

## Subprodutos agroindustriais na ensilagem de *Pennisetum purpureum*

### Agroindustrial by-products in *Pennisetum purpureum* silage

DOI:10.34117/bjdv7n8-631

Recebimento dos originais: 09/07/2021

Aceitação para publicação: 29/08/2021

#### **João Carlos de Carvalho Almeida**

Doutor em Zootecnia. Professor Titular no Departamento de Produção Animal e Pastagens, Instituto de Zootecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Endereço: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Zootecnia, Departamento de Produção Animal e Pastagens, BR 465, km 07 – UFRRJ, CEP: 23.897-000, Seropédica-RJ, Brasil  
E-mail: joaocarlosbq@gmail.com

#### **Aline Gama Rangel**

Mestre em Zootecnia. Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Instituto de Zootecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Endereço: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Zootecnia, Departamento de Produção Animal e Pastagens, BR 465, km 07 – UFRRJ, CEP: 23.897-000, Seropédica-RJ, Brasil  
E-mail: alinegamarangel@gmail.com

#### **Felipe Almeida Soares**

Mestre em Zootecnia. Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Instituto de Zootecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Endereço: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Zootecnia, Departamento de Produção Animal e Pastagens, BR 465, km 07 – UFRRJ, CEP: 23.897-000, Seropédica-RJ, Brasil  
E-mail: felipesoaresa@gmail.com

#### **Guilherme Alves do Val**

Mestre em Zootecnia. Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Instituto de Zootecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Endereço: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Zootecnia, Departamento de Produção Animal e Pastagens, BR 465, km 07 – UFRRJ, CEP: 23.897-000, Seropédica-RJ, Brasil  
E-mail: guilhermealvesdoval@hotmail.com

#### **Leonardo Fiusa de Moraes**

Mestre em Zootecnia. Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Instituto de Zootecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Endereço: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Zootecnia, Departamento de Produção Animal e Pastagens, BR 465, km 07 – UFRRJ, CEP: 23.897-000, Seropédica-RJ, Brasil  
E-mail: leonardofiusa@yahoo.com.br

**Jailton da Costa Carneiro**

Doutor em Ciência Animal. Pesquisador da EMBRAPA Gado de Leite. Endereço: EMBRAPA Gado de Leite, Recursos Forrageiros, Rua Eugênio do Nascimento, 610 – Dom Bosco, CEP: 36.038-330, Juiz de Fora, MG, Brasil  
E-mail: jailton.carneiro@embrapa.br

**Mirton José Frota Morenz**

Doutor em Ciência Animal. Pesquisador da EMBRAPA Gado de Leite. Endereço: EMBRAPA Gado de Leite, Recursos Forrageiros, Rua Eugênio do Nascimento, 610 – Dom Bosco, CEP: 36.038-330, Juiz de Fora, MG, Brasil.  
E-mail: mirton.morenz@embrapa.br

**Joice Fátima Moreira Silva**

Mestre em Medicina Veterinária. Programa de Pós-Graduação em Medicina Veterinária, Instituto de Veterinária, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Endereço: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Veterinária, BR 465, km 07 – UFRRJ, CEP: 23.897-000, Seropédica-RJ, Brasil  
E-mail: joicefmsbt@gmail.com

**RESUMO**

Objetivou-se avaliar o efeito da inclusão de níveis crescentes (0, 5, 10, 15 e 20%) de polpa cítrica peletizada (PCP) e melação em pó (MP) na ensilagem de capim-elefante. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com 10 tratamentos e cinco repetições. Determinou-se o conteúdo de matéria seca (MS), teores de proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN) e ácido (FDA), lignina (LIG), proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA), carboidratos solúveis (CS), potencial hidrogeniônico (pH), nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>), perdas por efluentes (PE), perdas por gases (PG) e recuperação da matéria seca (RMS). Foram observados efeitos dos níveis de inclusão da PC e do MP sobre a massa de forragem ensilada. A PCP promoveu aumento de MS e CS, diminuição de FDN, FDA e LIG, e efeito quadrático para a PB. Observou-se redução na PE e PG, resultando em maior RMS com a inclusão deste aditivo. O MP aumentou o teor de MS e diminuiu a FDN, FDA e LIG linearmente. Entretanto, este aditivo promoveu aumento na PE e menor RMS. A PC proporcionou efeitos positivos sobre a silagem e sua inclusão até 10% melhora a qualidade nutricional e evita a redução do teor proteico do material. Por outro lado, o MP apresentou efeitos negativos sobre o teor proteico, perda por EFLU e produção de N-NH<sub>3</sub>, porém aumentou os teores de MS e CS, bem como as perdas via gás.

