

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta tese/dissertação será disponibilizado somente a partir de 25/01/2023.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
CAMPUS DE BOTUCATU

**EFEITO DO PROCESSAMENTO MECÂNICO E TEMPOS DE ESTOCAGEM NO
VALOR NUTRITIVO DE SILAGENS DE SORGO PLANTA INTEIRA**

MARIA HELENA DE OLIVEIRA

Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-graduação em Zootecnia como parte
das exigências para obtenção do título de
Mestre.

BOTUCATU-SP

Janeiro – 2021

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
CAMPUS DE BOTUCATU

**EFEITO DO PROCESSAMENTO MECÂNICO E TEMPO DE ESTOCAGEM NO
VALOR NUTRITIVO DE SILAGENS DE SORGO PLANTA INTEIRA**

MARIA HELENA DE OLIVEIRA

Zootecnista

Orientador: Prof. Dr. Ciniro Costa

Coorientador: Prof. Dr. Paulo Roberto de Lima Meirelles

Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-graduação em Zootecnia como parte
das exigências para obtenção do título de
Mestre.

BOTUCATU-SP

Janeiro – 2021

Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte.

O48e Oliveira, Maria Helena de
Efeito do processamento mecânico e tempos de
estocagem no valor nutritivo de silagens de sorgo
planta inteira / Maria Helena de Oliveira. --
Botucatu, 2021
49 p. : tabs.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual
Paulista (Unesp), Faculdade de Medicina
Veterinária e Zootecnia, Botucatu
Orientador: Ciniro Costa
Coorientador: Paulo Roberto de Lima Meirelles

1. Sorgo. 2. Silagem. 3. Processamento mecânico.
4. Dias de
estocagem. 5. Conservação de plantas forrageiras. I.

BIOGRAFIA DO AUTOR

Maria Helena de Oliveira – nascida em 22 de agosto de 1993, na cidade de Laranjal Paulista/SP, filha de Marcelo Valdrighi de Oliveira e Edilene Ponce do Amaral. Iniciou os estudos no ano 2000 no ensino fundamental da escola “E.M. João Salto” do município de Laranjal Paulista/SP e concluiu o ensino médio no “Colégio Criar” localizado no município de Tietê/SP no ano de 2010. Ingressou no curso de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras, Câmpus de Lavras, em janeiro de 2014 e graduou-se em dezembro de 2018. Durante a graduação foi bolsista IC/FAPEMIG no período de 2014 – 2015 e atuou como monitora da disciplina “Análise de Alimentos para Animais” no período de 2015 a 2017. De fevereiro de 2017 a janeiro de 2018 realizou estágio curricular obrigatório na propriedade Reynolds Livestock, localizada na cidade de Dodgeville - WI - EUA. Em março de 2019 iniciou o curso de Mestrado em Zootecnia na Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia - FMVZ/UNESP - Câmpus de Botucatu, onde foi bolsista pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior/Capes. Atua na área de Manejo e Conservação de Plantas Forrageiras.

Dedico

Aos meus pais, Edilene Ponce do Amaral e Marcelo Valdrighi de Oliveira, pelo amor e apoio incondicionais.

Aos meus melhores amigos, meus irmãos Ana Elisa de Oliveira Alho e Marcelo Valdrighi de Oliveira Filho.

Ao meu avô Luiz Ponce do Amaral (*in memoriam*), meu eterno anjo da guarda.

À toda minha família por todo o apoio e torcida.

AGRADECIMENTOS

À Deus e a todos os amigos espirituais que me acompanham e iluminam meu caminho.

Ao Prof. Dr. Ciniro Costa, por ter aceitado ser meu orientador, pela confiança e pela paciência durante esses 2 anos.

Ao Prof. Dr. Paulo Roberto de Lima Meirelles pela coorientação e apoio na condução das análises deste experimento.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior/Capes, pela concessão da bolsa de estudo

Ao Dr. André Michel de Castilhos pela enorme contribuição, pela paciência e por sempre se fazer disponível em auxiliar e sanar dúvidas.

