










## Degradação ruminal e cinética de fermentação do capim Mulato II (Convert HD364) sob diferentes fontes de adubação nitrogenada

Ruminal degradation and fermentation kinetics of the Mulato II grass (Convert HD364) under different sources of nitrogen fertilization

Reginaldo Jacovetti<sup>1</sup> , Aldi Fernandes de Souza França<sup>1</sup> , Debora de Carvalho Basto<sup>1</sup> , Ludmilla Costa Brunes<sup>1</sup> , Leonardo Guimarães Oliveira<sup>1</sup> , Renata Vaz Ribeiro<sup>1</sup> , Mirella Paula Costa e Silva<sup>1</sup> , Emmanuel Arnhold<sup>1</sup> , Reginaldo Nassar Ferreira<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia, Goiás, Brasil

\*Autor correspondente: [ludmillabrunes@hotmail.com](mailto:ludmillabrunes@hotmail.com)

### Resumo

É importante avaliar o valor nutricional de novas espécies forrageiras, parâmetro que pode ser melhor caracterizado por meio de técnicas de fermentação e degradação ruminal. Objetivou-se avaliar os efeitos da adubação nitrogenada (N) sobre a cinética de fermentação e degradação ruminal do capim Mulato II. Duas fontes de N (ureia comum e protegida) foram utilizadas em dois períodos do ano (verão - I e outono - II). O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2x4 com três repetições. A fração A mudou com base na dosagem de N. A taxa de passagem (K) e a degradabilidade efetiva (DE) foram influenciadas pelas fontes e doses de N, enquanto a Fração B e *Lag Time* não foram influenciadas durante o período I. As frações A e B e DE foram influenciadas pelas fontes e doses de N durante o período II. *Lag time* e a degradabilidade potencial foram influenciadas apenas pelas fontes de N. Dentre os parâmetros cinéticos da fermentação ruminal da matéria seca obtidos no período I, apenas K1 foi influenciado pela interação entre doses de N x fontes, enquanto os demais parâmetros foram influenciados apenas pelas doses de N aplicadas. Já para o período II, com exceção do K2, todos os demais parâmetros foram influenciados pela interação das doses e fontes de N. A ureia protegida trouxe melhorias para os parâmetros fermentativos no período I. A dose equivalente à aplicação de 150kg/ha influenciou positivamente os parâmetros fermentativos ruminais do capim Mulato II, principalmente no verão. O uso de ureia protegida como fonte de nitrogênio melhorou os parâmetros de fermentação no verão.

**Palavras-chave:** Braquiária; cinética da digestão; digestibilidade; fermentação ruminal; produção de gás

### Abstract

It is important to evaluate nutritional value of new grass species, which can be better characterized through rumen fermentation and degradation techniques. The aim was to evaluate the effects of Nitrogen (N) fertilization on the kinetics of fermentation and ruminal degradation of the Mulato II grass. Two distinct sources of N (common and protected urea) were used during two periods of the year (summer - I and autumn - II). A completely randomized experimental design was used, in a 2x4 factorial arrangement with three replicates. Fraction A changed based on N dosage. The passage rate (K) and effective degradability (ED) were influenced by sources and doses of N, while Fraction B and Lag Time were not influenced during period I. Fractions A and B and EDs were all influenced by N sources and doses during period II. Lag time and potential degradability were influenced by N sources only. Among the kinetics parameters of dry matter ruminal fermentation obtained during period I, only K1 was influenced by the interaction between N doses x sources, while the remaining parameters were only influenced by the N doses applied. As for period II, with the exception of K2, all remaining parameters were influenced by the interaction of N doses and sources. Protected urea improved fermentation parameters during period I. The dose equivalent to applying 150kg/ha positively influenced ruminal fermentation parameters of the Mulato II grass mainly in the summer. The use of protected urea as a Nitrogen source improved fermentation parameters in the summer.

**Keywords:** Brachiaria; digestibility; digestion kinetics; rumen fermentation; gas production

Recebido: 21 de março de 2023. Aceito: 23 de agosto de 2023. Publicado: 2 de outubro de 2023.



Este é um artigo de Acesso Aberto distribuído sob os termos da Creative Commons Attribution License, que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o trabalho original seja devidamente citado.

<https://revistas.ufg.br/vet/index>

## 1. Introdução

Os sistemas de produção de bovinos em regiões tropicais baseiam-se, principalmente, na utilização de pastagens nativas ou cultivadas. Essas pastagens possuem como característica intrínseca a sazonalidade da produção, devido a períodos anuais de déficit hídrico e outras condições climáticas que prejudicam a produção de plantas forrageiras. Portanto, a baixa produtividade é comum e pode ser agravada por um manejo inadequado e ausência de correção e adubação do solo, causando degradação do solo e baixa lotação de pastagens<sup>(1)</sup>.

Um dos maiores desafios da pecuária a pasto é o uso eficiente do solo, com foco em melhores índices de produtividade aliado a estratégias de manejo adequadas a cada sistema de produção, visando aumentar a rentabilidade desses sistemas. Para ter sucesso, um fator importante é a escolha de uma cultivar com características desejáveis e rentáveis, como produtividade, aproveitamento pelos animais e resistência ao pisoteio<sup>(2)</sup>.

Dentre as espécies forrageiras utilizadas nas regiões tropicais, as mais cultivadas pertencem ao gênero *Brachiaria*. Isso ocorre, principalmente, porque este gênero apresenta alta adaptabilidade às condições edafoclimáticas, resistência ao pisoteio, além de produtividade e características bromatológicas satisfatórias<sup>(3)</sup>. Ainda, visando maior produtividade e qualidade nutricional, espécies deste gênero estão sendo utilizadas para obtenção de híbridos como o capim Mulato II. Nesse sentido, também é necessária a avaliação e caracterização da qualidade nutricional e do aproveitamento animal desses híbridos ainda pouco avaliados.

Outro fator com grande influência na qualidade da produção forrageira é a reposição de nutrientes no solo. Esta estratégia, além de aumentar a produção de forragem, aliada a um manejo adequado, é fundamental para garantir a fertilidade e conservação do solo. Nesse contexto, a dose e a fonte de adubação dependerão de fatores como a análise do solo e a lotação animal a que a pastagem será submetida, sendo fundamentais para a conservação do solo e para promover um melhor desempenho das espécies forrageiras e de bovinos<sup>(3-5)</sup>.

Quanto ao desempenho dos bovinos, é importante conhecer não só a capacidade produtiva da forragem, mas também o valor nutricional e as características de degradação ruminal das espécies forrageiras, garantindo assim maior assertividade no atendimento às necessidades nutricionais dos animais. Para este fim, técnicas como a degradabilidade *in situ* e a produção de gás *in vitro* podem ser utilizadas<sup>(6,7)</sup>.

A técnica de produção de gases *in vitro* para avaliação de alimentos para ruminantes baseia-se na produção de gases provenientes da fermentação de alimentos por microrganismos ruminais. Entre outros

gases, esta fermentação produz CO<sub>2</sub>, que está altamente correlacionado com a quantidade de matéria orgânica fermentada. Esta técnica é, portanto, uma ferramenta importante para avaliar o uso de alimentos por ruminantes<sup>(8)</sup>.

