta diretamente do metabolismo dos
979 microrganismos. Outra vantagem é que o monitoramento pode ser feito em intervalos
980 curtos de tempo, resultando em maior precisão dos resultados (SILVA et al., 2015).

981 Observa-se uma maior produção de gás em relação ao produto F17 (figura 4),
982 seguida pela UE, F16 e por fim pela UP com menor quantidade de gás produzida. A
983 eficiência dos produtos baseados em ULL pode ser variável, como foi possível
984 observar através desta análise. Um dos fatores que podem influenciar este efeito são
985 as diferentes taxas de solubilização, apresentadas anteriormente. Outro fator é a
986 sincronização entre a degradação dos carboidratos e a liberação de NNP. Essa
987 sincronização é desejável para se obter uma melhor eficiência no metabolismo dos
988 microrganismos ruminais (BENEDETI et al., 2014).

989 Portanto, as fontes de N podem ser mais bem utilizadas quando associadas às
990 fontes de energia, pois, nesta situação, a sincronização permite maior eficiência no
991 processo microbiano de fixação da amônia na forma de glutamato, reduzindo as
992 perdas de nitrogênio e energia. Além disso, o pronto fornecimento de carboidratos
993 pode resultar na diminuição do pH ruminal, aumentando a proporção de amônia na
994 forma de íon amônio e, conseqüentemente, diminuindo sua absorção pelo epitélio
995 ruminal (CALDAS NETO et al., 2008).

996 Na formulação do produto F17 a fonte de carboidrato presente é o amido de
997 mandioca, alimento rico em amido. Como mencionado, a UE é um produto obtido
998 através da extrusão do milho com ureia, o milho também é rico em amido, então esse
999 fato pode explicar os resultados semelhantes entre esses produtos. Provavelmente a
1000 taxa de liberação de N no produto F17 e na UE juntamente com a taxa de liberação
1001 do carboidrato presente nesses produtos foi mais sincronizada, culminando nos
1002 resultados encontrados.

1003 O produto F16 tem melaço em pó como fonte de energia. Este alimento é rico
1004 em frutose (carboidrato simples) que é imediatamente degradado no rúmen. Essa
1005 rápida solubilização do melaço, mesmo quando revestida, pode ter contribuído para
1006 uma pior sincronização, o que levou à menor produção de gases (menor atividade
1007 metabólica dos microrganismos ruminais).

1008 A única fonte de carboidrato presente no teste de produção cumulativa de gás
1009 do produto UP foi do feno padrão (usado como substrato em todos os produtos
1010 testados). Em geral, os fenos contêm principalmente carboidratos com lenta
1011 degradação ruminal. Assim, o produto UP, por não possuir fonte de carboidrato em
1012 sua formulação, apresentou o menor resultado no teste de produção cumulativa de
1013 gás, corroborando as observações descritas acima.

1014 A Tabela 2 mostra a comparação entre as velocidades de degradação, dos
1015 suplementos testados, durante a análise da produção cumulativa de gás. As maiores
1016 médias foram, respectivamente, F17 (5,42_a mL), UE (5,41_a mL), F16 (4,77_b mL) e
1017 UP (4,75_b mL). Médias seguidas por diferentes letras minúsculas são
1018 significativamente diferentes pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

1019 A análise da produção cumulativa de gases permitiu avaliar a influência da fonte
1020 de carboidratos no metabolismo da microbiota ruminal. A liberação lenta ocasionada
1021 pelo revestimento com cera juntamente com o tempo necessário para a degradação
1022 do amido de mandioca apresentou melhor sincronização com a liberação do nitrogênio
1023 fornecido pela ureia, o que aumentou a produção de gás e conseqüentemente a
1024 eficiência do suplemento.

1025

1026 **Análise termogravimétrica**

1027 Na Figura 5, é possível observar os gráficos termogravimétricos do produto F16
1028 e seus componentes (Figura 5-a) e do produto F17 e seus componentes (Figura 5-b).
1029 Também é possível visualizar as curvas da primeira derivada do produto F16 e seus
1030 componentes (Figura 5-c) e F17 e seus componentes (Figura 5-d). Durante sua
1031 decomposição, a ureia sofre três reações endotérmicas. A primeira reação de
1032 decomposição é a principal onde ocorre a maior perda de massa, entre 70 e 80% de
1033 perda em relação ao peso inicial (KHATTAB et al., 1984).

1034 A cera de carnaúba é um material que tem sido utilizado para revestir e
1035 encapsular alimentos por ser um material natural, aceito em formulações de alimentos
1036 e apresentar alto ponto de fusão (82 °C). Nos testes termogravimétricos é possível

1037 observar que a principal perda de massa deste ingrediente começa próximo aos 250
1038 °C (GUIMARÃES-INÁCIO et al., 2018).

1039 O melaço da cana-de-açúcar é um alimento rico em açúcar e fermentado
1040 rapidamente no ambiente ruminal. A análise térmica do melaço mostra que sua
1041 temperatura de início de degradação está em torno de 206 °C (VAZQUEZ et al., 2013).
1042 O amido de mandioca é um alimento amiláceo, podendo atingir até 90% da matéria
1043 seca. A curva de degradação termogravimétrica deste alimento é caracterizada por
1044 um grande pico em torno de 330 °C seguido por um segundo pico próximo a 490 °C
1045 (JANKOVIĆ, 2013). Os resultados da análise térmica observados no presente estudo
1046 e apresentados na Figura 5 corroboram os encontrados na literatura citada.

1047 Ao analisar o comportamento das curvas dos produtos F16 e F17, nota-se uma
1048 semelhança com a curva de seus componentes puros. Por exemplo, na Figura 5-d
1049 pode-se observar que o produto F17 possui dois grandes picos relacionados à perda
1050 de massa. A primeira reação de degradação apresentada pode ser decorrente da
1051 degradação da ureia e da carnaúba, enquanto o segundo pico pode estar relacionado
1052 à perda de massa do amido de mandioca e a segunda reação de degradação da ureia.

1053 Esse comportamento semelhante na curva termogravimétrica entre os produtos
1054 desenvolvidos no presente trabalho e seus componentes mostra que não houve
1055 interação química entre os componentes. Apesar da reduzida solubilidade conferida
1056 pela cera, os componentes ainda mantêm suas propriedades químicas intactas, o que
1057 é interessante uma vez que interações químicas podem afetar a eficiência desses
1058 alimentos e até mesmo a formulação de uma dieta. A redução na amplitude das curvas
1059 pode estar relacionada à proteção fornecida pela cera contra a degradação térmica
1060 que ocorre durante a análise.