Ao PhD Cristiano Magalhães Pariz pela contribuição e conhecimentos transmitidos.

Aos alunos de pós graduação durante meus anos de iniciação científica, PhD Rafael Gomes, PhD Beatriz Carvalho e PhD Tatiane Fernandes. A admiração pelo trabalho de vocês me fez conhecer a beleza da experimentação. Sigo apoiada em vossos ombros, meus gigantes!

Ao amigo/irmão Sillas Mayron, por toda ajuda, conselhos e apoio desde os tempos da graduação. Saudades da rotina nos laboratórios, estudos e comilanças compartilhados.

Ao Claudemir Seisdodos, meu querido “padrinho” e funcionário do Setor de Forragicultura e Pastagens da FMVZ/Unesp – Câmpus de Botucatu. Obrigada pelas conversas, pelo apoio, pelos risos e principalmente pela proteção.

Ao meu namorado Júlio Henrique Pena, por todo o apoio e por ser a tradução das palavras amor, companheirismo, compreensão e respeito.

A amiga Gisele Setznagl, técnica do Laboratório de Bromatologia da FMVZ/Unesp – Câmpus de Botucatu, pela amizade, apoio e auxílio na condução das análises.

Ao amigo Henrique Cordeiro pelo apoio na condução de parte desde experimento.

To the best people I have ever met, Jeremiah, Gayle, Cora, Henry and Gunner Litteral. Thanks for saving me and teaching me about love and empathy. I hope I will see you guys again!

Aos colegas do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia: Daniel Martins de Souza, Renata Tardivo, Juliana da Silva Barros, Tiago Gutemberg de Jesus Gomes, Giane Aguiar da Silva e Bruno de Barros da Silva Cardoso; e a todos os estagiários do Setor de Forragicultura e Pastagem da FMVZ/Unesp - Câmpus de Botucatu pela amizade, compreensão e ajuda durante o curso.

A todos os discentes, e funcionários da FMVZ, sem os quais seria impossível a realização deste trabalho.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001

Gratidão!

"Esquece todo o mal, a justiça é de Deus"

Pelo Espírito Emmanuel

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

CAPÍTULO 2

- Figura 1.** Interação entre processamento e dias de estocagem para proteína bruta. Efeito processamento $P = 0,80$; Efeito dias de estocagem $P < 0,01$; Efeito da interação processamento e dias de estocagem $P = 0,01$. * indica diferença entre processamento no desdobramento do dia ($P < 0,05$). 38
- Figura 2.** Interação entre processamento e dias de estocagem para amido. Efeito processamento $P = 0,02$; Efeito dias de estocagem $P < 0,01$; Efeito da interação processamento e dias de estocagem $P < 0,01$. * indica diferença entre processamento no desdobramento do do dia ($P < 0,05$). 39

LISTA DE TABELAS**CAPÍTULO 2**

- Tabela 1.** Precipitação pluvial e temperaturas máximas e mínimas mensais durante o período experimental e nos últimos 60 anos no município de Botucatu/SP 33
- Tabela 2.** Composição química, parâmetros fermentativos e de perdas durante o processo fermentativo das silagens de acordo com o efeito principal observado para processamento e dias de estocagem do material 37
- Tabela 3.** Percentual de partículas retidas no conjunto de peneiras da Penn State de acordo com o efeito principal observado para processamento e dias de estocagem do material 41

LISTA DE ABREVIACÕES, SIGLAS E SÍMBOLOS

CE	Condutividade elétrica
CNF	Carboidratos não fibrosos
DISMS	Digestibilidade “ <i>in situ</i> ” da matéria seca
DIVMS	Digestibilidade “ <i>in vitro</i> ” da matéria seca
DM	Dry matter
EE	Extrato etéreo
GM	Green matter
IRMS	Índice de recuperação da matéria seca
IVDMD	“ <i>In vitro</i> ” dry matter digestibility
MM	Matéria mineral
MS	Matéria seca
NDT	Nutrientes digestíveis totais
PB	Proteína bruta
pH	Potencial Hidrogeniônico
PMS	Produtividade de massa seca
PMV	Produtividade de massa verde
PSPS	Penn State Particle Separator

