

Cinética de fermentação ruminal *in vitro* de silagem de cana-de-açúcar com resíduo de cervejaria desidratado

Ferro, M.M.¹; Zanine, A.M.²; Castro, W.J.R.¹ e Souza, A.L.²

¹Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal. Universidade Federal de Mato Grosso. Campus Cuiabá. Cuiabá. MT. Brasil.

²Departamento de Zootecnia. Universidade Federal de Mato Grosso. Campus Rondonópolis. Rondonópolis. MT. Brasil.

PALAVRAS-CHAVE ADICIONAIS

Ácidos graxos de cadeia curta.
Co-produto.
Degradação.
Digestibilidade.
Ensilagem.
Latência.

ADDITIONAL KEYWORDS

Short chain fatty acids.
Byproduct.
Degradation.
Digestibility.
Silage.
Latency.

INFORMATION

Cronología del artículo.
Recibido/Received: 05.10.2015
Aceptado/Accepted: 30.11.2016
On-line: 15.04.2017
Correspondencia a los autores/Contact e-mail:
mmf_zootecnia@yahoo.com.br

RESUMO

Objetivou-se avaliar os parâmetros cinéticos ruminais *in vitro* da silagem de cana-de-açúcar aditivada com resíduo de cervejaria desidratado. Os tratamentos foram constituídos por silagem de cana aditivada com 0, 10, 20 e 30% de resíduo de cervejaria desidratado, na matéria natural. O preparo das amostras foi realizado utilizando 200 mg de amostra, moída a 1 mm. Aos frascos foram adicionados 16 mL de solução tampão de McDougall, previamente reduzido com CO₂, mantidos a 39°C. Meia hora após, foram adicionados 4 mL de inoculo ruminal sob aspersão de CO₂. As leituras de pressão foram realizadas por meio de um transdutor de pressão nos seguintes tempos: 2, 4, 6, 8, 10, 12, 24, 36, 48, 60, 72, 84 e 96 horas. A cinética da produção cumulativa dos gases foi analisada empregando-se o modelo logístico unicompartmental. Os parâmetros foram analisados através da análise de variância, e quando significativo, uma análise de regressão a 5% de probabilidade utilizando o Proc Mixed do SAS 9.2. A produção cumulativa de gases, taxa de degradação, latência e o pH final não apresentaram efeito significativo ($p > 0,05$) com os níveis de inclusão do resíduo de cervejaria desidratado na ensilagem de cana-de-açúcar. A estimativa da energia metabolizável (EM) (MJ/kg MS) apresentou aumento linear ($p < 0,05$), enquanto, a digestibilidade da matéria orgânica (DMO) com 24 horas de incubação e os ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) (mmol/g MS) não apresentaram efeito significativo ($p > 0,05$). O resíduo de cervejaria desidratado não afetou os parâmetros cinéticos de digestão ruminal *in vitro* podendo ser utilizado em até 30% como aditivo para ensilagem de cana-de-açúcar.

Kinetics of sugarcane silage with dehydrated barley residue *in vitro* ruminal fermentation

SUMMARY

The objective of the present study is to evaluate the *in vitro* kinetic rumen parameters of silage from sugarcane additive with dehydrated barley residue. The treatment consisted of silage additives cane with 0, 10, 20 and 30% of dehydrated barley residue in the natural matter. The sample preparation was performed using 200 mg of the sample with granulometry 1 mm. 16 ml of, previously reduced with CO₂, maintained at 39°C, McDougall buffer solution were added to the vials, Before half an hour later, 4 ml rumen inoculum were added under CO₂ spray. Pressure readings were taken using a pressure transducer at the following times: 2, 4, 6, 8, 10, 12, 24, 36, 48, 60, 72, 84 and 96 hours. The kinetics of cumulative production of gas was analyzed using the unicompartmental logistic model. The parameters were analyzed through analysis of variance, and when they were significant a regression analysis at 5% probability using Proc Mixed of SAS 9.2. Cumulative gas production, degradation rate, latency and final pH had no significant effect ($p > 0.05$) with inclusion levels of dehydrated barley residue in ensiling sugarcane. The estimate of metabolizable energy (MJ/kg DM) linearly increased ($p < 0.05$), while the digestibility of organic matter with 24 hours of incubation and short chain fatty acids (mmol/g DM) had no significant effect ($p > 0.05$). The dehydrated barley residue did not affect the kinetic parameters of *in vitro* ruminal digestion, so that up to 30% of sugarcane can be used as an additive for ensiling.

INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar é uma das plantas forrageiras mais antigas cultivadas no Brasil, entretanto, um dos entraves de sua utilização, é a logística operacional de colheita diária. Desta forma, nos últimos anos vem despertando o interesse dos produtores para a produção de silagem de cana-de-açúcar *in natura* devido ao seu baixo custo de implantação comparado ao do milho.

Na ensilagem de plantas tropicais, a principal dificuldade é colher a planta no momento ideal para ser ensilada, entretanto, no caso da cana-de-açúcar esse problema é mínimo, pois acredita-se que ela apresenta características intrínsecas, tais como: teor de matéria seca, de carboidratos solúveis e capacidade tampão, adequadas para ensilagem (Siqueira, 2009). Entretanto, Schmidt (2008) fez um levantamento de trabalhos publicados sobre ensilagem de cana-de-açúcar e constatou que, durante a produção da silagem muitos produtores controlam algumas perdas fazendo a adição de aditivos, confirmando a afirmação de que a cana-de-açúcar requer a inclusão de algum aditivo que controle perdas quantitativas durante a fermentação (Pedroso *et al.*, 2007 e Siqueira *et al.*, 2007), consequentemente reduzindo fermentação secundárias por leveduras.

A utilização de aditivos sequestrantes de umidade na ensilagem visa o ajuste do teor de matéria seca da silagem e a melhoria na qualidade nutricional. Neste contexto, o resíduo de cervejaria desidratado pode ser alternativo à silagem de cana-de-açúcar de modo que possa contribuir para melhorar a composição química do material ensilado, uma vez que, possui um bom valor nutricional, contribuindo para reduzir as perdas por efluentes ou por gases (Castro *et al.*, 2015).

O resíduo de cervejaria é um subproduto obtido pelo processo de fabricação de cerveja, o que envolve a obtenção do malte. O material que sobra na peneira de filtragem constitui o resíduo úmido de cervejaria ou bagaço de cevada, podendo ser desidratado, assim como é utilizado no arração animal.

Estudos da concentração e digestibilidade dos componentes dos alimentos são essenciais para adotar práticas de alimentação eficazes, porém, estes estudos exigem recursos consideráveis em termos de trabalho, alimentos, animais e tempo. Aliado a estes fatores, para que os sistemas de alimentação sejam eficientes, precisam ser fundamentados em mecanismos que determinam a resposta dos animais aos nutrientes, lidando com aspectos quantitativos da digestão e do metabolismo do ruminante (Mertens, 2005).

Atualmente, metodologias para avaliação de alimentos para ruminantes objetivam rapidez, baixo custo e confiabilidade. Além disso, os sistemas atuais de adequação de dietas para ruminantes necessitam da composição e características dos alimentos, dentre as quais, informações sobre às suas frações de carboidratos e proteínas, bem como de suas taxas de degradação, para que se possa estimar com maior exatidão o desempenho dos animais e maximizar a eficiência de utilização dos nutrientes (Moreira *et al.*, 2010).

A estimativa do valor nutritivo dos alimentos utilizados para ruminantes pelo método *in vivo* é limitada pela necessidade de se ter um número representativo de animais homogêneos para serem mantidos durante um período de adaptação e de amostragem, aumentando os custos de avaliação em grande escala (Fondevila e Barrios, 2001). Por essa razão, têm-se desenvolvido técnicas *in vitro*, as quais são menos onerosas e facilitam o controle das condições experimentais. Essas técnicas de laboratório podem ser eficientes desde que sejam facilmente reproduzíveis e altamente correlacionadas com resultados obtidos *in vivo* (Getachew *et al.*, 1998).

Uma técnica que tem sido amplamente utilizada é a técnica de produção cumulativa de gases, por ser simples e de baixo custo, além de possibilitar o processo de avaliação de um grande número de amostras em curto espaço de tempo e uniformidade físico-química do meio (Malafaia *et al.*, 1998; Barcelos *et al.*, 2001).

