

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta tese/dissertação será disponibilizado somente a partir de 30/09/2026

At the author's request, the full text of this thesis/dissertation will not be available online until September 30, 2026

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

AVALIAÇÃO AGRONÔMICA E CARACTERIZAÇÃO BROMATOLÓGICA DA
SILAGEM DO SORGO FORRAGEIRO AGRI 002E COM ADITIVO MICROBIANO

LUIS FERNANDO NEGRÃO BECERRA

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

BOTUCATU – SP

ABRIL - 2026

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

AVALIAÇÃO AGRONÔMICA E CARACTERIZAÇÃO BROMATOLÓGICA DA
SILAGEM DO SORGO FORRAGEIRO AGRI 002E COM ADITIVO MICROBIANO

LUIS FERNANDO NEGRÃO BECERRA

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 em Zootecnia

BOTUCATU – SP

ABRIL - 2026

B389a Becerra, Luis Fernando Negrão
Avaliação agronômica e caracterização bromatológica da silagem
do sorgo forrageiro AGRI 002E com aditivo microbiano / Luis
Fernando Negrão Becerra. -- Botucatu, 2026
44 p. : il., tabs.

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

1. Ensilagem. 2. Fermentação. 3. Inoculante. 4. Matéria seca. 5.
Silo. I. Título.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Botucatu



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: AVALIAÇÃO AGRONÔMICA E CARACTERIZAÇÃO BROMATOLÓGICA DA SILAGEM DO SORGO FORRAGEIRO AGRI 002E COM ADITIVO MICROBIANO

AUTOR: LUIS FERNANDO NEGRÃO BECERRA

ORIENTADOR: CINIRO COSTA

COORIENTADOR: COORIENTADOR: PAULO ROBERTO DE LIMA MEIRELLES

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Mestre em Zootecnia, área: Nutrição e Produção Animal pela Comissão Examinadora:

Prof. Titular CINIRO COSTA (Participação Presencial)

Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão - FEPE / UNESP / Câmpus de Botucatu - FMVZ

Profa. Dra. MARINA GABRIELA BERCHIOL DA SILVA (Participação Virtual)

Jau/SP / ETEC - Professor Urias Ferrelira

Professor RODRIGO DE NAZARÉ SANTOS TORRES (Participação Virtual)

Zootecnia / Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais, UFMT

Botucatu, 31 de março de 2026.



BIOGRAFIA DO AUTOR

Luis Fernando Negrão Becerra nasceu em 10 de junho de 1999 na cidade Avaré – SP, filho de Roberto Oscar Becerra e Ilda Negrão. Coursou o Ensino Fundamental na E.E Matilde Vieira, onde em janeiro de 2014 ingressou no Ensino Médio Integrado ao Técnico em Administração na ETEC Professor “Fausto Mazzola”. Graduiu-se em Zootecnia pela Faculdade Eduvale de Avaré em 2021. Ingressou no curso de Mestrado em 2024 na Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - Campus de Botucatu, sob a orientação do Prof. Dr. Ciniro Costa e coorientação do Prof. Dr. Paulo Roberto de Lima Meirelles, na área de Forragicultura e Pastagens.

DEDICATÓRIA

A Deus, pelo dom da vida.

À minha mãe, Ilda Negrão, a quem admiro profundamente e sou imensamente grato por tudo o que fez por mim. Sem sua dedicação, apoio e motivação nada disso teria sido possível.

À minha segunda mãe, tia Ana Rosa Negrão, que esteve sempre ao meu lado nos momentos mais difíceis, oferecendo apoio incondicional e carinho.

À minha namorada, pelo companheirismo e por tudo o que fez para me apoiar em cada passo desta jornada.

Às minhas tias, primos e primas, que sempre estiveram ao meu lado, oferecendo carinho e suporte.

E, por fim, aos meus colegas de mestrado, pela amizade, pelo incentivo e pelas experiências compartilhadas ao longo desta caminhada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, por me guiar e me dar forças todos os dias.

À minha mãe, que sempre acreditou em mim, por todo carinho, dedicação e esforço na realização de um sonho que hoje podemos celebrar juntos.

Ao Prof. Dr. Ciniro Costa, pela orientação, amizade e companheirismo durante o curso. Sou profundamente grato por ter aberto as portas e me acolhido em seu aprendizado.

Ao Prof. Dr. Paulo Roberto de Lima Meirelles, pela orientação, apoio e amizade constantes ao longo do curso.

À minha família, pelo amor, apoio incondicional e confiança em cada passo dessa jornada.

