

**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 UNIDADES, 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 1961
Serviço 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 lático (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 lático; 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 conseqüentemente 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.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 IMPORTÂNCIA DO MILHO

O milho é um produto fundamental para a agricultura brasileira, podendo ser cultivado em todas as regiões do Brasil. Nas últimas décadas, a cultura passou por melhoramento, tornando-se produtiva e resistente ao ataque de pragas e doenças, destacando-se sua redução como cultura de subsistência de pequenos produtores para uma cultura de alto potencial (CONTINI *et al.*, 2019).

Considerado um dos cereais mais importantes tanto para alimentação humana quanto para nutrição animal, sua origem é muito questionada mas todas as evidências científicas levam a crer que seja uma planta descendente do teosinto um milho considerado selvagem, gramínea composta por espigas sem sabugo, podendo cruzar naturalmente com o milho de forma natural e produzindo descendentes férteis (GALINAT, 1995).

O grão de milho é amplamente valorizado devido suas diversas formas que o mesmo pode ser utilizado, as quais abrangem desde a alimentação animal, possuindo cerca de 70% da produção mundial do cereal, indústrias farmacêuticas e até mesmo para o consumo humano (PAES, 2006).

Segundo dados da Companhia Nacional de Abastecimento (Conab), a projeção para a safra 2022/23 indica uma produção de 124,8 milhões de toneladas de milho no país, representando um acréscimo de 10,4% em comparação com a safra anterior, que totalizou 113,1 milhões de toneladas. Desta estimativa, a região Centro-Sul assume a liderança, contribuindo com a produção de 108 milhões de toneladas do cereal.

O milho desempenha um papel crucial na alimentação animal. De acordo com informações da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), aproximadamente 60% a 80% do volume total de milho produzido no país é direcionado para a nutrição de bovinos, suínos e aves.

2.2 CARACTERIZAÇÃO DO GRÃO DE MILHO

Dentre os tipos de milho existentes, seguindo as características do grão, existem cinco classes: dentado, duro ou cristalino, farináceo, pipoca e doce. Sendo a diferença referente à forma e o tamanho dos grãos, de acordo com a estrutura do endosperma e o tamanho do gérmen (PAES, 2006). No Brasil o mais utilizado é do tipo duro, pois possui uma alta vitreosidade, possuindo uma textura endospermica endurecida. Com isso acaba resultando em um menor grau de digestibilidade do amido presente no interior do grão dificultando a ação dos microrganismos do rúmen (GOUVEA *et al.*, 2016).

O milho desempenha um papel crucial na alimentação animal, representando uma fonte significativa de nutrientes essenciais para diversas espécies. Rico em amido, fibras e outros componentes nutricionais, o milho oferece uma fonte energética fundamental para bovinos, suínos, aves e outros animais de produção. Além disso, sua versatilidade permite a formulação de rações balanceadas, atendendo às exigências nutricionais específicas de cada categoria animal. No Brasil as dietas dos animais têm a forragem como alimento volumoso em maior quantidade, sendo necessário a utilização do milho em períodos onde não se tem grande disponibilidade de alimentos (LUCCI *et al.*, 2008).

O grão do milho possui em sua constituição dois tipos de moléculas, amilose e amilopectina, em uma proporção aproximadamente de 27% e 72% verificando um alto valor energético, fazendo com que esse amido seja altamente digerível. Podemos citar que as principais características que o milho possui são: alta aceitabilidade, abundância em caroteno, quantidades significativas em fósforo e cálcio em pequenas quantidades (BUTOLO, 2002).

2.3 SILAGEM DE MILHO

A ensilagem consiste na preservação do alimento em um meio anaeróbico, ocorrendo devido uma combinação de bactérias em ácido láctico onde acarreta na exclusão de oxigênio e assim uma fermentação natural dos açúcares e outros produtos, diminuindo o pH (SILVA *et al.*, 2015). A ausência de oxigênio acarreta na diminuição no desenvolvimento de microrganismos indesejáveis, enquanto que, o

baixo valor pH é o principal mecanismo regulador do crescimento de microrganismos anaeróbios devido sua capacidade de poder tampão (MUCK, 2011).