SUMÁRIO

	Página
CAPÍTULO 1.....	1
CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	1
INTRODUÇÃO	2
1. Ensilagem	3
2. Ensilabilidade de Culturas	4
3. Cultura do Sorgo.....	5
4. Silagens de Sorgo	6
5. Grãos de sorgo	7
6. Processamento mecânico	7
7. Tempos de estocagem.....	8
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	10
CAPÍTULO 2.....	17
RESUMO:	18
ABSTRACT:	19
INTRODUÇÃO	20
MATERIAL E MÉTODOS	21
RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
CONCLUSÃO	31
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	31
CAPÍTULO 3.....	36
IMPLICAÇÕES	36

CAPÍTULO 1

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

INTRODUÇÃO

No Brasil, a ensilagem de forrageiras para a alimentação animal é uma técnica utilizada por produtores rurais desde o final do século XIX. Atualmente, esta prática vem sendo largamente utilizada como reserva de forragem de alto valor nutritivo para utilização em períodos secos, entretanto, sistemas tecnificados de criação de bovinos leiteiros utilizam esta estratégia durante todo o ano, visando fornecer alimento de alto valor nutritivo para o rebanho (BERNARDES; DO RÊGO, 2014), garantindo constância na produção de leite e qualidade do produto final.

Culturas como milho (*Zea Mays*) e sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) possuem valor nutritivo e ensilabilidade semelhantes (BOLSEN et al., 2003), o que tem contribuído para o aumento do uso de sorgo por produtores rurais. No Brasil, essas duas culturas são as mais utilizadas para a confecção de silagens, com o milho e sorgo ocupando, respectivamente, o primeiro e segundo lugar no ranking das fontes volumosas utilizadas para bovinos leiteiros (BERNARDES; DO RÊGO, 2014) e a primeira e sexta posição para bovinos de corte (PINTO; MILLEN, 2018).

O sorgo é uma cultura anual destacando-se pela adaptação a regiões de baixa precipitação pluviométrica e altas temperaturas (NASIDI et al., 2010), sendo também um excelente substituto ao milho por apresentar menor custo de produção, alto potencial produtivo (McCARY et al., 2020) e maiores teores de proteína bruta no grão (MORAES et al., 2013). Porém, devido ao tamanho reduzido dos grãos de sorgo, uma grande porcentagem pode passar intacta pelo sistema digestório de animais ruminantes (MARTIN; PEEL, 2013), reduzindo seu aproveitamento.

O processamento mecânico de plantas de milho já é uma realidade em inúmeras propriedades, aumentando a disponibilização de amido para a fermentação no silo, bem como no trato digestório do animal, o que reduz a porcentagem de grãos intactos presente nas fezes (FERRARETTO; SHAVER, 2012). Entretanto, devido ao tamanho reduzido dos grãos de sorgo o processamento durante a ensilagem se torna um desafio, uma vez que os equipamentos existentes no mercado são majoritariamente projetados para grãos de milho.

O incremento em digestibilidade de silagens de culturas graníferas processadas se dá pela ruptura do pericarpo e da matriz amido-proteína, que é resultado da redução no tamanho médio de partícula, e aumento da superfície de contato para adesão microbiana (JOHNSON et al., 1999). Além disso, maiores tempos de estocagem tem demonstrado efeito positivo na digestibilidade do material ensilado, resultado da degradação das prolaminas na matrix proteica

CAPÍTULO 2

O Capítulo 2 redigido conforme as normas da revista “Acta Scientiarum – Agronomy” com exceção do idioma.