Assim, objetivou-se avaliar a silagem de cana-de-açúcar *in natura* aditivada com resíduo de cervejaria desidratado através da cinética de fermentação ruminal pela técnica de produção de gás *in vitro*.

MATERIAL E MÉTODOS

As incubações foram realizadas no laboratório de Nutrição Animal da Universidade Federal de Mato Grosso – Campus Cuiabá-MT.

A espécie forrageira utilizada foi à cana-de-açúcar, sendo utilizado um canavial, já implantado, de aproximadamente 0,25 ha. Realizou-se nessa área um corte de uniformização com auxílio de uma foice a uma altura de 5 cm do solo. No mesmo dia, foi feita a adubação com 50 kg/ha de nitrogênio e potássio na forma de sulfato de amônia e cloreto de potássio, respectivamente. Aproximadamente após um ano, procedeu-se um corte manual da forragem a uma altura de 5 cm do solo para o processo de ensilagem.

Para ensilagem o delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e quatro repetições, sendo os tratamentos 100% de cana-de-açúcar; 90% de cana-de-açúcar + 10% de resíduo de cervejaria desidratado; 80% de cana-de-açúcar + 20% de resíduo de cervejaria desidratado e 70% de cana-de-açúcar + 30% de resíduo de cervejaria desidratado, com base na matéria natural.

A cana-de-açúcar foi picada em máquina forrageira estacionária com tamanho de partícula de aproximadamente 2 cm, sendo homogeneizada manualmente conforme tratamentos. Para o armazenamento da massa verde picada utilizaram-se silos experimentais com capacidade de aproximadamente 4 litros.

As amostras foram pré-secas em estufa de ventilação forçada sob 55°C durante 72 horas para determinação da matéria seca (MS). Em seguida, todos os alimentos foram moídos em peneira de 1 mm para posteriormente serem analisados para proteína bruta (PB), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), extrato etéreo (EE), conforme metodologias descritas por Detmann *et al.* (2012).

Os carboidratos totais (CT) foram calculados a partir da equação: $CT = 100 - (\%PB + \%MM + \%EE)$, de acordo com Sniffen *et al.* (1992). A fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) dos alimentos foi obtida através da incubação *in situ* por 240 horas (Casali *et al.*, 2008), seguida da análise de fibra em detergente neutro.

Para avaliação das amostras através da incubação *in vitro*, os tratamentos foram mantidos, sendo silagem de cana aditivada com 0, 10, 20 e 30% de resíduo de cervejaria desidratado, na matéria natural.

O preparo das amostras foi realizado utilizando 200 mg de amostra seca ao ar (ASA) moída a 1 mm, conforme Pell e Schofield (1993), utilizando-se quatro repetições por tratamento, totalizando 64 frascos. Em seguida as amostras foram alocadas em frascos de vidro cor âmbar com capacidade de 120 mL.

Aos frascos foram adicionados 16 mL de solução tampão de McDougall (McDougall, 1948), previamente reduzido com CO₂ (pH 6,9-7,0), mantidos a 39°C. Meia hora após, foram adicionados 4 mL de inoculo ruminal sob aspersão de CO₂. O líquido ruminal foi proveniente de vacas leiteiras fistuladas mantidas a pasto e suplementadas com 2 kg de concentrado por dia. Após ser coado em peneira o líquido ruminal foi acondicionado em garrafa térmica pré-aquecida e levado para o laboratório, sendo toda a sua manipulação realizada sob aspersão de CO₂, livre de oxigênio. Imediatamente após a adição do inoculo, os frascos receberam tampa de borracha, lacre de alumínio e colocados em banho-maria, com agitação orbital, a 39°C.

As leituras de pressão (psi – pressão por polegada quadrada) foram realizadas por meio de um transdutor de pressão (Datalogger Pressure®) nos seguintes tempos: 2, 4, 6, 8, 10, 12, 24, 36, 48, 60, 72, 84 e 96 horas. Para descontar o volume de gases oriundo do líquido de rúmen e da solução tampão, dois frascos foram incubados sem amostra (branco). Dessa forma, para cada tempo de leitura, o volume de gases dos frascos com amostra foi subtraído do volume dos frascos sem amostra.

