

RESSALVA

Atendendo a solicitação do autor, o texto completo desta Dissertação será disponibilizado somente a partir de 26/10/2025.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA
CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

RAFAEL LUIS DOS SANTOS SILVA

**FERMENTAÇÃO E VALOR NUTRICIONAL DE SILAGEMS DE MILHO
RECONSTITUÍDA À DIFERENTES UMIDADES, A PARTIR DE GRÃOS
SECOS INTEIROS E MOIDOS**

Ilha Solteira-SP
2023

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIENCIA E TECNOLOGIA
ANIMAL**

RAFAEL LUIS DOS SANTOS SILVA

**FERMENTAÇÃO E VALOR NUTRICIONAL DE SILAGEMS DE MILHO
RECONSTITUIDA À DIFERENTES UMIDADES, A PARTIR DE GRÃOS
SECOS INTEIROS E MOIDOS**

Trabalho de Dissertação apresentada à
Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira –
UNESP como parte dos requisitos para
obtenção do título de Mestre em Ciência e
Tecnologia Animal

Nome do orientador: Prof. Dr. Leandro
Coelho de Araújo

Ilha Solteira-SP
2023

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

B484f Silva, Rafael Luís dos Santos.
Fermentação e valor nutricional de silagens de milho reconstituída à diferentes umidades, a partir de grãos secos inteiros e moidos / Rafael Luís dos Santos Silva. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2023
31 f.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Conservação de Alimentos para Ruminantes, 2023

Orientador: Leandro Coelho de Araújo

Inclui bibliografia

1. Ácido láctico. 2. Milho reconstituído. 3. Fermentação. 4. Processamento.


Amanda Sertori dos Santos
Bibliotecária - CDD/84 1981
Setor Técnico de Referência, Atendimento ao
Usuário e Documentação
Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação

ATESTADO DE APROVAÇÃO - DEFESA

Atestamos que **RAFAEL LUÍS DOS SANTOS SILVA**, RA nº: CTA210234, RG nº 58.149.021-6, expedido pela SSP/SP, defendeu, no dia 26/10/2023, a dissertação intitulada **Fermentação e valor nutricional de silagem de milho reconstituída à diferentes umidades, a partir de grãos secos inteiros e moídos**, junto ao Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia Animal, Curso de Mestrado Acadêmico, tendo sido 'APROVADO'.

Atestamos ainda que a obtenção do título dependerá de homologação pelo Órgão Colegiado competente.

Ilha Solteira, 26 de outubro de 2023

MARCIA REGINA
NAGAMACHI

CHAVES:14202568826

Assinado de forma digital por
MARCIA REGINA NAGAMACHI
CHAVES:14202568826
Dados: 2023.11.01 08:18:41
-03'00'

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Rafael Luís dos Santos Silva, nascido em 29 de janeiro de 1997, na cidade de Mirandópolis-SP, viveu toda sua infância e juventude na propriedade rural da família, propriedade essa oriunda de Agricultura Familiar, localizada no Assentamento Arizona – Andradina-SP, onde realizava atividades voltadas a Bovinocultura de Leite. Graduou-se em Agronomia pelas Faculdades Integradas Stella Maris de Andradina, em 2019. Especialista em Produção Intensiva em Bovinocultura pela Universidade do Oeste Paulista- UNOESTE. Ingressou no programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia Animal, Campus de Ilha Solteira, na categoria de mestrado, em agosto de 2021, onde trabalhou na linha de pesquisa em Conservação de Alimentos para Ruminantes sob orientação do prof. Dr Leandro Coelho de Araújo.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por me dar forças para continuar nessa jornada acadêmica abrindo caminhos para que eu pudesse realizar meu sonho em ser mestre, me protegendo, enchendo de amor, esperança e fé.

Agradeço ao meu pai, André, e a minha mãe, Sandra, por todos esses anos de dedicação para realizar meu sonho. Estes, nunca mediram esforços para que esse mestrado se tornasse realidade.

Agradeço à meu orientador por toda dedicação, paciência e carinho que teve por mim durante esses anos, sempre de prontidão quando precisava.

Agradeço aos amigos da Escola Agrícola de Andradina que sempre me ajudaram quando precisava ir para o campo colher resultados, ficando com meus alunos para que eu pudesse ir em busca do tão sonhado mestrado.

Agradeço aos meus colegas do Núcleo de Estudos em Forrageiras Tropicais (NEFORT), por todo companheirismo e ajuda.

Agradeço ao técnico do laboratório de Bromatologia, Sindival, pelas análises laboratoriais.