EFEITO DO PROCESSAMENTO MECÂNICO E TEMPOS DE ESTOCAGEM NO VALOR NUTRITIVO DE SILAGENS DE SORGO PLANTA INTEIRA

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência do processamento mecânico na massa de forragem antes da ensilagem, bem como maiores tempos de estocagem de silagens de híbrido granífero de sorgo. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com três repetições, em esquema fatorial 2x5, sendo duas silagens de sorgo (com e sem processamento) e cinco tempos de estocagem (35, 70, 105, 140, 175 dias). O processamento mecânico foi realizado com rolos processadores lisos, que girando em sentido contrário proporcionaram o esmagamento da massa. A produtividade da cultura foi de 28 t MV ha⁻¹ e 11,9 t MS ha⁻¹, demonstrando bom potencial produtivo e de diluição dos custos de produção. A contribuição dos componentes da planta colmo, folhas e panícula, foram de 9; 4,2 e 14 t ha⁻¹, respectivamente. A maior participação dos grãos da panícula das plantas e atraso na colheita resultou em maiores teores de MS (média 42%) no estágio farináceo-duro dos grãos, momento do corte. O processamento mecânico antes da ensilagem promoveu quebra dos grãos e causou incremento nos teores de amido das silagens, diluindo as concentrações de FDN e FDA, as quais apresentaram redução (P < 0,01) com uso do processamento, resultando em aumento linear para NDT. O aumento dos dias de estocagem dos materiais promoveu redução das concentrações de PB e aumento do N-NH₃ (P < 0,01). Os valores de pH reduziram com os dias de estocagem (P < 0,01), apresentando médias de 3,9. As silagens submetidas ao processamento mecânico apresentaram os melhores valores para amido, FDN e FDA, resultado do esmagamento dos grãos e diluição das frações fibrosas do material. O aumento dos dias de estocagem do material resultou em silagem com melhores valores de amido e NDT além de promover redução do tamanho teórico de partículas dos materiais ensilados.

Palavras chave: conservação de forragem, esmagamento, sorgo granífero.

EFFECT OF MECHANICAL PROCESSING AND STORAGE LENGTH ON THE NUTRITIVE VALUE OF WHOLE-PLANT SORGHUM SILAGE

ABSTRACT: The objective of this work was to evaluate the influence of the mechanical processing of the forage mass before ensiling, as well as the length of storage for grain sorghum silages. The experimental design was completely randomized, with three replications, in a 2x5 factorial scheme, two sorghum silages (processed or not) and five storage lengths for the ensiled materials (35, 70, 105, 140, 175 days). The processed treatment was done by processor rolls which by turning in the opposite direction provided the crushing of the forage mass before ensiling. The crop productivity was 28 t GM ha⁻¹ and 12 t DM ha⁻¹, assuring high yields and dilution of production costs. The contribution of the plant components stem, leaves and panicle was 9; 4.2 and 14 t ha⁻¹, respectively. The high percentage of grains in the panicle of the plants and delay of harvesting resulted in higher levels of DM (42%) at the time of cutting. Mechanical processing before ensiling was significant (P<0,05) in promoting grain breakage, resulting in an increase in starch and TDN content in silages and thus reducing the NDF and ADF concentrations, which also had an effect (P <0.05) for processing. The increase in storage length of the materials resulted in a reduction in the concentrations of PB and an increase in N-NH₃. The pH lowered as a function of for storage length (P <0.01), means of 3.9. The silages mechanically processed showed the best values for Starch, NDF and ADF, due to the kernel breakage and dilution of the fibrous contents of the material. Storage length linearly improved starch and TDN contents and reduced the theoretical particle mean of the ensiled materials.

Key Words: forage conservation, grain sorghum, squeeze.

INTRODUÇÃO

A utilização de silagens de sorgo em substituição a silagem de milho na alimentação de animais ruminantes está em expansão, o que se deve principalmente aos híbridos existentes no mercado brasileiro, que combinam alta produtividade com altas proporções de panículas (Perazzo et al., 2017). O interesse na cultura se deu primeiramente em razão do seu alto potencial produtivo e resistência a baixa precipitação pluviométrica e fertilidade do solo, quando comparada com o milho, o que ocorre devido a diferença na expressão de genes relacionados ao controle da utilização de água nas folhas e raízes do sorgo (Hasan, Rabei, Nada, & Abogadallah, 2017).