Com o somatório do volume de gases para cada tempo de leitura, foram estabelecidas as curvas de produção cumulativa dos gases. A conversão de psi

para mL foi feita a partir da equação de regressão linear ($Y = a + bx$) em que o coeficiente “b” da equação possibilitou a correção e transformação de pressão (psi) em volume de gás (mL) corrigido para a pressão barométrica do dia. Para isso, injetou-se volume conhecido de gases em frascos mantidos sob as mesmas condições das amostras incubadas, sendo gerado uma curva conforme a pressão correspondente ao volume injetado (20 mL), sendo as mesmas medidas e utilizadas para a obtenção da equação de regressão entre pressão e volume de gases.

A cinética da produção cumulativa dos gases foi analisada empregando-se o modelo logístico unicompartimental de Schofield *et al.* (1994), onde: $V(t) = V_f / (1 + \exp(2 \cdot 4^c \cdot (T-L)))$, no qual V(t) é o volume acumulado no tempo t; V_f, o volume final de gás; c (h⁻¹), a taxa de degradação; L, a latência; e T, o tempo (h).

A Energia metabolizável (EM, MJ/kg MS) e digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (DMO, g/kg MO) foram estimadas de acordo com Menke *et al.* (1979) como:

$$EM = 2,20 + 0,136PG \text{ (mL/0,200 g MS)} + 0,057PB \text{ (mg/0,200 g MS)}$$

$$DMO = 148,8 + 8,89PG + 4,5 PB \text{ (mg/0,200 g MS)} + 0,651 \text{ cinzas (mg/0,2 g MS)}$$

Sendo que PG é a produção de gás em mL de 200 mg de amostra seca incubada por 24 h.

A concentração de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) são calculados de acordo com Getachew *et al.* (2002):

$$AGCC \text{ (mmol/g MS)} = 0,0222PG - 0,00425$$

Os parâmetros foram analisados através da análise de variância, e quando significativo foi utilizado análise de regressão. Em todas as análises, significâncias foram declaradas a $p < 0,05$, utilizando o PROC MIXED do SAS 9.2.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A curva da cinética cumulativa de gases (**figura 1**) apresentou comportamento muito parecido entre tratamentos de silagem de cana-de-açúcar aditivada com resíduo de cervejaria, evidenciando o comportamento

Tabela I. Composição química da silagem de cana-de-açúcar aditivada com níveis de resíduo de cervejaria desidratado (RCD) (Chemical composition of silage of sugarcane added with levels of dehydrated barley residue).

Item ¹	Níveis inclusão do aditivo RCD (%)			
	0	10	20	30
MS	26,11	31,04	35,97	40,90
PB	2,38	3,41	4,43	5,45
EE	3,08	3,42	3,77	4,11
FDN	67,69	65,24	62,75	59,65
FDA	39,90	36,66	34,23	30,35
CT	89,96	87,62	85,27	82,93
FDNi	28,98	28,89	26,15	25,53

¹MS: matéria seca; PB: proteína bruta; EE: extrato etéreo; FDN: fibra em detergente neutro; FDA: fibra em detergente ácido; CT: carboidrato total; FDNi: fibra indigestível em detergente neutro.

Tabela II. Parâmetros cinéticos de fermentação ruminal *in vitro* da silagem de cana aditivada com resíduo de cervejaria desidratado (RCD) (Kinetic parameters of *in vitro* ruminal fermentation dehydrated barley residue cane added silage additive).

Parâmetros ¹	Níveis inclusão do aditivo RCD (%)				EPM	Função	p>F
	0	10	20	30			
VFtotal (mL/g MS)	32,16	31,45	32,40	30,50	0,57	Y=31,50	0,3057
Kd (h ⁻¹)	0,0203	0,0170	0,0174	0,0200	0,00	Y=0,0186	0,1424
Latência (horas)	5,00	4,25	3,94	4,94	0,75	Y=4,53	0,8014
pH (96 horas)	6,65	6,60	6,65	6,64	0,01	Y=6,63	0,0728

¹VFtotal: volume final total de gases com 96 horas de incubação; Kd: taxa de degradação (%/hora).
EPM: Error estándar de la media.

dos parâmetros que não apresentaram efeitos significativos ($p>0,05$) (**tabela I**).