Associada à técnica de produção de gases *in vitro*, a técnica gravimétrica de degradabilidade ruminal *in situ* fornece informações importantes sobre a cinética e taxas de degradação ruminal das frações alimentares. Esta técnica baseia-se no desaparecimento dos alimentos durante o processo fermentativo ruminal, servindo como valiosa fonte de informação nutricional<sup>(9,10)</sup>.

Neste contexto, este estudo teve como objetivo avaliar a cinética de fermentação ruminal baseada na técnica de produção de gás *in vitro* e na técnica gravimétrica de degradabilidade *in situ* do capim Mulato II sob adubação nitrogenada, utilizando a ureia comum e protegida como fontes de nitrogênio.

## 2. Material e métodos

### 2.1 Local e condução do experimento

O projeto de pesquisa foi aprovado pelo Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA/PRPI) da Universidade Federal de Goiás (UFG), conforme protocolo número 116/15 emitido por esta instituição.

A avaliação da forrageira cultivar *Brachiaria* Mulato II foi realizada na área experimental da Faculdade de Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Goiás (UFG) no período entre dezembro de 2016 e junho de 2017 (16° 36' de latitude, 49° 16' de longitude e altitude de 727m). A classificação climática regional é Aw (quente e semiúmido com duas estações bem definidas: a seca de maio a outubro e a chuvosa de novembro a abril)<sup>(11)</sup>. Durante o período experimental, foram registradas temperaturas mínimas e máximas de 13 °C e 32 °C, conforme dados fornecidos pelo Laboratório Meteorológico da Faculdade de Agronomia e Engenharia de Alimentos da UFG. O solo da área experimental é classificado como latossolo Vermelho-Amarelo distrófico<sup>(12)</sup>. Para fins de caracterização química e física do solo, foram coletadas amostras de solo na profundidade de 0 a 20 cm. As análises foram realizadas a partir de subamostras compostas de solo antes do estabelecimento das parcelas experimentais, cujos resultados estão apresentados na Tabela 1.

Os tratamentos consistiram de quatro doses (0, 50, 100 e 150 kg/ha) e duas fontes (ureia comum e ureia protegida ou de liberação lenta) de N. Foi utilizado delineamento experimental fatorial 2x4, com duas fontes e quatro doses de N, com três repetições, totalizando 24 unidades experimentais. A proteção de ureia utilizada foi com polímeros e tecnologia Kimcoat®. O revestimento dos grânulos de ureia com polímeros foi realizado pela

**Tabela 1.** Resultados das características químicas e físicas do solo da área experimental

pH	S	P*	P**	K	K	Ca	Mg	H+Al	Al	CTC
mg/dm <sup>3</sup>					cmol/100dm <sup>3</sup>					
5,0	13	2	5	120	0,31	1,7	0,7	2,2	0,0	5,0
Argila	Silte	Areia	Sat.Base	Sat.Al	M.O	Ca/CTC	Mg/CTC	K/CTC		
%										
45	19	36	56	0	2,7	34	14	6		

\*P-Mellich 1. \*\* P- Resina. CTC: Capacidade de troca de cátion; Sat.Base: saturação de bases; Sat.Al: saturação de alumínio.

empresa detentora da tecnologia (desenvolvida pela Kimberlit), composta por camadas de aditivos. Os aditivos presentes no Kimcoat N protegem o fertilizante nitrogenado (ureia) das principais perdas que ocorrem durante o processo de fertilização, como volatilização de NH<sub>3</sub>, nitrificação e desnitrificação, e permitem maior presença de Nitrogênio na forma de amônio no solo (NH<sub>4</sub>)<sup>(13)</sup>.

O corte de nivelamento foi realizado no dia 5 de dezembro de 2016. Em seguida, foram aplicados os tratamentos. A dose equivalente a 50 kg/ha de N foi aplicada em dose única, enquanto as demais foram parceladas em duas aplicações: uma em 24 de dezembro de 2016 e outra em 25 de fevereiro de 2016. O restante do nitrogênio foi aplicado até atingir as doses de 100 e 150 kg/N.

Para proceder os cortes de avaliação da produção de forragem foi utilizado uma moldura metálica de formato retangular com área de 0,5 m<sup>2</sup>, com altura de 0,15 m, alocado aleatoriamente, dentro da parcela, sendo cortado todo o conteúdo que se encontrava dentro do quadrado e imediatamente pesado. Os cortes foram realizados manualmente. Uma amostra de aproximadamente 500 g, foi retirada e levada a estufa de circulação forçada de ar a 55 °C, por 72 horas, para fins da determinação da matéria pré-seca. Após a secagem, as amostras foram moídas em moinho do tipo “Willy” dotados de peneiras com crivo de 1 mm, para após serem procedidas as análises.

As análises de fibras insolúveis em detergente neutro (FDN) e em detergente ácido (FDA) foram realizadas seguindo os métodos propostos por Van Soest<sup>(14)</sup>, enquanto as análises de lignina seguiram métodos recomendados pela AOAC<sup>(15)</sup>.

Para as análises de produção de gases *in vitro* e de degradabilidade *in situ*, as amostras foram compostas da seguinte forma: para cada parcela foi criado um pool, misturando-se o mesmo peso de cada amostra seca e moída de cada corte de cada período (verão e outono), formando assim uma amostra de cada unidade experimental. A amostra analisada de cada tratamento consistiu-se de um pool de amostras de cada parcela de

cada tratamento em igual peso. A amostra controle foi criada misturando todas as amostras das seis parcelas, que não receberam adubação nitrogenada.

## 2.2 Produção de gás *in vitro*

Para a análise da produção de gases *in vitro* foi utilizado o equipamento Ankom RF Gas Production System®, sendo feita quatro repetições por tratamento para mensurar a produção de gases na matéria seca. Em cada frasco de vidro de 310 ml foi adicionado 1,0g de amostra, juntamente com 10 mL do inóculo + 80 mL de solução tampão Kansas<sup>(16)</sup>.

O meio de cultura foi preparado sob fluxo contínuo de CO<sub>2</sub> e mantido em banho-maria a 39°C seguindo técnica desenvolvida por Theodorou et al.<sup>(17)</sup> e modificado por Mauricio et al.<sup>(18)</sup>. O inóculo ruminal foi obtido de dois bovinos mestiços com peso médio de 480 kg e idade média de 60 meses, ambos com fistula ruminal. Os animais foram alimentados com dieta à base de *Brachiaria brizantha* cv. Marandú. O inóculo foi obtido coletando manualmente a fase sólida e a fase líquida do saco dorsal e ventral do rúmen em igual volume dos dois animais, armazenadas em garrafas térmicas pré-aquecidas a 39 °C e imediatamente levadas ao laboratório. O inóculo foi filtrado em duas camadas de tecido tipo pano de queijo e mantido em banho-maria a 39 °C.