A inclusão dessa fonte volumosa na dieta de animais de alta exigência é uma realidade no cenário brasileiro, sendo a segunda fonte mais utilizada na alimentação de vacas leiteiras (Bernardes & Do Rêgo, 2014), e a sexta para bovinos de corte (Pinto & Millen, 2018). Uma série de estudos tem mostrado a preferência de híbridos graníferos de sorgo para a ensilagem (Behling Neto et al., 2017; Silva et al., 2011; Skonieski et al., 2010; Nascimento et al., 2008). Visto que estes apresentam altas proporções de panícula na planta, gerando silagens de elevado valor energético em comparação com outros materiais genéticos. Entretanto, devido ao tamanho reduzido e maior vitreosidade do endosperma periférico do grão, este apresenta alta taxa de passagem no trato digestivo, sendo frequentemente encontrados intactos nas fezes dos animais.

O incremento em digestibilidade de silagens de culturas graníferas processadas se dá pela ruptura do pericarpo e da matriz amido-proteína, que é resultado da redução no tamanho médio de partícula, e aumento da superfície de contato para adesão microbiana (Hoffman et al., 2011). O processamento mecânico de plantas de milho já é uma realidade em inúmeras propriedades, aumentando a disponibilização de amido para a fermentação no silo, bem como no trato digestório do animal, por mudar o sítio de degradação do intestino delgado para o rúmen de animais ruminantes. Além disso, maiores tempos de estocagem tem demonstrado efeito positivo na digestibilidade do sorgo (Fernades, Paula, Sultana & Ferraretto, 2020), resultado da maior degradação das prolaminas na matriz proteica.

Neste contexto, a literatura carece de experimentos que avaliem a qualidade de silagens de sorgo processadas e armazenadas por maiores períodos em anaerobiose, para que dessa forma seja possível mensurar o grau de efetividades destas práticas.

CONCLUSÃO

O processamento mecânico da massa de forragem antes da ensilagem proporciona quebra dos grãos de sorgo, fornecendo maiores concentrações de amido para os processos fermentativos.

O aumento dos dias de estocagem de silagens de planta inteira de sorgo melhora a composição química do material por aumentar os teores de amido disponíveis, reduzir o tamanho de partícula dos grãos e diluir os componentes fibrosos presentes na massa ensilada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Association of Official Analytical Chemists (1995). *Official methods of analysis*. (16nd ed.) Washington, D.C.: AOAC.
- Behling Neto, A., Reis, R. H. P. D., Cabral, L. D. S., Abreu, J. G. D., Sousa, D. D. P., & Sousa, F. G. D. (2017). Nutritional value of sorghum silage of different purposes. *Ciência e Agrotecnologia*, 41(3), 288-299. doi: 10.1590/1413-70542017413038516
- Behling Neto, A., dos Reis, R. H. P., da Silva Cabral, L., de Abreu, J. G., de Paula Sousa, D., Pedreira, B. C., ... & da Silva Carvalho, A. P. (2017). Fermentation characteristics of different purpose sorghum silage. *Semina: Ciências Agrárias*, 38(4Supl1), 2607-2618. B. doi: 10.5433/1679-0359.2017v38n4Supl1p2607
- Bernardes, T. F., & Do Rêgo, A. C. (2014). Study on the practices of silage production and utilization on Brazilian dairy farms. *Journal of Dairy Science*, 97(3), 1852-1861. doi: 10.3168/jds.2013-7181
- Borba, L. F. P., Ferreira, M. D. A., Guim, A., Tabosa, J. N., Gomes, L. H. D. S., & Santos, V. L. F. D. (2012). Nutritive value of diferents silage sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) cultivares. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 34(2), 123-129. doi: 10.4025/actascianimsci.v34i2.12853
- Borreani, G., Tabacco, E., Schmidt, R. J., Holmes, B. J., & Muck, R. E. (2018). Silage review: Factors affecting dry matter and quality losses in silages. *Journal of Dairy Science*, 101(5), 3952-3979. doi: 10.3168/jds.2017-13837.
- Cantarella, H.; Raij. B. Van.; Camargo, C.E.O. Cereais. (1997) In: *Boletim Técnico 100: Recomendação de Adubação e Calagem para o Estado de São Paulo*. (2.ed). (pp.43-71)

Campinas: Instituto Agronômico; IAC.