À minha namorada, por estar sempre ao meu lado, me apoiando e me ajudando a superar os desafios.

Aos meus colegas de sala pela amizade e companheirismo ao longo de toda essa caminhada.

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

EPÍGRAFE

“Nunca, jamais, desanimeis, embora venham ventos contrários.”

Santa Madre Paulina

RESUMO GERAL

Objetivou-se avaliar a produtividade, valor alimentício e custo de dietas com silagem do sorgo forrageiro AGRI 002E, sem e com aditivo microbiano. As características agronômicas avaliadas no momento do corte foram: nº plantas/ha, altura média das plantas, produtividade (t ha⁻¹) de massa verde (MV) e matéria seca (MS), e participação de colmo e de folhas (%). Em seguida, as plantas foram picadas e depositadas sobre lona plástica para incorporação do aditivo constituído por um blend de bactérias: *Lactobacillus rhamnosus* (10¹⁰ UFC/g), *Lactobacillus faecium* S1 (10¹⁰ UFC/g), *Lactobacillus plantarum* (10¹⁰ UFC/g), *Lactobacillus acidophilus* (10¹⁰ UFC/g), *Pediococcus acidilactici* (10¹⁰ UFC/g), *Enterococcus faecium* (10¹⁰ UFC/g) e *Lactobacillus buchneri* (10¹⁰ UFC/g), e posteriormente, ensilado em silos de PVC (10cm de diâmetro x 60cm de comprimento). Foram colhidas amostras antes da ensilagem, e no momento da abertura dos silos, (silagem sem e com aditivo), avaliados em quatro períodos de conservação (30, 45, 60 e 75 dias), totalizando cinco repetições por tratamento e período. Os parâmetros fermentativos e bromatológicos não foram influenciados ($P>0,05$) pela inclusão de aditivos e tempos de conservação. Independente do uso de aditivo microbiano a silagem de sorgo AGRI 002E apresentou adequadas características fermentativas e bromatológicas quando ensilado com 125 dias, proporcionando uma rebrota correspondente a 35,97% da produção de massa verde. A estimativa do desempenho animal entre as dietas com e sem aditivo e, independente do tempo de armazenamento foi equivalente, com o custo de produção menor para a silagem sem aditivo.

Palavras-chave: ensilagem; fermentação; inoculante; matéria seca; silo.

ABSTRACT

The objective was to evaluate the productivity, nutritional value, and cost of diets based on silage of forage sorghum AGRI 002E, without and with microbial additive. The agronomic characteristics evaluated at the time of harvest were: number of plants per hectare, average plant height, yield (t ha^{-1}) of fresh matter (FM) and dry matter (DM), and the proportion of stem and leaves (%). Subsequently, the plants were chopped and placed on a plastic sheet for incorporation of the additive consisting of a blend of bacteria: *Lactobacillus rhamnosus* (10^{10} CFU/g), *Lactobacillus faecium* S1 (10^{10} CFU/g), *Lactobacillus plantarum* (10^{10} CFU/g), *Lactobacillus acidophilus* (10^{10} CFU/g), *Pediococcus acidilactici* (10^{10} CFU/g), *Enterococcus faecium* (10^{10} CFU/g), and *Lactobacillus buchneri* (10^{10} CFU/g), and then ensiled in PVC silos (10 cm in diameter $\times$ 60 cm in length). Samples were collected before ensiling and at silo opening (silage without and with additive), evaluated at four storage periods (30, 45, 60, and 75 days), totaling five replicates per treatment and period. Fermentative and bromatological parameters were not affected ($P > 0.05$) by the inclusion of additives or storage time. Regardless of the use of microbial additive, AGRI 002E sorghum silage showed adequate fermentative and bromatological characteristics when ensiled at 125 days, providing regrowth corresponding to 35.97% of fresh matter production. The estimated animal performance between diets with and without additive, regardless of storage time, was similar, with lower production cost for silage without additive.