O processo de ensilagem pode ser dividido em quatro fases: fase I aeróbica (presença de oxigênio), fase II anaeróbica heterofermentativa (sem presença de oxigênio), fase III transição entre fermentação heterofermentativa e homofermentativa, fase IV fermentação homolática, V fase estável. A primeira inicia-se no momento que está ocorrendo o enchimento do silo com processos de respiração e proteólise. A proteólise é a degradação das proteínas por enzimas denominadas proteases, enzimas essas presentes na própria planta, resultando em produção de peptídeos e aminas (McDONALD *et al.*, 1991).

Ainda McDONALD *et al.*, (1991) comentando os resultado destes processos, ocorre a redução de oxigênio presente no silo que desencadeia a fase fermentativa, com desenvolvimento de microrganismos anaeróbicos, como as bactérias ácido-láticas, que tem como objetivo preservar o material no qual está ensilado devido a redução do pH, acarretado pela produção do ácido láctico. As bactérias ácido-láticas transformam açúcares em ácido láctico, acético, etanol, gás carbônico, processo fermentativo que em um período que varia de 7 a 21 dias, processo esse desejável em uma silagem.

Prontamente as enterobactérias especialmente do gênero *Clostridium*, possuem capacidade de se desenvolver, resultando em impactos negativos sobre a qualidade nutricional da silagem, pois competem diretamente com as bactérias ácido-láticas pelos carboidratos solúveis, podendo causar fermentação secundária, convertendo açúcares e ácidos orgânicos em ácido butírico, resultando em perdas significativas de matéria seca e energia digestível (Jobim *et al.*, 2008).

2.4 SILAGEM DE GRÃOS ÚMIDOS

A ensilagem de grão úmido é um processo de estocagem dos grãos de milho na ausência de oxigênio, no qual recomenda-se que os grãos apresentem umidade em torno de 30 a 40% (GOBETTI *et al.*, 2013). A umidade pode ser tanto intrínseca ao grão devido sua colheita antecipada, resultando em grãos formados com um alto teor de umidade ou pela adição intencional de água nos grãos secos, originando os grãos reidratados (SILVA *et al.*, 2014).

Os primeiros estudos referentes à produção de silagem de grão úmido de milho aconteceram nos Estados Unidos no final da década de 50, com o passar dos anos esse procedimento passou a ser utilizado em confinamentos de bovino de corte. No Brasil, esse método de conservação e armazenagem de milho teve início a partir de 1981 na região de Castro (PR), com uso na alimentação de bovinos de leite e corte (COSTA *et al.*, 2004).

A ensilagem do grão úmido ocorre colhendo-se os grãos diretamente da planta quando estes alcançam teores de umidade de 30 a 35%, tornando-se uma opção para anteceder a colheita do milho, entretanto, devido ao curto tempo para realizar a colheita, acaba dificultando sua utilização (REZENDE *et al.*, 2014). Souza (2001) salienta que o momento correto para realizar a ensilagem de grão úmido de milho ocorre em torno de 30 dias antes do momento que seria realizado a colheita do milho destinado ao armazenamento, com umidade de 13%, resultando em liberação antecipada da área podendo antecipar a próxima cultura. Com isso, a prática de reidratação dos grãos de milho em água acaba sendo uma alternativa viável para contornar esta situação, uma vez que é possível determinar o teor de umidade ideal para garantir uma boa estocagem dos grãos com uma fermentação ideal (PEREIRA *et al.*, 2013), além de trazer a vantagem em fazer silagem ao longo do ano.

Costa (1998), constatou que a diminuição das etapas de limpeza e secagem, economiza-se cerca de 5% dos custos na silagem de grãos úmidos de milho em relação a colheita de grãos secos. Além disso, de acordo com Back (2001), a diferença entre os custos operacional da produção de milho seco e da silagem de grãos úmidos gira em torno de 24,6%, considerando-se os investimentos que é feito em máquinas para tritar, benfeitorias e armazenagem, a vantagem do milho úmido ensilado, em relação ao grão seco fica em torno de 6,7%.