**Palavras-chave:** Nitrogênio amoniacal, *Pennisetum purpureum*, Perda por efluentes, Resíduos da agroindústria.

**ABSTRACT**

The aim of this study was to evaluate the effect of adding increasing levels (0, 5, 10, 15, and 20 %) of pelleted citrus pulp (PCP) and powdered molasses (PM) on elephant grass silage. The experimental design was randomized, with 10 treatments and 5 replications. It was classified as dry matter (DM), crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF) and acid (ADF), lignin (LIG) and acid detergent insoluble protein (ADIP), soluble

carbohydrates (SC), hydrogen potential (pH), ammonia nitrogen (N-NH<sub>3</sub>), reduction of effluents, gases and recovery of dry matter. There was an effect of the levels of inclusion of agroindustrial by-products. The PCP promotes increased DM and SC, and decreased NDF, ADF and LIG linearly. There was a quadratic effect for CP. Reduction of effluents and gases and greater recovery of dry matter were observed. The inclusion of the MP increased the DM content and decreased NDF, ADF and LIG linearly, but an increase in effluent production and less dry matter recovery was observed. PCP provides positive effects on the silage and its inclusion up to 10% improves the nutritional quality and avoids the reduction of the protein content of the material. On the other hand, MP has negative effects on protein content, loss by EFLU and N.NH<sub>3</sub> production, but it increased the contents of MS and CS, as well as losses by gas.

**Keywords:** ammoniacal nitrogen, losses, molasses powder, pelleted citrus pulp, *Pennisetum purpureum*.

## 1 INTRODUÇÃO

O capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum) destaca-se por sua alta produção de massa seca e valor nutritivo, sendo amplamente utilizado para a produção de silagem e alimentação dos bovinos nas épocas de baixa produção forrageira. Contudo, ele apresenta baixo conteúdo de matéria seca (MS) e carboidratos solúveis (CS) no momento ideal de colheita, o que afeta o processo fermentativo da silagem, favorecendo a proliferação de microrganismos indesejáveis e comprometendo a qualidade final do material (BERNARDES et al., 2013; ARROQUY et al., 2014). A utilização de técnicas que reduzam a umidade e incrementem o teor de carboidratos solúveis podem reverter esta situação e melhorar a qualidade da silagem produzida.

O uso de aditivos na silagem tem como função modificar o processo fermentativo, levando a alterações do pH e da pressão osmótica da massa de forragem ensilada (YITBAREK; TAMIR, 2014). Subprodutos agroindustriais, como a polpa cítrica peletizada e o melaço em pó, além de fornecerem carboidratos solúveis, promovem o aumento do teor de matéria seca da silagem e podem garantir melhor padrão fermentativo (RODRIGUES et al., 2005; GOMES et al., 2017). A polpa cítrica peletizada em contato com forrageiras úmidas pode elevar seu peso em até 145%, sendo capaz de reduzir a produção de efluentes, pH e perdas por nitrogênio amoniacal da silagem (BERNARDES et al., 2013; YITBAREK; TAMIR, 2014). Porém, alguns autores não relataram esses benefícios (NETO et al., 2002; YASUOKA et al., 2015). Yasuoka et al. (2015) não observaram alteração no conteúdo de MS da silagem de capim Xaraés (*Urochloa*

*brizantha* cv. Xaraés) com a adição deste subproduto, semelhante aos resultados obtidos por Neto et al. (2002).

O melaço em pó também pode ser utilizado como aditivo na silagem de gramíneas tropicais, devido a suas características (70% de matéria seca e 65% de carboidratos solúveis) que favorecem o processo fermentativo, visto que os microrganismos convertem os carboidratos em ácidos orgânicos, levando a uma rápida queda do pH (SEBOLAI et al., 2012). A inclusão do melaço em níveis de até 8% aumenta o conteúdo de matéria seca para valores entre 26% e 40% (MENDIETA-ARAICA et al.; 2009; ITAVO et al.; 2010). Desse modo, ao avaliar diferentes idades de colheita e a adição de melaço em pó na silagem de capim-elefante, Sebolai et al. (2012) observaram que os tratamentos com níveis de 4% de inclusão do aditivo promoveram uma redução nos teores de fibra em detergente neutro (FDN) e ácido (FDA). Lima Júnior et al. (2014) observaram esses mesmos resultados, porém ressaltaram que esse fenômeno ainda não está bem explicado e estudos mais aprofundados são necessários para o seu esclarecimento.

O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da inclusão de polpa cítrica peletizada e melaço em pó sob os parâmetros fermentativos na silagem de capim-elefante.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados no Instituto de Zootecnia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (IZ/UFRRJ), município de Seropédica-RJ, Brasil, situado a 22°45' S e 43°41' W, e 33 m de altitude. O capim-elefante foi submetido ao corte de uniformização e à adubação nas doses de 100 kg/ha de N e 67 kg/ha de K<sub>2</sub>O, conforme as recomendações da análise de solo da área cultivada.

A colheita foi realizada quando o capim atingiu 180 cm de altura e 100 dias de crescimento. O capim foi colhido manualmente, picado em partículas de 1-3 cm de comprimento e misturado aos aditivos: polpa cítrica peletizada (PCP) e melaço em pó (MP), em quatro níveis de inclusão na matéria natural (5, 10, 15 e 20%), mais o tratamento controle (sem aditivo), com 5 repetições cada, totalizando 25 unidades amostrais por aditivo.

