



## Composição química e cinética de degradação ruminal *in vitro* de aveia branca cv. URS guapa sob diferentes níveis de adubação nitrogenada

[*Chemical compounds and kinetics of in vitro ruminal degradation of white oats URS Guapa under distinct levels of nitrogen fertilization*]

J. Battiston<sup>1</sup>, D.S. Henrique<sup>2</sup>, L.R.R. Mayer<sup>2</sup>, R.S. Kölln<sup>3</sup>, A.C. Fluck<sup>2\*</sup>, J.G. Oliveira<sup>4</sup>, A.E. Schneider<sup>5</sup>, A.B. Fioreli<sup>2</sup>, R.A.A. Fernandes<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Zootecnia - Universidade Estadual do Oeste de Santa Catarina - Chapecó, SC

<sup>2</sup>Zootecnia - Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Dois Vizinhos, PR

<sup>3</sup>Zootecnista - Mangueirinha, PR.

<sup>4</sup>Aluno de pós-graduação - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - Campos dos Goytacazes, RJ

<sup>5</sup>Zootecnista - Timbó, SC

<sup>6</sup>Aluno de pós-graduação - Zootecnia - Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Dois Vizinhos, PR

J. Battiston  
<https://orcid.org/0000-0002-0915-4976>  
D.S. Henrique  
<https://orcid.org/0000-0001-7650-3497>  
L.R.R. Mayer  
<https://orcid.org/0000-0002-0244-8592>  
R.S. Kölln  
<https://orcid.org/0000-0002-5294-5693>  
A.C. Fluck  
<https://orcid.org/0000-0001-9133-2446>  
J.G. Oliveira  
<https://orcid.org/0000-0001-5471-6133>  
A.E. Schneider  
<https://orcid.org/0000-0003-2316-5812>  
A.B. Fioreli  
<https://orcid.org/0000-0002-5615-9702>  
R. A. A. Fernandes  
<https://orcid.org/0000-0001-8666-9132>

### RESUMO

Avaliaram-se as doses de nitrogênio 0, 60, 120 e 240kg ha<sup>-1</sup> sobre a composição bromatológica e os parâmetros da cinética de degradação ruminal da aveia branca obtida de dois anos de cultivo (2013-2014). Foram realizadas as análises de matéria seca, matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), extrato etéreo, fibra em detergente neutro (aFDNmo), lignina, carboidratos solúveis (CHOs) e proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA). Não foi observado efeito da adubação nitrogenada sobre as variáveis em nenhum dos anos de cultivo. As variáveis bromatológicas foram influenciadas pelos fatores ambientais. A cinética de degradação ruminal foi correspondente à composição bromatológica. No ano de 2013, foram observados valores superiores para as variáveis PB, MM, PIDA, CHOs e carboidratos não fibrosos, o que influenciou positivamente nos parâmetros da cinética de produção de gás *in vitro*,  $Vf_1$  e  $k_2$ . A composição da cultivar em 2014 tendeu a maiores teores de aFDNmo, lignina e carboidratos totais e a valores superiores para os parâmetros  $Vf_2$  e  $L$ . O parâmetro  $k_1$  não foi significativo nos períodos avaliados. Em 2014 o valor nutritivo foi negativamente influenciado pelo atraso na semeadura e pela soma de períodos de restrição hídrica combinados com a elevação da temperatura.

Palavras-chave: carboidratos, degradação, nitrogênio

### ABSTRACT

*Doses of Nitrogen were evaluated: 0, 60, 120 and 240kg ha<sup>-1</sup> on the chemical composition and rumen degradation kinetics of white oats obtained from two consecutive years (2013-2014). For nutritional characterization the following parameters were analyzed: dry matter; ash, crude protein, ethereal extract, neutral detergent fiber, lignin, soluble carbohydrates and insoluble acid detergent protein. No effect of nitrogen fertilization was observed on the variables analyzed in any of the growing years. The nutritional variables were influenced by environmental factors that occurred in the respective experimental periods and the parameters of ruminal degradation kinetics corresponded to the effects in these compounds. In year 2013, higher values were observed for the variables crude protein, ash, insoluble acid detergent protein, soluble CHO and no fibrous carbohydrates, resulting in higher values also for the in vitro gas production kinetics,  $Vf_1$  and  $k_2$ . Nutritional contents in 2014 tended to higher levels of NDF, lignin and total carbohydrates, and higher values for the parameters  $Vf_2$  and  $L$ . The parameter  $k_1$  was not significant in any of the experimental periods evaluated. In 2014 the forage has its nutritive value negatively influenced by the delay in sowing and the periods of water restriction combined with higher temperatures.*

Keywords: carbohydrates, degradation, nitrogen

Recebido em 5 de novembro de 2018

Aceito em 26 de março de 2019

\*Autor para correspondência (*corresponding author*)

E-mail: anacarolinafluck@yahoo.com.br

## INTRODUÇÃO

A semeadura de cultivares de aveia branca (*Avena sativa* L.) possibilita a produção de forragem, para os rebanhos de leite e corte, na época do ano em que ocorre escassez da produção das pastagens tropicais. A grande concentração da produção de aveia na região Sul do Brasil se deve aos invernos úmidos e, com temperaturas geralmente mais baixas que em outras regiões do país, às condições fundamentais para o cultivo. A cultivar URS Guapa, a qual apresenta precocidade vegetativa, pode ser utilizada para produção antecipada de forragem em comparação com outras cultivares hibernais (Trevisan e Balbinot Júnior, 2012).