- Colombini, S., Galassi, G., Crovetto, G. M., & Rapetti, L. (2012). Milk production, nitrogen balance, and fiber digestibility prediction of corn, whole plant grain sorghum, and forage sorghum silages in the dairy cow. *Journal of Dairy Science*, 95(8), 4457-4467. doi: 10.3168/jds.2011-4444
- Fernandes, T., Paula, E. M., Sultana, H., & Ferraretto, L. F. (2020). Influence of sorghum cultivar, ensiling storage length, and microbial inoculation on fermentation profile, N fractions, ruminal in situ starch disappearance and aerobic stability of whole-plant sorghum silage. *Animal Feed Science and Technology*, 114535. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2020.114535
- Ferreira, D.F. (2015). SISVAR: Sistema de análise de variância para dados balanceados, versão 5.6, Lavras: DEX/UFLA.
- Hasan, S. A., Rabei, S. H., Nada, R. M., & Abogadallah, G. M. (2017). Water use efficiency in the drought-stressed sorghum and maize in relation to expression of aquaporin genes. *Biologia plantarum*, 61(1), 127-137. doi: 10.1007/s10535-016-0656-9
- Hoffman, P. C., Esser, N. M., Shaver, R. D., Coblenz, W. K., Scott, M. P., Bodnar, A. L., ... & Charley, R. C. (2011). Influence of ensiling time and inoculation on alteration of the starch-protein matrix in high-moisture corn. *Journal of dairy science*, 94(5), 2465-2474. doi: 10.3168/jds.2010-3562
- Hristov, A. N., Harper, M. T., Roth, G., Canale, C., Huhtanen, P., Richard, T. L., & DiMarco, K. (2020). Effects of ensiling time on corn silage neutral detergent fiber degradability and relationship between laboratory fiber analyses and in vivo digestibility. *Journal of dairy science*, 103(3), 2333-2346. doi: 10.3168/jds.2019-16917
- Jobim, C. C., Nussio, L. G., Reis, R. A., & Schmidt, P. (2007). Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 36, 101-119. doi: 10.1590/S1516-35982007001000013.
- Junges, D., Morais, G., Spoto, M. H. F., Santos, P. S., Adesogan, A. T., Nussio, L. G., & Daniel, J. L. P. (2017). Influence of various proteolytic sources during fermentation of reconstituted corn grain silages. *Journal of dairy science*, 100(11), 9048-9051. doi: 100:9048-9051.