Com o alto teor de umidade que os grãos apresentam, a eficiência de colheita pode diminuir, e a moagem fina desses grãos de alta umidade, que em geral também é problemática devido ao entupimento de peneiras dos trituradores, o que dificulta a moagem fina dos grãos (ACARDI, 2014).

O processamento dos grãos possui efeito direto na digestibilidade do amido no trato digestório de ruminantes, foi testado por Knowlton 1998, através de uma comparação entre dois métodos de silagem, sendo uma de grão úmido e milho moído fino, onde 40% da dieta era amido, com base na matéria seca. A digestibilidade ruminal do amido da dieta foi de 84% para a silagem de grão úmido e 65% para o

milho moído fino. Ainda, a fim de comparar milho moído fino com silagens de grãos úmidos em dietas com dois níveis de amido (21 e 32%) Oba e Allen (2003), verificaram maior digestibilidade do amido na silagem de grão úmido. Bradford e Allen (2007) constataram que a silagem de grãos úmidos comparando com a silagem de milho moído fino melhorou a digestibilidade do amido de 94 para 98%, em dietas contendo 32% de amido em suas formulações.

Dentre as vantagens da silagem de grão úmido, podemos destacar o armazenamento dos grãos por longo período de tempo, devido seu baixo custo, preservando o valor nutricional do grão desde momento da ensilagem. A colheita é antecipada em três a quatro semanas e o processo de ensilagem promove um aumento na digestibilidade do amido quando comparamos com o grão não ensilado, apenas armazenado (GOBETTI *et al.*, 2013)

Os estudos citados sugerem que a silagem de grão úmido pode aumentar a digestibilidade do amido presente no grão de milho, fato que é atribuído ao efeito da imaturidade do grão, visto que a colheita é antecipado não chegando a 100% de sua maturação no período de colheita contribuindo para o efeito da ensilagem na matriz proteica do endosperma (ACARDI, 2014).

2.5 SILAGEM DE GRÃOS REIDRATADOS

A reidratação é um processo que consiste em uma mistura do grão com a água com objetivo de alcançar teor de umidade de no mínimo 30%, para que possa ser armazenado em condição anaeróbia. O processo de reidratação é uma alternativa viável ao pecuarista, pois propriedades rurais possui problemas de infraestrutura no que diz respeito a um local ideal de armazenamento, podendo ocorrer perdas qualitativas e quantitativas dos grãos secos. Esta situação poderia ser revertida com a reidratação dos grãos secos e confecção da silagem de grãos úmidos, tornando-se um sistema de armazenamento duradouro e estocagem mais segura, além da disponibilização de um alimento de elevada qualidade para os animais (PEREIRA, *et al.*, 2011). A reidratação também pode ser uma alternativa quando ocorre atraso na colheita devido às situações intempéries ou até mesmo mecânica, situação essa que acaba ultrapassando o teor de matéria seca desejável para o processamento.

Pereira *et al.* (2004) notaram que o com o passar da idade da planta, em dias após a semeadura, se correlacionou de forma positiva com a vitreosidade de grãos de híbridos de milho duro e macio, com maior vitreosidade dos grãos duros em todos os estágios de maturação avaliados.

3 HIPÓTESES

A silagem de grãos de milho inteiro, apresenta o mesmo valor nutricional que a silagem de grãos de milho reidratados moído.

A silagem de grãos de milho moídos apresenta melhor fermentação comparada a silagem de grãos de milho inteiros.

4 OBJETIVOS

4.1 GERAL

Avaliar a composição química-bromatológica, o perfil fermentativo e a DVIVMO de silagens de grãos de milho e inteiro e moído reidratados em duas diferentes condições de umidade.

4.2 ESPECÍFICOS

Avaliar a composição bromatológica, o pH e o ácido láctico das diferentes silagens.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 LOCAL E SILO EXPERIMENTAL

A pesquisa foi realizada na Universidade Estadual Paulista 'Júlio de Mesquita Filho' (UNESP), Câmpus de Ilha Solteira/SP, com latitude de 20°25'28" S e longitude de 51°21'15" W, a 354m de altitude, em silos experimentais confeccionados em policloreto de vinila (PVC) com volume de 3,14 litros, dimensões de 0,4 x 0,1 m de altura e diâmetro, respectivamente e tampas adequadas para a vedação. Os silos foram separados, higienizados e receberam as devidas identificações dos respectivos tratamentos e repetições.

