

# SILAGEM DO BAGAÇO DE LARANJA ADITIVADA COM POLPA CÍTRICA PELETIZADA<sup>1</sup>

R. K. GRIZOTTO<sup>2\*</sup>, A. P. A. BUENO<sup>2</sup>, A. F. CAMPOS<sup>3</sup>, G. R. SIQUEIRA<sup>2</sup>, R. T. MODESTO<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Recebido em 21 de março de 2016. Aprovado em 03 de janeiro de 2017.

<sup>2</sup>Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, Polo Regional de Desenvolvimento Tecnológico dos Agronegócios da Alta Mogiana, Colina, SP, Brasil.

<sup>3</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Catarinense, Videira, SC, Brasil.

\*Autor correspondente: reginagrizotto@apta.sp.gov.br

RESUMO: Avaliou-se o perfil fermentativo da ensilagem do bagaço de laranja com três níveis de matéria seca (MS) usando a polpa cítrica peletizada como aditivo absorvedor de umidade. Trinta silos experimentais (3 tratamentos, 5 tempos de armazenamento, 2 repetições) foram preparados utilizando-se baldes plásticos de 25 litros contendo bagaço de laranja aditivada com três níveis de polpa cítrica peletizada (0; 6% e 20%). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com medidas repetidas no tempo. Os períodos de armazenamento anaeróbico foram 3; 7; 14; 28 e 56 dias. O bagaço de laranja natural apresentou 13,9% de MS aumentando para 19,1% e 25,5% com inclusões de 6% e 20% de polpa cítrica peletizada, respectivamente. A densidade aparente correlacionou inversamente com o teor de MS, sendo observado maior nível de compactação (982 kg/m<sup>3</sup>) na massa ensilada com menor nível de MS (13,9%). Adicionalmente, a menor compactação (910 kg/m<sup>3</sup>) foi constatada nas massas ensiladas com inclusão do aditivo. A composição química da massa ensilada com ou sem polpa cítrica peletizada não variou significativamente em proteína, extrato etéreo, fibra em detergente neutro, lignina e digestibilidade *in vitro* da MS (P≥0,05), conforme o esperado. Desta forma, foi possível analisar apenas o efeito do aumento do teor de MS devido a inclusão da polpa cítrica peletizada. A inclusão de 20% do aditivo reduziu (P<0,01) as perdas por produção de efluentes (98% menos) e por gás (81% menos) em comparação ao tratamento controle no final do período de armazenamento anaeróbico. Neste tratamento, também foi observado o log número de bactérias ácido-láticas (4,63 log de UFC/g) maior (P≤0,05) aos demais tratamentos, indicando que o aumento na MS favoreceu o crescimento das bactérias láticas. Além do mais, a baixa contagem de leveduras, em torno de 1 log de UFC/g de amostra, e pH abaixo de 4,0 provavelmente devido à produção de ácidos lático e acético, demonstraram que o bagaço de laranja é rico em carboidratos solúveis passíveis de serem fermentados, e indicada para o processo de ensilagem. Conclui-se que o bagaço de laranja pode ser eficientemente conservado na forma de silagem, desde que a MS inicial seja, no mínimo, 25%. Recomenda-se a inclusão de 20% de polpa cítrica peletizada como aditivo absorvedor de umidade sobre o peso do bagaço de laranja, para garantir adequado processo fermentativo e reduzir as perdas inerentes ao processo de ensilagem.

Palavras-chave: citros, resíduo, conservação, perfil fermentativo.

## CITRUS PULP PELLETS AS AN ADDITIVE FOR ORANGE BAGASSE SILAGE

ABSTRACT: This study evaluated the fermentation profile of orange bagasse ensiled with three levels of dry matter (DM) using citrus pulp pellets as a moisture-absorbing additive. Thirty experimental silos (3 treatments, 5 storage times, 2 replicates) were prepared using 25-liter plastic buckets containing orange bagasse and three levels of citrus pulp pellets (0, 6% and 20%) as additive. A completely randomized design with repeated measures over time was used. The periods of anaerobic storage were 3, 7, 14, 28 and 56 days. Natural orange bagasse contained 13.9% DM, which increased to 19.1% and 25.5% with the inclusion of 6% and 20% citrus pulp pellets, respectively. The apparent density was inversely correlated with DM content and a higher level of compaction (982 kg/m<sup>3</sup>) was observed in the mass ensiled with the lowest DM level (13.9%). Additionally, lower compaction (910 kg/m<sup>3</sup>) was found in the mass ensiled with the additive. The chemical

composition of the mass ensiled with or without citrus pulp pellets did not differ significantly in terms of protein, ether extract, neutral detergent fiber, lignin or in vitro DM digestibility ( $P \geq 0.05$ ), as expected. Thus, it was possible to analyze only the effect of the inclusion of citrus pulp pellets on the increase in DM content. The inclusion of 20% of the additive reduced ( $P < 0.01$ ) losses due to effluent (98% less) and gas production (81% less) compared to the control treatment at the end of the anaerobic storage period. In this treatment, a higher ( $P \leq 0.05$ ) log number of lactic acid bacteria (4.63 log CFU/g) was also observed compared to the other treatments, indicating that the increase in DM favored the growth of these bacteria. In addition, the low yeast count (about 1 log CFU/g sample) and the pH below 4.0, which were probably due to the production of lactic and acetic acids, show that the orange bagasse is rich in fermentable soluble carbohydrates and is indicated for ensiling. In conclusion, orange bagasse can be efficiently conserved as silage if the initial DM content is at least 25%. The inclusion of 20% (in relation to orange bagasse weight) citrus pulp pellets as moisture-absorbing additive is recommended to guarantee adequate fermentation and to reduce losses inherent to the ensiling process.

Keywords: citrus, residue, conservation, fermentation profile.

## INTRODUÇÃO

As indústrias processadoras de laranja localizadas na região Norte do Estado de São Paulo processam diariamente 0,4 t a 12000 t de fruta que juntas podem gerar cerca de 6000 toneladas diárias de bagaço de laranja (FERREIRA, 2015)<sup>1</sup>. O bagaço de laranja é um resíduo com valor nutricional semelhante aos cereais (ASHBELL *et al.*, 1987) que pode ser utilizado como alimento rico em fibra de alta digestibilidade na dieta de ruminantes (TEIXEIRA, 2001).