- Kozakai, K.; Nakamura, T.; Kobayashi, I.; Tanigawa, T.; Osaka, I.; Kawamoto, S.; Hara, S. Effect of mechanical processing of corn silage on in vitro ruminal fermentation, and in situ bacterial colonization and dry matter degradation. *Can. J. Anim. Sci.*, vol. 87, p.259-267, 2007. DOI: 10.4141/A06-028
- Kung, L., Jr., R. D. Shaver, R. J. Grant, & R. J. Schmidt. 2018. Silage review: Interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages. *Journal of Dairy Science*. v.101, p. 4020-4033, 2018. doi: 10.3168/jds.2017-13909
- Machado, F. S., Rodríguez, N. M., Rodrigues, J. A. S., Ribas, M. N., Teixeira, A. M., Ribeiro Júnior, G. O., ... & Pereira, L. G. R. (2012). Silage quality of sorghum hybrids in different maturation stages. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 64(3), 711-720. doi: 10.1590/S0102-09352012000300024
- Moraes, S. D. D., Jobim, C. C., Silva, M. S. D., & Marquardt, F. I. (2013). Produção e composição química de híbridos de sorgo e de milho para silagem. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 14(4), 624-634. doi: 10.1590/S1519-99402013000400002
- National Research Council (2001). *Nutrient requirements of dairy cattle*. (7.ed). Washington, D.C.: National Academy Press.
- Neumann, M., Muhlbach, P. R. F., Nornberg, J. L., Ost, P. R., Restle, J., Sandini, I. E., & Romano, M. A. (2007). Características da fermentação da silagem obtida em diferentes tipos de silos sob efeito do tamanho de partícula e da altura de colheita das plantas de milho. *Ciência Rural*, 37(3), 847-854. doi: 10.1590/S0103-84782007000300038
- Perazzo, A. F., Carvalho, G. G., Santos, E. M., Bezerra, H. F., Silva, T. C., Pereira, G. A., ... & Rodrigues, J. A. (2017). Agronomic evaluation of sorghum hybrids for silage production cultivated in semiarid conditions. *Frontiers in plant science*, 8, 1088. doi:10.3389/fpls.2017.01088
- Pinto, A. C., & Millen, D. D. (2018). Nutritional recommendations and management practices adopted by feedlot cattle nutritionists: the 2016 Brazilian survey. *Canadian Journal of Animal Science*, 99(2), 392-407. doi: 10.1139/cjas-2018-0031
- Salvati, G. G. D. S. (2019). Strategies to improve kernel processing and dairy cow performance in whole-plant corn silage based on vitreous endosperm hybrid (Doctoral dissertation,

Universidade de São Paulo).

Santos, H.G.; Jacomine, P.K.T.; Anjos, L.H.C.; Oliveira, V.A.; Oliveira, J.B.; Coelho, M.R.; Lumbreras, J.F.; Cunha, T.J.F. (2006) *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Rio de Janeiro: Embrapa Solos.

Silva, N. C., Nascimento, C. F., Nascimento, F. A., de Resende, F. D., Daniel, J. L. P., & Siqueira, G. R. (2018). Fermentation and aerobic stability of rehydrated corn grain silage treated with different doses of *Lactobacillus buchneri* or a combination of *Lactobacillus plantarum* and *Pediococcus acidilactici*. *Journal of dairy science*, 101(5), 4158-4167. doi: 10.3168/jds.2017-13797

Silva, T. C., Santos, E. M., Azevedo, J. A. G., Edvan, R. L., Perazzo, A. F., and Pinho, R. M. A. (2011). Agronomic divergence of sorghum hybrids for silage yield in the semiarid region of Paraíba. *R. Bras. Zootec.* 40, 1886–1893. doi: 10.1590/S1516-35982011000900007

Skonieski, F. R., Nornberg, J. L., de Azevedo, E. B., de David, D. B., Kessler, J. D., & Menegaz, A. L. (2010). Produção, caracterização nutricional e fermentativa de silagens de sorgo forrageiro e sorgo duplo propósito. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 32(1), 27-32. doi: 10.4025/actascianimsci.v32i1.7200

Tabacco, E., Piano, S., Cavallarin, L., Bernardes, T. F., & Borreani, G. (2009). Clostridia spore formation during aerobic deterioration of maize and sorghum silages as influenced by *Lactobacillus buchneri* and *Lactobacillus plantarum* inoculants. *Journal of applied microbiology*, 107(5), 1632-1641. doi: 10.1111/j.1365-2672.2009.04344.x

Tolentino, D. C., Rodrigues, J. A. S., Pires, D. A. D. A., Veriato, F. T., Lima, L. O. B., & Moura, M. M. A. (2016). The quality of silage of different sorghum genotypes. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 38(2), 143-149. doi: 10.4025/actascianimsci.v38i2.29030

Van Soest, P. V., Robertson, J. B., & Lewis, B. A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of dairy science*, 74(10), 3583-3597. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2