O material foi acondicionado em silos experimentais de PVC, com 10cm de diâmetro e 50cm de altura, providos de tampas com válvula tipo *Bunsen* para saída dos gases. No fundo de cada silo havia um saco confeccionado em TNT contendo areia para

a retenção de efluentes. Todos os silos foram pesados antes do enchimento, assim como os sacos de areia. A compactação foi realizada para que a massa ensilada atingisse a densidade de 600kg/m<sup>3</sup>. Após o enchimento o peso total dos silos foi anotado. Decorridos 180 dias realizou-se a pesagem de todos os silos para a determinação das perdas por gases e, em seguida, a abertura dos mesmos. Duas amostras do material foram retiradas da porção central de cada silo para as análises.

A primeira parte das amostras frescas foi submetida à análise de potencial hidrogeniônico (pH) com potenciômetro digital, em seguida foi retirada uma alíquota de 10mL para determinação de nitrogênio amoniacal (SILVA; QUEIROZ, 2012).

A segunda parte foi pesada e encaminhada à estufa de ventilação forçada (55°C por 72 horas). Após secagem, as amostras foram moídas e os conteúdos de matéria seca (MS) (105°C por 16 horas), proteína bruta (PB) e matéria mineral (MM) (AOAC, 1990), fibra em detergente neutro (FDN) e ácido (FDA), lignina (LIG), proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA) (VAN SOEST et al., 1991) e carboidratos solúveis (CS) (TELES et al., 1979) foram determinados. Os resultados bromatológicos da massa forrageira antes da ensilagem estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Composição bromatológica do capim-elefante acrescido de níveis crescentes de polpa cítrica peletizada (PCP) e melão em pó (MP) antes da ensilagem.

Tratamentos	MS	FDA	FDN	LIG	PB	PIDA	CS
Sem aditivos	25,23	62,68	85,09	14,58	8,56	1,94	67,40
5% PCP	25,11	63,18	78,51	14,17	7,83	2,19	86,94
10% PCP	30,08	59,81	78,30	11,64	7,24	1,56	95,90
15% PCP	29,84	63,35	76,25	13,75	8,87	2,50	86,13
20% PCP	31,74	55,16	65,58	10,40	7,37	2,13	108,29
5% MP	28,89	57,19	75,50	13,40	6,74	1,56	85,60
10 % MP	34,99	43,11	58,99	8,49	5,21	1,13	117,50
15% MP	35,21	47,03	62,14	0,00	6,09	1,56	89,95
20% MP	34,50	43,46	54,54	11,07	5,65	2,19	79,84

Matéria seca (MS), fibra em detergente ácido (FDA), fibra em detergente neutro (FDN), lignina (LIG) e proteína bruta (PB) = expressas em porcentagem da matéria seca; proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA) = expressa em porcentagem de proteína total; carboidratos solúveis (CS) = expresso em mg/g de MS.

Foram quantificadas a recuperação de matéria seca (RMS) e as perdas de matéria seca nas silagens sob as formas de gases (PG) e efluentes (PE) conforme as equações abaixo (JOBIM et al., 2007).

$$PG = \left[ \frac{PSf - PSa}{MMe \times MSe} \right] \times 100$$

Em que: PG: Perdas por gases durante o armazenamento (% da MS inicial); PSf: peso do silo no fechamento; PSa: peso do silo na abertura; MMe: massa do material na ensilagem (Kg de MN); MSe: Teor de MS do material ensilado (%).

$$PE = \left[ \frac{Pab - Pen}{MMe} \right] \times 100$$

Em que: PE: Produção por efluentes (Kg/t matéria natural); Pab: Peso do conjunto (silo + saco de areia) na abertura (Kg); Pen: Peso do conjunto (silo + saco de areia) na ensilagem; MMe: Massa de material ensilado (Kg)

$$RMS = \left[ \frac{MMab \times MSab}{MMfe \times MsMfe} \right] \times 100$$

Em que: RMS (%): recuperação de matéria seca (%); MMab: massa de material na abertura (Kg); MSab: Teor de MS na abertura (%); MMfe: Massa de material no fechamento (Kg); MsMfe: Teor de MS do material no fechamento (%).

O delineamento foi o inteiramente casualizado com cinco tratamentos e cinco repetições para cada aditivo. Os dados foram submetidos à análise de regressão e utilizou-se o software RStudio® (R CORE TEAM, 2019).

### 3 RESULTADOS

#### Polpa cítrica peletizada (PCP)

A inclusão da PCP proporcionou aumento linear no teor de MS ( $P < 0,05$ ), PIDA ( $P < 0,05$ ) e CS ( $P < 0,05$ ), e redução linear nos teores de FDN ( $P < 0,05$ ), FDA ( $P < 0,05$ ) e LIG ( $P < 0,05$ ) (Tabela 2).

Houve efeito quadrático sobre a PB ( $P < 0,05$ ), com redução até o nível de inclusão de 8,84% de PCP, com estimativa de 10% de PB.

A PCP proporcionou efeito linear negativo para o pH ( $P < 0,05$ ), PE ( $P < 0,05$ ), PG ( $P < 0,05$ ) e N.NH<sub>3</sub> ( $P < 0,05$ ). Os resultados observados para estas variáveis corroboram com a observação do efeito linear crescente sobre a RMS ( $P < 0,05$ ).