A adubação nitrogenada é uma estratégia para elevar a produção forrageira e incrementar o valor nutricional, pois nitrogênio atua diretamente nos processos metabólicos e nas reações enzimáticas da planta (Silva *et al.*, 2011). A intrínseca relação entre nitrogênio foliar e fotossíntese permite o aproveitamento da energia luminosa para a conversão do nitrato a compostos passíveis de utilização, os quais irão abastecer, especialmente, os tecidos de rápido crescimento (Masclaux-Daubresse *et al.*, 2010). Além disso, a fertilização nitrogenada é capaz de aumentar a qualidade da forragem, podendo interferir positivamente nos valores de proteína e nutrientes digestíveis, além de reduzir a proporção de fibra em detergente neutro (Kering *et al.*, 2011).

Considerando que o nitrogênio tem grande influência na produção forrageira, este trabalho consistiu em avaliar a composição química e a cinética de degradação ruminal da aveia cultivar URS Guapa em função da aplicação de diferentes níveis de adubação nitrogenada, assim como a influência dos fatores climáticos em dois anos de estabelecimento da cultura.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, *campus* de Dois Vizinhos, localizada no terceiro planalto paranaense, com altitude de 520m, latitude de 25°44' sul e longitude de 54°04' oeste. O clima predominante na região, conforme a classificação de Köppen, é subtropical úmido (Cfa). O solo caracteriza-se como Nitossolo

Vermelho distrófico com textura argilosa (Bhering *et al.*, 2008). Foram avaliados os parâmetros nutricionais, assim como da cinética de fermentação *in vitro* da aveia branca cv. URS Guapa, durante dois anos consecutivos de cultivo.

Em ambos os anos, a área experimental foi composta por três parcelas de 24m<sup>2</sup>, subdivididas em 6m<sup>2</sup>, com espaçamento entre parcelas de 0,5m. No ano de 2013, a adubação de base foi realizada com a aplicação de 145kg ha<sup>-1</sup> da formulação 08-20-10 (N-P-K). A semeadura foi realizada por meio de uma semeadora-adubadora, em semeadura direta. O corte de padronização ocorreu quando o *stand* de plantas atingiu a altura média de 25cm, mantendo 10cm de altura do resíduo. Já os cortes subsequentes foram realizados com intervalo de 21 dias. A aplicação da adubação nitrogenada de cobertura ocorreu a cada corte, com as doses de 0, 60, 120 e 240kg ha<sup>-1</sup> de N. As amostras foram coletadas no centro de cada parcela, em uma área delimitada de 1m<sup>2</sup>.

Os dados climáticos foram coletados da Estação Climática Automática do Inmet, da Universidade Tecnológica do Paraná, *Campus* Dois Vizinhos, com boletim horário divulgado pelo Grupo de Estudos em Biometeorologia (Gebimet) durante o período de plantio e cultivo da forrageira avaliada (Tab. 1).

Após cada corte, as amostras foram submetidas à secagem a 55°C, por 72 horas, em estufa de circulação forçada de ar, para a determinação da matéria parcialmente seca, e moídas no moinho tipo Willey, com peneira de crivo de 1mm.

Os teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e matéria mineral (MM) foram determinados de acordo com metodologia descrita por Silva e Queiroz (2002). O extrato etéreo (EE) foi obtido por meio do extrator de gordura ANKOM XT-15, pelo método Am 5-04 (Rapid..., 2005). A fibra insolúvel em detergente neutro (aFDNom) foi determinada pelo método de Mertens *et al.* (2002), a fibra insolúvel em detergente ácido (FDA) e a lignina insolúvel, conforme Moller, (2009) (AOAC, 2005); a proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA) seguiu a determinação da FDA conforme Moller (2009); posteriormente, a determinação do nitrogênio foi realizada seguindo a metodologia

descrita por Silva e Queiroz (2002), por meio de subamostra do resíduo obtida mediante raspagem do cadinho filtrante.

A extração dos carboidratos solúveis (CHOS) foi realizada conforme Reis *et al.* (2015), e a

determinação pelo método fenol-ácido sulfúrico de Dubois *et al.* (1956). Os carboidratos totais (CT) e os carboidratos não fibrosos foram determinados de acordo com Sniffen *et al.* (1992).