Keywords: dry matter; fermentation; inoculant; silage; silo

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

CAPÍTULO 2

Figura 1- Dados meteorológicos de temperatura média (C°) e pluviosidade (mm ao mês) no período de cultivo do sorgo AGRI 002E (08/11/2022 a 12/06/2023)	30
---	----

LISTA DE TABELAS**CAPÍTULO 2**

Tabela 1 - Características agronômicas do sorgo forrageiro AGRI 002E	33
Tabela 2 - Parâmetros fermentativos da silagem de sorgo AGRI 0020E em função da inclusão do aditivo e tempos de abertura dos silos	34
Tabela 3 - Parâmetros bromatológicos da silagem de sorgo AGRI 0020E em função da inclusão do aditivo e tempos de abertura dos silos	35
Tabela 4 - Avaliação do desempenho de touros Nelore alimentados com silagem AGRI002E em distintos tempos de abertura e com/sem aditivo microbiano	37
Tabela 5 - Estimativa de custos de produção de touros Nelore alimentados com silagem de AGRI002E em diferentes tempos de abertura, com e sem aditivo microbiano.....	39

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

MV	Massa verde
MS	Matéria seca
MM	Matéria mineral
EE	Extrato etéreo
PB	Proteína bruta
FDN	Fibra em detergente neutro
FDA	Fibra em detergente ácido
NDT	Nutrientes digestíveis totais
CT	Carboidrato total
CNF	Carboidrato não fibroso
pH	Potencial hidrogeniônico
ATIT	Acidez titulável
BAL	Bactéria de ácido lácticos
FMVZ	Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia
ha	Hectare
cm	Centímetros
PVC	Policloreto de vinila
%	Porcentagem
UNESP	Universidade Estadual Paulista
m	Metros
ton	Toneladas
N	Nitrogênio
m ³	Metro cúbico
TNT	Tecido não tecido
kg	Quilogramas
g	Gramas
°C	Grau Celsius
mm	Milímetros
%PVj	Porcentagem peso vivo em jejum
GPV	Ganho de peso vivo

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 Considerações Iniciais	15
1. Introdução	16
2. Cultura do sorgo	16
3. Ensilagem	18
4. Aditivo	20
Referências	21
CAPÍTULO 2 Avaliação agronômica e caracterização bromatológica da silagem do sorgo forrageiro AGRI 002E com aditivo microbiano	26
Resumo	27
1. Introdução	28
2. Material e Métodos	29
2.1. Localização e clima	29
2.2. Plantio e tratos culturais	30
2.3. Avaliações agronômica	30
2.4. Cortes das plantas de sorgo e confecção dos silos	31
2.5. Abertura dos silos, amostragem e avaliações bromatológicas	31
2.6. Estimativas produtivas e econômicas com AGRI002E	32
2.7. Delineamento experimental e análises estatísticas	32
3. Resultados e discussão	33
4. Conclusão	40
Referências	40
CAPÍTULO 3	43
Implicações	44

CAPÍTULO 1

Considerações Iniciais

1. INTRODUÇÃO

A produção de alimentos destinados a nutrição animal representa um dos maiores desafios do setor agropecuário contemporâneo, especialmente devido a estacionalidade na produção de pastagens. A irregularidade na oferta de volumoso durante os períodos de seca compromete o desempenho produtivo dos rebanhos, tornando indispensável o uso de estratégias de conservação de forragens. Nesse cenário, a produção de silagem consolida-se como uma alternativa eficiente para garantir o fornecimento de alimento de alto valor nutricional ao longo de todo ano.

Dentre as culturas utilizadas para esse fim, o sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor*) destaca-se por sua notável adaptabilidade a diferentes condições edafoclimática e alta produtividade de matéria seca. Devido a sua resistência ao estresse hídrico e eficiência no uso da água, o sorgo torna-se uma ferramenta estratégica em regiões com períodos secos prolongados, oferecendo uma silagem com perfil energético favorável a alimentação de ruminantes.

Contudo, o processo de ensilagem está sujeito a perdas fermentativas que podem comprometer a qualidade final do material armazenado. Para reduzir essas perdas, a utilização de aditivos microbianos tem sido amplamente adotada. Conforme relatado por Queiroz et al. (2018), os inoculantes microbianos e os aditivos químicos em silagem são conhecidos por seus efeitos positivos, incluindo a sua contribuição para a fermentação, aumento da recuperação de matéria seca e nutrientes, como também a elevação da estabilidade aeróbia, contribuindo para manter a qualidade da silagem. A utilização desses aditivos pode influenciar de maneira significativa a composição bromatológica da silagem, impactando diretamente na produtividade animal e na eficiência do processo digestivo.

Compreender as interações do uso de aditivos microbianos e o perfil agronômico e bromatológico da silagem de sorgo forrageiro AGRI 002E representa um avanço importante para a prática agrícola, contribuindo para a sustentabilidade da produção de forragem e para a viabilidade econômica da produção animal.

A escolha do AGRI 002E justifica-se pelo seu potencial produtivo, porém, é necessário compreender como este material interage com a aplicação de inoculantes. O presente trabalho justifica-se pela necessidade de identificar estratégias que otimizem o aproveitamento nutricional e a conservação do sorgo AGRI 002E, visando não apenas a melhoria dos índices bromatológicos, mas também a sustentabilidade e a viabilidade econômica da produção animal.