Tabela 2. Equações de regressão, coeficiente de variação (CV) e determinação ( $R^2$ ) em função dos níveis de polpa cítrica peletizada (PCP) adicionados à silagem de capim-elefante.

Variáveis	Equação	$R^2$	P-value	CV (%)
MS <sup>1</sup>	$24,21 + 0,453x$	0,96	$<1,0 \times 10^{-5}$	1,59
FDA <sup>2</sup>	$54,84 - 0,24x$	0,88	$<1,0 \times 10^{-5}$	1,76
FDN <sup>2</sup>	$79,90 - 0,87x$	0,98	$<1,0 \times 10^{-5}$	2,66
LIG <sup>2</sup>	$10,51 - 0,12x$	0,83	$<1,0 \times 10^{-5}$	0,50
PB <sup>2</sup>	$8,04 - 0,16x + 0,008x^2$	0,80	$<1,0 \times 10^{-5}$	0,69
PIDA <sup>3</sup>	$1,22 + 0,03x$	0,93	$<1,0 \times 10^{-5}$	0,77
CS <sup>4</sup>	$39,20 + 1,18x$	0,69	$<1,0 \times 10^{-5}$	5,62
EFLU <sup>5</sup>	$3,25 - 0,12x$	0,77	$<1,0 \times 10^{-5}$	4,97
GAS <sup>6</sup>	$9,61 - 0,35x$	0,88	$6,0 \times 10^{-5}$	39,78
N.NH <sub>3</sub> <sup>7</sup>	$10,11 - 0,01x$	0,03	$<1,0 \times 10^{-5}$	0,31
RMS <sup>6</sup>	$93,82 + 0,23x$	0,81	$<1,0 \times 10^{-5}$	0,06
pH	$4,52 - 0,03x$	0,79	$<1,0 \times 10^{-5}$	0,35

Matéria seca (MS), fibra em detergente ácido (FDA), fibra em detergente neutro (FDN), lignina (LIG), proteína bruta (PB), proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA), carboidratos solúveis (CS), perdas por efluente (PE) (EFLU), perdas por gás (PG) (GAS), nitrogênio amoniacal (N.NH<sub>3</sub>), recuperação de matéria seca (RMS) e potencial hidrogeniônico (pH).

<sup>1</sup> % matéria natural (MN); <sup>2</sup> % matéria seca (MS); <sup>3</sup> % da proteína bruta (PB); <sup>4</sup> g/kg MS; <sup>5</sup> kg/tonelada de silagem; <sup>6</sup> % MS; <sup>7</sup> % PB

### Melaço em pó (MP)

A inclusão do MP apresentou efeito semelhante à PCP, ocorrendo aumento linear no teor de MS ( $P < 0,05$ ) e CS ( $P < 0,05$ ), e redução nos teores de FDA ( $P < 0,05$ ), FDN ( $P < 0,05$ ), LIG ( $P < 0,05$ ) e PIDA ( $P < 0,05$ ) (Tabela 3). Por outro lado, o aditivo diminuiu linearmente o teor de PB ( $P < 0,05$ ).

Observou-se comportamento linear positivo para PE ( $P < 0,05$ ) e N.NH<sub>3</sub> ( $P < 0,05$ ) e, em contrapartida, negativo para PG ( $P < 0,05$ ) e RMS ( $P < 0,05$ ).



Tabela 3. Equações de regressão, coeficiente de variação (CV) e determinação ( $R^2$ ) em função dos níveis de melação em pó adicionados a silagem de capim-elefante

Variáveis	Equação	$R^2$	P-value	CV (%)
MS <sup>1</sup>	$23,98 + 0,57x$	0,99	$<1,0 \times 10^{-5}$	1,38
FDA <sup>2</sup>	$53,50 - 0,87x$	0,95	$<1,0 \times 10^{-5}$	0,18
FDN <sup>2</sup>	$77,08 - 1,25x$	0,91	$<1,0 \times 10^{-5}$	1,16
LIG <sup>2</sup>	$9,94 - 0,201x$	0,93	$<1,0 \times 10^{-5}$	11,72
PB <sup>2</sup>	$7,79 - 0,12x$	0,85	$<1,0 \times 10^{-5}$	2,15
PIDA <sup>3</sup>	$1,15 - 0,005x$	0,13	$<1,0 \times 10^{-5}$	1,55
CS <sup>4</sup>	$46,11 + 1,52x$	0,67	$3,5 \times 10^{-4}$	20,37
EFLU <sup>5</sup>	$3,00 + 0,11x$	0,63	$<1,0 \times 10^{-5}$	12,11
GAS <sup>6</sup>	$10,27 - 0,25x$	0,55	$<1,0 \times 10^{-5}$	12,67
N.NH <sub>3</sub> <sup>7</sup>	$11,60 + 0,12x$	0,29	$9,8 \times 10^{-4}$	8,57
RMS <sup>8</sup>	$94,10 - 0,11x$	0,52	$<1,0 \times 10^{-5}$	0,67
pH	$4,45 - 0,01x$	0,15	$<1,0 \times 10^{-5}$	0,45

Matéria seca (MS), fibra em detergente ácido (FDA), fibra em detergente neutro (FDN), lignina (LIG), proteína bruta (PB), proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA), carboidratos solúveis (CS), perdas por efluente (PE) (EFLU), perdas por gás (PG) (GAS), nitrogênio amoniacal (N.NH<sub>3</sub>), recuperação de matéria seca (RMS) e potencial hidrogeniônico (pH).