Tabela 1. Temperatura média mensal (°C) e precipitação mensal (mm) no período experimental de 2013 e 2014. Dois Vizinhos – PR

	2013	
	Temperatura (°C)	Precipitação (mm)
Abril	20,7	0,0
Maio	17,3	286,4
Junho	15,9	535,6
Julho	15,1	58,0
Agosto	15,4	56,4
Média	16,9	234,1
2014		
	Temperatura (°C)	Precipitação (mm)
Junho	16,3	74,6
Julho	15,8	185,6
Agosto	18,4	32,2
Setembro	21,1	28,2
Média	17,9	80,2

Fonte: Gebiomet. (Dados..., 2016)

A extração dos carboidratos solúveis (CHOS) foi realizada conforme Reis *et al.* (2015), e a determinação pelo método fenol-ácido sulfúrico de Dubois *et al.* (1956). Os carboidratos totais (CT) e os carboidratos não fibrosos foram determinados de acordo com Sniffen *et al.* (1992).

Para a incubação *in vitro*, foram utilizados frascos âmbar de 100mL e 0,5g de amostra pré-seca e moída a 1mm, 40mL de meio de cultura estritamente anaeróbico preparado conforme Goering e Van Soest (1970) e mais 10mL de inóculo ruminal (Hall e Mertens, 2008). Posteriormente, os frascos foram fechados com tampas de borrachas e lacres de alumínio e alocados em um banho-maria, com temperatura de 39°C.

O procedimento de coleta do conteúdo ruminal teve aprovação prévia do conselho de ética para uso de animais - Ceua da UTFPR – Campus Dois Vizinhos (nº 2015-013). O conteúdo ruminal, fração líquida e fibrosa, foi obtido de dois bovinos da raça Holandesa, com 500kg de peso vivo, mantidos em pastagem de aveia branca (*Avena sativa* L.) URS Guapa. Ambos receberam

suplementação diária de 2kg de concentrado, durante os 15 dias que antecederam a coleta.

Para mensurar a pressão e o volume do gás (mL 0.1g<sup>-1</sup> de MS) produzido dentro dos frascos, foram realizadas leituras uma, duas, três, seis, oito, 10, 12, 16, 20, 24, 30, 36, 48, 72 e 96 horas de incubação, por meio de um equipamento provido de um manômetro (Malafaia *et al.*, 1998) ligado a uma pipeta graduada (Abreu *et al.*, 2012). Os valores das medidas da produção de gás *in vitro* foram usados para ajustar o modelo matemático proposto por Schofield *et al.* (1994):

$$V_t = V_{f1}[1 - \exp(-k_1t)] + V_{f2} \exp\{-\exp[1 + k_2e(L - t)]\} + \varepsilon; \text{ em que:}$$

$V_t$ : produção cumulativa de gases em função do tempo (t, h);

$V_{f1}$ : volume máximo de gás produzido pela degradação da fração solúvel de rápida digestão (mL 0,1g<sup>-1</sup> de MS);

$V_{f2}$ : volume máximo de gás produzido pela degradação da fração insolúvel potencialmente degradável de digestão lenta (mL 0,1g<sup>-1</sup> de MS);

$k_1$ : taxa específica de produção de gás pela degradação da fração solúvel de rápida digestão (h<sup>-1</sup>);

$k_2$ : taxa específica de produção de gás pela degradação da fração insolúvel potencialmente degradável de digestão lenta ( $h^{-1}$ );

$L$ : latência ( $h^{-1}$ );

$e$ : base dos logaritmos naturais;

$\varepsilon$ : erro aleatório.

Os dados oriundos das análises bromatológicas e os valores estimados para os parâmetros do modelo de cinética de degradação foram transformados pelo método de Box-Cox (Box e Cox, 1964). Após a transformação, utilizou-se o procedimento MIXED do SAS (SAS, 2013) com o método da máxima verossimilhança (ML) para escolha da matriz de variâncias e covariâncias que melhor se ajustaria aos dados. Por meio do valor de Akaike corrigido (AICc) (Littel et al., 2006), foram testadas as matrizes componentes de variância (VC) e autorregressiva de primeira ordem (AR(1)). Após a escolha da melhor matriz para cada variável, os dados foram analisados por meio do seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + b_j + \beta_k + \gamma(\beta)_{kl} + \alpha\beta_{ik} + \alpha\gamma(\beta)_{ikl} + e_{ijkl}, \text{ em que:}$$

$Y_{ijkl}$  é a observação referente ao  $i$ -ésimo nível de adubação ( $\alpha_i$ ) no  $j$ -ésimo bloco ( $b_j$ ) do  $k$ -ésimo ano ( $\beta_k$ ) do  $l$ -ésimo corte dentro do  $k$ -ésimo ano ( $\gamma(\beta)_{kl}$ ). Os efeitos fixos do modelo acima são a média geral ( $\mu$ ),  $\alpha_i$ ,  $\beta_k$  e  $\gamma(\beta)_{kl}$ ; os efeitos aleatórios,  $b_j$ , e o erro aleatório,  $e_{ijkl}$ . O modelo estatístico com seus efeitos e respectivas interações ( $\alpha\beta_{ik}$  e  $\alpha\gamma(\beta)_{ikl}$ ) foi ajustado usando-se a máxima verossimilhança restrita (REML) como método de estimação. As variáveis que apresentaram efeito significativo de ano ou corte dentro de ano tiveram suas médias comparadas por meio do teste de Tukey-Kramer ( $P < 0,01$ ).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve influência da adubação nitrogenada ( $P > 0,01$ ) sobre a composição nutricional ou para os parâmetros da cinética de digestão *in vitro*. As esparsas precipitações observadas nos períodos de aplicação das doses de nitrogênio em cobertura, nos dois anos de cultivo (Tab. 1), podem ter afetado a absorção pela planta, uma vez que a restrição hídrica altera o processo de assimilação do N, sendo a disponibilidade de água no solo determinante para a absorção desses compostos nitrogenados (González-Dugo et al.,