O bagaço de laranja ao natural apresenta problemas no armazenamento devido ao elevado teor de água o que lhe confere alta perecibilidade. Ademais, na época da safra da laranja que tem início em maio e término em janeiro no Brasil (CITROSUCO, 2015) e, consequentemente, do bagaço de laranja, este material é produzido em quantidade maior que os pecuaristas podem utilizar na alimentação animal. Sendo assim, o descarte deste material torna-se um grande problema para pequenas e médias indústrias processadoras de suco de laranja que não possuem tecnologia para a peletização, viável apenas para as empresas de grande porte (TEIXEIRA, 2001). A conservação na forma de silagem pode garantir a utilização deste resíduo na alimentação de ruminantes abrindo uma alternativa para o seu escoamento, evitando o descarte em aterros sanitários, que pode resultar em graves problemas de poluição ambiental.

A ensilagem do bagaço de laranja na forma ao natural apresenta problemas devido ao baixo teor de matéria seca, cerca de 15%, e possível fermentação por leveduras e *Clostridium* que resultam em elevadas perdas de matéria seca devido a maior produção de gases e efluentes. Este processo tem sido estudado por vários pesquisadores brasileiros (ÍTAVO *et al.*, 2000; PINTO *et al.*, 2007; PINTO *et al.*, 2012; REGO *et al.*, 2012; REGO *et al.*, 2013). Entretanto, ainda há divergências quanto a composição bromatológica e ao perfil fermentativo encontrados na literatura, provavelmente devido às diferenças existentes entre os processos utilizados nas indústrias esmagadoras de citros. Há consenso de que alto conteúdo inicial de água afeta a qualidade do bagaço ensilado tornando necessário tratamentos que elevem o teor de matéria seca do bagaço de laranja. McDONALD *et al.* (1991) afirmaram que valores entre 25% a 35% de matéria seca são adequados para a confecção de uma boa silagem, pois abaixo de 25% de MS há possibilidade de desenvolvimento de *Clostridium* e aumento nas perdas com efluentes. Sugestões para aumento da matéria seca inicial incluem a pré-secagem ou condicionamento do material antes da ensilagem (TAVARES *et al.*, 2009), adição de sequestrante de umidade como a palha de trigo picada (SCERRA *et al.*, 2001), ou a parte aérea da mandioca, feno ou palha de trigo/arroz (SANTOS *et al.*, 2010), ou fubá de milho (REGO *et al.*, 2013). No entanto, estes aditivos podem promover alterações na composição química da silagem.

O estudo de inclusão da polpa cítrica peletizada na ensilagem do bagaço de laranja é inédito na literatura. Este material foi escolhido como aditivo sequestrante de umidade baseando-se na similaridade de composição química entre os materiais, pois ambos são oriundos da mesma matéria prima o que pode

<sup>1</sup>FERREIRA, J.O. (Raizen, Piracicaba, SP, Brasil). Comunicação Pessoal, 2015.

resultar em aumentos na MS, sem alterar a composição química da mistura.

Neste sentido, objetivou-se avaliar o perfil fermentativo, perdas de matéria seca e composição química das silagens do bagaço de laranja com três níveis de inclusão de polpa cítrica peletizada.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Polo Regional de Desenvolvimento Tecnológico dos Agronegócios da Alta Mogiana, Colina, SP, pertencente à Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios.

Aproximadamente duas toneladas de bagaço de laranja foram transportadas a granel e ensiladas no dia seguinte. O experimento consistiu de 30 silos experimentais, sendo três tratamentos (0; 6% e 20%), cinco tempos de abertura (3; 7; 14; 28 e 56 dias de armazenamento) e duas repetições. Os tratamentos corresponderam aos níveis de inclusão de polpa cítrica peletizada, sendo 0 (silagem controle sem polpa cítrica peletizada), 6% (6 kg de polpa cítrica peletizada em 100 kg bagaço de laranja) e 20% (20 kg polpa cítrica peletizada em 100 kg bagaço de laranja). O bagaço de laranja, nos respectivos tratamentos, foi ensilado em silos experimentais utilizando-se baldes plásticos de 38 cm de altura e 30 cm de diâmetro, com capacidade de 25 litros e munidos de tampa. No fundo dos baldes foram inseridos válvulas de ½ polegada de diâmetro para conectar o conjunto mangueira e garrafa com o objetivo de recolher e quantificar o efluente produzido durante o período de armazenamento, conforme modelo adaptado de ASHBELL *et al.* (1987). A massa ensilada foi compactada com auxílio de bastão de ferro de forma a atingir a maior densidade aparente possível, em torno de 900 kg/m<sup>3</sup>. Após, os silos foram fechados com tampas e lacrados com fitas adesivas, pesados e acomodados em suporte de madeira, para que permanecessem inclinados a aproximadamente 45° para facilitar a drenagem do efluente até o fundo do silo experimental e recolhimento nas garrafas. A densidade aparente dos silos foi calculada pela razão entre o peso (kg) da massa ensilada pelo volume (0,0255 m<sup>3</sup>) do silo experimental, e expressa em kg/m<sup>3</sup> em base de matéria verde. Os silos foram armazenados a temperatura ambiente e em local protegido.

A cada tempo de abertura (3; 7; 14; 28 e 56 dias), os silos experimentais de cada tratamento e as respectivas garrafas foram novamente pesados. Por diferença entre os pesos, foram calculadas as perdas de MS por produção de gases (PG) e efluente (PE), conforme SIQUEIRA *et al.* (2007). Após a pesagem, os

silos foram abertos e o conteúdo homogeneizado para a retirada de três amostras.

A primeira amostra foi utilizada para a obtenção do extrato aquoso, segundo a metodologia descrita por KUNG JÚNIOR (1996), onde foi determinado o pH, em potenciômetro digital (modelo DM-22, Digimed Instrumentação Analítica, São Paulo). O nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>) foi determinado nas amostras com 56 dias de armazenamento, conforme FENNER (1965).