As garrafas foram mantidas a 39°C em banho-maria e a pressão acumulada de cada frasco foi medida automaticamente a cada 10 minutos, até atingir o período de 48 horas pós-incubação, utilizando o equipamento Ankom RF Gas Production System®. O volume de gases produzidos foi calculado utilizando a lei dos gases ideais para calcular a quantidade de moles produzidos e, em seguida, utilizando a lei de Avogadro para encontrar o volume total do gás produzido.

O modelo logístico bicompartimental<sup>(19)</sup>, adotado para estimar padrões de fermentação microbiana, baseou-se na produção média de gás de cada amostra e foi determinado por:

$$V = VF1[1 - \exp(-K1(T-g))] + VF2[1 - \exp(-k2(T-g))]$$

Onde: V é o volume acumulado de gases

produzido no tempo (T), VF1 é o volume de gás produzido pela fração solúvel fermentada, K1 é a Taxa de produção de gases produzido pela fração solúvel fermentada, g é o Tempo de colonização (Lag Time), VF2 é o volume de gás produzido pela fração insolúvel fermentada e K2 é a Taxa de produção de gases produzido pela fração insolúvel fermentada.

### 2.3 Degradabilidade *in situ*

Para determinação da degradabilidade *in situ* das amostras, foram utilizados sacos de tecido não-tecido com gramatura de 100g/m<sup>2</sup>, confeccionados nas dimensões 20 x 5 cm e selados com seladora elétrica. Para obtenção do peso dos sacos vazios, estes foram lavados em acetona e colocados em bandejas, previamente forradas com papel isento de tinta na estufa a 55°C por aproximadamente 72 horas. Após trinta minutos dentro do dessecador, os sacos tiveram seus pesos registrados em balança analítica digital. Em seguida, foram adicionados duas gramas de amostra seguindo-se a relação de 20 mg de MS por centímetro quadrado de superfície<sup>(10)</sup>. Em seguida, os sacos foram selados com seladora elétrica.

Para incubação dos sacos foram utilizados dois bovinos mestiços holandês-zebu, ambos com fistula ruminal, pesando, aproximadamente, 500 kg de peso vivo. Os animais foram mantidos em piquetes de capim Mombaça, com água à vontade e suplementação mineral em cochos cobertos.

As incubações foram realizadas em saco de polipropileno para permitir o contato dos sacos de tecido não-tecido com o líquido ruminal, juntamente com um peso para garantir que permanecesse no saco ventral do rúmen. Os tempos de incubação foram: 0, 12, 24, 48, 72, 96, 120, 144 e 240 horas, realizados em ordem decrescente, seguindo procedimentos descritos por Nocek<sup>(20)</sup>. Ao final das 240 horas, todos os sacos de tecido não-tecido foram retirados de uma só vez, promovendo, desta forma, lavagem simultânea e uniforme do material.

Após a retirada dos sacos do rúmen, estes foram imersos em água fria com gelo para interromper o processo de degradação, sendo lavados em água corrente até que esta água apresentasse límpida. Em seguida, os sacos foram secos em estufa com ventilação forçada a 55°C por 72 horas.

### 2.4 Delineamento experimental e análises estatísticas

Para avaliar a degradabilidade *in situ*, os dados foram ajustados ao modelo de desaparecimento ruminal<sup>(10)</sup>. Os resultados foram submetidos à análise de variância e a comparação foi feita pelo teste de Tukey, com nível de significância de 5%. Para a análise da produção de gás *in vitro*, os dados foram ajustados ao modelo logístico bicompartimental<sup>(19)</sup> e as equações foram comparadas utilizando o teste de identidade de

modelos não lineares, utilizado para verificar a igualdade dos parâmetros entre os modelos<sup>(21)</sup>, utilizando o software estatístico R<sup>(22)</sup> ao nível de significância de 5%.

## 3. Resultados

As doses de nitrogênio não influenciaram os teores de FDN, FDA e lignina. Também não houve influência da fonte de nitrogênio nos teores de fibra da forragem (Tabela 2).

**Tabela 2.** Composição bromatológica dos teores de fibra do Mulato II nos dois períodos

Variável	Doses de Nitrogênio							
	Controle	50		100		150		
		Comum	Prot.	Comum	Prot.	Comum	Prot.	
Verão	FDN (%)	55,35	50,93	53,6	57,96	54,93	49,58	50,39
	FDA (%)	28,03	26,96	27,06	30,18	28,29	28,42	25,67
	Lignina (%)	6,95	6,21	5,74	5,79	6,04	7,35	5,56
	FDN (%)	57,67	58,85	57,09	60,03	58,12	56,66	55,46
Outono	FDA (%)	29,69	31,43	30,65	30,05	30,02	28,76	29,00
	Lignina (%)	7,85	8,05	7,93	9,57	7,88	7,78	8,68

Prot.: ureia protegida.

\*Os valores não apresentaram diferença estatística (P > 0,05).

A Tabela 3 apresenta os parâmetros de degradabilidade ruminal da matéria seca do capim Mulato II, nas duas estações do ano: período I e período II (verão e outono). A fração A diferiu (P<0,05) em função das doses de N; K(%/h), ED(K=2%) e ED(K=5%) foram influenciados pelas fontes e doses de N. Para K(%/h), o maior valor foi observado para a dose de adubação nitrogenada de 150 kg/ha, em comparação ao tratamento controle, e para a fonte de ureia comum. Quanto à Fração B e *Lag Time*, estes não foram influenciados nem pelas fontes de N nem pelas doses durante o verão.

Por outro lado, não foram observadas diferenças na fração solúvel para a fonte protegida de ureia no outono quando comparada ao tratamento controle. Já para a fonte de ureia comum, as doses de N de 100 e 150 kg/ha apresentaram menor quantidade de material solúvel quando comparadas ao tratamento controle e à fonte de ureia protegida (Tabela 3). Foi observado maior percentual de fração potencialmente degradável neste período para a dose de N de 150kg/ha para a ureia comum, quando comparada à dose de N de 50kg/ha, e à dose de N de 150 kg/ha para a ureia protegida.

Assim como no verão, a taxa de degradabilidade da fração potencialmente degradável foi maior para a dose de adubação nitrogenada de 150 kg/ha no outono, para a fonte comum de ureia em relação ao tratamento controle. Para ambos os períodos não foram observados efeitos nas doses de N em relação à fonte protegida de ureia.

**Tabela 3.** Degradabilidade ruminal da matéria seca do capim Mulato II sob adubação nitrogenada e duas fontes de N (ureia comum e protegida), em dois períodos.