<sup>1</sup> % matéria natural (MN); <sup>2</sup> % matéria seca (MS); <sup>3</sup> % da proteína bruta (PB); <sup>4</sup> g/kg MS; <sup>5</sup> kg/tonelada de silagem; <sup>6</sup> % MS; <sup>7</sup> % PB

## 4 DISCUSSÃO

### Polpa cítrica peletizada (PCP)

A PCP é classificada como um alimento concentrado energético, com alto teor de MS e baixo conteúdo de FDN, FDA e LIG (MOSET et al., 2015). O efeito observado com a inclusão deste subproduto sobre o teor de umidade é explicado pelo seu alto conteúdo de MS (90%) e elevada capacidade absorviva (BERNARDES et al., 2013; GOMES et al., 2017). As baixas concentrações de FDN, FDA e LIG na PCP, em comparação ao capim elefante, associadas aos níveis crescentes de inclusão do subproduto, explicam a redução linear dessas variáveis na massa ensilada, o que pode ser atribuído ao efeito de diluição que o aditivo promove nestes componentes da forragem ensilada (SILVA et al., 2016; BONFÁ et al., 2017). Este efeito é benéfico, pois reduz a probabilidade de limitação do consumo da silagem pelos animais via efeito físico causado no rúmen por esses componentes da parede celular vegetal (VAN SOEST, 1994).

O comportamento quadrático da PB pode ser explicado uma vez que o capim elefante continha teores de MS e CS abaixo daqueles preconizados por McDonald et al. (1991) a como ideias para um adequado padrão de fermentação, refletindo em atividade de microrganismos indesejáveis, os quais podem promover proteólise. Com o aumento da inclusão de PCP essas condições são alteradas, proporcionando maior aporte de PB e sua preservação, a qual pode ser avaliada por menores níveis de N-NH<sub>3</sub> observados. Além



disso, observou-se resposta linear negativa tanto nas perdas por gases como no pH. Entretanto, Corrêa e Cordeiro (2000) verificaram que a adição de 6 a 8% de PC não foram capazes de alterar os teores de PB.

Por seu caráter energético, a PCP possui baixo teor de PB em sua composição, cerca de 7% (LASHKARI; TAGHIZADEH, 2013; JAVED et al., 2016). Este fato explica a redução desta fração na massa ensilada até a inclusão de 10% deste subproduto. Acima deste nível de inclusão ocorre aumento do teor de PB e isto é resultado do efeito positivo da adição da PCP sobre o processo fermentativo, com redução das perdas dos compostos nitrogenados via volatilização (RODRIGUES et al., 2007).

A determinação da PB representa o total de nitrogênio presente no alimento, entretanto, esse elemento não está totalmente disponível aos microrganismos ruminais, pois há complexação deste com os componentes da parede celular vegetal (VAN SOEST, 1994). Neste tocante, a fração PIDA representa a quantidade de PB que está ligada à FDA (LICITRA et al., 1996). A fração PIDA aumentou de forma linear, posto que a PCP possui maior concentração desta fração em sua composição, quando comparada ao capim-elefante (PALANGI et al., 2013). A polpa cítrica é um resíduo úmido advindo da produção de suco de frutas cítricas e, para melhor logística de transporte, há a necessidade de reduzir o teor de umidade deste material. Durante o processo de retirada de água e peletização, em condições de alta temperatura e pressão, ocorre a complexação da proteína com os carboidratos via reação de Maillard (LASHKARI; TAGHIZADEH, 2013; BUTHELEZI et al., 2019).

A PCP apresenta cerca de 80% de carboidratos em sua composição, sendo que aproximadamente 40% destes estão na fração solúvel (LASHKARI; TAGHIZADEH, 2013; 2015), o que explica o aumento linear do teor desta variável na massa ensilada.

A inclusão de PCP proporcionou redução linear de PE, PG e N-NH<sub>3</sub>, e aumento da RMS e pH. Estes efeitos ocorreram em resposta ao aumento do conteúdo de MS e CS da massa ensilada. O aumento do teor de MS diminui a disponibilidade de água, reduzindo a proliferação de bactérias do gênero *Clostridium* spp., estas que são as principais degradadoras de compostos nitrogenados (MCDONALD et al., 1991; ZANINE et al., 2006). Com o aumento do teor de MS há maior quantidade de CS, resultando no rápido desenvolvimento de bactérias ácido lácticas e produção de ácido láctico, e redução do pH (MCDONALD et al., 1991). Estes efeitos conjugados promoveram menor

produção de EFLU, GAS e N.NH<sub>3</sub>, resultando em maior RMS (MCDONALD et al., 1991; ZANINE et al., 2006; BERNARDES et al., 2013).