1061 Por fim, através da análise termogravimétrica, foi possível verificar a
1062 manutenção das características químicas dos ingredientes utilizados nos suplementos
1063 desenvolvidos, garantindo assim a integridade dos nutrientes que compõem a fórmula
1064 do produto.

1065

1066 **Conclusão**

1067 É possível reduzir a solubilidade da ureia usando cera de carnaúba como
1068 material de revestimento. Além disso, por meio da produção cumulativa de gases, foi
1069 possível verificar um maior metabolismo da microbiota ruminal pela fórmula F17

1070 (amido de mandioca associado à ureia) o que foi correlacionado com uma melhor
1071 sincronização ocasionada pela liberação lenta de seus componentes. Por fim, por
1072 meio da análise termogravimétrica, foi possível verificar a manutenção das
1073 características químicas dos ingredientes após o processo de revestimento.

1074

1075 **Agradecimentos**

1076 Os autores agradecem à Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, ao
1077 Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq); a
1078 Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES, Código
1079 Financeiro 001); e Fundação de Amparo ao Desenvolvimento da Educação, Ciência
1080 e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul (FUNDECT).

1081 **Figuras e Tabelas**

(1-a)



(1-b)



(1-c)



(1-d)

1082 Figura 1. Microscópio estereoscópico ampliação de 40X dos produtos nitrogenados
 1083 Ureia pura (1-a), UP (1-b), F16 (1-c) e F17 (1-d).

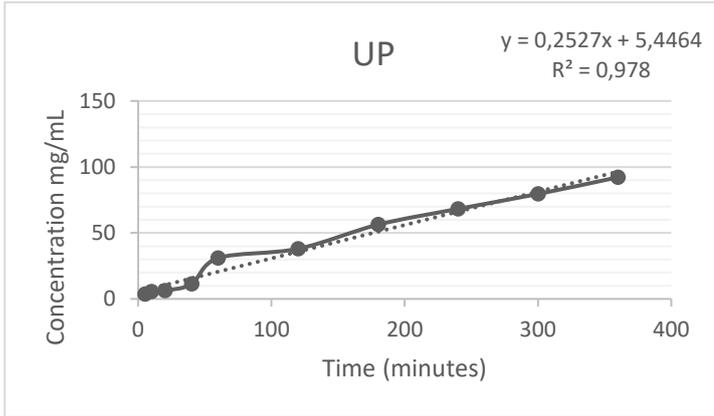


(2-a)

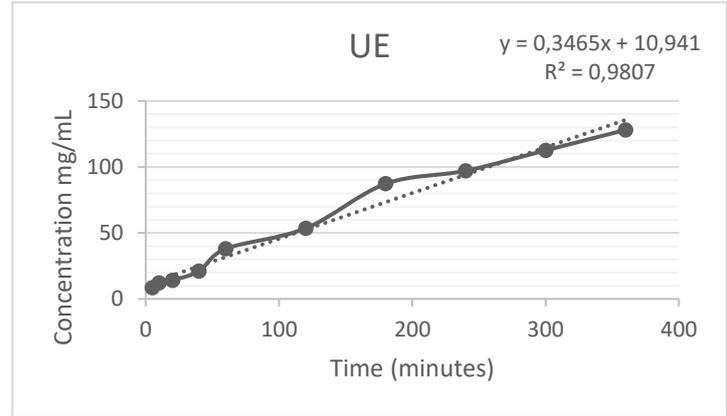


(2-b)

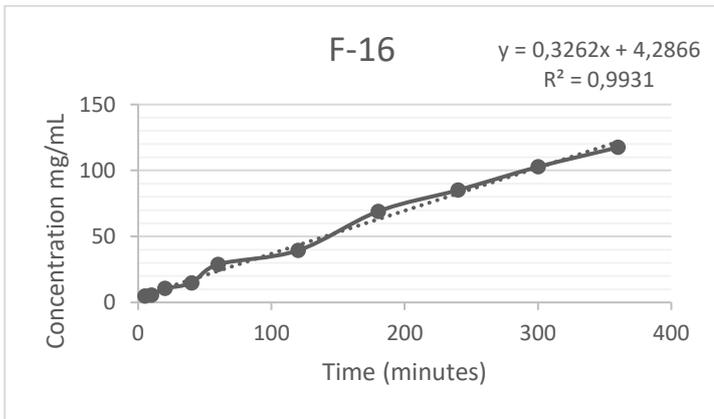
1084 Figura 2. (2-a) Formulação completa F17 e (2-b) Formulação F17 livre de enxofre



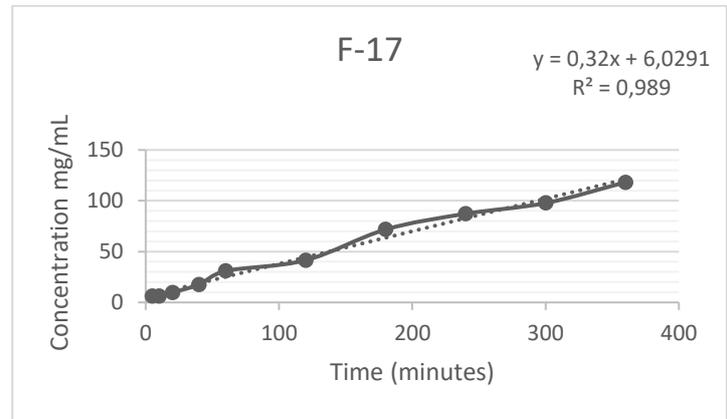
(3-a)



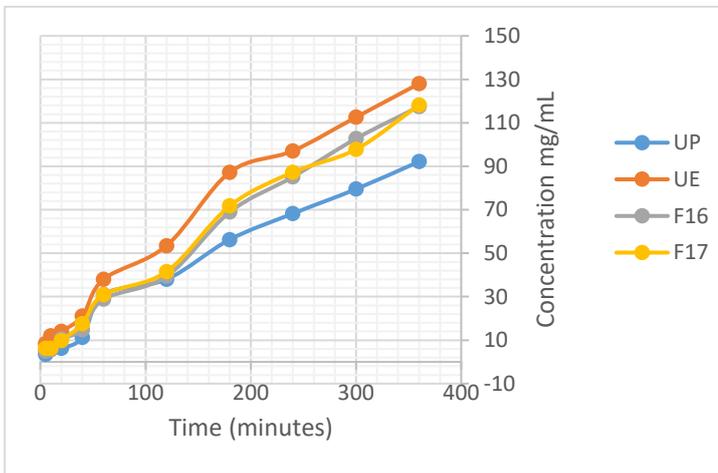
(3-b)