Verão							
Parâmetro	Fonte de N	Controle	Doses de nitrogênio (kg/ha)			EPM	CV(%)
			50Kg	100Kg	150Kg		
Fração A	Comum	35,63 <sup>b*</sup>	38,18 <sup>a</sup>	37,25 <sup>ab</sup>	38,04 <sup>ab</sup>	0,63	3,38
	Protegida	35,63 <sup>b</sup>	38,79 <sup>a</sup>	38,22 <sup>a</sup>	38,78 <sup>a</sup>		
Fração B	Comum	49,67 <sup>a</sup>	46,73 <sup>a</sup>	48,11 <sup>a</sup>	48,88 <sup>a</sup>	0,95	3,92
	Protegida	49,67 <sup>a</sup>	47,16 <sup>a</sup>	46,91 <sup>a</sup>	49,42 <sup>a</sup>		
K (%/h)	Comum	3,00 <sup>b</sup>	4,60 <sup>Aa</sup>	1,90 <sup>c</sup>	4,00 <sup>a</sup>	0,003	16,74
	Protegida	3,00 <sup>a</sup>	2,50 <sup>Ba</sup>	2,50 <sup>b</sup>	3,50 <sup>a</sup>		
ED (k=2%)	Comum	65,22 <sup>b</sup>	70,27 <sup>Aa</sup>	60,78 <sup>Bc</sup>	70,63 <sup>a</sup>	0,54	1,62
	Protegida	65,22 <sup>b</sup>	64,88 <sup>Bb</sup>	64,25 <sup>Ab</sup>	70,15 <sup>a</sup>		
ED (k=5%)	Comum	54,05 <sup>b</sup>	60,18 <sup>Aa</sup>	50,58 <sup>Bc</sup>	59,78 <sup>a</sup>	0,54	1,94
	Protegida	54,05 <sup>b</sup>	54,44 <sup>Bb</sup>	53,85 <sup>Ab</sup>	59,05 <sup>a</sup>		
LagTime	Comum	1,45 <sup>a</sup>	1,45 <sup>a</sup>	0,84 <sup>a</sup>	0,55 <sup>a</sup>	0,35	66,34
	Protegida	1,45 <sup>a</sup>	0,47 <sup>a</sup>	1,10 <sup>a</sup>	1,20 <sup>a</sup>		
DP	Comum	85,30 <sup>a</sup>	84,91 <sup>a</sup>	85,36 <sup>a</sup>	86,92 <sup>a</sup>	0,71	1,65
	Protegida	85,30 <sup>b</sup>	85,95 <sup>b</sup>	85,13 <sup>b</sup>	88,20 <sup>a</sup>		

Outono							
Parâmetro	Fontes de N	Controle	Doses de nitrogênio (kg/ha)			MSE	CV(%)
			50Kg	100Kg	150Kg		
Fração A	Comum	37,22 <sup>a</sup>	36,24 <sup>ab</sup>	33,93 <sup>Bb</sup>	34,42 <sup>Bb</sup>	0,70	3,88
	Protegida	37,22 <sup>a</sup>	37,00 <sup>a</sup>	36,77 <sup>Aa</sup>	36,63 <sup>Aa</sup>		
Fração B	Comum	48,11 <sup>ab</sup>	46,97 <sup>b</sup>	48,94 <sup>ab</sup>	50,19 <sup>a</sup>	0,54	2,24
	Protegida	48,11 <sup>a</sup>	48,33 <sup>a</sup>	48,33 <sup>a</sup>	46,52 <sup>Ba</sup>		
K (%/h)	Comum	2,60 <sup>b</sup>	2,90 <sup>ab</sup>	3,20 <sup>ab</sup>	3,50 <sup>a</sup>	0,002	11,56
	Protegida	2,60 <sup>a</sup>	2,70 <sup>a</sup>	3,10 <sup>a</sup>	3,20 <sup>a</sup>		
DE(k=2%)	Comum	64,49 <sup>ab</sup>	63,96 <sup>b</sup>	63,90 <sup>Bb</sup>	66,18 <sup>a</sup>	0,52	1,59
	Protegida	64,49 <sup>a</sup>	64,71 <sup>a</sup>	66,12 <sup>Aa</sup>	64,92 <sup>a</sup>		
DE(k=5%)	Comum	53,78 <sup>a</sup>	53,41 <sup>a</sup>	52,89 <sup>Ba</sup>	54,91 <sup>a</sup>	0,53	1,95
	Protegida	53,78 <sup>a</sup>	53,90 <sup>a</sup>	55,28 <sup>Aa</sup>	54,53 <sup>a</sup>		
LagTime	Comum	0,70 <sup>a</sup>	0,85 <sup>a</sup>	1,27 <sup>a</sup>	0,99 <sup>Aa</sup>	0,19	43,69
	Protegida	0,70 <sup>a</sup>	1,02 <sup>a</sup>	0,94 <sup>a</sup>	0,42 <sup>Ba</sup>		
DP	Comum	85,33 <sup>a</sup>	83,22 <sup>Ba</sup>	82,86 <sup>Ba</sup>	84,62 <sup>a</sup>	0,67	1,59
	Protegida	85,33 <sup>a</sup>	85,34 <sup>Aa</sup>	85,09 <sup>Aa</sup>	83,15 <sup>a</sup>		

Fração A: fração solúvel; Fração B: fração potencialmente degradável; K: taxa de degradação da fração B; DE (k=2%): degradabilidade efetiva da taxa de passagem de 2%; DE (k=5%): degradabilidade efetiva da taxa de passagem de 5%; LagTime: Tempo de colonização; DP: degradabilidade potencial. EPM: erro padrão da média; CV: coeficiente de variação.

\*Médias seguidas de mesma letra minúscula na mesma linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si (P>0,05).

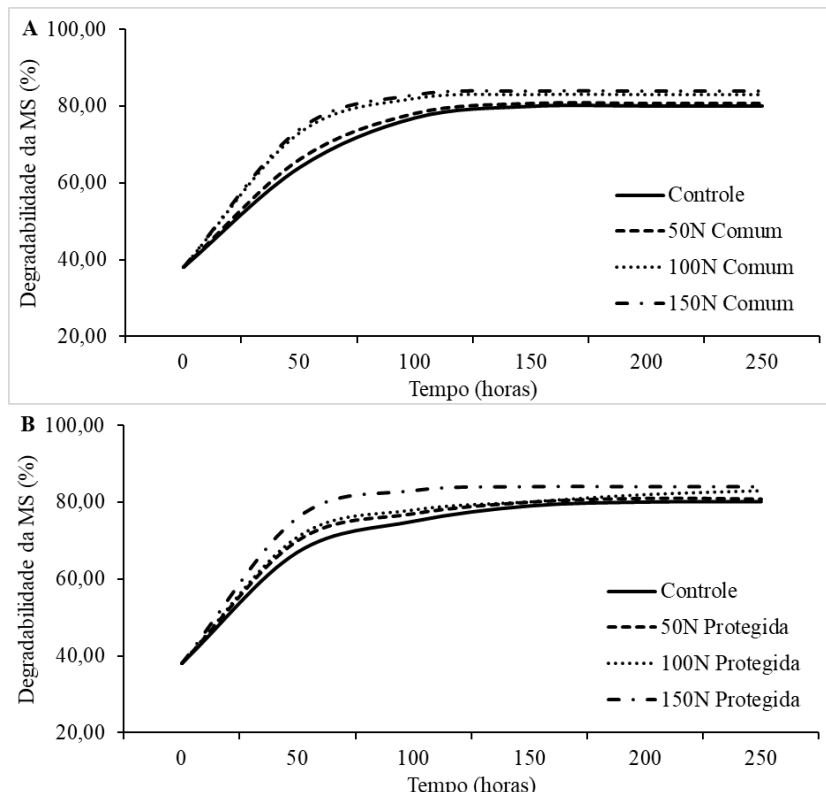
Foi observado aumento na degradabilidade efetiva na taxa de passagem de 2% (DE 2%) em função da adubação nitrogenada na dose equivalente a 150 kg/ha de N para ambas as fontes em relação ao tratamento controle no verão. Este efeito não foi observado no outono. A DE2% é considerada uma taxa de passagem ruminal baixa<sup>(23)</sup> para forrageiras e indica a degradação do material quando permanece no rúmen por 48 horas. A DE (k=5%), não foi influenciada pelas fontes de N, mas neste caso foi observada diferença significativa para a dose de N de 100 kg/ha, sendo o menor valor observado para a fonte protegida de ureia.