### **Melaço em pó**

O MP é um subproduto da indústria sucroenergética, que possui como vantagem alto teor de MS, alta concentração de CS, principalmente sacarose, e baixo teor de FDN e FDA (SODER et al., 2011; COSTA et al., 2015; CHEN et al., 2017). Este subproduto passa pelo processo de redução de umidade, tornando-o em pó (COSTA et al., 2015). Devido a isso, ele é capaz de aumentar o teor de MS e CS, e reduzir a FDN, FDA e LIG da silagem, efeitos estes observados no presente trabalho (KHORASANI et al., 2014; YITBAREK; TAMIR, 2014).

A inclusão do MP promoveu redução no teor de PB e aumento da produção de N.NH<sub>3</sub> na massa ensilada. Este subproduto apresenta baixo teor de PB (5-7%) e, conseqüentemente, diluiu esta fração na massa ensilada à medida em que aumentou a sua inclusão (COUTINHO et al., 2015; COSTA et al., 2015). O aumento da produção de N.NH<sub>3</sub> pode ser atribuído ao desenvolvimento de bactérias do gênero *Clostridium* spp., que causam proteólise. Além disso, o aporte de CS não foi suficiente para induzir o rápido desenvolvimento das bactérias ácido lácticas (BAL) no início do processo fermentativo, não ocorrendo a rápida redução do pH (YITBAREK; TAMIR, 2014). Em contrapartida, o MP reduziu o teor de PIDA na massa ensilada, visto que houve redução no teor de FDA e de PB e, o PIDA representa a porção de PB que está ligada à FDA (LICITRA et al., 1996).

Foi observada redução linear do pH com a inclusão de MP. Contudo, este efeito ocorreu de forma lenta, de acordo com o aumento da população de BAL no interior do silo produzindo maior quantidade de ácido láctico (ROSA et al., 2018).

Os fatos sobre a inclusão de MP discutidos corroboram para o aumento da produção de EFLU e redução da RMS, e estes colaboram para validar a hipótese do desenvolvimento de *Clostridium* spp. no início do processo fermentativo, ocorrendo degradação dos compostos proteicos e extravasamento de conteúdo celular, o que resultou no lento desenvolvimento de BAL e redução de pH (MCDONALD et al., 1991). Em contrapartida aos efeitos observados na produção de EFLU, houve redução linear nas perdas por GAS, visto que este aditivo auxiliou na redução da população de

enterobactérias, estas que degradam os açúcares e os transformam em ácido acético e gás carbônico, com aumento das perdas energéticas (MCDONALD et al., 1991; ROSA et al., 2018).

## 5 CONCLUSÃO

A polpa cítrica peletizada proporcionou efeitos positivos sobre a silagem, com aumento de MS e CS, bem como com a redução de FDN, FDA e LIG, e perdas via EFLU e GAS. Observou-se que a sua inclusão até 10% melhora a qualidade nutricional da silagem e evita a redução do teor proteico.

A inclusão do melão em pó apresentou efeitos negativos sobre o teor proteico, perda por EFLU e produção de  $N.NH_3$ . Como contraponto, apresentou efeitos positivos sobre o teor de MS, CS e reduziu FDN, FDA, LIG e PIDA, bem como as perdas via GAS.

## AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, UFRRJ, Embrapa Gado de Leite e ao Dr. Delci de Deus Nepomuceno (*in memoriam*).

## REFERÊNCIAS

AOAC. **Official Methods of Analysis**. 15. ed. Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, MD, 1990.

ARROQUY, J. I., CORNACCHIONE, M. V., COLOMBATTO, D.; KUNST JR, C. Chemical composition and in vitro ruminal degradation of hay and silage from tropical grasses. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 94, n.4, p. 705-715, 2014. DOI: <https://doi.org/10.4141/cjas-2014-014>

BERNARDES, T.F.; REIS, R.A.; SIQUEIRA, G.R.; DOMINGUES, F.N.; RÊGO, A.C. Produção de efluente de silagens de capim-marandu contendo polpa cítrica peletizada. **Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 56, n. 4, p. 326-330, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.4322/rca.2013.049>

BONFÁ, C.S.; VILLELA, S.D.J.; CASTRO, G.H.F.; SANTOS, R.A.; EVENGSLISTA, A.R.; NETO, O.S.P. Silagem de capim-elefante adicionada de casca de abacaxi. **Revista Ceres**, v. 64, n. 2, p. 176-182, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/0034-737X201764020010>

BUTHELEZI, L.S.; MUPANGAWA, J.F.; MUCHENJE, V.; NHERERE-CHOKUDA, F.V. Influence of drying technique on chemical composition and ruminal degradability of subtropical *Cajanus cajan* L. **Animal Nutrition**. V. 5. P. 95-100, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2018.03.001>

CHEN, X.; LI, W.; GAO, C.; ZHANG, X.; WENG, B.; CAI, Y. Silage preparation and fermentation quality of kudzu, sugarcane top and their mixture treated with lactic acid bacteria, molasses and cellulase. **Animal Science Journal**, n. 88, p. 1715-1721, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1111/asj.12840>

CORRÊA, L. A.; CORDEIRO, C. A. **Silagem de capim como estratégia de manejo intensivo de pastagens**. São Carlos: EMBRAPA/CPPSE. 2000. 6p. (EMBRAPA - CPPSE. Comunicado técnico, 26).