As análises microbiológicas foram realizadas na segunda amostra da qual 25 g de silagem foram inseridas em frascos contendo 225 mL de solução de água peptonada a 0,1% previamente esterilizada e diluída em série de 10<sup>-1</sup> a 10<sup>-7</sup> para semeaduras em placas de Petri. Para as bactérias ácido-láticas (BAL) foi utilizado o meio seletivo *Lactobacillus* MRS Agar (Himedia Laboratories, Índia) e contadas após 72 h a 35°C. Os mofos e leveduras (LEV) foram semeados em BDA Agar (Himedia Laboratories, Índia) acidificado com ácido láctico e contados após 72 h a 28°C. Foram consideradas passíveis de contagem as placas com valores entre 30 e 300 unidades formadoras de colônias (UFC).

A terceira amostra da abertura final dos silos (56 dias) e a amostra no momento da ensilagem (0 dia) foram pesadas e levadas para estufa de ventilação forçada a 55°C durante 72 horas para secagem. As amostras secas foram processadas em moinho de faca tipo “Willey” com peneira de malha de 1 mm para realização das análises químicas, que foram matéria seca (MS), matéria mineral (MM), nitrogênio total (NT), extrato etéreo (EE), segundo AOAC (2005). O teor de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) foi obtido segundo metodologia de MERTENS (2002) com o uso de α-amilase e omissão do sulfito de sódio. A determinação da celulose foi realizada pelo método do ácido sulfúrico 72% (p/p) descrito por VAN SOEST e ROBERTSON (1985) e a lignina foi determinada pela diferença entre os teores de fibra em detergente ácido, segundo ROBERTSON e VAN SOEST (1981). Determinou-se a digestibilidade verdadeira *in vitro* da matéria seca (DIVMS), segundo metodologia de GOERING e VAN SOEST (1970).

Os dados de perfil fermentativo e perdas de matéria seca foram analisados utilizando o delineamento inteiramente casualizado com medidas repetidas no tempo, sendo os níveis de inclusão de polpa cítrica peletizada os tratamentos, e os tempos de armazenagem o fator de repetição no tempo, com 2 repetições por tempo e por tratamento. A matriz TOEP (Toeplitz) foi a melhor estrutura de

covariância ajustada para os dados, devido a sua menor pontuação, segundo o critério BIC.

A composição química foi analisada em delineamento inteiramente casualizado, com 3 tratamentos e 2 repetições. Os resultados foram submetidos à análise de variância usando o procedimento MIXED do programa estatístico do SAS 9.0 (SAS Inst. Inc. Cary, USA). Quando constatado efeito significativo, tanto para os níveis de inclusão de polpa cítrica peletizada quanto o tempo de armazenamento, foram avaliados por meio de contrastes ortogonais para determinação do tipo de comportamento (linear e/ou quadrático) utilizando o mesmo programa estatístico.

Como os níveis de inclusão de polpa cítrica peletizada não foram equidistantes, os coeficientes das matrizes dos contrastes ortogonais foram determinados pelo procedimento IML. A significância foi declarada quando  $P < 0,05$ .

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As silagens contendo 6% e 20% de polpa cítrica peletizada apresentaram  $910 \text{ kg/m}^3$  de densidade aparente, significativamente menor ( $P=0,02$ ) que a silagem controle, que apresentou média de  $982 \text{ kg/m}^3$ . Estes resultados relacionaram-se inversamente com o teor de matéria seca (MS), ou seja, quanto maior a MS do material, como observado nas silagens com 6% e 20% de polpa cítrica peletizada (Tabela 1), menor a densidade ( $910 \text{ kg/m}^3$ ), ao passo que a silagem com menor teor de MS observou-se maior compactação ( $982 \text{ kg/m}^3$ ). A maior quantidade de água parece ter auxiliado na acomodação da massa ensilada no interior do silo.

A inclusão de polpa cítrica peletizada ao bagaço de laranja no momento da ensilagem resultou em diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) nas concentrações de MS e matéria mineral com aumentos lineares à medida que aumentou o nível do aditivo absorvente

**Tabela 1. Composição química do bagaço de laranja com diferentes níveis de inclusão de polpa cítrica peletizada no momento da ensilagem e na abertura após 56 dias de armazenamento**

Composição química	<sup>1</sup> Níveis de inclusão PCP			<sup>2</sup> EPM	Valor P	Efeito	
	0	6%	20%			Linear	Quadrático
Ensilagem (dia 0)							
Matéria seca (%)	13,9	19,1	25,5	1,24	0,02	<0,01	0,36
Matéria mineral (%MS)	3,97	5,23	5,78	0,08	<0,01	<0,01	0,11
Proteína bruta (% MS)	7,90	7,41	7,21	0,14	0,08	0,05	0,20
Extrato etéreo (%MS)	6,57	8,85	8,38	0,22	0,11	0,12	0,11
<sup>3</sup> FDN (%MS)	47,9	45,9	48,2	1,20	0,45	0,68	0,26
Lignina (% MS)	3,34	3,98	3,51	1,06	0,91	0,99	0,69
<sup>4</sup> DIVMS (%MS)	91,4	87,7	93,1	1,27	0,78	0,59	0,15
Abertura (dia 56)							
Matéria seca (%)	16,2	22,8	29,8	0,16	<0,01	<0,01	0,06
Matéria Mineral(%MS)	3,99	5,88	6,99	0,36	0,02	0,01	0,11
Proteína bruta(%MS)	8,37	7,85	7,64	0,33	0,40	0,25	0,52
Extrato etéreo (%MS)	11,5	11,9	10,4	0,26	0,15	0,14	0,08
<sup>3</sup> FDN (%MS)	37,9	36,1	39,7	1,02	0,18	0,18	0,16
Lignina (%MS)	4,11	6,47	5,30	0,19	<0,01	0,08	<0,01
<sup>4</sup> DIVMS (%MS)	91,2	88,3	91,2	1,43	0,38	0,73	0,20
<sup>5</sup> N-NH <sub>3</sub> (% NT)	16,4	10,6	7,86	1,25	0,04	0,02	0,91

<sup>1</sup>Níveis de inclusão de polpa cítrica peletizada (PCP): 0 (silagem controle sem polpa cítrica peletizada), 6% (6 kg de polpa cítrica peletizada em 100 kg bagaço de laranja) e 20% (20 kg polpa cítrica peletizada em 100 kg bagaço de laranja). <sup>2</sup>EPM: erro padrão da média. <sup>3</sup>FDN: fibra em detergente neutro. <sup>4</sup>DIVMS: digestibilidade *in vitro* da matéria seca. <sup>5</sup>N-NH<sub>3</sub>: nitrogênio amoniacal expresso em porcentagem do nitrogênio total.