Em relação ao *Time Lag*, foi observada superioridade ao utilizar ureia protegida na dose de 150kg/ha, quando comparada à ureia comum (Tabela 3). Foi verificado efeito positivo na degradabilidade potencial em doses equivalentes a 50 e 100 kg/ha de N quando se utilizou ureia protegida em comparação às mesmas doses de ureia comum. Entretanto, nenhuma diferença foi observada quando comparada ao tratamento controle.

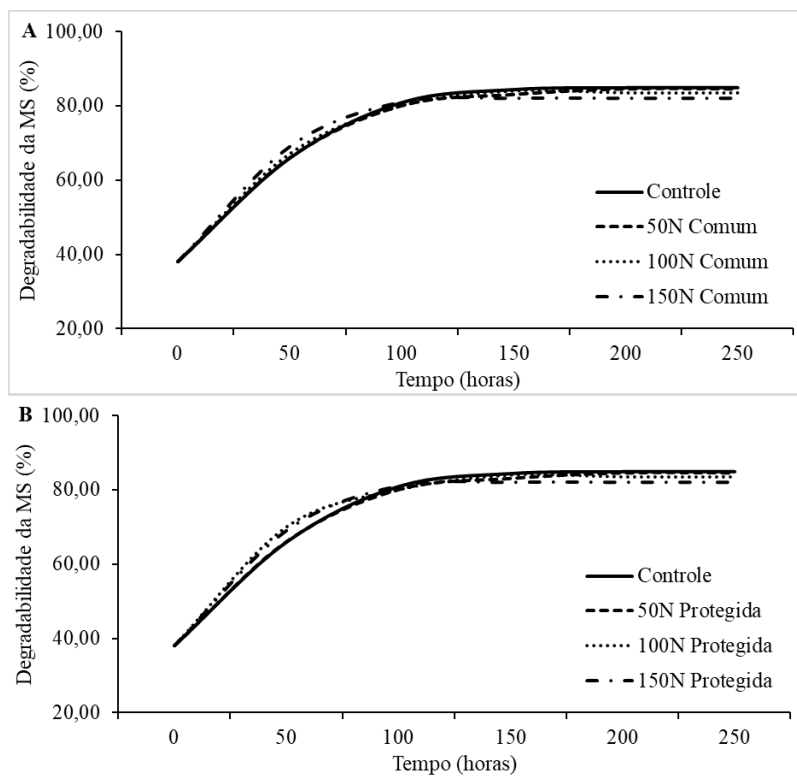
Na Figura 1 pode ser observado o efeito do

desaparecimento ruminal da matéria seca nos tratamentos analisados, destacando assim o efeito da degradação mais lenta no tratamento controle quando comparado à aplicação de 150kg/ha de N em ambas as fontes de N. O padrão de degradação nos tratamentos sofreu pouca alteração no outono, conforme pode ser observado na Figura 2.

Os parâmetros da cinética de fermentação ruminal da matéria seca obtidos pela produção de gás *in vitro* são apresentados na tabela 4. Foi observado aumento no volume final de gás produzido pela fermentação da fração solúvel com a dose equivalente à aplicação de 50kg/ha de Nitrogênio no verão tendo como fonte ureia protegida. No outono, o mesmo efeito foi observado para as maiores doses de N. Os maiores volumes de fermentação da fração solúvel foram obtidos nas doses de N de 100 e 150 kg/ha com ureia protegida como fonte e na dose de N de 100kg/ha, tendo a ureia comum como fonte de N. Juntamente com o volume de gás produzido, a taxa de degradação da fração solúvel foi maior para a dose de N de 150 kg/ha com ureia protegida como fonte, no período do outono.



**Figura 1.** Curvas de degradabilidade ruminal da matéria seca (MS) pela técnica de degradabilidade *in situ* do capim Mulato II no verão, sob adubação nitrogenada (N) e fontes de N: ureia comum (A) e ureia protegida (B).



**Figura 2.** Curvas de degradabilidade ruminal da matéria seca (MS) pela técnica de degradabilidade *in situ* do capim Mullato II no outono sob adubação nitrogenada (N) e fontes de N: ureia comum (A) e ureia protegida (B).

A adubação nitrogenada tendo como fonte a ureia comum favoreceu a colonização da matéria por bactérias ruminais no verão e no outono. Essa colonização foi mais rápida para a maior dose de N (150kg/ha), e apenas no verão para a fonte protegida de ureia. Foi observado menor volume de gás da fração potencialmente degradável em ambos os períodos com dose de N de 150kg/ha como fonte a ureia protegida.

#### 4. Discussão

A ausência de influência significativa causada pelas doses de N nos teores de FDN e FDA pode ser associada à época de avaliação, principalmente, durante o período vegetativo (Tabela 2). Embora maiores taxas de crescimento possam resultar no acúmulo de colmos e aumento dos teores de FDN, a adoção do critério de manejo da forragem a 95% de interceptação luminosa reduz o alongamento do colmo devido ao pastejo. Este comportamento pode justificar os resultados obtidos para

as porções fibrosas.

Os teores de FDN influenciam a cinética de desaparecimento ruminal e está inversamente associado ao consumo voluntário de alimentos, assim como os teores de FDA e lignina é inversamente proporcional à digestibilidade potencial do alimento<sup>(24,25)</sup>.

A medida que as plantas crescem, o desenvolvimento da parede celular proporciona maior firmeza a estrutura da planta, produzindo celulose e hemicelulose, sustentando assim a planta. Com o avançar do desenvolvimento, a lignina também é depositada, cujo papel é cimentar a estrutura da parede celular<sup>(26)</sup>. Os valores de FDN e FDA encontrados no presente experimento (Tabela 2) são semelhantes aos relatados por Delavatti et al.<sup>(27)</sup> avaliando *Brachiaria*, porém, apresentando menores valores de lignina quando comparado a presente pesquisa.