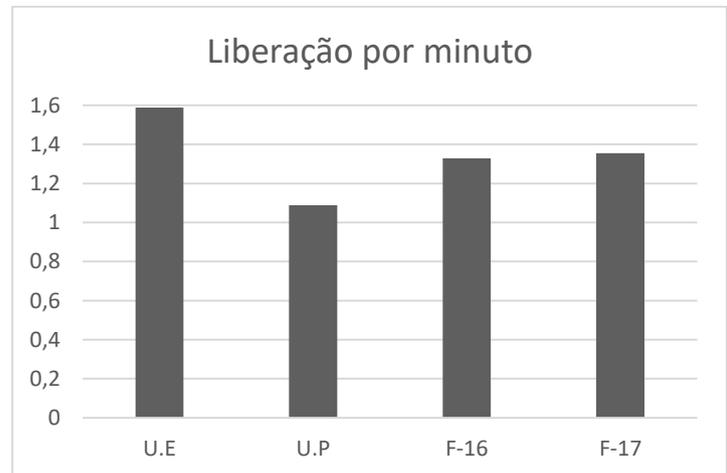
(3-c)



(3-d)

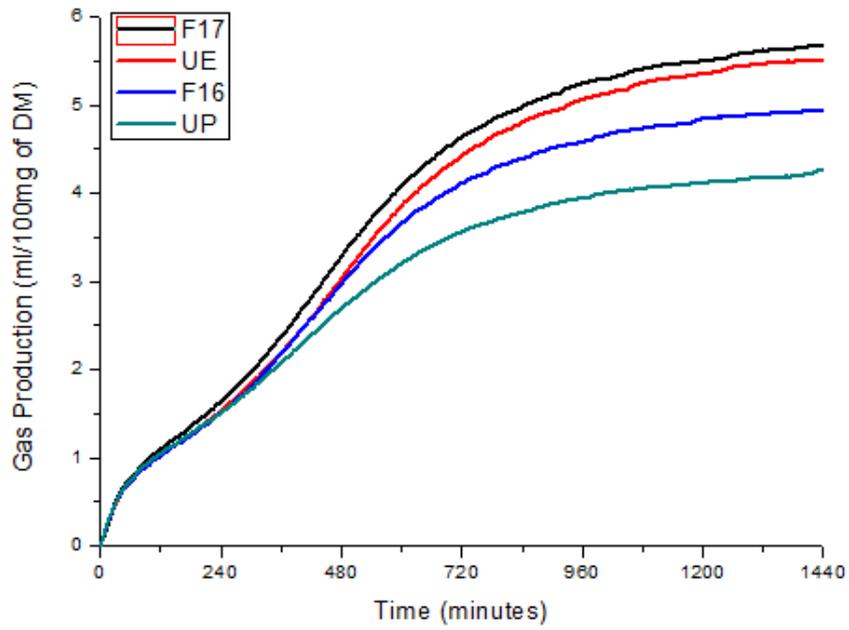


(3-e)



(3-f)

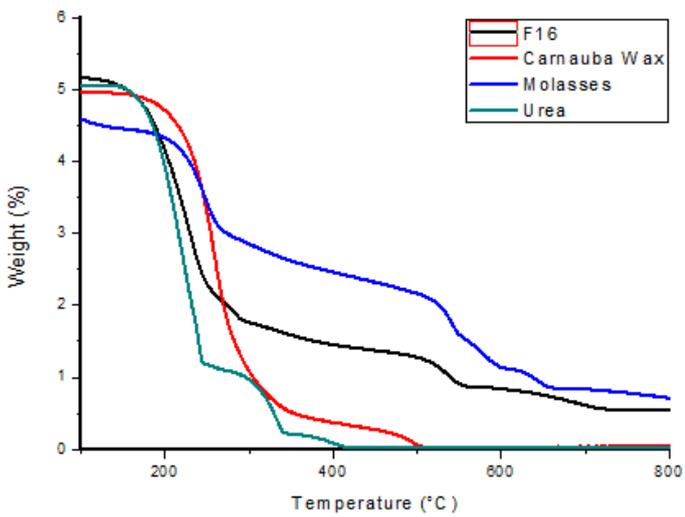
1085 Figura 3. Teste de solubilização da UP (a), UE (b), F16 (c), F17 (d) todos os
 1086 produtos testados (e) e solubilização por minuto de todos os produtos testados (f).



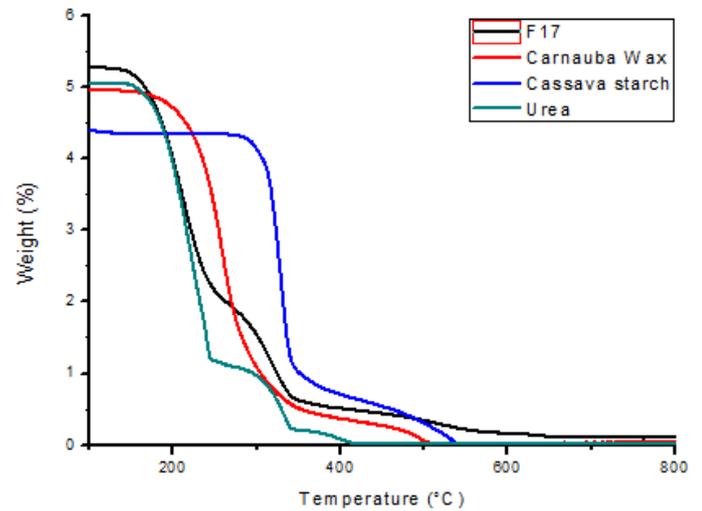
1087 Figura 4. Produção cumulativa de gás dos produtos testados ao longo de 1440
1088 minutos