(Tabela 1). A elevação na concentração de MS era esperado e pretendido nesse trabalho, pois supôs-se que a inclusão de aditivo com elevado teor de MS, quando comparada ao material de origem da silagem, iria elevar a MS da mistura final. Os níveis de inclusão de 6% e 20% foram escolhidos com base no cálculo do balanço de massa da mistura polpa cítrica peletizada e bagaço de laranja de tal forma a atingir níveis de 20% e 30% de MS, respectivamente. O intuito foi estudar um nível de inclusão da polpa cítrica peletizada que estivesse na faixa entre 25% e 35% de MS considerada adequada para o processo de ensilagem conforme McDONALD *et al.* (1991) e outro abaixo desta, considerando minimizar o custo da inclusão do aditivo absorvedor de umidade comercializado em torno de R\$ 400,00 a tonelada no estado de São Paulo (MF RURAL, 2015). Os resultados (Tabela 1) mostraram que a inclusão de 6% de polpa cítrica peletizada atingiu os 20% MS estimados e a inclusão de 20% do aditivo absorvente atingiu 25,5% MS, um pouco abaixo do pretendido, porém dentro da faixa proposta por McDONALD *et al.* (1991). A MS do bagaço de laranja úmido no momento da ensilagem era de 13,9%.

A maior concentração de matéria mineral nas silagens com adição de polpa cítrica peletizada deu-se, provavelmente, devido a presença de cálcio nesse aditivo. De acordo com CAVICHILO (2010), esse resíduo é obtido após duas prensagens do bagaço de laranja, que reduzem a umidade para 25% a 35%, e posterior secagem até aproximadamente 90% de MS para, então, ser peletizada e comercializada. Para facilitar o desprendimento da água e reduzir a natureza hidrofílica da pectina, faz-se a adição de hidróxido ou óxido de cálcio antes das prensagens (RODRIGUES *et al.*, 2008).

A inclusão de polpa cítrica peletizada ao bagaço de laranja, no momento da ensilagem, não alterou significativamente ( $P \geq 0,05$ ) os teores de proteína bruta, extrato etéreo, fibra em detergente neutro (FDN), lignina e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) do material a ser ensilado (Tabela 1). Estes resultados confirmaram a proposição inicial do trabalho, ou seja, a escolha de um aditivo absorvente de origens semelhantes não resultaria em alterações significativas na composição química da massa ensilada. Desta forma, foi possível analisar apenas o efeito da inclusão da polpa cítrica peletizada na MS da silagem final.

Após 56 dias de armazenamento, observaram-se diferenças significativas entre as silagens de bagaço de laranja nos dois níveis de inclusão de polpa cítrica peletizada nas concentrações de MS ( $P < 0,01$ ) e matéria mineral ( $P = 0,02$ ), com aumentos lineares

crescentes à medida que aumentou o nível de polpa cítrica peletizada na silagem (Tabela 1). Estes resultados estão em concordância ao observado nos mesmos tratamentos no momento da ensilagem (tempo de abertura=0).

O teor de lignina foi maior na silagem com 6% de polpa cítrica peletizada (6,47%) e menor nas silagens controle (4,11%) e com 20% de aditivo (5,20%) sendo, observado efeito quadrático significativo ( $P < 0,01$ ) para este componente. A lignina é um composto que influencia a digestibilidade da silagem (ASHBELL *et al.*, 1987). Apesar disto, não foi observado efeito significativo ( $P = 0,38$ ) na DIVMS entre as silagens, que apresentaram 90,3% em média. Estes resultados estão em concordância com ÍTAVO *et al.* (2000) que relataram valores de DIVMS entre 88% a 93%. A maior digestibilidade de algumas frações da fibra do bagaço de laranja é atribuída especialmente ao seu alto teor de carboidratos solúveis e pectina, os quais são os responsáveis pela elevada digestibilidade das silagens (REGO *et al.*, 2013).

A concentração de N-NH<sub>3</sub> apresentou efeito linear decrescente à medida que aumentou o nível de inclusão de polpa cítrica peletizada. A proteólise que ocorre durante o tempo de armazenamento da silagem é fortemente relacionada com a concentração de MS do material ensilado. De acordo com McDONALD *et al.* (1991), em silagens muito úmidas, com valores abaixo de 25% de MS, pode ocorrer o desenvolvimento de microrganismos indesejáveis, como os do gênero *Clostridium*, que são os principais responsáveis pela proteólise, ou ainda degradação dessa fração por enzimas da própria planta. Em resultados apresentados por REGO *et al.* (2012) observou-se média de 8,69% de N-NH<sub>3</sub> para silagens que possuíam média de 19,3% de MS, o qual se compara à silagem com menor teor de polpa cítrica peletizada (6%) neste trabalho. A inclusão de 20% de polpa cítrica peletizada reduziu em mais de 50% a concentração de N-NH<sub>3</sub> quando comparada à silagem controle, o que é desejado ao processo de conservação.

Não houve efeito significativo ( $P \geq 0,05$ ) para as outras variáveis como proteína (7,94%), extrato etéreo (11,0%), FDN (40,9%) e DIVMS (90,2%) expressos com base na MS. A concentração de extrato etéreo determinada nesse experimento foi muito superior aos resultados relatados por ÍTAVO *et al.* (2000), REGO *et al.* (2012), REGO *et al.* (2013) e PINTO *et al.* (2012), em torno de 3,1% de extrato etéreo em silagem de bagaço de laranja. Esse fato pode estar relacionado com diferenças no processo de obtenção do suco de laranja, pois na empresa onde foi coletado o bagaço de laranja não se extraíam os

óleos essenciais, elevando sua concentração final na silagem.