Agradeço a todas pessoas que passaram na minha vida durante esses dois anos de estudos, sempre me ajudando e dando forças para continuar.

Agradeço pelo apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001”

“Se a educação sozinha não transforma a sociedade,
sem ela tampouco a sociedade muda.

Paulo Freire

RESUMO

O milho é um dos mais importantes cereais produzidos no mundo sendo a principal fonte de energia presente na ração animal e a principal cultura armazenada na forma de silagem. Além da silagem de planta inteira, os grãos secos podem ser moídos, reidratados e armazenados em silos, sendo uma alternativa de armazenamento na propriedade rural com menor investimento e manutenção. O objetivo do presente trabalho foi avaliar a composição bromatológica, o perfil fermentativo e a digestibilidade verdadeira *in vitro* da matéria orgânica (DVIVMO) de silagens de milho grão e de milho moído reidratados em duas diferentes condições de umidades. O experimento foi conduzido em silos experimentais de 3,14 litros no delineamento inteiramente casualizado com esquema em fatorial 2x2 e cinco repetições. Os fatores corresponderam a moagem ou não dos grãos de milho (grãos inteiro ou moído grosso) e ao teor de umidade na reidratação de 40 e 45%. Após 45 dias do fechamento, os silos foram abertos e retiradas duas amostras do centro de cada silo experimental para determinação do pH, matéria mineral (MM), extrato etéreo (EE), proteína bruta (PB), DVIVMO, fibras em detergente neutro (FDN), ácido (FDA), lignina e ácido láctico (AL). Os dados foram analisados com o auxílio do SAS, considerando significativa as diferenças a 5% de probabilidade. A umidade de reidratação interferiu na concentração de lignina que foi maior a 40% ($p \leq 0,05$). Os valores de pH e AL não foram influenciados pelos tratamentos e mantiveram-se na média de 4,38 e 0,32% MS, respectivamente ($p > 0,05$). A silagem de grãos de milho reidratado pode ser realizada sem a necessidade de moagem dos grãos, agilizando o processo.

Palavras-chave: ácido láctico; milho reconstituído; fermentação; processamento.

ABSTRACT

Corn is one of the most important cereals produced in the world, being the main source of energy present in animal feed and the main crop stored in the form of silage. In addition to whole-plant silage, dry grains can be ground, rehydrated and stored in silos, providing an alternative for storage on rural properties with less investment and maintenance. The objective of the present work was to evaluate the bromatological composition, the fermentative profile and the true in vitro digestibility of organic matter (DVIVMO) of grain corn and ground corn silages rehydrated in two different humidity conditions. The experiment was conducted in 3.14-liter experimental silos in a specifically randomized design with a 2x2 factorial scheme and five replications. The factors corresponded to the grinding or not of the corn grains (whole grains or coarsely ground) and the moisture content at rehydration of 40 and 45%. After 45 days of closure, the silos were opened and two samples were taken from the center of each experimental silo to determine pH, mineral matter (MM), ether extract (EE), crude protein (CP), DVIVMO, neutral detergent fibers (NDF), acid (FDA), lignin and lactic acid (LA). The data were analyzed with the help of SAS, considering significant differences at 5% probability. The rehydration humidity interfered with the lignin concentration, which was greater than 40% ($p \leq 0.05$). The pH and AL values were not influenced by the treatments and remained at an average of 4.38 and 0.32% DM, respectively ($p > 0.05$). Rehydrated corn grain silage can be made without the need to grind the grains, speeding up the process and reducing production costs

Keywords: lactic acid; reconstituted corn; fermentation; processing.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição bromatológica do milho grão antes da ensilagem.....	23
Tabela 2 - Valores médios de pH, fibras em detergente neutro (FDN) e ácido (FDA), lignina, digestibilidade verdadeira <i>in vitro</i> da matéria orgânica (DIVMO) e carboidratos não fibrosos (CNF) das silagens de milho reidratado conforme o processamento e a umidade.....	25
Tabela 3 - Valores médios de cinzas (CZ), extrato etéreo (EE), proteína bruta (PB) e matéria seca (MS) das silagens de milho reidratado conforme o processamento e a umidade.....	28