2010). Assim, o transporte de N e de outros nutrientes é dependente da quantidade destes que está presente na solução do solo; todavia, se há restrição no fluxo de água pelo xilema, há também considerável redução da concentração foliar de N, assim como dos outros minerais.

Logo após a aplicação das doses de N em cobertura, uma chuva de 28mm já seria relevante para incorporar a ureia ao solo com menores perdas (Lara Cabezas et al., 1997). Contudo, as precipitações só ocorreram alguns dias após as aplicações, sendo de baixa intensidade, fato que não colaborou com a translocação até as raízes para a absorção, apresentando média de 32mm, sendo inferior à média para o período nessa região (Possenti et al., 2007).

Os valores observados para as variáveis bromatológicas no primeiro ano de cultivo foram superiores ( $P < 0,001$ ) para PB, MM, PIDA, CHOs e CNF em comparação com o segundo ano (Tab. 2). Por outro lado, os teores de aFDNom, lignina e CT foram maiores no ano de 2014. Não houve efeito significativo para os teores de MS e EE entre os anos de cultivo.

O atraso da semeadura em 2014, com semeadura no final do mês de junho, reduziu o número de cortes. Semeaduras tardias para forrageiras hibernais, como no mês de junho, resultam em menor número de cortes e menor período de duração da pastagem; por ocasião, o valor nutritivo da forragem também é reduzido, pela relação inversa entre os teores dos componentes do conteúdo celular e da fração fibrosa (Ribeiro et al., 2008).

Soares et al. (2013) observaram que semeadura em junho reduziu o percentual de PB da aveia IPR 126 de 20,6%, observado na semeadura em abril, para 17,6%. Esses autores verificaram, ainda, aumento no percentual de FDN de 56,7 para 62,9%. Provavelmente, o atraso na semeadura, no ano de 2014, tenha contribuído para a redução do teor de PB e o aumento do teor de FDN observados no presente trabalho (Tab. 2). Além disso, as condições de temperatura mais elevada e de menor precipitação, observadas no ano de 2014, também podem ter afetado a qualidade nutricional da aveia, pelo fato de ter havido redução da fração de CHOs, CNF e PB e aumento dos teores dos componentes menos digestíveis e indigestíveis (aFDNom e lignina).

### Composição química e...

A alta taxa de transpiração tem sido associada com alterações na planta para conservar a água. Nessa situação, pode ocorrer a maior síntese de carboidratos de estrutura, o que pode ser a resposta para o aumento do teor de FDN em 2014. Essas mudanças na estrutura da planta

consistem em uma forma de resistência aos fatores externos e estão relacionadas com a manutenção da hidratação das células para manter o crescimento (Tardieu *et al.*, 2011; Cosgrove, 2016).

Tabela 2. Composição química de *Avena sativa* L. cv. URS Guapa para os anos de 2013 e 2014, com intervalo de confiança (IC) de 99% e *P* valores

Variáveis	Ano		<i>P</i> valor
	2013	2014	
Matéria seca (MS)*	192±31,2	157±42,7	0,0749
Proteína bruta (PB)	255±12,6	208±17,2	<0,0001
Fibra insolúvel em detergente neutro (aFDNom)	402±20,3	591±27,8	<0,0001
Carboidratos não fibrosos (CNF)	209±24,9	89±34,1	<0,0001
Carboidratos solúveis (CHOs)	89±11,8	36±16,1	<0,0001
Carboidratos totais (CT)	611±15,0	680±20,6	<0,0001
Lignina	24±2,9	34±4,0	<0,0001
Proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA)	39±6,9	23±9,4	<0,0001
Matéria mineral (MM)	94±5,7	77±7,7	<0,0001
Extrato etéreo (EE)	40±2,9	36±4,0	0,0252

Valores expressos em g.kg<sup>-1</sup> da MS *P* valor: nível de significância  $\alpha < 0,01$ .

\*Valores expressos em g.kg<sup>-1</sup> de biomassa *P* valor: nível de significância  $\alpha < 0,01$ .