Interação significativa ( $P < 0,01$ ) entre os níveis de inclusão de polpa cítrica peletizada à silagem de bagaço de laranja e os dias de armazenamento foi observada nas perdas de MS por produção de gás (Figura 1a). Na silagem controle, o pico da produção de gás ocorreu nos sete primeiros dias após o fechamento dos silos, mantendo o valor constante até 56º dia de armazenamento, atingindo a média final de 30,6% na MS. A silagem com 6% de polpa cítrica peletizada apresentou menores perdas de MS por produção de gás comparada a controle até o 28º dia. Contudo, aos 56 dias de armazenamento as perdas por gás se equipararam ( $P \geq 0,05$ ) nestes dois tratamentos.

A silagem com o maior teor de MS apresentou as menores perdas de MS com valores significativamente ( $P < 0,05$ ) inferiores comparados à silagem controle e com inclusão de 6% de polpa cítrica peletizada durante todo o período de avaliação (Figura 1a). Em condições de excesso de umidade, a maior produção de gás pode ser atribuída à maior incidência de fermentações indesejáveis pelas bactérias heterofermentativas, principalmente a fermentação butírica promovida por bactérias *Clostridium* (McDONALD *et al.*, 1991). Com o aumento da concentração de MS tem-se a diminuição ou até a inibição da atividade desses microrganismos indesejáveis mediante o efeito da atividade de água, já que o *Clostridium* é uma das bactérias que necessitam de alta atividade de água para o seu crescimento (REIS *et al.*, 2011). Além disso, a inclusão dos aditivos que aumentam o teor de MS, como é o caso da polpa cítrica peletizada, resultou em estímulo à fermentação láctica que, segundo McDONALD *et al.* (1991), resulta em mínimas perdas de MS nas silagens.

Os silos dos tratamentos controle e 6% de polpa cítrica peletizada apresentaram perda de porção líquida pela tampa logo no primeiro dia de ensilagem, apesar da presença das garrafas plásticas para a coleta do efluente. Essa porção líquida foi contabilizada como perda por produção de gás, e não como efluente já que não foi coletada nas garrafas. A hipótese para explicar o escape do efluente pela tampa pode estar relacionada a natural compactação, alta densidade e homogeneidade da massa do bagaço de laranja sem inclusão da polpa cítrica peletizada. Estes fatores podem ter gerado alta pressão no interior do silo forçando a saída do efluente para a superfície próxima à tampa, região de menor pressão, em vez de escorrer até o fundo do balde onde a garrafa estava atada.

As perdas de MS por produção de efluentes (kg/t de forragem) foram diferentes entre as silagens desde o terceiro dia de armazenamento, sendo menores na silagem com maior teor de MS e maiores na silagens com 6% de polpa cítrica peletizada e controle (Figura 1b). Não houve produção de efluentes na silagem com maior teor de matéria seca até os 28 dias de armazenamento, apenas na última abertura (56 dias) observou-se produção de pequena quantidade, apenas 1,64 kg/t de forragem. A inclusão de 6% e 20% de polpa cítrica peletizada reduziu em 36,8% e 97,7% a produção total de efluente, respectivamente, quando comparado ao tratamento controle no final do período de armazenamento anaeróbico. Isso indica que a silagem com 6% de polpa cítrica peletizada diminuiu a produção de efluente em

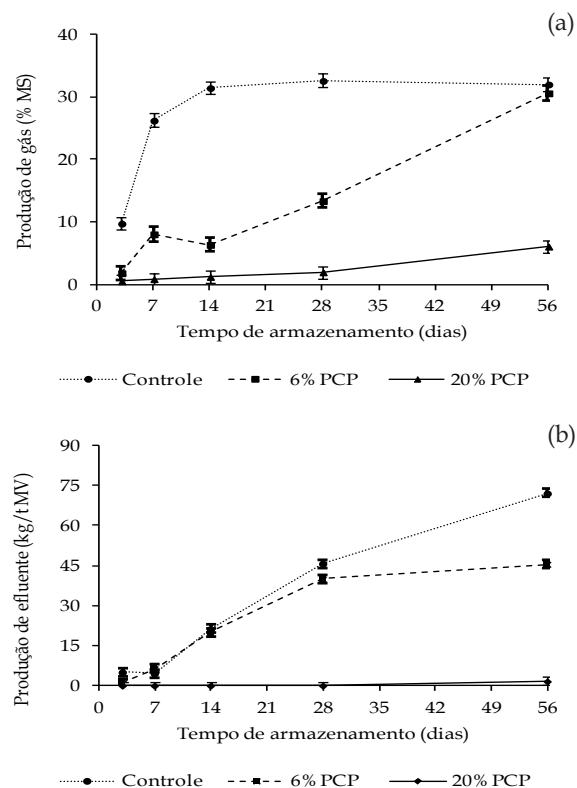


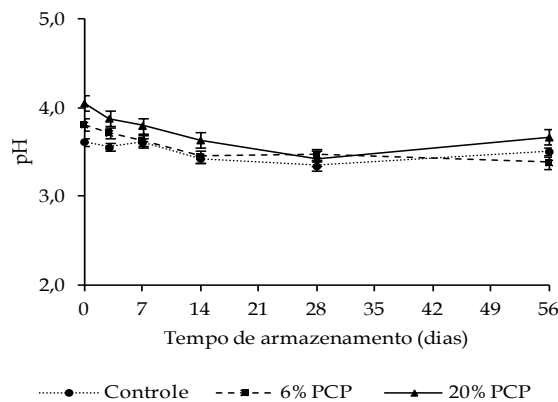
Figura 1. Perda por produção de gás (a) e efluente (b) da silagem de bagaço de laranja com três níveis de inclusão de polpa cítrica peletizada (PCP): controle (0 kg polpa cítrica peletizada), 6% PCP (6 kg polpa cítrica peletizada/100 kg bagaço laranja) e 20% PCP (20 kg polpa cítrica peletizada/100 kg bagaço laranja), ao longo do tempo de armazenamento anaeróbico. (a) EPM=1,12; (b) EPM=1,55; (a; b) efeito de tratamento,  $P < 0,01$ ; (a; b) efeito tempo de armazenamento,  $P < 0,01$ ; (a; b) interação tratamento x tempo de armazenamento,  $P < 0,01$ .

relação ao controle, mas em menor proporção em comparação a silagem com 20% de polpa cítrica peletizada. Dessa forma, a inclusão de 6% de polpa cítrica peletizada não foi suficiente para absorver a elevada quantidade de umidade presente no material ensilado. A diminuição da produção de efluente é reflexo do alto poder higroscópico desse aditivo absorvente, que possui como característica a elevação do seu peso quando em contato com materiais úmidos, chegando a valores de até 145% do peso inicial (RIBEIRO *et al.*, 2009).