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AL- ácido láctico

CFN- Carboidratos não fibrosos

MM- Matéria mineral

DIVMO – Digestibilidade verdadeira *in vitro* da matéria orgânica

EE – Extrato etéreo

FDA – Fibra em detergente ácido

FDN – Fibra em detergente neutro

MS – Matéria seca

PB – Proteína bruta

pH- Potencial hidrogeniônico

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	14
2.1	IMPORTÂNCIA DO MILHO	14
2.2	CARACTERIZAÇÃO DO GRÃO DE MILHO	15
2.3	SILAGEM DE MILHO	15
2.4	SILAGEM DE GRÃOS ÚMIDOS	16
2.5	SILAGEM DE GRÃOS REIDRATADOS	18
3	HIPÓTESES	20
4	OBJETIVOS	21
4.1	GERAL	21
4.2	ESPECÍFICOS	21
5	MATERIAL E MÉTODOS.....	22
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
8	CONCLUSÃO.....	29
	REFERÊNCIAS.....	30

1 INTRODUÇÃO

Por constituir grande parte das rações dos ruminantes, o milho influencia diretamente no preço e na viabilidade da atividade pecuária. Com o aumento nos preços dos fertilizantes e à valorização do dólar frente ao real (CNA, 2018), o cenário acaba apresentando dificuldades para pequenos, médios e grandes produtores rurais. Desta forma, a ensilagem de grãos úmidos de milho é uma alternativa no armazenamento de grãos na propriedade rural. Essa técnica diminui os custos de produção quando comparado a uso do milho seco (SILVA *et al.*, 2006), no entanto a baixa estabilidade aeróbia da silagem de grão úmido a tornam mais susceptíveis a deterioração após a abertura do silo (BERNARDES *et al.*, 2012).

Por ser a cultura padrão para ensilagem, por conta da tradição no cultivo, o milho possui elevada produtividade e valor nutritivo ideal, sendo muito utilizado para alimentação animal devido ao aumento da intensificação da produção da pecuária aumentando a exigência na qualidade da silagem (PAZIANI *et al.*, 2009).

A ensilagem do grão de milho reidratado acaba sendo uma alternativa vantajosa comparada a silagem de grão úmido. O método consiste em adicionar água ao milho seco após a moagem, até que o mesmo alcance umidade de 35%, para então ser ensilado. A técnica de reidratação e ensilagem do milho reduz o custo em transporte e armazenamento de grãos, tendo como vantagens a aquisição de milho quando há elevada oferta e consequentemente baixo valor, o armazenamento na propriedade rural sem a necessidade de construção de silos verticais e secadores e melhorar valor nutritivo por aumentar a digestibilidade do amido e da matéria orgânica (Bitencourt, 2012). No entanto, os gastos com a moagem podem limitar a adoção da técnica visto a necessidade da aquisição de moinhos. Assim, a reidratação do milho grão, sem a moagem, poderia ser uma alternativa para reduzir os custos com mão de obra, equipamentos e energia elétrica, além de agilizar a ensilagem.

O objetivo geral com esse experimento foi avaliar a composição bromatológica, o valor nutricional e o perfil fermentativo de silagens de milho grão e moído reidratados em duas diferentes condições de umidade.

8 CONCLUSÃO

A silagem de grãos de milho reidratado pode ser realizada com umidade de 40 e 45% sem comprometer a sua qualidade, tanto grãos inteiros quanto moído.

REFERÊNCIAS

- ARCARI, M. A. **Produção, composição, consumo e digestibilidade em vacas recebendo milho reidratado e ensilado com silagem de cana de açúcar como volumoso**. 2013. Dissertação (Mestrado em Nutrição e Produção Animal) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2014.
- BENTON, J. R.; KLOPFENSTEIN, T. J.; ERICKSON, G. E. Effects of corn moisture and length of ensiling on dry matter digestibility and rumen degradable protein. **Beef Cattle Reports**, Nebraska, v. 151, p. 31-33, 2005.
- BERNARDES, T. F.; NUSSIO, L.G.; AMARAL, R.C. Top spoilage losses in maize silage sealed with plastic films with different permeabilities to oxygen. **Grass and Forage Science**, Chichester, p. 34–42, 2012.
- BERNARDES, T.F.; NUSSIO, L.G.; AMARAL, R.C. Top spoilage losses in maize silage sealed with plastic films with different permeabilities to oxygen. **Grass and Forage Science**, Chichester, p.34–42, 2012.
- BITENCOURT, L. L. **Substituição de milho moido por milho reidratado e ensilado ou melaço de soja em vacas leiteiras**. Lavras: UFLA, 2012.
- BRADFORD, B. J.; ALLEN, M. S. Phlorizin administration does not attenuate hypophagia induced by intraruminal propionate infusion in lactating dairy cattle. **The Journal of nutrition**, Philadelphia, v. 137, p. 326-330, 2007.
- BUTOLO, J. E. Qualidade de ingredientes na alimentação animal. Campinas: CBNA, 2002. p.157-160. (Nutrição animal).
- CONFEDERAÇÃO DE AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL – CNA; CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA - CEPEA. **Encarecimento de insumos e queda dos preços dos produtos agropecuários pressionam o PIB do agronegócio em agosto de 2018**. [S. l.]: CEPEA; CNA, 2018.
- CONTINI, E.; MOTA, M. M.; MARRA, R.; BORGHI, E.; MIRANDA, R. D.; SILVA, A. D.; MENDES, S. M. **Milho: caracterização e desafios tecnológicos**. Brasília: Embrapa, 2019. (Desafios do Agronegócio Brasileiro, 2).
- COSTA, C.; MEIRELLES, P.R.L.; REIS, W. Silagem de grãos úmidos de cereais na alimentação animal. *In*: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 2., 2004, Maringá. **Anais [...]**. Maringá: UEM, 2004. p.133-160.
- FERNANDES, J. *et. al*. Influence of hybrid, moisture, and length of storage on the fermentation profile and starch digestibility of corn grain silages. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 271 p. 114707, 2021.
- GALINAT, W. C. The origin the maize: grain of humanity. **New York Botanicaal Garden Journal**, Bronx, v. 44, p. 3-12, 1995.