Na restrição hídrica, as mudanças na parede celular incluem também o aumento da polimerização da lignina, podendo o processo de deposição ocorrer logo no início do alongamento foliar, como estratégia de enrijecimento e restrição da expansão das células, para evitar a perda de água e, assim, possibilitar a continuidade das reações metabólicas durante a seca (Bacon *et al.*, 1997). Isso explica o concomitante aumento da lignina em 2014, quando a restrição hídrica foi mais severa. Com isso, a célula torna-se menos permeável à perda de água, o que mantém a hidratação dos tecidos e permite a continuidade da fotossíntese (Hura *et al.*, 2013).

O atraso da semeadura no segundo ano de cultivo demonstrou o desenvolvimento da cultivar em temperaturas mais elevadas. Assim, o grau de deposição de lignina nas folhas pode aumentar de forma consistente com temperaturas entre 10°C e 30°C (Ames *et al.*, 1993). O conteúdo de parede celular das folhas recentemente expandidas de gramíneas tropicais e temperadas também aumenta com a elevação da temperatura, sugerindo a aceleração dos processos normais de maturação dos tecidos (Wilson, 1976). Semelhantemente ao estresse pela falta de água, o aumento da deposição de carboidratos de estrutura e da síntese da lignina está associado à

proteção da célula e à tolerância ao calor (Gall *et al.*, 2015).

No ano de 2013, os valores observados para o volume de gás observado pela degradação da fração solúvel de rápida digestão ( $Vf_1$ ) e para a taxa específica de produção de gás pela degradação da fração insolúvel potencialmente degradável de digestão lenta ( $k_2$ ) foram maiores que em 2014 (Tab. 3). Em contrapartida, o volume de gás produzido pela degradação da fração insolúvel potencialmente degradável de lenta digestão ( $Vf_2$ ) e a latência ( $L$ ) foram menores em 2013 do que em 2014. Em relação ao parâmetro  $k_1$ , referente à taxa específica de produção de gás pela degradação da fração solúvel de rápida digestão, não foram observadas diferenças significativas entre os períodos experimentais avaliados.

Existe uma grande relevância da água no desenvolvimento das cultivares para rendimento e adequado valor nutricional da forragem. Isso fica evidente quando, em níveis de irrigação que suprimam maiores quantidades de água para a o cultivo da aveia branca, houve maior produção de forragem com menor proporção de fibra e expressivos teores de PB (Tahir *et al.*, 2014), indicando que fatores como déficit hídrico, além das temperaturas mais elevadas, podem

ocasionar a produção de forragem de baixa qualidade.

Com a maturação, o valor nutritivo das plantas declina por meio do direcionamento do carbono fotossintético para a estrutura da planta. Esse acúmulo de parede celular estrutural dilui a proporção representada pelo conteúdo celular (Moore e Jung, 2001). Nesse caso, por consequência da aceleração da maturidade, a planta aumentou a porção fibrosa, com a simultânea redução dos carboidratos solúveis do conteúdo celular, por meio do estímulo ao crescimento e do uso de reservas.

A intensidade das chuvas pode interferir na capacidade da planta em absorver minerais do solo, afetar o crescimento da raiz e, conseqüentemente, das partes aéreas (Batista *et al.*, 2008), o que explicaria a menor concentração de MM em 2014. Os valores de PB tendem a

diminuir com o estresse hídrico, devido, possivelmente, ao menor fluxo de nitrogênio do solo para as folhas, onde ocorre a incorporação de aminoácidos (Shanner e Boyer, 1976). Nessa ocasião, as reduzidas precipitações provavelmente foram insuficientes para permitir o fluxo de N no solo até a superfície das raízes, limitando a absorção do macromineral.

Os valores de PIDA foram superiores para o primeiro ano de cultivo, possivelmente devido ao fato de a proporção de PB encontrada na forrageira naquele ano também ter sido superior (Tab. 1). Nos dois anos de cultivo, ocorreram condições edafoclimáticas atípicas, entretanto as maiores restrições foram observadas durante o período experimental no segundo ano, afetando a composição química da aveia branca e, conseqüentemente, seu valor nutricional, o que teve impacto direto nos parâmetros da cinética de produção de gás *in vitro* (Tab. 3).

Tabela 3. Parâmetros da cinética de degradação de *Avena sativa* L. cv. URS Guapa para os anos de 2013 e 2014, com intervalo de confiança (IC) de 99% e *P* valores

Parâmetros	Ano		<i>P</i> valor
	2013	2014	
$Vf_1$	16,46±1,59	11,97±1,87	< 0,0001
$k_1$	0,22±0,02	0,24±0,03	0,1934
$Vf_2$	15,59±1,02	18,75±1,39	< 0,0001
$k_2$	0,031±0,00	0,028±0,00	0,0004
<i>L</i>	2,43±0,26	3,36±0,36	< 0,0001

$Vf_1$ : volume máximo de gás produzido pela degradação da fração solúvel de rápida digestão ( $\text{mL } 0,1 \text{ g}^{-1}$ );  $Vf_2$ : volume máximo de gás produzido pela degradação da fração de lenta digestão ( $\text{mL } 0,1 \text{ g}^{-1}$ );  $k_1$ : taxa de degradação da fração solúvel de rápida digestão (hs);  $k_2$ : taxa de degradação da fração de lenta digestão (hs); *L*: tempo de latência (hs). *P* valor:  $\alpha < 0,01$ .