Foi observado um aumento na fração prontamente solúvel do material no período do verão com a adubação

**Tabela 4.** Produção *in vitro* de gás da matéria seca do capim Mulato II sob adubação nitrogenada e duas fontes de N (ureia comum e protegida) em dois períodos

Parâmetro	Fonte de ureia	Controle	Verão		
			Doses de nitrogênio (kg/ha)		
			50	100	150
VF1 (ml/g MS)	Comum	7.86 <sup>a*</sup>	7.66 <sup>a</sup>	8.29 <sup>a</sup>	7.97 <sup>a</sup>
	Protegida	7.86 <sup>b</sup>	8.96 <sup>a</sup>	7.80 <sup>b</sup>	7.89 <sup>b</sup>
K1 (%/h)	Comum	3.90 <sup>a</sup>	4.40 <sup>a</sup>	4.00 <sup>Aa</sup>	3.90 <sup>Ba</sup>
	Protegida	3.90 <sup>b</sup>	4.10 <sup>b</sup>	2.90 <sup>Bc</sup>	4.90 <sup>Aa</sup>
Lag Time (h)	Comum	9.51 <sup>a</sup>	7.57 <sup>b</sup>	7.65 <sup>b</sup>	7.58 <sup>Ab</sup>
	Protegida	9.51 <sup>a</sup>	8.14 <sup>b</sup>	8.20 <sup>b</sup>	6.83 <sup>Bc</sup>
VF2 (ml/g MS)	Comum	4.21 <sup>a</sup>	3.31 <sup>a</sup>	3.96 <sup>a</sup>	4.77 <sup>a</sup>
	Protegida	4.21 <sup>ab</sup>	3.13 <sup>b</sup>	4.55 <sup>a</sup>	3.21 <sup>b</sup>
K2 (%/h)	Comum	9.00 <sup>a</sup>	12.60 <sup>a</sup>	11.10 <sup>a</sup>	10.60 <sup>a</sup>
	Protegida	9.00 <sup>b</sup>	14.80 <sup>a</sup>	9.70 <sup>b</sup>	17.60 <sup>a</sup>
Parâmetro	Fonte de ureia	Controle	Outono		
			Doses de nitrogênio (kg/ha)		
			50	100	150
VF1 (ml/g MS)	Comum	7.70 <sup>b*</sup>	6.16 <sup>b</sup>	9.63 <sup>a</sup>	7.18 <sup>Bb</sup>
	Protegida	7.70 <sup>b</sup>	7.64 <sup>b</sup>	8.43 <sup>ab</sup>	9.50 <sup>Aa</sup>
K1 (%/h)	Comum	3.60 <sup>a</sup>	3.80 <sup>a</sup>	4.10 <sup>a</sup>	3.80 <sup>Ba</sup>
	Protegida	3.60 <sup>b</sup>	4.40 <sup>a</sup>	4.10 <sup>ab</sup>	4.70 <sup>Aa</sup>
Lag Time (h)	Comum	7.73 <sup>b</sup>	8.53 <sup>a</sup>	7.94 <sup>b</sup>	6.73 <sup>Bc</sup>
	Protegida	7.73 <sup>a</sup>	7.60 <sup>a</sup>	8.29 <sup>a</sup>	8.08 <sup>Aa</sup>
VF2 (ml/g MS)	Comum	3.85 <sup>a</sup>	4.63 <sup>a</sup>	1.83 <sup>b</sup>	3.63 <sup>Aa</sup>
	Protegida	3.85 <sup>a</sup>	3.22 <sup>a</sup>	2.58 <sup>ab</sup>	1.48 <sup>Bb</sup>
K2 (%/h)	Comum	9.70 <sup>a</sup>	10.6 <sup>a</sup>	12.00 <sup>a</sup>	12.30 <sup>a</sup>
	Protegida	9.70 <sup>b</sup>	12.9 <sup>b</sup>	14.40 <sup>ab</sup>	24.10 <sup>a</sup>

\*VF1: Volume de gás produzido pela fração solúvel; K1: taxa de degradação da fração solúvel; Lag Time: Tempo de colonização; VF2: Volume de gás produzido pela fração potencialmente degradável; K2: taxa de degradação da fração potencialmente degradável.

\* Médias seguidas de mesma letra minúscula na mesma linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si (P>0,05) pelo teste de Identidade de modelos.

de 50 kg/ha de N tendo como fonte ureia protegida, quando comparado ao tratamento controle (Tabela 3). Nessa fração são encontrados conteúdos celulares, minerais e carboidratos solúveis presentes na parede celular. Este fato está ligado ao padrão de crescimento da planta, uma vez que forrageiras submetidas a adubação apresentam maiores quantidades de material solúvel por apresentarem maior atividade celular devido ao processo

de crescimento<sup>(27)</sup>. Esta observação corrobora com os resultados relatados por Leite et al.<sup>(28)</sup>, que demonstraram menores valores de fração solúvel em plantas forrageiras em crescimento e com maior proporção de folhas verdes de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. Porém, valores inferiores aos do presente estudo foram relatados por Araújo et al.<sup>(29)</sup>, em estudo avaliando *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em monocultivo, sem adubação nitrogenada,

em relação à composição de folhas e caule. O menor teor de material solúvel utilizando doses de ureia comum pode estar ligado ao crescimento da planta devido à mudança na intensidade luminosa captada pela planta. Isto pode reduzir o seu crescimento, reduzindo proporcionalmente o conteúdo celular em relação ao conteúdo da parede celular.

A semelhança entre a fração potencialmente degradável nos diferentes tratamentos durante o verão (Tabela 3) pode ser atribuída à disponibilidade de água e luminosidade do solo, permitindo o crescimento vegetativo da planta e a formação de uma parede celular menos lignificada, facilitando assim a degradação pelos microrganismos ruminais<sup>(28,30,31)</sup>.

Taxas de degradação semelhantes foram encontradas por Tosta et al.<sup>(32)</sup>, ao avaliar *Brachiaria brizantha* cv. Marandu consorciada com a palmeira Babaçu com diferentes densidades de cultivo. Durante o crescimento vegetativo da planta, antes da planta emitir inflorescência, o acúmulo de paredes celulares com maior potencial de degradação ruminal é maior do que durante o crescimento reprodutivo. Este fato favorece a digestibilidade da forragem no período de maior crescimento vegetativo, permitindo assim maior esvaziamento ruminal e, conseqüentemente, maior fornecimento de nutrientes aos ruminantes, promovendo melhor desempenho animal neste período<sup>(33,34)</sup>.

Assim como a fração solúvel aumentou a degradabilidade ruminal em relação ao tratamento controle (Tabela 4), esta fração solúvel também apresenta maior taxa de fermentação, estando mais prontamente disponível no rúmen. A técnica de produção de gases *in vitro* permite uma avaliação precisa das frações fermentáveis, mas é complementar às técnicas gravimétricas de estimativas de degradação ruminal<sup>(6,35)</sup>.

Valores semelhantes de produção de fração solúvel de gás foram relatados por Garcez et al.<sup>(34)</sup> para gramíneas *Panicum*. A maior dose de N apresentou maior taxa de fermentação da fração solúvel. Além de uma maior fermentação da fração solúvel, esta fermentação ocorre de forma mais rápida, disponibilizando mais rapidamente os nutrientes presentes na matéria seca da forrageira, favorecendo assim, o crescimento bacteriano e a produção dos ácidos graxos de cadeia curta, portanto, podendo oferecer maior aporte de energia em um menor espaço de tempo para os animais<sup>(33,36)</sup>.