GOBETTI, S. T. C.; NEUMANN, M.; OLIBONI, R. e OLIVEIRA, M. R. Utilização de silagem de grão úmido na dieta de animais ruminantes. **Ambiência**, Guarapuava, v.9, n.1, p. 225– 239, 2013.

GOBETTI, S. T. C.; NEUMANN, M.; OLIBONI, R. e OLIVEIRA, M. R. Utilização de silagem de grão úmido na dieta de animais ruminantes. **Ambiência**, Guarapuava, v.9, n.1, p. 225 – 239, 2013.

GOUVEA, V. N.; BATISTEL, F.; SOUZA, J.; CHAGAS, L. J.; SITTA, C.; CAMPANILI, P. R. B.; GALVANI, D. B.; PIRES, A. V.; OWENS, F. N. and SANTOS, F. A. P. Flint corn grain processing and citrus pulp level in finishing diets for feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 94, n. 2, p. 665-677, 2016.

JOBIM, C. C., NUSSIO, L. G., REIS, R. A., & SCHMIDT, P. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n. Especial, p. 101–119, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/s1516-35982007001000013>.

KNOWLTON, K. F.; GLENN, B. P.; ERDMAN, R. A. Performance, ruminal fermentation, and site of starch digestion in early lactation cows fed corn grain harvested and processed differently. **Journal of Dairy Science**, v. 81, n. 12, p. 1972-1984, 1998.

Leonel FP, Pereira JC, Costa MG, Marcojúnior P, Lara LA, Sousa DP, Silva CJ. Consórcio Capim-Braquiária e Soja, Produtividade das Culturas e Características Qualitativas das Silagens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n. 11, p. 2031-2040, 2008.

LUCCI, C. S. *et al.* Métodos de reconstituição da umidade de grão de milho e a composição química da massa ensilada. **Bioscience Journal**, Uberlandia, v.21, n. 1, p. 95- 101, abr. 2005.

MACHADO, E.; PINTRO, P. T. M.; ÍTAVO, L. C. V.; AGUSTINHO, B. C.; DANIEL, J. L.P.; SANTOS, N. W.; BRAGATTO, J. M.; RIBEIRO, M. G.; ZEOULA, L. M. Reduction in lignin content and increase in the antioxidant capacity of corn and sugarcane silages treated with an enzymatic complex produced by white rot fungus. **Plos one**, San Francisco, v. 15, n. 2, p. e0229141, 2020.

MARCONDES, M. M. *et al.* Aspectos do melhoramento genético de milho para produção de silagem. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, Guarapuava, v.5, n.2, p.173-192, maio/ago, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.5777/PAeT.V5.N2.13>

McDONALD, P.; HENDERSON, A.R. and HERON, S.J.E. **The biochemistry of silage**. 2.ed. Marlow: Chalcomb Publications, 1991. 340 p.

NEUMANN, M.; NÖRNBERG, J. L.; LEÃO, G. F. M.; HORST, E. H.; FIGUEIRA, D. N. Chemical fractionation of carbohydrate and protein composition of corn silages

fertilized with increasing doses of nitrogen. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 47, n. 5, p. e20160270, 2017.