1089

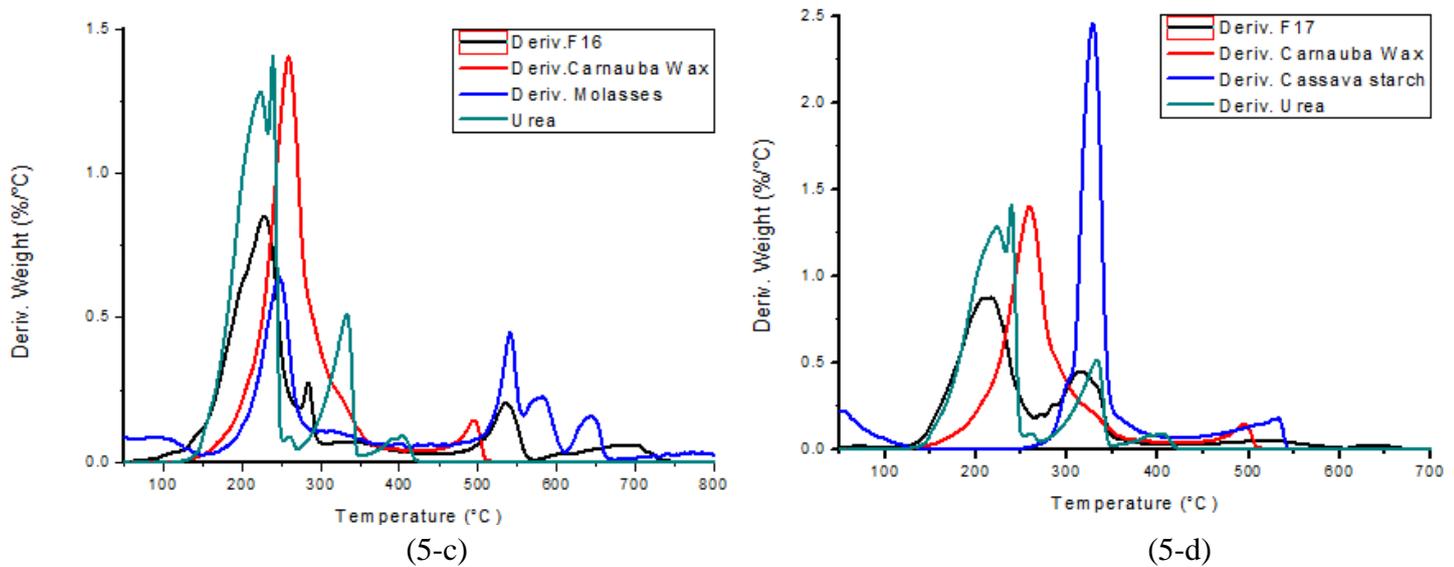
1090



(5-a)



(5-b)



1091 Figura 5. (5-a) Perda de massa do produto F16 e seus ingredientes (5-b) Perda de
 1092 massa do produto F17 e seus ingredientes (5-c) Curvas derivadas primeira da perda
 1093 de massa do produto F16 e seus ingredientes , e (5-d) Curvas derivadas primeira da
 1094 perda de massa do produto F17 e seus ingredientes.

1095

1096

1097 Tabela 1. Composição química dos diferentes produtos nitrogenados avaliados.

Variáveis	Produtos nitrogenados			
	F16	F17	UP	UE
MS (%)	94.41	95.35	99.35	95.03
MM (% of DM)	15.17	13.51	0.14	0.50
MO (% of DM)	84.82	86.48	99.85	99.49
EE (%)	9.01	10.04	4.65	6.87
FDN (%)	7.28	10.79	12.20	2.95
PB (%)	161.42	160.89	265.40	221.26

MS: matéria seca; MM: matéria mineral; OM: matéria orgânica; EE: extrato etéreo;
 FDN: fibra em detergente neutro; PB: proteína bruta

1098 F16 = ureia, melão de cana-de-açúcar, flor de enxofre e carbonato de cálcio revestidos com cera de
 1099 carnaúba; F17 = ureia, amido de mandioca, flor de enxofre e carbonato de cálcio; UP = ureia revestida
 1100 com polímero; UE = ureia extrusada (amiréia).

1101

1102 Tabela 2. Médias dos parâmetros estimados pela produção cumulativa de gases nos
1103 diferentes produtos nitrogenados avaliados.

	Produtos nitrogenados				EPM	p-value
	F16	F17	UP	UE		
A (mL/100 mg DM)	0,26 b	0,26 b	0,38 a	0,22c	0,015	0,0001
B (%/h)	99,93	99,93	99,93	99,93	0,010	0,9985
C (h)	0,73 c	0,92 b	0,65 d	0,99 a	0,035	0,0001
D (mL/100 mg DM)	4,51 b	5,16 a	4,37 b	5,19 a	0,119	0,0031
E (%/h)	7,85 a	7,87 a	7,86a	7,61 b	0,030	0,0001
Total (A+D) (mL/100 mg DM)	4,77 b	5,42 a	4,75 b	5,41 a	0,109	0,0051
R ² (%)	99,85	99,87	99,80	99,90		

1104 Médias seguidas de letras minúsculas distintas diferem entre si pelo teste de Tukey (P <0,05)

1105 A = volume de gás (ml) da fração rapidamente degradável; B = taxa de degradação da fração A (ml /
1106 h); C = tempo de latência (h); D = volume de gás (ml) da fração lentamente degradável; E = taxa de
1107 degradação da fração D (mL / h).

1108

1109 Referências Bibliográficas

1110 Association of Official Analytical Chemists (AOAC). Official Methods of Analysis, 17th
1111 edition. **AOAC**, Gaithersburg, MD, USA (2000).

1112 BENEDETI, P.D.B., PAULINO, P.V.R., MARCONDES, M.I., VALADARES FILHO,
1113 S.C., MARTINS, T.S., LISBOA, E.F., SILVA, L.H.P., TEIXEIRA, C.R.V. & DUARTE,
1114 M.S. Soybean meal replaced by slow release urea in finishing diets for beef cattle.
1115 **Livest. Sci.** 165, 51–60. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2014.04.027> (2014).

1116 BOLSEN, K.K., LIN, C., BRENT, B.E., FEYERHERM, A.M., URBAN, J.E. & AIMUTIS,
1117 W.R. Effect of Silage Additives on the Microbial Succession and Fermentation Process
1118 of Alfalfa and Corn Silages. **J. Dairy Sci.** 75, 3066–3083.
1119 [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(92\)78070-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(92)78070-9) (1992).

1120 CALDAS NETO, S.F., ZEOULA, L.M., DO PRADO, I.N., BRANCO, A.F., KAZAMA, R.,
1121 GERON, L.J.V., MAEDA, E.M. & FERELI, F. Rumen degradable protein on bovine
1122 diet: Total and partial nutrient digestibility and ruminal parameters. **Rev. Bras. Zootec.**
1123 37, 1094–1102. <https://doi.org/10.1590/s1516-35982008000600021> (2008).

1124 CHERDTHONG, A. & WANAPAT, M. Development of urea products as rumen slow-
1125 release feed for ruminant production: A review. **Aust. J. Basic Appl. Sci.** 4, 2232–
1126 2241. <https://doi.org/10.22587/ajbas> (2010).