Em estudo com forrageiras *Cynodon* submetidas à adubação nitrogenada, Assis et al.<sup>(37)</sup> também não encontraram efeito no tempo de colonização ruminal. Tempos de colonização inferiores aos encontrados no presente experimento foram relatados por Garcez et al.<sup>(34)</sup> para gramíneas *Panicum*, provavelmente devido a colheitas em idades diferentes. O tempo de colonização está associado à capacidade dos microrganismos ruminais de se fixarem às partículas, aumentando quando há maior

proporção de parede celular lignificada na forragem, dificultando a adesão dos microrganismos<sup>(34)</sup>. Assim, os baixos níveis de lignina observados podem justificar o menor tempo de colonização.

O menor volume de gás obtido da fração potencialmente degradável pode ser justificado devido a degradação mais lenta em comparação a fração solúvel. Valores superiores foram relatados por de Sá et al.<sup>(38)</sup> em estudo avaliando diferentes idades de corte de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, utilizando diferentes técnicas de avaliação e equações de determinação, além de um tempo de avaliação superior ao do presente experimento. As discrepâncias entre os estudos são atribuídas ao uso de diferentes técnicas e equações. Além disso, esses resultados também podem estar associados a variações nos teores de FDN e celulose nas espécies forrageiras avaliadas, que influenciam a porção potencialmente degradável pelos animais.

## 5. Conclusão

A dose equivalente à aplicação de 150kg/ha influenciou positivamente os parâmetros de fermentação ruminal do capim Mulato II, principalmente no verão. O uso de ureia protegida como fonte de nitrogênio melhorou os parâmetros de fermentação no verão. A adubação com ureia protegida na dose de 150 kg/ha de N pode ser recomendada, visando melhorar o aproveitamento da matéria seca da forragem pelos ruminantes.

### Declaração de conflitos de interesses

Nenhum conflito de interesse foi declarado pelos autores.

### Contribuições do autor

*Conceituação:* R. Jacovetti, A. F. de S. França, D. de C. Basto, E. Arnhold e R. N. Ferreira. *Curadoria de dados:* R. Jacovetti, A. F. de S. França, D. de C. Basto, R. V.Ribeiro, M. P. C. Silva, E. Arnhold e R. N. Ferreira. *Análise formal:* R. Jacovetti, A. F. de S. França, D. de C. Basto e L. G. Oliveira. *Investigação:* R. Jacovetti, A. F. de S. França, D. de C. Basto, R. V.Ribeiro, M. P. C. Silva, E. Arnhold e R. N. Ferreira. *Redação (esboço original):* R. Jacovetti, A. F. de S. França, D. de C. Basto, L. G. Oliveira, E. Arnhold e R. N. Ferreira. *Redação (revisão & edição):* L. C. Brunes.

### Agradecimentos

Agradecemos à Dow AgroSciences e à Agroquima Produtos Agropecuários pela contribuição dos insumos e sementes utilizados neste experimento.

### Referências

- Oliveira V da S, Morais JAS, Fagundes JL, Irla GSL, Santana JCS, Santos CB. Efeito da irrigação na produção e qualidade de pastagens durante o período da seca. *Rev Cient e Med Vet.* 2016;14(26):1–10. Disponível em: <https://www.bvs-vet.org.br/>



[vetindex/periodicos/revista-cientifica-eletronica-de-medicina-veterina/26-\(2016\)/efeito-da-irrigacao-na-producao-e-qualidade-de-pastagens-durante-o-per/](#)

2. Dantas GF, Faria RT de, Santos GO, Dalri AB, Palaretti LF. Produtividade e qualidade da Brachiaria irrigada no outono/inverno. *J Brazilian Assoc Agric Eng.* 2016;36(3):469–481. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v36n3p469-481/2016>
3. Silva RF da, Silva I de F da, Dias B de O, Silva RF da, Carneiro K de AA, Rego ER do. Nitrogen fertilization in Brachiaria decumbens Stapf grass under degraded soil condition. *Res Soc Dev.* 2020;9(10):e3399108578. Disponível em: <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i10.8578>
4. Benteo G de L, Verzignassi JR, Fernandes CD, Valle CB do, Macedo MCM, Libório CB de, Monteiro LC. Productivity and quality of Brachiaria brizantha B4 seeds in function of nitrogen doses. *Ciência Rural.* 2016;46(9):1566–71. Disponível em: <http://doi.org/10.1590/0103-8478cr20151536>
5. Cecagno D, Anghinoni I, Costa SEVG de A, Brambilla DM, Martins AP, Magiero EC, Bagatini T, Assmann JM, Nabinger C. Long-term nitrogen fertilization in native pasture with Italian ryegrass introduction - Effects on soil health attribute indicators. *Ciência Rural.* 2017;47(5). Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20150635>
6. Blümmel M, Ørskov ER. Comparison of in vitro gas production and nylon bag degradability of roughages in predicting feed intake in cattle. *Anim Feed Sci Technol.* 1994;40(2):109–19. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(93\)90150-I](https://doi.org/10.1016/0377-8401(93)90150-I)
7. Daza J, Benavides D, Pulido R, Balocchi O, Bertrand A, Keim J. Rumen In Vitro Fermentation and In Situ Degradation Kinetics of Winter Forage Brassicas Crops. *Animals.* 2019;9(11):904. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ani9110904>
8. Peripolli V, Barcellos JOJ, Prates ER, McManus C, Stella LA, Camargo CM, Costa Jr JBG, Bayer C. Additives on in vitro ruminal fermentation characteristics of rice straw. *Rev Bras Zootec.* 2017;43(3):240–250. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1806-92902017000300009>
9. Mohammadabadi T, Chaji M, Direkvandi E, Alqaisi O. Effect of replacing alfalfa hay with *Leucaena leucocephala* (L. Leucocephala) leaves on in vitro gas production, digestibility and in situ degradability in buffalo. *Acta Sci Anim Sci.* 2021;43:e52129. Disponível em: <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v43i1.52129>
10. Ørskov ER, Hovell FFD, Mould F. The use of the nylon bag technique for the evaluation of feedsuffs. *Trop Anim Prod.* 1980;5:195–213.
11. Dubreuil V, Fante KP, Planchon O, Sant'anna JL. Os tipos de climas anuais no Brasil : uma aplicação da classificação de Köppen de 1961 a 2015. *Confins.* 2018;37. Disponível em: <https://doi.org/10.4000/confins.15738>
12. Santos HG dos, Jacomine PKT, Anjos LHC dos, Oliveira VA de, Lumbreras JF, Coelho MR, Almeida JA de, Araújo Filho JC de, Oliveira JB de, Cunha TJF. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 5th ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos; 2006. 355p.
13. Roberto ARJ. Uma nova ferramenta para otimização do uso de fertilizantes. *Informações Agronômicas.* Piracicaba: INPI; 2007. 117p.
14. Van Soest PJ. Nutritional ecology of the ruminant. New York: Cornell University Press; 1994. 528 p.
15. AOAC - Association of Analytical Chemists. Official Methods of Analysis of AOAC International. 21st ed. Washington, DC: AOAC; 2019. 3390 p.
16. Marten GC, Barnes RF. Prediction of energy digestibility of forages with in vitro rumen fermentation and fungal enzyme systems. *Stand Anal Methodol Feed.* 1979;4:61–71. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10625/19412>
17. Theodorou MKK, Williams BAA, Dhanoa MSS, McAllan ABB, France J. A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. *Anim Feed Sci Technol.* 1994;48(3):185–197. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(94\)90171-6](https://doi.org/10.1016/0377-8401(94)90171-6)
18. Maurício RM, Mould FL, Dhanoa MS, Owen E, Channa KS, Theodorou MK. A semi-automated in vitro gas production technique for ruminant feedstuff evaluation. *Anim Feed Sci Technol.* 1999;79:321–30. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(99\)00033-4](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(99)00033-4)
19. Schofield P, Pitt RE, Pell AN. Kinetics of Fiber Digestion from in-Vitro Gas-Production. *J Anim Sci.* 1994;72(11):2980–2991. Disponível em: <https://doi.org/10.2527/1994.72112980x>
20. Nock JE. In situ and Other Methods to Estimate Ruminant Protein and Energy Digestibility: A Review. *J Dairy Sci.* 1988;71(8):2051–69. Disponível em: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(88\)79781-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(88)79781-7)
21. Regazzi AJ. Teste para verificar a identidade de modelos de regressão. *Pesqui Agropecu Bras.* 1996;31(1):1–17. Disponível em: <https://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/4446>
22. R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, 2021.
23. NRC. Nutrient requirements of dairy cattle. 7th ed. Washington, DC: National Academic Press; 2001. 401 p.
24. Kendall C, Leonardi C, Hoffman PC, Combs DK. Intake and milk production of cows fed diets that differed in dietary neutral detergent fiber and neutral detergent fiber digestibility. *J Dairy Sci.* 2009;92(1):313–23. Disponível em: <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1482>
25. Guerra GL, Becquer T, Vendrame PRS, Galbeiro S, Brito OR, Silva L das FDF da, Felix JC, Lopes MR, Henz EL, Mizubuti IY. Nutritional evaluation of Brachiaria brizantha cv. Marandu cultivated in soils developed from basalt and sandstone in the state of Paraná. *Semin Ciências Agrárias* 2019;40(1):469–484. Disponível em: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2019v40n1p469>
26. Pereira GF, Emerenciano Neto JV, Difante G dos S, Assis LC da SLC, Lima P de O, Santos R da S. Production and quality of tropical grasses at different regrowth intervals in the Brazilian semiarid. *Acta Sci Anim Sci.* 2021;43:e52842. Disponível em: <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v43i1.52842>
27. Delevatti LM, Cardoso AS, Barbero RP, Leite RG, Romanzini EP, Ruggieri AC, Reis RA. Effect of nitrogen application rate on yield, forage quality, and animal performance in a tropical pasture. *Sci Rep.* 2019;9(1):7596. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41598-019-44138-x>
28. Leite RG, Cardoso A da S, Fonseca NVB, Silva MLC, Tedeschi LO, Delevatti LM, Ruggieri AC, Reis RA. Effects of nitrogen fertilization on protein and carbohydrate fractions of Marandu palisadegrass. *Sci Rep.* 2021;11(1):14786. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-94098-4>
29. Araujo RA, Rodrigues RC, Costa CS, Santos FNS, Costa FO, Lima AJT, Silva IR da, Rodrigues MM. Composição químico-bromatológica e degradabilidade in situ de capim- Marandu em sistemas silvipastoris formados por babaçu e em mono-