5.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 2x2 com cinco repetições, totalizando vinte silos experimentais. Os fatores corresponderam a moagem ou não dos grãos de milho (grãos inteiro e moído grosso 3,40 mm) e ao teor de umidade durante a reidratação (40 e 45%).

A quantidade de água adicionada em cada tratamento foi em função do teor de umidade dos grãos e do teor de umidade que deveria ser alcançado em cada tratamento. Para os tratamentos a 40% de umidade foram necessários adicionar, na base natural, 0,294 e 0,368 kg de água em temperatura ambiente por 1 kg de milho inteiro e moído respectivamente, enquanto para o tratamento 45% essa relação foi respectivamente de 0,499 e 0,483 kg de água/kg. Os tratamentos com grãos inteiros permaneceram de molho por um período de doze horas para que o teor de umidade desejável fosse alcançado.

Antes da compactação nos silos experimentais, retirou-se uma amostra por unidade experimental para a caracterização dos tratamentos (tabela 1), em seguida, foi realizada a compactação do milho reidratado de forma manual e com o auxílio de um bastão de madeira até que a densidade de 900 kg de milho na base natural/m³ fosse alcançada, seguido do fechamento com tampa de PVC.

Tabela 1 – Composição bromatológica do milho grão antes da ensilagem.

Item¹	Média
MS (%)	88,98
MM (% MS)	1,50
EE (% MS)	3,82
PB (% MS)	9,73
FDN (% MS)	8,58
FDA (% MS)	2,25
LIG (% MS)	0,50

¹MS: matéria seca; MM: matéria mineral; EE: extrato etéreo; PB: proteína bruta; FDN: fibra insolúvel em detergente neutro; FDA: fibra insolúvel em detergente ácido; LIG: lignina.

Fonte: Autoria própria, 2023.

5.3 ABERTURA DOS SILOS E ANÁLISES LABORATORIAIS

Após 45 dias do fechamento dos silos os mesmos foram abertos e retiradas duas amostras do centro de cada silo experimental, desprezando a silagem próxima a tampa de vedação. Uma amostra foi prensada para obtenção do sulco e posterior medição do pH, enquanto a outra amostra foi destinada para a determinação do teor de MS em estufa de ventilação forçada a 65° C até peso constante. Posteriormente, as amostras secas foram moídas em moinho tipo Willey a 1 mm para determinação da MS à 105° C, matéria mineral (MM), extrato etéreo (EE), proteína bruta (PB), nitrogênio amoniacal em relação ao nitrogênio total [N-NH₃ (% N total)] (AOAC, 1990), DVIVMO conforme Tilley e Terry (1963) com o auxílio da incubadora de digestibilidades (Marconi® MA443/E) utilizando-se inóculos de dois bovinos, adultos, machos, da raça Guzerá PO; fibras em detergente neutro (FDN), ácido (FDA) e lignina pelo método sequencial (ROBERTSON e VAN SOEST, 1981). A concentração de ácido láctico (AL) foi determinada por absorvância sendo realizada com auxílio do espectrofotômetro seguindo a metodologia adaptada de Pryce (1969). Todas as análises seguiram as normas do CEUA protocolo 11/2017.

5.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram submetidos à análise de variância por meio do programa estatístico SAS usando PROC GLM. As médias foram comparadas ao nível de significância de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. Quando houve efeito de interação a mesma foi desdobrada. Os valores apresentados são as médias ajustadas obtidas pelo método dos quadrados mínimos e a medida de dispersão adotada foi o erro-padrão da média.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não foram observados efeitos de tratamentos e suas interações ($p>0,05$) para as variáveis pH, FDN e FDA (TABELA 2). O maior valor de lignina foi observado para o tratamento com grão inteiro na umidade de 40% ($p\leq 0,05$), que diferenciou dos tratamentos a 45% umidade, que foram semelhantes entre si ($p>0,0361$). O processo de fermentação não deve causar alterações na concentração de lignina, desta forma, supõe-se que a diferença observada possa estar relacionada ao processamento posterior das amostras que resultou em perda de parte desta fração fibrosa.