1127 GUIMARÃES-INÁCIO, A., FRANCISCO, C.R.L., ROJAS, V.M., LEONE, R. DE S.,
1128 VALDERRAMA, P., BONA, E., LEIMANN, F.V., TANAMATI, A.A.C. & GONÇALVES,

- 1129 O.H. Evaluation of the oxidative stability of chia oil-loaded microparticles by thermal,
1130 spectroscopic and chemometric methods. **LWT - Food Sci. Technol.** 87, 498–506.
1131 <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.09.031> (2018).
- 1132 IBRAHIM, K.R.M., BABADI, F.E. & YUNUS, R. Comparative performance of different
1133 urea coating materials for slow release. **Particuology** 17, 165–172.
1134 <https://doi.org/10.1016/j.partic.2014.03.009> (2014).
- 1135 ÍTAVO, L. C. V., TOLENTINO, T. C. P., ÍTAVO, C. C. B. F., GOMES, R. C., DIAS, A.
1136 M. & SILVA, F. F. Feed intake, performance and profitability of Nellore and crossbred
1137 (Brangus x Nellore) steers finished in pastures, supplemented with mineralized salt
1138 and nitrogenous salt with urea or starea. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária**
1139 **e Zootecnia**, 60(2), 419-427. <https://doi.org/10.1590/S0102-09352008000200022>
1140 (2008).
- 1141 ÍTAVO, L.C.V., ÍTAVO, C.C.B.F., DIAS, A.M., FRANCO, G.L., PEREIRA, L.C., LEAL,
1142 E.S., ARAÚJO, H.S. & SOUZA, A.R.D.L. Combinações de fontes de nitrogênio não
1143 proteico em suplementos para novilhos Nelore em pastejo. **Rev. Bras. Saude e Prod.**
1144 **Anim.** 17, 448–460. <https://doi.org/10.1590/S1519-99402016000300011> (2016).
- 1145 JANKOVIĆ, B. Thermal characterization and detailed kinetic analysis of cassava
1146 starch thermo-oxidative degradation. **Carbohydr. Polym.** 95, 621–629.
1147 <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2013.03.038> (2013).
- 1148 KHATTAB, F.I., AL-RAGEHY, N.A. & AHMAD, A.K.S. Thermal analysis of urea, fatty
1149 acids, and their adducts. **Thermochim. Acta** 73, 47–66. [https://doi.org/10.1016/0040-
1150 6031\(84\)85176-X](https://doi.org/10.1016/0040-6031(84)85176-X) (1984).
- 1151 LIRA-CASAS, R., RAMIREZ-BRIBIESCA, J.E., ZAVALETA-MANCERA, H.A.,
1152 HIDALGO-MORENO, C., CRUZ-MONTERROSA, R.G., CROSBY-GALVAN, M.M.,
1153 MENDEZ-ROJAS, M.A. & DOMÍNGUEZ-VARA, I.A. Designing and evaluation of urea
1154 microcapsules in vitro to improve nitrogen slow release availability in rumen. **J. Sci.**
1155 **Food Agric.** 99, 2541–2547. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9464> (2019).
- 1156 MERTENS, D.R. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber
1157 in feeds with refluxing in beaker or crucibles: colaborative study. **J. of AOAC int.** 85,
1158 1217–1240. <https://doi.org/10.1093/jaoac/85.6.1217> (2002).

- 1159 MORAES, G.J., ÍTAVO, L.C. V., ÍTAVO, C.C.B.F., DIAS, A.M., NIWA, M.V.G., LEAL,
1160 E.S., KOZERSKI, N.D., COSTA, M.C.M., MATA, D.G., INADA, A.C. Extruded urea
1161 could reduce true protein source in beef cattle diets. **J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.**
1162 (Berl). 103, 1283–1294. <https://doi.org/10.1111/jpn.13140> (2019).
- 1163 National Research Council – **NRC**. Ruminant Nitrogen Usage, Ruminant Nitrogen
1164 Usage. <https://doi.org/10.17226/615> (1985).
- 1165 RIBEIRO, S.S., VASCONCELOS, J.T., MORAIS, M.G., ÍTAVO, C.B.C.F., FRANCO,
1166 G.L. Effects of ruminal infusion of a slow-release polymer-coated urea or conventional
1167 urea on apparent nutrient digestibility, in situ degradability, and rumen parameters in
1168 cattle fed low-quality hay. **Anim. Feed Sci. Technol.** 164, 53–61.
1169 <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2010.12.003> (2011).
- 1170 SAS/STAT 9.2 user's guide. **Statistical Analysis Systems Institute Inc.**, Cary, NC,
1171 USA, (2008).
- 1172 SALMAN, A. Utilização da amiréia na alimentação de ruminantes. **Embrapa**
1173 Rondônia-Documentos (INFOTECA-E), p.26.
1174 <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/709704> (2008).
- 1175 SCHOFIELD, P., PITT, R.E. & PELL, A.N. Kinetics of fiber digestion from in vitro gas
1176 production. **J. Anim. Sci.** 72, 2980–2991. <https://doi.org/10.2527/1994.72112980x>
1177 (1994).
- 1178 SILVA, L.H.X., GOES, R.H.T.B., CARNEIRO, M.M.Y., BURIN, P.C., OLIVEIRA, E.R.,
1179 SOUZA, K.A., ÍTAVO, L.C.V., BRANCO, A.F. & OLIVEIRA, R.T. Produção total de
1180 gases e degradabilidade in vitro de dietas com torta de girassol. **Arch. Zootec.** 64,
1181 365–371. <https://doi.org/10.21071/az.v64i248.421> (2015).
- 1182 VAZQUEZ, A., FORESTI, M.L., CERRUTTI, P. & GALVAGNO, M. Bacterial Cellulose
1183 from Simple and Low Cost Production Media by *Gluconacetobacter xylinus*. **J. Polym.**
1184 **Environ.** 21, 545–554. <https://doi.org/10.1007/s10924-012-0541-3> (2013).
- 1185 YING, D., EDIN, L., CHENG, L., SANGUANSRI, L. & ANN, M. Enhanced oxidative
1186 stability of extruded product containing polyunsaturated oils. **LWT - Food Sci.**
1187 **Technol.** 62, 1105–1111. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.02.005> (2015).
- 1188
- 1189
- 1190

Capítulo 4

COMPOSIÇÃO À BASE DE UREIA E CARBOIDRATOS COM LIBERAÇÃO LENTA E PROCESSO PARA A SUA ELABORAÇÃO

Pedido nacional de invenção depositado no instituto nacional da propriedade industrial (INPI). Processo nº BR 10 2021 024842 4

Setor técnico

[1] A presente invenção se refere a um produto à base de ureia e carboidratos com liberação lenta, que pode ser aplicado como suplemento alimentar de liberação lenta. A invenção também compreende o processo para a preparação do produto com suas diferentes possibilidades de ingredientes.