COSTA, D. A.; SOUZA, C.L.; SALIPA, E.O.S.; CARNEIRO, J.C. By-products of sugar cane industry in ruminant nutrition. **International Journal of Advance Agricultural Research**, v. 3, p. 1-9, 2015. Disponível em: [http://bluepenjournals.org/ijaar/pdf/2015/March/da\\_Costa\\_et\\_al.pdf](http://bluepenjournals.org/ijaar/pdf/2015/March/da_Costa_et_al.pdf).

COUTINHO, J. J. O.; COURA, R. A. N.; RODRIGUES, L. M.; ATAHYDE, A. A. R. Efeitos de aditivo em silagens de leguminosas forrageiras. **Ciência Et Praxis**, v.8, n. 15, p. 53-57, 2015. Disponível em: <https://revista.uemg.br/index.php/praxys/article/view/2155>

GOMES, R.S.; ALMEIDA, J.C.C.; CARNEIRO, J.C.; AZEVEDO, F.H.V.; LISTA, F.N.; ELYAS, A.C.W.; OLIVEIRA, T.S. Impacts of citrus pulp addition and wilting on

elephant grass silage quality. **Bioscience Journal**, v.33, n.3., p. 675-684, 2017. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1072318>

ITAVO, L. C. V; ITAVO, C. C. B. F; MORAIS, M. G; DIAS, A. M; COELHO, E. M; JELLER, H; SOUZA, A. D. V. Composição química e parâmetros fermentativos de silagens de capim-elefante e cana-de-açúcar tratadas com aditivos. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.11, n.3, p 606-617, 2010. Disponível em: <https://periodicos.ufba.br/index.php/rbspa/article/view/40046/22354>

JAVED, M.Z.; SAHRIF, M.; BHATTI, S.A.; BILAL, M.Q.; AHMED, F.; AHMAD, F.; SAIF-UR-REHMAN, M.; TARIQ, M. Nutrient intake, nitrogen balance and growth performance in buffalo calves fed citrus pulp as a concentrate source. **African Journal of Agricultural Reserach**, v. 11, n. 29, p. 2562-2568, 2016. DOI: <https://doi.org/10.5897/AJAR2016.10900>

JOBIM, C. C., NUSSIO, L. G., REIS, R. A., SCHMIDT, P. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 36, p. 101-119, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbz/a/cGcwzhYPxNb5mwmw9SJgZgm/?format=pdf&lang=pt>  
KHORASANI, H.; SHOJAEIAN, K.; IAHI, M.Y.E.; SHARIFI, M. Effects of urea, molasses and fibrolytic enzymes on nutritional value of date palm (*Phoenix dactylifera*) leaves silage. **Annual Research & Review in Biology**, v. 4, n. 24, p. 4305-4313, 2014. DOI: <https://doi.org/10.9734/ARRB/2014/7307>

LASHKARI, S.; TAGHIZADEH, A. Disgestion kinects of carbohydrate fracnations of citrus by-products. **Veterinarian Reserach Forum**, v. 6, n. 1, p. 21-49, 2015.

LASHKARI, S.; TAGHIZADEH, A. Nutrient digestibility and evaluation of protein and carbohydrate fracnation of citrus by-products. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 97, p. 701-709, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1439-0396.2012.01312.x>

LICITRA, G.; HERNANDEZ, T.M.; VAN SOEST, P.J. Standartization of procedures for nitrogen fracnation of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v. 57, p. 347-358, 1996. DOI: [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(95\)00837-3](https://doi.org/10.1016/0377-8401(95)00837-3)

LIMA JÚNIOR, D.M.; RANGEL, A.H.N.; URBANO, S.A.; OLIVEIRA, J.P.F.; MACIEL, M.V. Silagem de gramíneas tropicais não-graníferas. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 10, n. 2, p. 1-11, 2014. Doi: 150.165.111.246/ojs-patos/index.php/ACSA

MCDONALD, P.J.; HENDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. **The biochemistry of silage**. 2ª ed. Mallow Chalcombe Publications, 340 p., 1991.

MENDIETA-ARAICA, B.; SPORNDLY, E.; REYES-SÁNCHEZ, N.; NORELL, L.; SPORNDLY, R., Silage quality when Moringa oleífera is ensiled in mixtures with Elephant grass, sugar cane and molasses., **Grass and Forage Science**, v.64 p.364-373, 2009 DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.2009.00701.x>

MOSET, V.; PIQUER, O.; CERVERA, C.; FÉRNANDEZ, C.J.; HERNÁNDEZ, P.; CERISUELO, A. Ensiled citrus as a by-product feedstuff for finishing pigs: nutritional value and effects on intestinal microflora and carcass quality. **Spanish Journal of Agricultural Research**, v. 13, n. 3, 12 p., 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.5424/sjar/2015133-6717>

NETTO, A. R.; PAIVA, F. A.; HERLING, V. R. et al. Efeito de aditivos e pré-emurchecimento na composição química de silagens de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* SCHUM CV. NAPIER). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39, 2002, Recife. **Anais...Recife: SBZ, 2002. CD-ROM.** (Forragicultura. FOR-245).