2. CULTURA DO SORGO

4. CONCLUSÃO

Independente do uso de aditivo microbiano a silagem de sorgo AGRI 002E apresentou adequadas características fermentativas e bromatológicas quando ensilado com 125 dias, proporcionando uma rebrota correspondente a 35,97% da produção de massa verde. A estimativa do desempenho animal entre as dietas com e sem aditivo e, independente do tempo de armazenamento foi equivalente, com o custo de produção menor para a silagem sem aditivo.

REFERÊNCIAS

1. Restle J, Menezes LFG, Freitas AK, Brondani IL, Kuss F, Silva JH. Manipulação da altura de corte da planta de milho (*Zea mays* L.) para ensilagem visando a produção do novilho superprecoce. *Rev Bras Zootec*. 2002;31:1235–44.
2. Zago CP. Cultura do sorgo para produção de silagem de alto valor nutritivo. In: Peixoto AM, Moura JC, Faria VP, editores. *Simpósio sobre Nutrição de Bovinos*; 1991; Piracicaba. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários “Luiz de Queiroz”; 1991. p. 169–217.
3. Magalhães PC, Durães FOM, Schaffert RE. Fisiologia da planta de sorgo. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo; 2000. 46 p. (Circular Técnica; 3).
4. Teetor VH, Duclos DV, Wittenberg ET, Young KM, Chawhuaymak J, Riley MR, Ray DT. Effects of planting date on sugar and ethanol yield of sweet sorghum grown in Arizona. *Ind Crops Prod*. 2011;34:1293–300.
5. Sani BM, Danmowa NM, Sani YA, Jaliya MM. Growth, yield and water use efficiency of maize-sorghum intercrop at Samaru, Northern Guinea Savannah, Nigeria. *Niger J Basic Appl Sci*. 2011;19(4):253–9.
6. PERAZZO AF, CARVALHO GGP, SANTOS EM, et al. Agronomic evaluation of sorghum hybrids for silage production cultivated in semiarid conditions. *Front Plant Sci*. 2017;8:1088.
7. BERNARDES TF, CHIZZOTTI FHM. Technological innovations in silage production and utilization. *Rev Bras Saude Prod Anim*. 2012;13(3):629-641.
8. COSTA RR, SANTOS MGS, BARBOSA JPF, et al. Vantagens no uso de aditivos em silagem de milho. *Rev Craibeiras Agroecol*. 2017;1(1):1-6.
9. Agricomseeds. Catálogo técnico de sementes de sorgo forrageiro. Curitiba: Agricomseeds; 2020.
10. Giroto CC, Oliveira FF, Gonçalves FM, Santos PA, Dourado Neto D, Zancanaro L. Parâmetros agrônômicos do sorgo gigante AGRI 002E submetido a diferentes densidades de semeadura. *Rev Fund Educ Fernandópolis*. 2020;12(1):35-42.