[2] Este é um produto que pode ser utilizado na nutrição de animais ruminantes como suplemento alimentar, sendo então mais específico do setor técnico de nutrição animal.

Estado da técnica

[3] A ureia é uma fonte de nitrogênio de origem não proteica (NNP) amplamente empregada na dieta de ruminantes devido ao seu baixo custo e alta eficiência, sendo uma importante alternativa às fontes de proteína verdadeira. Os microrganismos ruminais são capazes de transformar esse nitrogênio em proteína de alto valor biológico. Para isso, há a necessidade também da presença dos carboidratos para fornecer energia e os esqueletos de carbono necessários a síntese proteica microbiana.

[4] Quando alcança o rúmen a ureia é rapidamente convertida em amônia e CO₂, o consumo excessivo de ureia e a baixa quantidade de carboidratos fermentáveis pode levar o animal a uma intoxicação por amônia. Isto ocorre quando há um acúmulo dessa amônia no rúmen e conseqüente elevação do pH, acarretando em uma absorção além da capacidade do processamento hepático. Alguns dos sintomas dessa intoxicação são salivação abundante, espasmos musculares, inquietação, micção constante, respiração ofegante, incoordenação motora, colapso respiratório e em casos mais graves pode levar o animal a morte.

1223 **[5]** A quantidade e velocidade de liberação da amônia no ambiente ruminal é então
1224 um fator determinante tanto para eficiência na transformação do nitrogênio alimentar
1225 em proteína microbiana quanto para a segurança alimentar dos suplementos
1226 contendo ureia, que são fornecidos aos ruminantes.

1227 **[6]** Visando melhorar a eficiência e reduzir, entre outros, os problemas de
1228 intoxicação, várias tecnologias para redução da solubilidade da ureia foram
1229 desenvolvidas. Por exemplo um processo de fabricação de ureia protegida (PI
1230 8504482-2A2), ureia protegida na matriz de lignina (PI 9714154-2A), ureia revestida
1231 com goma rosina (PI 0101344-0A2), ureia encapsulada com óleo vegetal e argila
1232 ativada (PI 0306289-9A8) e ureia revestida com cera animal (PI 1000676-1A2).

1233 **[7]** Estudos realizaram testes em alguns tipos ureias protegidas, dentre delas
1234 pode-se destacar a starea (HELMER et al., 1970), amiréia (BARTLEY E DEYOE,
1235 1975), ureia tratada com formaldeído (PROKOP et al., 1977), revestimento de ureia
1236 com óleo vegetal (OWENS et al., 1980) e ureia encapsulada com polímero (GALO et
1237 al., 2003).

1238 **[8]** Os testes realizados nos estudos sobre a eficiência do uso da ureia de liberação
1239 lenta demonstraram diferentes resultados. Por exemplo, OWENS et al., (1980),
1240 relataram bons resultados e verificaram um aumento significativo na digestibilidade
1241 aparente da matéria seca em novilhos. Já AZEVEDO et al., (2010), concluíram em
1242 seu trabalho que a ureia protegida por eles utilizadas no trabalho não demonstrou
1243 superioridade em relação à ureia pecuária.

1244 **[9]** Essas divergências podem estar associadas às diferentes metodologias de
1245 confecção de ureia protegida. Pode também, ser influenciada pelos variados materiais
1246 utilizados na proteção ou ainda a fatores relacionados aos demais componentes da
1247 dieta, como a pronta disponibilidade de carboidratos durante a liberação do nitrogênio
1248 no rúmen.

1249 **[10]** Após o levantamento do estado da técnica percebeu-se que há diversas
1250 metodologias utilizadas para controlar a solubilidade da ureia. Todas visando a
1251 redução dos problemas com a intoxicação, porém nenhuma destas teve como objetivo
1252 a melhoria na sincronização durante a liberação dos seus os componentes, fator esse
1253 necessário para uma melhor eficiência nesse tipo de suplemento.

1254

1255

1256

1257 **Problemas existentes**

1258 **[11]** O excesso de nitrogênio amoniacal (N-NH₃) devido à alta solubilidade da ureia
1259 pode levar o animal a quadros de intoxicação ou pelo menos irá constituir um
1260 desperdício energético, já que é requerida energia para eliminar o excesso de N-NH₃.
1261 Isso ocorre pois quando a ureia alcança o rúmen e não há carboidratos prontamente
1262 disponíveis para os microrganismos utilizarem o nitrogênio liberado, ocorre um
1263 acúmulo desse em forma de amônia no ambiente ruminal. Então, a amônia em
1264 excesso é absorvida pela parede do rúmen e, no fígado, convertida novamente em
1265 ureia para ser excretada ou reaproveitada. Esta conversão custa ao animal 12 kcal/g
1266 de nitrogênio. A excreção de ureia então representa um elevado custo biológico e
1267 desvio de energia para a manutenção das concentrações corporais de nitrogênio em
1268 níveis não tóxicos.

1269 **[12]** Assim, a pronta disponibilidade dos carboidratos no ambiente ruminal afeta a
1270 eficiência dos suplementos a base de ureia. A celulose, por exemplo, é um tipo de
1271 carboidrato que não fornece energia adequadamente ao sistema, pois possui
1272 transformação lenta no rúmen e sua velocidade de desdobramento não é adequada a
1273 da hidrólise da ureia. Já o amido parece ter uma velocidade mais condizente, sendo
1274 mais efetivo por apresentar uma taxa de degradação similar à da liberação da amônia
1275 pela ureia. Os carboidratos facilmente fermentáveis, como o melaço, fornecem a
1276 energia inicial adequada, porém, por serem muito solúveis, são rapidamente
1277 degradados e fornecem poucos esqueletos de carbono para síntese proteica.

1278 **[13]** Portanto, para a maximização do crescimento microbiano e maior eficiência na
1279 utilização da ureia há a necessidade de sincronização entre as taxas de liberação do
1280 nitrogênio e do carbono fornecidos pela dieta. Proporções adequadas de carboidratos
1281 de fermentação rápida e mediantemente fermentáveis potencializam a utilização do
1282 nitrogênio amoniacal, aumentando assim a população de microrganismos e
1283 consequentemente uma melhor digestibilidade da fibra, maior taxa de passagem,
1284 aumento de consumo de matéria seca e melhor desempenho produtivo dos
1285 ruminantes.