PALANGI, V.; TAGHIZADEH, A.; SADEGHZADEH, M.K. Determine of nutritive value of dried pulp various using in situ and gas production techniques. **Journal of Biodiversity and Environmental Sciences**, v. 3, n.6, p. 8-16, 2013. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Valiollah-Palangi/publication/324561276\\_Determine\\_of\\_nutritive\\_value\\_of\\_dried\\_citrus\\_pulp\\_various\\_using\\_in\\_situ\\_and\\_gas\\_production\\_techniques/links/5e27ef11299bf15216733f32/Determine-of-nutritive-value-of-dried-citrus-pulp-various-using-in-situ-and-gas-production-techniques.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Valiollah-Palangi/publication/324561276_Determine_of_nutritive_value_of_dried_citrus_pulp_various_using_in_situ_and_gas_production_techniques/links/5e27ef11299bf15216733f32/Determine-of-nutritive-value-of-dried-citrus-pulp-various-using-in-situ-and-gas-production-techniques.pdf)

R CORE TEAM (2019). **R: A language and environment for statistical computing.** R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL: <https://www.R-project.org/>

RODRIGUES, P. H. M.; BORGATTI, L. M. O.; GOMES, R. W.; PASSINI, R.; MEYER, P. M. Níveis crescentes de polpa cítrica sobre a qualidade fermentativa da silagem de capim-elefante. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, p. 1138-1145, 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbz/a/dnP8snQVhvJHWtN8NXMbfvF/?format=pdf&lang=pt>

RODRIGUES, P. H. M.; LOBO, J R.; SILVA, E. J. A.; BORGES, L. F. O.; MEYER, P. M.; DEMARCHI, J. J. A. A. Efeito da inclusão de polpa cítrica peletizada na confecção de silage de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Shum). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 6, p. 1751-1760, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbz/a/6rK5DBYCSgPnBGf8H8vMbLf/?format=pdf&lang=pt>

ROSA, L. O.; PEREIRA, O. G.; RIBEIRO, K. G.; VALADARES FILHI, S. C.; CECON, P. R. Fermentation profile and microbial population in soybean silages with inoculant and powdered molasses. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 70, n.5, p. 1584-1594, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-4162-9500>

SEBOLAI, T. M.; AGANGA, A. A.; NSINAMWA, M. E MOREKI, J. C. Effects of different silage preservatives on silage quality of *Pennisetum purpureum* harvested at different harvesting periods. **Online Journal of Animal and Feed Research**, v. 2, n. 2, p. 139-144, 2012. Disponível em: <https://www.ojafir.ir/main/attachments/article/85/OJAfr,%20B27,%20139-144,%202012.pdf>



SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análises de alimentos (métodos químicos e biológicos)**. 3°. ed. Viçosa, MG: UFV, 2012. 235 p.

SILVA, R. H. P.; REZENDE, A. S. C.; INÁCIO, D. F. S. Pectin-rich by-products in feeding horses-A review. **Cogent Food & Agriculture**, v. 2, n. 1, 8 p., 2016. DOI: <https://doi.org/10.1080/23311932.2016.1193925>

SODER, K. J.; BRITO, A. F.; HOFFMAN, K. Effect of molasses supplementation and nutritive value on ruminal fermentation of a pasture-based diet. **The Professional Animal Scientist**, v. 27, p. 35-42, 2011. DOI: [https://doi.org/10.15232/S1080-7446\(15\)30442-3](https://doi.org/10.15232/S1080-7446(15)30442-3)

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 aditivos absorventes e do emurhecimento na composição bromatológica de silagem de capim-Tanzânia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.1, p.40-49, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982009000100006>

TELES, F. F. F.; OLIVEIRA, M.; SILVEIRA, A. J.; FABRIS, J. D.; BATISTA, C. M. Carboidratos solúveis, redutores e não-redutores de dez clones de mandioca cultivados em Minas Gerais. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 147, p.513-516. 1979. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/48175/1/Carboidratos-soluveis.pdf>  
VAN SOEST, P. J. **Nutritional Ecology of the ruminant**. Cornell U, 2<sup>th</sup> Edition, 528 p. 1994.

VAN SOEST, P. V., ROBERTSON, J. B., LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v. 74, n. 10, p. 3583-3597, 1991. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)

YASUOKA, J. I.; LIMA MEIRELLES, P. R.; SILVA, M. G. B.; GRANUZZO, J. T.; SILVA, M. P. Efeito da inclusão de polpa cítrica na ensilagem de capim-xaraés. *Boletim de Indústria Animal*, v. 72, n. 4, p. 298-303, 2015. DOI: <https://doi.org/10.17523/bia.v72n4p298>

YITBAREK, M. B.; TAMIR, B. Silage additives: Review. **Open Journal of Applied Sciences**, v. 4, p. 258-274, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.4236/ojapps.2014.45026>

ZANINE, A. M; SANTOS, E. M; FERREIRA, D. J; OLIVEIRA, J. S; ALMEIDA, J. C. C; PEREIRA, O.G, Avaliação da silagem de capim-elefante com adição de farelo de trigo, **Archivos de Zootecnia**, v.55, n.209, p.75-84, 2006. Disponível em: <https://www.redalyc.org/comocitar.oa?id=49520908>