O aumento dos componentes fibrosos (Tab. 2) levou a um aumento na produção de gases obtidos da degradação da fração insolúvel potencialmente degradável de lenta digestão ( $Vf_2$ ) em 2014 (Tab. 3). O maior tempo de latência (*L*) também pode estar relacionado com a proporção de FDN e lignina, as quais apresentaram teores superiores nesse mesmo ano.

A provável explicação reside na limitação ao acesso dos microrganismos à fibra causada pela lignina. Essa estimulação da lignificação das células da parede celular e dos tecidos vasculares, como forma de resistência aos fatores ambientais, é a causa plausível do aumento da latência. Esse polímero de caráter hidrofóbico, além da toxicidade à microbiota, causa o impedimento físico ao acesso das enzimas

hidrolíticas, aumentando o tempo dos eventos iniciais de digestão.

De forma contrária, o volume de gás proveniente da degradação da fração solúvel de rápida digestão ( $Vf_1$ ) foi superior para a forragem obtida no ano de 2013 (Tab. 3), devido à sua maior proporção de CNF e CHOs (Tab. 4). Já o parâmetro  $Vf_1$  é mais um indicativo da qualidade superior da forrageira cultivada no ano de 2013, em que as condições de precipitação e temperatura não afetaram a composição da planta tão drasticamente quanto em 2014. Em 2014, o processo de maturidade, acelerado pelos fatores ambientais, causou um decréscimo no acúmulo de CHOs e CNF pela planta, limitando os substratos disponíveis para os microrganismos ruminais que degradam CNF (Russel, 1998). A

taxa específica de produção de gás pela degradação da fração insolúvel potencialmente degradável de digestão lenta ( $k_2$ ) foi menor para a forragem colhida no ano de 2014, o que evidencia aumento do tempo necessário para a degradação da parede celular. Esse fato pode ser explicado pelo maior teor de lignina em 2014, o qual interferiu na degradação da FDN.

A lignina tem impacto negativo sobre a digestibilidade, uma vez que a lignina afeta a disponibilidade dos polissacarídeos fibrosos à digestão por ser uma barreira à ação microbiana (Oliveira *et al.*, 2011). Entre os fatores ambientais, temperaturas mais elevadas (Ames *et al.*, 1993), assim como a baixa umidade do solo (Bacon *et al.*, 1997), aumentam os teores de lignina na planta. Com o aumento de lignina causado pelas condições edafoclimáticas, houve diminuição na digestibilidade e na taxa de degradação da forragem.

Por outro lado, o aumento do  $k_2$  no primeiro ano de cultivo possivelmente está relacionado com a maior facilidade de degradação da fibra devido à menor incrustação de lignina. Nesse período experimental, as condições foram mais propícias ao desenvolvimento da planta, com menor deposição de metabólitos de defesa às condições adversas, como a lignina.

Não houve diferença significativa ( $P>0,01$ ) para o parâmetro  $k_1$ , correspondente à taxa específica de produção de gás pela degradação da fração solúvel de rápida digestão. Essa tendência à similaridade dos valores observados para  $k_1$  entre os anos de cultivo pode ser explicada pelo maior grau de digestibilidade dessa fração, visto que os componentes solúveis, tais como os açúcares e os polissacarídeos não fibrosos são degradados muito rapidamente. Além disso, esses carboidratos do conteúdo celular estão totalmente disponíveis à digestão por não possuírem incrustação de lignina (Queiroz *et al.*, 2008).

A cultivar URS Guapa foi desenvolvida para produção de grãos (cultivar granífera), entretanto, levando em consideração os dados apresentados sobre a composição bromatológica e cinética de degradação, pode-se inferir que esta apresenta potencial para produção de forragem de excelente qualidade nutricional, principalmente quando cultivada em períodos de

precipitação e temperaturas favoráveis ao seu desenvolvimento.

Durante o período experimental em 2013, as condições climáticas apresentaram menores restrições ao desenvolvimento da cultivar, o que possibilitou a produção de forragem de elevado valor nutricional, fato evidenciado pelos reduzidos teores de aFDNom e pelos elevados teores de PB e CNF. O maior teor de CNF está relacionado com a maior ingestão de nutrientes de alta digestibilidade, assim forrageiras de melhor qualidade promovem maior consumo por reduzirem a limitação por enchimento (Mertens, 1997). Da mesma forma, os maiores teores de PB favorecem a digestão ruminal e a produção microbiana.

Contudo, para o adequado processo fermentativo, é imprescindível a combinação de fontes proteicas e energéticas com degradabilidades semelhantes, visando aumentar o crescimento e a eficiência fermentativa dos microrganismos ruminais (Russel *et al.*, 1992). Corroborando a afirmação, pode ser necessário realizar o fornecimento de fontes energéticas para otimizar a utilização do nitrogênio no rúmen de animais mantidos em pastagens de aveia URS Guapa.