O volume final total de gases não apresentou efeito significativo ($p>0,05$) com a inclusão dos níveis de resíduo de cervejaria desidratado como aditivo na ensilagem da cana-de-açúcar, apresentando uma média de 31,62 mL/g MS (**tabela I**). Segundo Getachew *et al.* (2004) a extensão de produção de gases e a composição química dos alimentos apresentam alta correlação entre si. Observa-se que houve uma variação considerável na composição da silagem conforme incluiu o resíduo de cervejaria como aditivo na ensilagem da cana-de-açúcar, entretanto, não o suficiente para refletir em aumento da produção de gases, uma vez que, houve melhora da composição das silagens aditivadas como aumento no teor de PB e EE, e redução da fração fibra como FDN, FDA e FDNi (**tabela II**). A fração FDNi aponta o quanto da FDN é indigestível, sendo que altos teores de FDNi indicam haver alta concentração de lignina.

Silagem de cana-de-açúcar aditivada com níveis de maniçoba foi estudada por Carvalho (2013) que obser-

vou aumento na produção de gases indicando que a maniçoba apresenta maior potencial de degradação. Esse aumento o autor atribuiu à maior concentração de CNF na maniçoba.

A taxa de degradação não apresentou efeito significativo ($p>0,05$) conforme incluiu o resíduo de cervejaria desidratado (**tabela I**), apresentando uma média de 0,0201 h⁻¹. Esse comportamento pode ter sido influenciado por fatores não compreensíveis pois, esperava-se melhora na taxa de degradação da MS à medida que incluiu o resíduo de cervejaria desidratado, uma vez que, o teor de FDN reduziu em 8%. Porém, valores próximos aos encontrados por Ferreira (2013) que ao avaliarem a silagem de capim marandu aditivada com resíduo de cervejaria desidratado obtiveram taxa de degradação da MS média de 0,02 h⁻¹. Ferreira (2013) ao incluir níveis de resíduo de cervejaria desidratado como aditivo na ensilagem de capim marandu observaram redução de 13% no teor de FDN e aumento de 15% no teor de CNF, refletindo em aumento de 5% na digestibilidade da MS.