TAVARES *et al.* (2009), avaliando silagens de capim Tanzânia, observaram que à medida que se aumentou o teor de MS pela adição de 5% de polpa cítrica ou emurchecimento, a produção de efluentes decresceu ou cessou, respectivamente. REGO *et al.* (2013) observaram diminuição de 14% na quantidade de efluente produzido por tonelada de material verde ensilado quando incluiu 12% de fubá de milho à silagem de bagaço de laranja. BERNARDES *et al.* (2013), em estudo de ensilagem de capim marandú com baixo teor de MS, concluíram que a inclusão de 10% de polpa cítrica peletizada como aditivo absorvente reduziu em 85% a produção total de efluente.

Os valores de pH inicial foram significativamente diferentes nas silagens, sendo a silagem com 20% de polpa cítrica peletizada aquela que apresentou maior valor inicial (4,05) seguida pela silagem com 6% de inclusão (3,81) e controle (3,62) (Figura 2). A provável explicação para esta variação inicial do pH pode estar relacionada à presença do composto alcalino (hidróxido ou óxido de cálcio) presente na composição do polpa cítrica peletizada. Ao longo do processo fermentativo, observou-se diminuição significativa ( $P<0,05$ ), porém de baixa amplitude, no valor de pH das silagens. Esse comportamento deve-se provavelmente ao aumento da capacidade tampante do meio decorrente da inclusão da polpa cítrica peletizada e ao valor baixo de pH inicial naturalmente encontrado no bagaço de laranja ao natural, conforme observado na silagem controle. De acordo com TAVARES *et al.* (2009) a inclusão de 5% de polpa cítrica peletizada à silagem de capim tanzânia elevou em 22% a capacidade tampão do meio. Outros autores, como COAN *et al.* (2007), EVANGELISTA *et al.* (2009), RODRIGUES *et al.* (2007) e TAVARES *et al.* (2009), também observaram esses efeitos no pH ao adicionarem níveis crescente de polpa cítrica peletizada entre 0 a 10% sobre o peso das silagens de capins tanzânia e marandú, cana de açúcar, milho e capim tanzânia, respectivamente.

No final da ensilagem observou-se ligeiro aumento do pH na silagem com maior nível de



**Figura 2.** Valores de pH das silagens de bagaço de laranja com três níveis de inclusão de polpa cítrica peletizada (PCP): controle (0 kg polpa cítrica peletizada), 6% PCP (6 kg polpa cítrica peletizada/100 kg bagaço laranja) e 20% PCP (20 kg polpa cítrica peletizada/100 kg bagaço laranja), ao longo do tempo de armazenamento anaeróbico. EPM=0,02; efeito de tratamento,  $P<0,01$ ; efeito tempo de armazenamento,  $P<0,01$ ; interação tratamento x tempo de armazenamento,  $P<0,01$ .

inclusão de polpa cítrica peletizada (Figura 2), provavelmente devido ao consumo dos ácidos de fermentação pelas leveduras constatado pelo aumento no log número de colônias desses microrganismos (Figura 3a). Em relação a população de leveduras observou-se interação significativa ( $P<0,01$ ) entre os níveis de inclusão de polpa cítrica peletizada à silagem de bagaço de laranja e dias de armazenamento. A população inicial (dia 0) diferiu entre os tratamentos, sendo a silagem com 6% de polpa cítrica peletizada aquela que obteve a maior população (3,38log UFC/g de silagem). As silagens controle e 20% de polpa cítrica peletizada não apresentaram contagem inicial de leveduras, no entanto, o pico de crescimento ocorreu após 3 dias de armazenamento, a partir do qual houve diminuição conforme o esperado para esse tipo de microrganismo. De acordo com McDONALD *et al.* (1991), as leveduras são controladas por ácidos de cadeia curta, principalmente o ácido acético, sintetizados durante a fermentação.

Os picos de população de leveduras (Figura 3a) e bactérias ácido-lácticas (Figura 3b) ocorreram aos 3 e 7 dias de armazenamento aeróbico a partir do qual ocorreram o decréscimo destes microrganismos, de modo similar ao comportamento apresentado por ASHBELL *et al.* (1987) em estudo com silagem de bagaço de laranja. Houve interação significativa