1286 **[14]** Outro ponto importante a ser destacado é sobre o teor de enxofre fornecido nas
1287 dietas contendo ureia. Esse ingrediente é fundamental nos suplementos alimentares
1288 proteicos pois são essenciais na síntese microbiana de aminoácidos sulfurados
1289 (metionina, cisteína e cistina) e quando não fornecido ou fornecido em pouca

1290 quantidade limita o uso da ureia pelos microrganismos. Por esse motivo se faz
1291 necessária também a suplementação com enxofre em dietas com altos níveis de
1292 ureia. A relação ótima entre nitrogênio e enxofre é de 12 a 15 partes de nitrogênio
1293 para uma de enxofre, relação essa nem sempre presente nos suplementos contendo
1294 ureia.

1295 **[15]** Portanto, para que os suplementos a base de ureia sejam mais eficientes e
1296 evitem os problemas de intoxicação, estes requerem além da liberação lenta uma
1297 sincronização com os carboidratos disponibilizados. Desta maneira evita-se quadros
1298 de intoxicação nos animais e melhora-se a eficiência dos suplementos a base de ureia.

1299

1300 **Objetivos da invenção e novidades**

1301 **[16]** O objetivo principal da invenção foi a obtenção de um produto à base de ureia
1302 e carboidratos, com liberação lenta. O dito produto libera tanto a ureia quanto o
1303 carboidrato presente de forma lenta, de modo que as altas concentrações de
1304 nitrogênio amoniacal sejam evitadas, bem como a falta de sincronização entre o
1305 nitrogênio e o carboidrato no ambiente ruminal.

1306 **[17]** Outro objetivo foi a obtenção de um processo econômico, simples e eficiente
1307 para o preparo dos diferentes produtos à base de ureia e carboidratos com liberação
1308 lenta.

1309

1310 **Descrição detalhada**

1311 **[18]** A presente invenção se refere a um produto à base de ureia e carboidratos e
1312 seu processo de elaboração. A metodologia de confecção permite a criação de um
1313 produto a base de ureia associada a diferentes fontes de carboidrato, que são
1314 revestidos com cera resultando em um suplemento alimentar capaz de fornecer a
1315 liberação lenta de seus ingredientes no ambiente ruminal.

1316 **[19]** Neste documento e em suas reivindicações, o termo “entre outros” indica que
1317 variações daquele ingrediente podem ocorrer, itens não especificamente
1318 mencionados não são excluídos. Além disso, a referência a um elemento pelo artigo
1319 indefinido “um” ou “uma” não exclui a possibilidade de que mais de um elemento esteja
1320 presente, a menos que esteja claramente definido.

1321 **[20]** O produto desenvolvido se caracteriza como um suplemento nutricional
1322 desenvolvido para animais ruminantes composto por ureia, fonte de carboidrato

1323 (melaço, amido, entre outros) e enxofre. Todos esses componentes são revestidos
1324 com cera (carnaúba, abelha, entre outras) que por fim recebem um agente dessecante
1325 (carbonato de cálcio, entre outros). As variações nos ingredientes podem ocorrer bem
1326 como a adição de ingredientes sem se afastar do escopo da invenção, já que a
1327 metodologia de confecção é o que permite atingir o objetivo da presente invenção.

1328 **[21]** O processo de elaboração então se inicia com a etapa 1 aonde é realizada a
1329 moagem dos ingredientes. O objetivo desta ação é a padronização no tamanho das
1330 partículas a serem recobertas e sua consequente sincronização na liberação.
1331 Portanto, a fonte de nitrogênio (ureia), a de carboidrato (melaço, amido, entre outros)
1332 e a de enxofre (flor de enxofre), devem inicialmente serem moídas utilizando peneiras
1333 de 1mm ou uma medida que padronize as partículas dos diferentes ingredientes.

1334 **[22]** A etapa 2 consiste na mistura física dos ingredientes recém moídos buscando
1335 a homogeneização destes. Nessa mistura estão: a fonte de nitrogênio (ureia),
1336 carboidrato (melaço, amido, entre outros) e a de enxofre (flor de enxofre). São
1337 consideradas proporções válidas dos ingredientes para a confecção do produto: 40 a
1338 80% para fonte de nitrogênio, 6 a 20% para a fonte de carboidrato e de 5 a 8% para a
1339 fonte de enxofre.

1340 **[23]** Na etapa 3, o material de revestimento (cera) deve ser, separadamente,
1341 aquecido a temperatura de liquefação (aproximadamente 80°C a depender do material
1342 utilizado). Nesta etapa é possível acrescentar aditivos (lipossolúveis) como óleos
1343 essenciais que almejem a melhoria do produto. A proporção do material de
1344 revestimento com ou sem aditivos varia entre 2 e 12%.

1345 **[24]** Em sequência, na etapa 4, a mistura física dos ingredientes da etapa 2 é
1346 também aquecida e novamente agitada (misturada) até a temperatura do material de
1347 revestimento (etapa 3). Assim que o equilíbrio de temperatura é atingido o
1348 revestimento deve ser vertido na mistura física de forma lenta (de preferência
1349 aspergido ou gotejado) mantendo-se a agitação.

1350 **[25]** Por fim, a etapa 5 consiste em retirar o aquecimento, mantendo-se a agitação
1351 da mistura até atingir a temperatura ambiente. O agente secante (carbonato de cálcio)
1352 é adicionado (de preferência polvilhado) na proporção de 4 a 10 % e homogeneizado.
1353

1354 Tabela 1. Proporções da composição final dos produtos

Nutriente necessário	Possíveis ingredientes	Quantidade em %
Fonte de nitrogênio	Ureia	40 a 80 %
Fonte de carboidrato	Melaço, amido, entre outros	6 a 20 %
Fonte de enxofre	Flor de enxofre	5 a 8 %
Material de revestimento	Cera de carnaúba, abelha, entre outros	2 a 12%
Aditivos	Óleos essenciais, aditivos nutricionais, própolis, entre outros	0 a 10 %
Agente secante/estabilizante	Carbonato de cálcio, entre outros	4 a 10%

1355

1356 **[26]** Durante a escolha dos materiais de revestimento deu-se preferência para as
 1357 ceras por serem um material hidrofóbico, natural, inerte, estável e já utilizado na
 1358 formulação e revestimento de produtos alimentícios. Qualquer material que tenha
 1359 essas características pode ser utilizado para esse tipo de revestimento.

1360 **[27]** As fontes de carboidratos utilizadas são aquelas que possuem degradação
 1361 intermediária, rápida ou até mesmo imediata como o melaço de cana, fécula de
 1362 mandioca, farinha de milho, farinha de mandioca, entre outros.