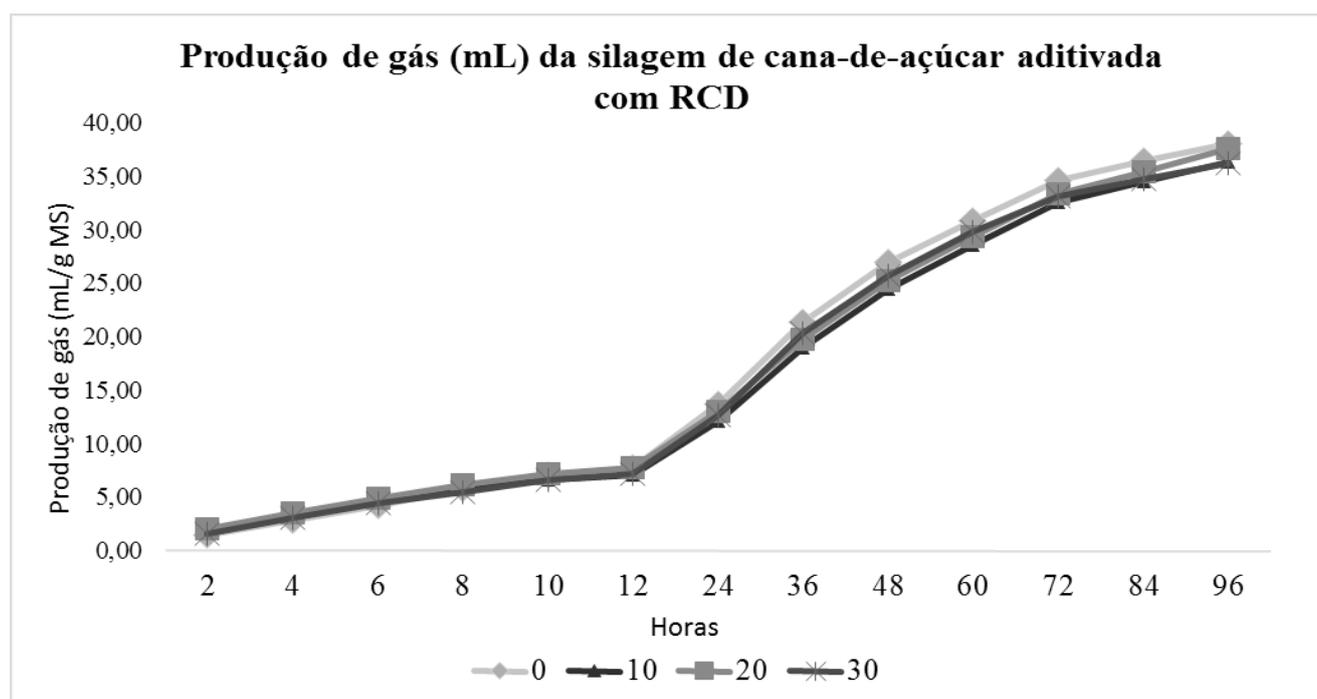


Figura 1. Curva cumulativa de gases (mL/g MS) das silagens de cana-de-açúcar aditivada com resíduo de cervejaria desidratado (RCD) nos níveis de 0, 10, 20 e 30% (Cumulative gas curve (ml / g DM) of silages of sugarcane added with dehydrated barley residue at levels of 0, 10, 20 and 30%).

Tabela III. Estimativa do perfil de fermentação ruminal *in vitro* da silagem de cana-de-açúcar aditivada com resíduo de cervejaria desidratado (RCD) (Profile estimate of *in vitro* ruminal sugarcane silage fermentation with dehydrated barley added residue).

Parâmetros	Níveis inclusão do aditivo RCD (%)				EPM	Função	p>F
	0	10	20	30			
EM (MJ/kg MS)	4,33	4,22	4,47	4,65	0,87	Y=4,2+0,0131*RCD	0,0058
DMO (g/kg)	273,0	259,6	269,3	274,2	5,72	Y=269,02	0,2915
AGCC (mmol/g MS)	0,29	0,26	0,28	0,29	0,01	Y=0,28	0,3145

EM: energia metabolizável; DMO: digestibilidade da matéria orgânica; AGCC: ácidos graxos de cadeia curta.

EPM: Error estándar de la media.

Andrade (2013) avaliou a ponta da cana-de-açúcar, que constitui de dois a três internódios de colmo e de folhas do ápice, aditivada com resíduo de cervejaria observando aumento linear na digestibilidade da MS à medida que aumentou os níveis da silagem aditivada com resíduo de cervejaria em dietas de ovinos confinados.

O tempo de latência não foi influenciado ($p>0,05$) pela inclusão dos níveis de resíduo de cervejaria, apresentando uma média de 4,53 horas (**tabela I**). Esse evento, corresponde aos eventos iniciais de ação microbiana ruminal, como aderência ao substrato e síntese de enzimas. Ferreira (2013) obtiveram latência média de 14,51 horas ao utilizarem silagem de capim marandu aditivada com níveis de resíduo de cervejaria desidratado. Essa diferença pode estar associada a fonte do volumoso utilizado, no qual a silagem de cana-de-açúcar apresenta maior concentração de CNF, favorecendo a adesão microbiana e reduzindo o tempo de latência.

Carvalho (2013) observou redução linear no tempo de latência à medida que incluiu maniçoba na ensilagem de cana-de-açúcar, entretanto, valores superiores ao observado no presente trabalho.

O pH final da incubação não apresentou efeito significativo ($p>0,05$) com o aumento dos níveis de resíduo de cervejaria desidratado (**tabela I**), com um pH médio de 6,63.