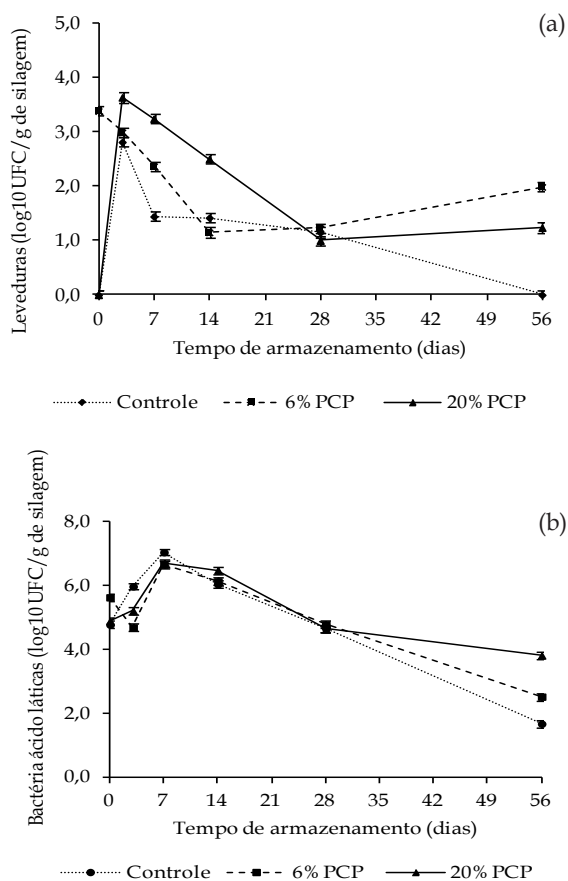


Figura 3. População de leveduras (a) e bactérias ácido-láticas (b) das silagens de bagaço de laranja com três níveis de inclusão de polpa cítrica peletizada (PCP): controle (0 kg polpa cítrica peletizada), 6% PCP (6 kg polpa cítrica peletizada/100 kg bagaço laranja) e 20% PCP (20 kg polpa cítrica peletizada/100 kg bagaço laranja), ao longo do tempo de armazenamento anaeróbico. (a) EPM=0,09; (b) EPM=0,11; (a) efeito de tratamento,  $P<0,01$ ; (b) efeito de tratamento,  $P=0,13$ ; (a; b) efeito tempo de armazenamento,  $P<0,01$ ; (a; b) interação tratamento x tempo de armazenamento,  $P<0,01$ .

( $P<0,01$ ) entre os níveis de inclusão de polpa cítrica peletizada à silagem de bagaço de laranja e dias de armazenamento na população de bactérias ácido-láticas (BAL), conforme mostrado na Figura 3b. A população inicial dessas bactérias foi significativamente diferente ( $P<0,01$ ) entre as silagens, sendo a silagem com 6% de inclusão de polpa cítrica peletizada aquela que apresentou maior contagem inicial (5,64 log UFC/g silagem). O aumento da população das BAL se estendeu até o

7º dia de armazenamento, a partir do qual houve diminuição significativa ( $P<0,01$ ) até o 28º dia, com média de 4,69 log UFC/g de silagem. Com 56 dias, a silagem com 20% de inclusão apresentou contagem de 3,81 log UFC/g de silagem, sendo superior estatisticamente ao controle e com 6% de polpa cítrica peletizada, com valores de 1,67 e 2,52 log UFC/g de silagem, respectivamente. A similaridade de crescimento da população de BAL até o seu pico ocorrido no 7º dia de armazenamento, deve-se possivelmente ao alto teor de carboidratos solúveis do bagaço de laranja (ÍTAVO *et al.*, 2000) que não limitou o crescimento desses microrganismos. O controle no crescimento dessa população após seu pico pode estar relacionado ao baixo pH da silagem nesse período de avaliação, pois abaixo pH 3,6 ocorre o controle do crescimento desses microrganismos (MCDONALD *et al.*, 1991).

## CONCLUSÃO

O bagaço de laranja pode ser eficientemente conservado na forma de silagem, desde que o teor de matéria seca inicial seja, no mínimo, 25%. Recomenda-se, a inclusão de 20% de polpa cítrica peletizada como aditivo absorvedor de umidade sobre o peso do bagaço de laranja, para garantir adequado processo fermentativo e reduzir as perdas inerentes ao processo de ensilagem.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPESP pelo Auxílio à Pesquisa e Bolsa Treinamento Técnico concedidos, e à empresa Delta Citrus em Bebedouro, SP, na pessoa do Sr. Wagner Palharini, pelo fornecimento do bagaço de laranja.

## REFERÊNCIAS

- AOAC. **Official methods of analysis of the association of official analytical chemists**. 18th ed. Maryland: AOAC, 2005.
- ASHBELL, G.; PAHLOW, G.; DINTER, B.; WEINBERG, Z.G. Dynamics of orange peel fermentation during ensilage. **Journal of Applied Bacteriology**, v.63, p.275-279, 1987. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.1987.tb02703.x>
- BERNARDES, T.F.; REIS, R.A.; SIQUEIRA, G.R.; DOMINGUES, F.N.; REGO, A.C. Produção de efuente de silagem de capim-marandú contendo polpa cítrica peletizada. **Revista de Ciências Agrárias**, v.56, p.326-330, 2013. <https://doi.org/10.4322/rca.2013.049>