- 1 11. Lombardi Neto F, Drugowich MI. Manual técnico de manejo e conservação de solo e água.
2 Campinas: CATI; 1994. v.2. 168 p.
- 3
- 4 12. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa. Sistema brasileiro de classificação
5 de solos. 3. ed. Brasília: Embrapa; 2013. 353p.
- 6
- 7 13. Coelho AM, Silva AG, Marra GV, et al. Cultivo do sorgo. Sete Lagoas: Embrapa Milho e
8 Sorgo; 2015. 184p.
- 9
- 10 14. Schmidt P. Perdas fermentativas na ensilagem, parâmetros digestivos e desempenho de
11 bovinos de corte alimentados com rações contendo silagens de cana-de-açúcar [tese]. São
12 Paulo: Universidade de São Paulo; 2006. 228p.
- 13
- 14 15. Association of Official Analytical Chemists - AOAC. Official methods of analysis. 15th
15 ed. Washington, D.C.: AOAC; 1995. 1298p.
- 16
- 17 16. Kjeldahl J. A new method for the determination of nitrogen in organic matter. *Z Anal Chem.*
18 1883;22:366-82. doi:10.1007/BF01338151.
- 19
- 20 17. Van Soest PJ, Robertson JB, Lewis BA. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber,
21 and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J Dairy Sci.* 1991;74:3583-97.
- 22
- 23 18. Weiss WP. Energy prediction equations for ruminant feeds. In: Cornell Nutrition
24 Conference for Feed Manufacturers; 1999; Rochester, NY. Proceedings. Ithaca: New York
25 State College of Agriculture and Life Sciences, Cornell University; 1999. p.176–185.
- 26
- 27 19. Silva DJ, Queiroz AC. Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos. 3. ed. Viçosa:
28 UFV; 2002.
- 29
- 30 20. Neumann M, Marques EC, Zanine AM, et al. Avaliação do valor nutritivo da planta e da
31 silagem de diferentes híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). *Rev Bras Zootec.*
32 2002;31(1):293-301.
- 33
- 34 21. Albuquerque CJB, Oliveira AC, Oliveira MF, et al. Características agronômicas e
35 bromatológicas dos componentes vegetativos de genótipos de sorgo forrageiro em Minas
36 Gerais. *Rev Bras Milho Sorgo.* 2013;12(2):164-82.
- 37
- 38 22. Venturini T, Neres MA, Tinini RCR, Dessbessell JG, Schneider PR, Schneider CR,
39 Muxfeldt L, Baungratz AR, Fischer ML, Zambom MA. Fermentative characteristics,
40 agronomic evaluation, and microbial populations of sorghum silage with additives. *Pesq*
41 *Agropecu Bras.* 2024;59:e03687.
- 42
- 43 23. Oliveira PCS, et al. Qualidade na produção de silagem de milho. *Pubvet, Londrina.*
44 2014;8(4):253, Art. 1672.
- 45
- 46 24. Van Soest PJ. Nutritional ecology of the ruminants. 2nd ed. Ithaca: Cornell University;
47 1994.
- 48
- 49 25. Woolford MK. The silage fermentation. New York: Marcel Dekker; 1984. 350 p.
- 50

26. Pahlow G, Muck RE, Driehuis F, et al. Microbiology of ensiling. In: Buxton DR, Muck RE, Harrison JH, editors. *Silage Science and Technology*. 1st ed. Madison: American Society of Agronomy; 2003. p. 31-94.
27. Cruz JCC, Albemaz WMA, Ferreira JJ. Qualidade da silagem de milho em função do teor de matéria seca na ocasião da colheita. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo; 2008.
28. McDonald P, Henderson AR, Heron SJ. The biochemistry of silage. 2nd ed. Marlow: Chalcomb Publications; 1991. 340 p.
29. Hoffman P. Ash content of forages. University of Wisconsin Board of Regents, Focus on Forage. 2005;7.
30. Flaresso JF, Gross CD, Almeida EX. Cultivares de milho (*Zea mays* L.) e sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.) para ensilagem no alto vale do Itajaí, Santa Catarina. *Rev Bras Zootec*. 2000;26:1608-15.
31. Mateus GP, Crusciol CAC, Costa C. Composição físico-química e potencial para ensilagem do sorgo-de-guiné gigante em seis épocas de semeadura. *Pesqui Agropecu Bras*. 2005;40(9):935-42.
32. Moraes SD, Jobim CC, Silva MS, Marquardt FI. Produção e composição química de híbridos de sorgo e de milho para silagem. *Rev Bras Saúde Prod Anim*. 2013;14:624-34.
33. Tayarol Martins LC. Bovinos - volumosos suplementares. São Paulo: Nobel; 1997. 143 p.
34. Rodrigues PHZ, et al. Efeito da inclusão de polpa cítrica peletizada na confecção de silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum.). *Rev Bras Zootec*. 2007;36(6):1751-60.
35. Oliveira LB, et al. Perdas e valor nutritivo de silagens de milho, sorgo-sudão, sorgo forrageiro e girassol. *Rev Bras Zootec*. 2010;39(1):61-7.
36. Rosa MAB da. Desempenho agrônomo e ensilabilidade de genótipos de sorgo de diferentes propósitos cultivados em primeira safra no Norte de Mato Grosso [dissertação de mestrado em Zootecnia]. Sinop: Universidade Federal de Mato Grosso; 2021. 73 f. Orientador: Pereira DH; Coorientadores: Tardin FD, Behling Neto A.
37. Van Soest PJ. Cell wall matrix interactions and degradation – session synopsis. In: Jung HG, Buxton DR, Hatfield RD, Ralph J, editors. *Forage cell wall structure and digestibility*. Madison: American Society of Agronomy; 1993. p. 377–396.
38. Hall MB. Challenges with nonfiber carbohydrate methods. *J Anim Sci*. 2003;81:3226–32.
39. Rodrigues RC. Métodos de análises bromatológicas de alimentos: métodos físicos, químicos e bromatológicos. Pelotas: Embrapa Clima Temperado; 2010.