A EM (MJ/kg MS) apresentou aumento linear significativo ($p<0,05$) com a inclusão do resíduo de cervejaria desidratado, sendo que a cada 1% de inclusão do resíduo houve aumento de 0,01 MJ/kg de MS de energia metabolizável na silagem (**tabela III**), evidenciado pela alteração da composição bromatológica das silagens (**tabela II**), e aumento na disponibilidade de nutrientes à medida que aumentou a inclusão de resíduo de cervejaria desidratado. Comportamento parecido foi encontrado por Carvalho (2013) que observaram aumento da EM ao ensilarem cana-de-açúcar aditivada com maniçoba.

A DMO (g/kg) com 24 horas de incubação não apresentou efeito significativo ($p>0,05$) entre os tratamentos, com uma média de 269,05 g/kg (**tabela III**). Velho *et al.* (2014) obtiveram 66% de DMO *in vitro* ao avaliarem silagem de milho, mostrando uma grande diferença entre a silagem de cana-de-açúcar e silagem de milho.

A produção de AGCC (mmol/g MS) não apresentou efeito significativo ($p>0,05$) com a inclusão do resíduo de cervejaria desidratado na ensilagem da cana-de-açúcar, apresentando uma média de 0,28 mmol/g MS (**tabela III**). Os gases produzidos durante o processo fermentativo são principalmente o CO_2 e o CH_4 , e a sua formação é resultado principalmente da fermentação dos carboidratos dos alimentos a AGCC, demonstrando assim que o perfil de fermentação não foi influenciado pela adição de resíduo de cervejaria desidratado (Jenkins, 1993; Cone e Van Gelder, 1999).

CONCLUSÕES

A utilização do resíduo de cervejaria desidratado como aditivo na ensilagem de cana-de-açúcar não prejudicou os parâmetros fermentativos *in vitro* como produção de gases, taxa de degradação e latência, entretanto, aumentou a disponibilidade de energia metabolizável, não afetando a digestibilidade da matéria orgânica. Desta forma, o resíduo de cervejaria desidratado pode ser adicionado até o nível de 30% durante o processo de ensilagem da cana-de-açúcar.

BIBLIOGRAFIA

- Andrade, J.O. 2013. Silagem da ponta da cana-de-açúcar aditivada com resíduo de cervejaria desidratado na alimentação de ovinos. Tese de doutorado. Universidade Federal de Viçosa. 58 pp.
- Barcelos, A.F.; Paiva, P.C.A.; Perez, J.R.O.; Teixeira, J.C.; Cardoso, R.M. e Santos, V.B. 2001. Avaliação da casca e da polpa desidratada de café (*Coffea arabica* L.) pela técnica de degradabilidade *in vitro* de produção de gases. *Rev Bras Zootecn*, 30: 1829-1836.
- Castro, W.J.R.; Zanine, A.M.; Ferreira, D.J.; Ferro, M.M.; Prado, D.A. e Negrão, F.M. 2015. Silagem de cana-de-açúcar aditivada com resíduo de cervejaria desidratado. *Sci Electr Arch*, 8: 1-10.
- Detmann, E.; Souza, M. A.; Valadares Filho, S. C.; Queiroz, A. C.; Berchielli, T. T.; Saliba, E. O. S.; Cabral, L. S.; Pina, D. S.; Ladeira, M. M. e Azevedo, J. A. G. 2012. Métodos para análises de Alimentos. 1 ed. Editora UFV. Viçosa. MG.
- Carvalho, F.A.L. 2013. Silagem de cana-de-açúcar com adição de maniçoba. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Vale do São Francisco. 69 pp.
- Casali, A.O.; Detmann, E.; Valadares Filho, S.C.; Pereira, J.C.; Henriques, L.T.; Freitas, S.G. e Paulino, M.F. 2008. Influência do tempo de incubação e do tamanho de partículas sobre os teores de compostos indigestíveis em alimentos e fezes bovinas obtidos por procedimento *in situ*. *Rev Bras Zootecn*, 37: 335-342.
- Cone, J.W. and Van Gelder, A.H. 1999. Influence of protein fermentation on gas production profiles. *Anim Feed Sci Technol*, 76: 251-264.