NUSSIO, L. G.; ZOPOLLATTO, M.; MOURA, J. C. WORKSHOP SOBRE MILHO PARA SILAGEM, 2., 2001, Piracicaba. **Anais [...]**. Piracicaba: FEALQ, 2001.

OBA, M.; ALLEN, M. S. Effects of corn grain conservation method on feeding behavior and productivity of lactating dairy cows at two dietary starch concentrations. **Journal of Dairy Science**, New York, v. 86, p. 174-183, 2003.

OBIM, C.C.; NUSSIO, L.G.; REIS, R.A. and SCHMIDT, P. Methodological advances in evaluation of preserved forage quality. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.36, suplemento especial, p.101-119, 2008.

PAES, M.C.D. **Aspectos físicos, químicos e tecnológicos do grão de milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. (Circular Técnica).

PAZIANI, S. F.; DUARTE, A. P.; NUSSIO, L. G.; GALLO, P. B.; BITTAR, C. M. M.; ZOPOLLATTO, M.; RECO, P. C. Características agrônômicas e bromatológicas de híbridos de milho para produção de silagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 38, n. 3, p. 411-417, 2009.

PEREIRA, M. L. R. *et al.* Degradabilidade de grão reconstituído de milho e sorgo ensilados com diferentes granulometrias. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA, 21., 2011, Maceió. **Anais eletrônicos [...]**. Maceió: UFAL, 2011.

PEREIRA, M. N.; PEREIRA, R.A.N.; BITENCOURT, L. L.; DIAS JUNIOR, G. S.; LOPES, N. M. e ZACARONI, O. F. Silagem de milho reidratado na alimentação do gado leiteiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 34, p. 27-33, 2013.

PEREIRA, M. N.; VON PINHO, R. G.; BRUNO, R. G. and CELESTINE, G. A. Ruminant degradability of hard or soft texture corn grain at three maturity stages. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 61, n. 4, p. 358-363, 2004.

PRYCE, J. D. A modification of the Barker-Summerson method for the determination of lactic acid. **Analyst**, Evanston, v. 94, n. 125, p. 1151–1152, 1969. DOI: 10.1039/AN9699401151

SILVA, J. S.; BORGES, A. L. C. C.; LOPES, F. C. F.; SILVA, R. R. E. ; VIEIRA, A.; DUQUE, A. C. A.; BORGES, I.; RODRIGUES, J. A. S. e GONÇALVES, L. C. Degradabilidade ruminal in situ do sorgo grão em diferentes formas de reconstituição. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 66, p.1822-1830, 2014.

SILVA, M.A.A.; FURLAN, A.C.; MOREIRA, I.; PAIANO, D.; JOBIM, C.C.; BARCELLOS, L.C.G. Avaliação nutricional do milho com maior teor de óleo, nas formas de grãos secos e silagens, para suínos nas fases de crescimento e terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.35, n.3, p.830-839, 2006.

SILVA, M. J.; BALBINO, L. C.; CARDOSO, D. A. B.; MIRANDA, L. M.; PIMENTEL, L. D. Características bromatológicas em híbridos de milho para produção de silagem no estado de Minas Gerais. **Revista de Agricultura Neotropical**, Dourados, v. 5, n. 2, p. 76-82, 2018.

SILVA, S. L.; LEME, P. R.; PUTRINO, S. M.; VALINOTE, A. C.; NOGUEIRA FILHO, J.C. M.; LANNA, D. P. Milho seco ou úmido com sais de cálcio de ácidos graxos para novilhos Nelore em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.36, n.5, p.1426-1434, 2007.

SILVEIRA, H. T. N., GAI, V. F., ZANATTA, F. S., CANTÚ, J. G., DE ARAUJO, L. R. V., DE LIMA, G. B., PASSOS, F. D. A., CORREA JUNIOR, E. O. Avaliação de híbridos de milho para silagem. **Revista Cultivando o Saber**, Cascavel-PR, Ed. especial, p.23 a 35, 2019.

SOUZA, W. F.; COSTA, K. A. P.; GUARNIERI, A.; SEVERIANO, E. C.; SILVA, J. T.; TEIXEIRA, D. A. A.; OLIVEIRA, S. S.; DIAS, M. B. C. Production and quality of the silage of corn intercropped with Paiaguas palisadegrass in different forage systems and maturity stages. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 48:e20180222, 2019.

SOUZA, O. W. Elaboração de silagem de grão úmido de milho em pequenas propriedades. In: LAZZARI, F.A.; LAZZARI, S.M.N. **Silagem de grão úmido de milho**. Ed. Leal: Curitiba, 2001. p.19-32.

Van Soest, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2nd ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994.