cultivo. *Rev Bras Saude e Prod Anim.* 2016;17(3):401–412. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1519-99402016000300007>

30. Krämer M, Weisbjerg MR, Lund P, Jensen CS, Pedersen MG. Estimation of indigestible NDF in forages and concentrates from cell wall composition. *Anim Feed Sci Technol.* 2012;177(1):40–51. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2012.07.027>

31. Oliveira CA de. Efeito da inclusão de doses de *Saccharomyces cerevisiae* sobre a digestibilidade da fibra e metabolismo ruminal de bovinos Nelore recebendo dietas com ou sem suplementação energética. Pirassununga: Universidade de São Paulo; 2017. 74 p. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/10/10135/tde-31012018-110544/pt-br.php>

32. Tosta XM, Rodrigues RC, Sanches SSC, Araujo JS, Lima Junior AD, Costa CS, Shigaki F, Mendes S da S. Nutritive value and in situ rumen degradability of Marandu pali-sade grass at different locations within the pasture in a silvo-pastoral system with different babassu palm densities. *Trop Grasslands.* 2015;3:187–93. Disponível em: [https://doi.org/10.17138/t-gft\(3\)187-193](https://doi.org/10.17138/t-gft(3)187-193)

33. Sniffen CJ, O'Connor JD, Van Soest PJ, Fox DG, Russell JB. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. *J Anim Sci.* 1992;70(11):3562–3577. Disponível em: <https://doi.org/10.2527/1992.70113562x>

34. Garcez BS, Alves AA, Macedo E de O, Santos CM dos, Araújo DL da C, Lacerda M da SB. Ruminant degradation of Panicum grasses in three post-regrowth ages. *Ciência Anim Bras.* 2020;21:e-55699. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1809-6891v21e-55699>

35. Cabral Í dos S, Oliveira SS, Azevêdo JAG, Souza LL, Lima RF de, Lopes C da C, Otani FS, Reis SM, Sousa CAF de. Ruminant fermentation kinetics of by-products using the semi-automatic technique of in-vitro gas production. *Rev Bras Saúde e Produção Anim.* 2020;21:1-8. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1519-99402121242020>

36. Detmann E, Silva JFC da, Vásquez HM, Henriques LT, Haddade IR. Cinética da degradação ruminal dos carboidratos de quatro gramíneas tropicais em diferentes idades de corte e doses de adubação nitrogenada: técnica de produção de gases. *Rev Bras Zootec.* 2009;38(1):149–158. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982009000100019>

37. Assis MA de, Tadeu G, Cecato U, César J, Petit H V, Bett V, Gomes LH. Degradabilidade in situ de gramíneas do gênero *Cynodon* submetidas ou não a adubação nitrogenada. *Acta Sci Anim Sci* 1999;21(3):657–663. Disponível em: [https://www.bvs-vet.org.br/vetindex/periodicos/acta-scientiarum-animal-sci-ences/21-\(1999\)/degradabilidade-in-situ-de-gramineas-do-genero-cynodon-submetidas-ou-n/](https://www.bvs-vet.org.br/vetindex/periodicos/acta-scientiarum-animal-sci-ences/21-(1999)/degradabilidade-in-situ-de-gramineas-do-genero-cynodon-submetidas-ou-n/)

38. de Sá JF, Pedreira M dos S, da Silva FF, de Figueiredo MP, Rebouças GMN, de Souza DR. Cinética da fermentação in vitro do capim-marandu em diferentes idades de corte. *Acta Sci Anim Sci* 2011;33(3):225–231. Disponível em: <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v33i3.9462>