- Ferreira, D.J. 2013. Resíduo desidratado da agroindústria de cervejaria na produção de silagem de capim marandu. Tese de doutorado. Universidade Federal de Viçosa. 126 pp.
- Fondevila, M. and Barrios, A. 2001. The gas production technique and its application to the study of the nutritive value of forages. *Cuban J Agric Sci*, 35: 187-196.
- Getachew, G.; Blummel, M.; Makkar, H.P.S. and Becker, K. 1998. *In vitro* gas measuring techniques for assessment of nutritional quality of feeds: a review. *Anim Feed Sci Techn*, 72: 261-281.
- Getachew, G.; Makkar, H.P.S. and Becker, K. 2002. Tropical browses: contents of phenolic compounds, *in vitro* gas production and stoichiometric relationship between short chain fatty acid and *in vitro* gas production. *J Agric Sci*, 139: 341-352.
- Getachew, G.; Depeters, E.J. and Robinson, P.H. 2004. *In vitro* gas production provides effective method for assessing ruminant feeds. *Calif Agric*, 58: 54-58.
- Jenkins, T.C. 1993. Lipid metabolism in the rumen. *J Dairy Sci*, 76: 3851-3863.
- McDougall, E.I. 1948. Studies on ruminant saliva. 1. The composition and output of sheep's saliva. *Bioch J*, 43: 99-109.
- Malafaia, P.A.M.; Valadares Filho, S.C.; Vieira, R.A.M.; Silva, J.F.C. e Pereira, J.C. 1998. Cinética ruminal de alguns alimentos investigada por técnicas gravimétricas e metabólicas. *Rev Bras Zootecn*, 27: 370-380.
- Menke, K.H.; Raab, L.; Salewski, A.; Steingass, H.; Fritz, D. and Schneider, W. 1979. The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feeding stuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor *in vitro*. *J Agric Sci*, 93: 217-222.
- Mertens, D. R. 2005. Rate and extent of digestion. In: Dijkstra, J.; Forbes, J.M.; France, J. Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism. 2 ed. CABI Publishing. Cambridge. MA.
- Moreira P.C.; Reis, R.B.; Rezende, L.P.; Wascheck, R.C.; Mendonça, A.C. e Dutra, A.R. 2010. Produção cumulativa de gases e parâmetros de France avaliados pela técnica semiautomática *in vitro* de fontes de carboidratos de ruminantes. *Rev Bras Saude Prod Anim*, 11: 452-462.
- Pedroso, A.F.; Nussio, L.G. e Loures, D.R.S. 2007. Efeito do tratamento com aditivos químicos e inoculantes bacterianos nas perdas e na qualidade de silagens de cana-de-açúcar. *Rev Bras Zootecn*, 36: 558-564.
- Pell, A.N. and Schofield, P. 1993. Computerized monitoring of gas production to measure forage digestion *in vitro*. *J Dairy Sci*, 76: 1063-1073.
- Schmidt, P. 2008. Aditivos químicos e biológicos no tratamento de cana-de-açúcar para alimentação de bovinos. In: Jobim, C.C.; Cecato, U.; Canto, M.W. (Eds). Produção e utilização de forragens conservadas. Masson. Maringá. PR.
- Schofield, P.; Pitt, R.E. and Pell, A.N. 1994. Kinetics of fiber digestion from *in vitro* gas production. *J Anim Sci*, 72: 2980-2991.
- Siqueira, G.R.; Reis, R.A. and Schocken-Iturrino, R.P. 2007. Perdas de silagens de cana-de-açúcar tratadas com aditivos químicos e bacterianos. *Rev Bras Zootecn*, 36: 2000-2009.
- Siqueira, G. R. 2009. Aditivos na silagem de cana-de-açúcar *in natura* ou queimada. Tese de doutorado. Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho. 107 pp.
- Sniffen, C.J.; O'Connor, J.D.; Van Soest, P.J.; Fox, D.G. and Russell, J.B. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. *J Animal Sci*, 70: 3562-3577.
- Velho, J.P.; Mühlbach, P.R.F.; Genro, T.C.M.; Barcellos, J.O.J.; Braccini Neto, J. e Silva, R.S.M. 2014. Modelos matemáticos para ajuste da produção de gases *in vitro* em diferentes tempos de incubação e cinética ruminal de silagens de milho. *Semina Cien Agrar*, 35: 2531-2540.