1363 **[28]** Os compostos desenvolvidos receberam a adição fonte de enxofre como
 1364 exemplo a flor de enxofre, ingrediente necessário para melhorar a eficiência do
 1365 suplemento como mencionado anteriormente.

1366 **[29]** Os aditivos como própolis, diversos óleos essenciais e outros aditivos
 1367 nutricionais também foram testados e podem ser adicionados com o objetivo de
 1368 melhorar a eficiência do composto.

1369 **[30]** A presente invenção então traz uma metodologia utilizada na fabricação de
 1370 diferentes compostos à base de ureia e carboidrato com liberação lenta o que permite
 1371 a obtenção de novos tipos de suplementos. Com isso, é possível reduzir a solubilidade
 1372 da ureia evitando os problemas de intoxicação, melhorando também a sincronia de
 1373 liberação entre a ureia e a fonte de carboidrato e simultaneamente entregando aditivos
 1374 nutricionais no ambiente ruminal.

1375

REIVINDICAÇÕES

1376

1377

1378 1. **COMPOSIÇÃO À BASE DE UREIA E CARBOIDRATOS COM LIBERAÇÃO**
1379 **LENTA E PROCESSO PARA SUA ELABORAÇÃO**, caracterizado por ser um produto
1380 à base de ureia e carboidratos com liberação lenta composto por:

1381 - 40 a 80% de uma fonte de nitrogênio,

1382 - 6 a 20% de uma fonte de carboidrato,

1383 - 5 a 8% de uma fonte de enxofre,

1384 - 2 a 12% de um material de revestimento,

1385 - até 10% de aditivos, e

1386 - 4 a 10% de um agente secante/estabilizante.

1387

1388 2. **COMPOSIÇÃO À BASE DE UREIA E CARBOIDRATOS COM LIBERAÇÃO**
1389 **LENTA E PROCESSO PARA SUA ELABORAÇÃO**, de acordo com a reivindicação
1390 1, caracterizado por utilizar como fonte de nitrogênio a ureia, entre outros.

1391

1392 3. **COMPOSIÇÃO À BASE DE UREIA E CARBOIDRATOS COM LIBERAÇÃO**
1393 **LENTA E PROCESSO PARA SUA ELABORAÇÃO**, de acordo com a reivindicação
1394 1, caracterizado por utilizar como fontes de carboidrato o melão, o amido, entre
1395 outros.

1396

1397 4. **COMPOSIÇÃO À BASE DE UREIA E CARBOIDRATOS COM LIBERAÇÃO**
1398 **LENTA E PROCESSO PARA SUA ELABORAÇÃO**, de acordo com a reivindicação
1399 1, caracterizado por utilizar como fonte de enxofre a flor de enxofre, entre outros.

1400

1401 5. **COMPOSIÇÃO À BASE DE UREIA E CARBOIDRATOS COM LIBERAÇÃO**
1402 **LENTA E PROCESSO PARA SUA ELABORAÇÃO**, de acordo com a reivindicação
1403 1, caracterizado por utilizar como materiais de revestimento a cera de carnaúba,
1404 abelha, entre outros.

1405

1406 6. **COMPOSIÇÃO À BASE DE UREIA E CARBOIDRATOS COM LIBERAÇÃO**
1407 **LENTA E PROCESSO PARA SUA ELABORAÇÃO**, de acordo com a reivindicação

1408 1, caracterizado por utilizar como aditivos: óleos essenciais, aditivos nutricionais,
1409 própolis, entre outros.

1410

1411 7. **COMPOSIÇÃO À BASE DE UREIA E CARBOIDRATOS COM LIBERAÇÃO**
1412 **LENTA E PROCESSO PARA SUA ELABORAÇÃO**, de acordo com a reivindicação
1413 1, caracterizado por utilizar como agentes secantes/estabilizantes o carbonato de
1414 cálcio, entre outros.

1415

1416 8. **COMPOSIÇÃO À BASE DE UREIA E CARBOIDRATOS COM LIBERAÇÃO**
1417 **LENTA E PROCESSO PARA SUA ELABORAÇÃO**, caracterizado por ser realizado
1418 por meio das seguintes etapas:

1419 • **Etapa 1:** padronização dos ingredientes através de moagem ou outros
1420 meios,

1421 • **Etapa 2:** mistura física dos ingredientes padronizados buscando a
1422 homogeneização destes,

1423 • **Etapa 3:** aquecimento do material de revestimento, que deve ser realizada
1424 separadamente, à temperatura de liquefação (aproximadamente 80°C a
1425 depender do material utilizado); nesta etapa é possível acrescentar aditivos
1426 (lipossolúveis) como exemplo óleos essenciais que almejem a melhoria da
1427 eficiência do produto,

1428 • **Etapa 4:** a mistura física dos ingredientes da etapa 2, seguida de
1429 aquecimento e agitação até a temperatura do material de revestimento, e
1430 após o equilíbrio de temperatura ser atingido o revestimento deve ser
1431 vertido na mistura física de forma lenta (de preferência aspergido ou
1432 gotejado) mantendo-se a agitação,

1433 • **Etapa 5:** resfriamento, mantendo-se a agitação da mistura até atingir a
1434 temperatura ambiente; em seguida adiciona-se o agente
1435 secante/estabilizante.

1436

1437 **Figuras**

(a)



(b)

Figura 1. Processo de moagem (a) e pesagem (b) de ingredientes**Figura 2. Mistura dos ingredientes**



(a)



(b)

Figura 3. Preparo da cera para o recobrimento: corte (a) e fusão (b)



Figura 4. Etapa de preparo dos produtos



(a)



(b)

Figura 5. Produtos finalizados para teste *in vivo* (a) e *in vitro* (b)

1438

1439

RESUMO

1440

1441

1442 COMPOSIÇÃO À BASE DE UREIA E CARBOIDRATOS COM LIBERAÇÃO
1443 LENTA E PROCESSO PARA SUA ELABORAÇÃO

1444

1445 A presente invenção se refere a um produto à base de ureia e carboidratos com liberação
1446 lenta. A invenção também compreende o processo para a elaboração desta composição
1447 alimentar com suas variadas possibilidades de ingredientes. Este é um produto que pode ser
1448 utilizado na nutrição de animais ruminantes como suplemento alimentar, sendo então
1449 específico do setor técnico de nutrição animal. A invenção compreende, em porcentagem
1450 de peso, de 40 a 80% de uma fonte de nitrogênio, de 6 a 20% de uma fonte de carboidrato,
1451 de 5 a 8% de uma fonte de enxofre, de 2 a 12% de material de revestimento, até 10% de
1452 aditivos e de 4 a 10% de agente secante/estabilizante.