- CAVICHIOLO, J.R. **Secagem do bagaço de laranja em seccador tipo Flash**. 2010. 83p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola, Campinas, SP, 2010. Disponível em <<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=000769719&opt=4>>. Acesso em: 19 maio 2015.
- CITROSUCO. Variedades da laranja. Disponível em <http://www.citrosuco.com.br/pt/fazenda.php#co-lheita>. Acesso em: 19 maio 2015.
- COAN, R.M.; REIS, R.A.; GARCIA, G.R.; SCHOCKEN-ITURRINO, R.P.; FERREIRA, D.S.; RESENDE, F.D.; GURGEL, F.A. Dinâmica fermentativa e microbiológica de silagens dos capins tanzânia emaranhadas de polpa cítrica peletizada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.1502-1511, 2007. Suplemento. <https://doi.org/10.1590/s1516-35982007000700007>
- EVANGELISTA, A.R.; SIQUEIRA, G.R.; LIMA, J.A.; LOPES, J.; REZENDE, A.V. Perfil fermentativo de silagens de cana-de-açúcar com e sem inclusão de milho desintegrado com palha e sabugo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.20-26, 2009. <https://doi.org/10.1590/s1516-35982009000100003>
- FENNER, H. Method for determining total volatile bases in rumen fluid by steam distillation. **Journal of Dairy Science**, v.48, p.249-251, 1965. [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(65\)88206-6](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(65)88206-6)
- GOERING, H.K.; Van SOEST, P.J. **Forage fiber analysis: apparatus, reagents, procedures and some applications**. Washington, D.C.: United States Department of Agriculture, 1970. 20p. (Agricultural Handbook, 379).
- ÍTAVO, L.C.V.; SANTOS, G.T.; JOBIM, C.C.; VOLTOLINI, T.V.; FARIA, K.P.; FERREIRA, C.C.B. Composição e digestibilidade aparente da silagem de bagaço de laranja. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, p.1485-1490, 2000. <https://doi.org/10.1590/s1516-35982000000500029>
- KUNG JÚNIOR, L. **Preparation of silage water extracts for chemical analysis: standard operating procedure**. Worrilow: Delaware. University of Delaware, Ruminant Nutrition Lab., 1996.
- MCDONALD, P.; HENDERSON, N.; HERON, S. **The biochemistry of silage**. 2.ed. Mallow: Chalcombe Publications, 1991.
- MF Rural. Alimentos para alimentação animal. Disponível em <<http://www.mfrural.com.br/produtos.aspx?categoria2=182&nmoca=alimentos-para-nutricao-animal-polpa-citrica>>. Acesso em: 10 dez. 2015.
- MERTENS, D.R. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber with refluxing in beakers or crucibles. **Journal of AOAC International**, v.85, p.1217-1240, 2002.
- PINTO, A.P.; MIZUBUTI, I.Y.; RIBEIRO, E.L.A.; FEY, R.; PALUMBO, G.R.; ALVES, T.C. Avaliação da silagem de bagaço de laranja e silagem de milho em diferentes períodos de armazenamento. **Acta Scientiarum. Animal Science**, v.29, p.371-377, 2007. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v29i4.995>
- PINTO, A.P.; MIZUBUTI, I.Y.; RIBEIRO, E.L.A.; PEREIRA, E.S.; BUNBIERIS Jr, V.H.; PIMENTEL, P.G.; SALMAZO, R.; CARNEIRO, M.S.S. Avaliações das silagens de bagaço de laranja e de milho com diferentes aditivos protéicos. **Semina: Ciências Agrárias**, v.33, p.3305-3314, 2012. Suplemento, 2. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2012v33supl2p3305>
- REGO, F.C.A.; LUDOVICO, A.; SILVA, L.C.; LIMA, L.D.; SANTANA, E.W.; FRANÇOZO, M.C. Perfil fermentativo, composição bromatológica e perdas em silagem de bagaço de laranja com diferentes inoculantes microbianos. **Semina: Ciências Agrárias**, v.33, p.3411-3420, 2012. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2012v33supl2p3411>
- REGO, F.C.A.; LUDOVICO, A.; LIMA, L.D.; BELAN, L.; CUNHA FILHO, L.F.C.; ZUNDT, N. Cinética de fermentação ruminal in vitro, composição química e perfil de ácidos graxos da silagem de bagaço de laranja com fubá de milho. **Semina: Ciências Agrárias**, v.34, p.4037-4046, 2013. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2013v34n6supl2p4037>
- REIS, R.A.; BASSO, F.C.; ROTH, A.P.T.P.; BERNARDES, T.F. Avanços recentes na ensilagem de milho e gramíneas tropicais. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL AVANÇOS EM TÉCNICAS DE PESQUISA EM NUTRIÇÃO DE RUMINANTES, 3., 2011, Pirassununga. **Anais... Pirassununga:FZEA**. p. 161-184. 2011.
- RIBEIRO, J.L.; NUSSIO, L.G.; MOURÃO, G.B.; QUEIROZ, O.C.M.; SANTOS, M.C.; SCHMIDT, P. Efeitos de absorventes de umidade e de aditivos químicos e microbianos sobre o valor nutritivo, o perfil fermentativo e as perdas em silagens de capim-Marandu. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.230-239, 2009. <https://doi.org/10.1590/s1516-35982009000200003>
- ROBERTSON, J.B.; VAN SOEST, P.J. The detergent system of analysis and its application to human foods. In: JAMES, W.P.T.; THEANDER, O. (Ed.). **The analysis of dietary fiber in food**. New York: Marcel Dekker, 1981. p.123-158.
- RODRIGUES, G.H.; SUSIN, I.; PIRES, A.V.; MENDES, C.Q.; ARAUJO, R.C.; PACKER, I.U.; RIBEIRO, M.F.; GERAGE, L.V. Substituição do milho por polpa cítrica em rações com alta proporção de concentrado para cordeiros confinados. **Ciência Rural**, v.38, p.789-794, 2008. <https://doi.org/10.1590/s0103-84782008000300031>

- RODRIGUES, P.H.M.; LOBO, J.H.; SILVA, E.J.A.S.; BORGES, F.O.; MEYER, P.M.; DEMARCHI, J.J.A.A. Efeito da inclusão de polpa cítrica peletizada na confecção de silagem de capim-elefante (*Pennisetumpurpureum*, Schum.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.1751-1760, 2007. <https://doi.org/10.1590/s1516-35982007000800007>
- SANTOS, T.C.; GOMES, D.P.P.; ABREU FILHO, G.; FRANCO, M. Enriquecimento proteico dos resíduos sólidos do processamento de frutas. **Enciclopédia Biosfera**, v.6, p.1-7, 2010.
- SCERRA, V.; CAPARRA, P.; FOTI, F.; LANZA, M.; PRIOLO, A. Citrus pulp and wheat straw silage as an ingredient in lamb diets: Effects on growth and carcass and meat quality. **Small Ruminant Research**, v.40, p.51-56, 2001. [https://doi.org/10.1016/s0921-4488\(00\)00208-x](https://doi.org/10.1016/s0921-4488(00)00208-x)
- SIQUEIRA, G.R.; REIS, R.A.; SCHOCKEN-ITURRINO, R.P.; BERNARDES, T.F.; PIRES, A.J.V.; ROTH, M.T.P.; ROTH, A.P.T.P. Perdas de silagens de cana-de-açúcar tratadas com aditivos químicos e bacterianos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.2000-2009, 2007. <https://doi.org/10.1590/s1516-35982007000900008>
- TAVARES, V.B.; PINTO, J.C.; EVANGELISTA, A.R.; FIGUEIREDO, H.C.P.; ÁVILA, C.L.S.; LIMA, R.F. Efeitos da compactação, da inclusão de aditivo absorvente e do emurchecimento na composição bromatológica de silagens de capim-tanzânia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.40-49, 2009. <https://doi.org/10.1590/s1516-35982009000100006>
- TEIXEIRA, J.C. Utilização da polpa cítrica na alimentação de bovinos leiteiros. Parte I. **Milkbizz Technology**, v.1, p.25-28, 2001.
- VAN SOEST, P.J.; ROBERTON, J.B. **Analysis of forages and fibrous foods**. Ithaca, USA: Cornell University, 1985.