Tabela 2 – Valores médios de pH, fibras em detergente neutro (FDN) e ácido (FDA), lig (lignina), digestibilidade verdadeira *in vitro* da matéria orgânica (DIVMO), carboidratos não fibrosos (CNF) e ácido láctico (AL) das silagens de milho reidratado conforme o processamento e a umidade.

Variáveis	Umidade				EPM	Probabilidade		
	40%		45%			Umidade (U)	Milho (M)	U×M
	Inteiro	Moído	Inteiro	Moído				
pH	4,53	4,33	4,51	4,15	0,05	0,0786	0,0001	0,1700
FDN (% MS)	9,60	10,12	9,31	10,35	0,20	0,8795	0,0010	0,2007
FDA (% MS)	3,03	3,04	2,82	3,14	0,10	0,6057	0,1206	0,1474
Lig (% MS)	0,68a	0,48ab	0,42b	0,46b	0,06	0,0169	0,1865	0,0361
DVIVMO (% MO)	91,49	90,09	92,12	90,98	0,45	0,1070	0,0114	0,7638
CNF (% MS)	73,03b	74,67a	73,14b	72,66b	0,36	0,0169	0,1254	0,0092
AL (% MS)	0,26	0,25	0,37	0,42	0,02	0,0001	0,2233	0,1918
N-NH ₃ (% N total)	1,21b	1,01b	2,12a	1,29a	0,05	<0,0001	<0,0001	<0,0001

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância. EPM= erro-padrão da média.

Fonte: Autoria própria, 2023.

Segundo Silva *et al.* (2007) o milho ensilado com alta umidade proporciona melhor aproveitamento da dieta. Corroborando com o presente trabalho, quando observamos a concentração de lignina presente nos grãos com umidade 40%. A umidade interferiu na concentração de lignina sendo maior para silagem de grãos inteiros com 40% de umidade, influenciando a degradação da fração fibrosa e a

digestibilidade da dieta. O teor de lignina deve ser um parâmetro considerado no processo de ensilagem, pois é o principal fator limitante na degradação da fração fibrosa das forragens (SOUZA *et al.* 2019). No processo de digestão da parede celular pelos microrganismos presentes no rúmen, o conteúdo de lignina torna-se um fator limitante em função da sua relação com a celulose e hemicelulose, dificultando a degradação dessas frações pelos microrganismos (MACHADO *et al.* 2020).

Os tratamentos apresentaram resultados similares para as variáveis FDN e FDA, sem evidenciar diferenças significativas ($p \leq 0,05$). Esses achados estão em consonância com os resultados obtidos por Batalha (2015), que também investigou a composição de grão de milho moído, reidratado e ensilado em relação a esses parâmetros. Na pesquisa de Batalha, os valores observados foram de 9,86% para FDN e 2,86% para FDA, quando considerada a matéria seca como base de análise.

O valor médio de pH observado nas silagens de milho foi de 4,1 a 4,5 sendo considerado de ótima qualidade, pois se encontra na faixa de pH de 3,6 a 4,5 indicada por Nussio *et al.* (2001), o que favorece a inibição do crescimento de microrganismos anaeróbicos indesejáveis do tipo *Clostridium*. Segundo Ávila *et al.* (2009), quanto mais rápido ocorrer a queda do pH durante o processo de fermentação da silagem, menor serão as perdas das características nutricionais, por isso os materiais destinados ao processo de ensilagem necessitam de baixo poder tampão.

Quanto maior o teor de CNF (carboidratos não fibrosos), que representa as frações degradadas mais rapidamente, maior e melhor a qualidade do alimento, principalmente em relação à energia disponível.

Para AL não foram observadas diferenças estatísticas entre os tratamentos que apresentaram valor médio de 0,32 % MS. O valor encontrado para Al pode ser justificado pelo fato de a silagem não ter sido inoculada com bactérias ácidos lácticas.