## CONCLUSÕES

A adubação nitrogenada não influenciou a composição da cultivar em nenhum dos anos de cultivo. A composição da forrageira foi negativamente influenciada pelas condições ambientais no período experimental de 2014, o que aumentou os teores de lignina e FDN, determinando, assim, a redução no volume de gases do parâmetro  $Vf_1$  e da taxa de degradação da fração de lenta digestão ( $k_2$ ), bem como aumentou a latência ( $L$ ). A cultivar URS Guapa apresenta elevado valor nutricional.

## REFERÊNCIAS

ABREU, M.L.C. *Avaliação nutricional da Cunhã (Clitoria ternatea L.) em diferentes idades de corte*. 2012. 77f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ.

- AMES, N.; McELROYT, A.R.; ERFLE, L. The effect of temperature on quality characteristics in timothy (*Phleum pratense* L.) genotypes. *Can. J. Plant Sci.*, v.73, p.1017-1026, 1993.
- AMYLASE-treated neutral detergent fiber in feeds. 2002.04. 18 ed. Gaithersburg: AOAC Internacional, 2005. 49p.
- BACON, M.A.; THOMPSON, D.S.; DAVIES, W.J. Can cell wall peroxidase activity explain the leaf growth response of *Lolium temulentum* L. during drought? *J. Exp. Bot.*, v.48, p.2075-2085, 1997.
- BATISTA, C.U.N.; MEDRI, M.E.; BIANCHINI, E. *et al.* Tolerância à inundação de *Cecropia pachystachya* Trec. (Cecropiaceae): aspectos ecofisiológicos e morfoanatômicos *Acta Bot. Bras.*, v.22, p.91-98, 2008.
- BHERING, S.B.; SANTOS, H.G.; BOGNOLA, I.A. *et al.* Mapa de solos estado do Paraná: legenda atualizada. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, Embrapa Florestas, 2008. 74p.
- BOX, G.E.P.; COX, D.R. An analysis of transformations. *J. Rev. Stat. Soc.*, v.26, p.211-252, 1964.
- COSGROVE, D.J. Plant cell wall extensibility: connecting plant cell growth with cell wall structure, mechanics, and the action of wall-modifying enzymes. *J. Exp. Bot.*, v.67, p.463-476, 2016.
- DADOS clima 2013 e 2014. Dois Vizinhos: UTFPR / GEBIOMET. 2016. Disponível em: <<http://www.gebiomet.com.br/>>. Acessado em: 11 dez. 2016.
- DUBOIS, M.; GILLES, K.A.; HAMILTON, J.K. *et al.* Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal. Chem.*, v.28, p.350-356, 1956.
- FIBER (acid detergent) and lignin (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) in animal feed. 973.18. 18.ed. Gaithersburg: AOAC Internacional, 2005. 49p.
- GALL, L.H.; PHILIPPE, F.; DOMON, J.M. *et al.* Cell wall metabolism in response to abiotic stress. *Plants*, v.16, p.112-166, 2015.
- GOERING, H.K.; VAN SOEST, P.J. Forage fiber analyses: apparatus, reagents, procedures, and some applications. *Agric. Handbook*, v.379, p.1-20, 1970.
- GONZALEZ-DUGO, V.; DURAND, J.L.; GASTAL, F. Water deficit and nitrogen nutrition of crops. A review. *Agron. Sustain. Dev.*, v.30, p.529-544, 2010.
- HALL, M.B.; MERTENS, D.R. *In Vitro* fermentation vessel type and method alter fiber digestibility estimates. *J. Anim. Sci.*, v.91, p.301-307, 2008.
- HURA, T.; HURA, K.; OSTROWSKA, A. *et al.* The cell wall-bound phenolics as a biochemical indicator of soil drought resistance in winter triticale. *Plant Soil Environ.*, v.59, p.189-195, 2013.
- KERING, M.K.; GURETZKY, J.; FUNDENBURG, E. *et al.* Effect of nitrogen fertilizer rate and harvest season on forage yield, quality, and macronutrient concentrations in midland bermuda grass. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, v.42, p.1958-1971, 2011.
- LARA CABEZAS, W.A.R.; KORNDORFER, G.H.; MOTTA, S.A. Volatilização de N-NH<sub>3</sub> na cultura de milho: I. Efeito da irrigação e substituição parcial da ureia por sulfato de amônio. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, v.21, p.481-487, 1997.
- LITTELL, R.C.; MILLIKEN, G.A.; STROUP, W.W. *et al.* SAS® for mixed models. 2.ed. Cary: SAS Institute, 2006. 814p.
- MALAFAIA, P.A.M.; VALADARES FILHO, S.C.; VIEIRA, R.A.M. *et al.* Cinética ruminal de alguns alimentos investigada por técnicas gravimétricas e metabólicas. *Rev. Bras. Zootec.*, v.27, p.370-380, 1998.
- MASCLAUX-DAUBRESSE, C.; DANIEL-VEDELE, F.; DECHORGNAT, J. *et al.* Nitrogen uptake, assimilation and remobilization in plants: challenges for sustainable and productive agriculture. *Ann. Bot.*, v.105, p.1141-1157, 2010.
- MERTENS, D.R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.80, p.146-1481, 1996.
- MERTENS, D.R. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beakers or crucibles: collaborative study. *J. AOAC Inter.*, v.85, p.1217-1240, 2002.
- MÖLLER, J. Gravimetric determination of acid detergent fiber and lignin in feed Interlaboratory study. *J. AOAC Int.*, v.92, p.74-90, 2009.