A amônia presente nas silagens de grãos de milho, é representada pela porcentagem do nitrogênio amoniacal (N-NH₃) em relação ao N-total do material ensilado, sendo habitualmente utilizada como indicativo da qualidade do produto (JOBIM *et al.* 2007). Os resultados encontrados no presente trabalho, indica que não ocorreu proteólise, pois silagens que apresentam valores inferiores a 10% de nitrogênio amoniacal em relação ao nitrogênio total, é indicativo que não ocorreu quebra da matriz proteica, não podendo dizer ao mesmo em silagens que apresentam níveis superiores 15% de nitrogênio amoniacal (VAN SOEST, 1994). Contudo, Fernandes *et al.* (2021) afirma que quando trabalhamos com silagens de milho reidratado é desejável que

ocorra um certo um certo nível de proteólise, por se tratar de milhos com uma maior maturidade fisiológica, e que nesse caso a proteólise melhoraria a digestibilidade da silagem de grãos reidratados, deixando o amido mais digestível, porém o autor não cita qual a causa dessa proteólise na silagem.

Para os valores de N-NH₃ (% do N total), houve diferença significativa entre os tratamentos, 45% diferenciou dos valores de 40%.

Os valores obtidos para MS foram significativos para interação conforme apresentado na (TABELA 3). A MS foi superior na silagem de milho com 40% de umidade tanto inteiro como moído. A MS é um dos fatores que determinam a qualidade do material ensilado. O ponto mais importante da silagem de milho reidratado é a correção da MS, ao qual deve-se elevar os teores de umidade para valores entre 28 a 35% (BENTON; KLOPFENSTEIN; ERICKSON, 2005). Esse valor de hidratação é necessário para que haja uma ótima fermentação e estocagem do material. Contudo, as silagens exclusivas de grão de milho apresentam alta quantidade de ácido láctico, o que as tornam mais sujeitas a deterioração após a abertura (BERNARDES; NUSSIO; AMARAL, 2012).

Os valores obtidos para MM foi 1,31% se mantendo próximo ao padrão de 1,37% dos dados encontrados para silagem de grão de milho reidratado por Valadares Filho & Lopes (2018).

Estudos de Marcondes *et al.* (2012), apontam que os valores adequados para o EE são entre 2 a 5%, os valores estimados de EE no presente trabalho é considerado não prejudicial na alimentação de ruminantes, pois não excede o teor. Valores acima desse percentual podem limitar o consumo de matéria seca pelo animal (VAN SOEST, 1994), além de limitar a atividade microbiana no rúmen, afetando a degradabilidade da fibra.

O valor médio de PB obtidos das silagens de milho foi 10,28 %, sendo superiores aos valores encontrados por Peixoto *et al.* (1993), onde uma silagem de boa qualidade apresenta teor de PB em torno de 7 a 8%). Há uma fase aeróbica que produz quantidades excessivas de calor dentro do silo, resultando na complexação das proteínas que em condições de alta umidade, fermentações indesejadas são causadas promovendo degradação proteica. Neste experimento, observou-se que o teor de PB da silagem indica que, provavelmente, não ocorreram fermentações indesejadas. O pH e o teor de AL das silagens permaneceram em níveis adequados e os teores de PB e N-NH₃ mantiveram-se inalterados não indicando proteólise.

Tabela 3 – Valores médios de cinzas (MM), extrato etéreo (EE), proteína bruta (PB) e matéria seca (MS) das silagens de milho reidratado conforme o processamento e a umidade.

Variáveis	Umidade				EPM	Probabilidade		
	40%		45%			Umidade (U)	Milho (M)	U×M
	Inteiro	Moído	Inteiro	Moído				
MS (%)	59,42a	59,22a	54,26c	55,71b	0,1	<0,0001	<0,0001	<0,0001
MM (% MS)	1,31	1,53	1,34	1,42	0,07	0,5228	0,0456	0,3276
EE (% MS)	5,87a	5,42a	5,56a	5,32a	0,23	0,0005	<0,0001	0,0005
PB (% MS)	10,18	10,38	10,34	10,25	0,11	0,8479	0,6295	0,1972

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância. EPM= erro-padrão da média.

Fonte: Autoria própria, 2023.

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**, Uberlândia, 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 agronômicas 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.