- MOORE, K.J.; JUNG, H.G. Lignin and fiber digestion. *J. Range Management*, v.54, p.420-430, 2001.
- OLIVEIRA, A.S.; DETMANN, E.; CAMPOS, J.M.S. *et al.* Meta-análise do impacto da fibra em detergente neutro sobre o consumo, a digestibilidade e o desempenho de vacas leiteiras em lactação. *Rev. Bras. Zootec.*, v.40, p.1587-1595, 2011.
- POSSENTI, J.C.; GOUVEA, A.; MARTIN, T.N.; CADORE, D. Distribuição da precipitação pluvial em Dois Vizinhos, Paraná, Brasil. In: SEMINÁRIO SISTEMAS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ CAMPUS DOIS VIZINHOS. 2007, Dois Vizinhos. *Anais...* Dois Vizinhos: Mastergraf, 2007. v.1, p.140-142. (Resumo).
- QUEIROZ, M.A.A.; FUKISHIMA, R.S.; GOMIDE, C.A. Fracionamento dos carboidratos pelas equações do Cornell Net carbohydrate and protein system de três cultivares de girassol na presença ou não de irrigação. *Rev. Bras. Zootec.*, v.37, p.2261-2269, 2008.
- RAPID determination of Oil/Fat utilizing high temperature solvent extraction (for XT10, XT10I, XT15, XT15I). Procedure AM 5-04. 2.ed. Urbana: AOCS, 2009.
- REIS, C.C.; HENRIQUE, D.S.; SHERVINSKI, E. *et al.* Comparação entre técnicas para determinação de açúcares solúveis em alimentos utilizados na nutrição de ruminantes. *Semin. Ciênc. Agrár.*, v.36, p.401-408, 2015.
- RIBEIRO, J.L.; NUSSIO, L.G., MOURÃO, G.B. *et al.* Valor nutritivo de silagens de capim-marandu submetidas aos efeitos de umidade, inoculação bacteriana e estação do ano. *Rev. Bras. Zootec.*, v.37, p.1176-1184, 2008.
- RUSSELL, J. B. Strategies that ruminal bacteria use to handle excess carbohydrate. *J. Anim. Sci.*, v.76, p.1955-1963, 1998.
- RUSSELL, J.B.; O'CONNOR, J.D.; FOX, D.G. *et al.* A Net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: i. ruminal fermentation. *J. Anim. Sci.*, v.70, p.3551-3561, 1992.
- SAS/STAT® 13.1 User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc. 2013
- SHANER, D.L.; BOYER, J.S. Nitrate reductase activity in maize leaves: II. Regulation by nitrate flux at low leaf water potential. *Plant Physiol*, v.58, p.505-509, 1976.
- SCHOFIELD, P.; PITT, R.E.; PELL, A.N. Kinetics of fiber digestion from *in vitro* gas production. *J. Anim. Sci.*, v.72, p.2980-2991, 1994.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. *Análise de alimentos métodos químicos e biológicos*. 3.ed. Viçosa: UFV, 2002. 235p.
- SILVA, S.M.; OLIVEIRA, L.J.; FARIA, F.P. *et al.* Atividade da enzima nitrato redutase em milho cultivado sob diferentes níveis de adubação nitrogenada e potássica. *Cienc. Rural*, v.41, p.1931-1937, 2011.
- SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J. *et al.* A Net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: 11. Carbohydrate and protein availability. *J. Anim. Sci.*, v.70, p.3562-3577, 1992.
- SOARES, A.B.; PIN, E.A.; POSSENTI, J.C. Valor nutritivo de plantas forrageiras anuais de inverno em quatro épocas de semeadura. *Cienc. Rural*, v.43, p.120-125, 2013.
- TAHIR, G.M.; HAQ, A.; KHALIQ, T. *et al.* Effect of different irrigation levels on yield and forage quality of Oat (*Avena Sativa*). *Appl. Sci. Rep.*, v.1, p.42-46, 2014.
- TARDIEU, F.; GRANIER, C.; MULLER, B. Water deficit and growth. Co-ordinating processes without an orchestrator? *Curr. Opin. Plant Biol.*, v.14, p.283-289, 2011.
- TREVISAN, S.A.; BALBINOT JUNIOR, A.A. Estabelecimento e crescimento inicial de cultivares de aveia para pastejo. *Unoesc Ciênc.*, v.3, p.23-30, 2012.
- WILSON, J.R. Variation of leaf characteristics with level of insertion on a grass tiller. II. Anatomy. *Aust. J. Agric. Res.*, v.27, n.3, p.355-364, 1976.