

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Escola de Veterinária
Programa de Pós-graduação em Zootecnia

Daniel Ferreira de Oliveira Melo

**COMPOSIÇÃO QUÍMICA, DIGESTIBILIDADE IN VITRO
DA MATÉRIA SECA E PERFIL FERMENTATIVO DA
SILAGEM DE RESÍDUO ÚMIDO DE CERVEJARIA COM
DIFERENTES TEORES DE MATÉRIA SECA**

Belo Horizonte
2023

Daniel Ferreira de Oliveira Melo

**COMPOSIÇÃO QUÍMICA, DIGESTIBILIDADE IN VITRO
DA MATÉRIA SECA E PERFIL FERMENTATIVO DA
SILAGEM DE RESÍDUO ÚMIDO DE CERVEJARIA COM
DIFERENTES TEORES DE MATÉRIA SECA**

Dissertação apresentada ao Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da Universidade federal de Minas Gerais, como requisito parcial para o título de Mestre em Zootecnia. Área de concentração: Produção e Nutrição de Ruminantes.

Orientador: Diogo Gonzaga Jayme

VERSÃO CORRIGIDA

**Belo Horizonte
2023**

Ficha catalográfica

M528c Melo, Daniel Ferreira de Oliveira, 1994-
Composição química, digestibilidade in vitro da matéria seca e perfil fermentativo da silagem de resíduo úmido de cervejaria com diferentes teores de matéria seca/ Daniel Ferreira de Oliveira Melo.- 2023.
42 f. il.

Orientador: Diogo Gonzaga Jayme
Dissertação (Mestrado) apresentada à Faculdade de Medicina Veterinária da UFMG, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Zootecnia.
Área de Concentração: Produção e Nutrição de Ruminantes.
Bibliografia f. 20 a 25.

1. Ruminantes - Teses – 2. Alimentação e rações – Teses – 3. Nutrição – Teses - I. Jayme, Diogo Gonzaga - II. Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária - III. Título.

CDD – 636.089

Bibliotecária responsável Cristiane Patrícia Gomes CRB 2569
Biblioteca da Escola de Veterinária, UFMG.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE VETERINÁRIA
COLEGIADO DO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

FOLHA DE APROVAÇÃO

Composição química, digestibilidade in vitro da matéria seca e perfil fermentativo da silagem de resíduo úmido de cervejaria com diferentes teores de matéria seca

DANIEL FERREIRA DE OLIVEIRA MELO

Dissertação de Mestrado defendida e aprovada, no dia **24 de Abril de 2023**, pela Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Minas Gerais, constituída pelos seguintes professores:

Guilherme Lobato Menezes
University of Wisconsin-Madison

Ricardo Reis e Silva
Universidade Federal de Minas Gerais

Diogo Gonzaga Jayme - Orientador
Universidade Federal de Minas Gerais

Belo Horizonte, 11 de agosto de 2025.



Documento assinado eletronicamente por **Itallo Conrado Sousa de Araujo, Coordenador(a) de curso de pós-graduação**, em 11/08/2025, às 09:53, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **4449534** e o código CRC **210F3115**.

DEDICATÓRIA

*Aos meus pais pelo apoio incondicional e
pelos valores passados a mim.*

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais pelo apoio, carinho e exemplo;

Aos amigos da época de colégio por serem um grupo incentivador;

Aos professores Diogo Gonzaga Jayme e Lúcio Gonçalves por todos os ensinamentos desde a graduação que ultrapassaram as barreiras científicas e se tornaram lições que levarei pra vida;

Ao Guilherme Lobato pela amizade, exemplo profissional, conselhos e ajuda em todos os momentos que precisei, desde o processo seletivo do mestrado até os dias atuais;

A Marina pela amizade, parceria no mestrado e fundamental ajuda no experimento;

Ao grupo de Forragicultura e Alimentos;

À CAPES pela bolsa concedida.

RESUMO

Os sistemas intensivos de produção pecuária são influenciados pela disponibilidade e pelo preço dos insumos no mercado, o que pode aumentar os custos de produção e reduzir a eficiência. Portanto, a utilização de resíduos agroindustriais nestes sistemas apresenta-se como uma alternativa promissora para reduzir custos com alimentação do gado e aumentar os lucros nas propriedades rurais. Assim, objetivou-se avaliar a qualidade de silagens de grãos de milho reidratados com 5 diferentes níveis de matéria seca (MS) elaboradas a partir da inclusão de resíduos de cervejaria (RC): DM70 (70% MS, 32% RC), DM60 (60% DM, 46% RC), DM50 (50% MS, 60% RC), DM40 (40% MS, 75% RC) e DM30 (30% MS, 90% RC). A inclusão de 1% de RC reduziu ($p < 0,001$) o teor de MS em 5,98 g/kg MN e a DIVMS em 3,31 g/kg MS, devido ao aumento dos valores de FDN, FDA, ADL, NIDN e NIDA, e aumentou linearmente ($p < 0,001$) o teor de PB em 1,25 g/kg MS e EE em 0,726 g/kg MS. Embora o pH tenha aumentado ($p < 0,001$) linearmente, de 4,24 para 5,56, e a estabilidade aeróbia tenha diminuído ($p = 0,005$) linearmente em 1,22 horas, esses valores são satisfatórios para uma silagem de boa qualidade. Possivelmente, a baixa concentração de carboidratos solúveis e a menor produção de ácido lático dificultaram o desenvolvimento de fungos e leveduras. Conclui-se que o resíduo de cervejaria pode ser armazenado na fazenda e utilizado na ensilagem do grão de milho reidratado, atentando-se às variações na composição química do RC e de suas silagens, a fim de garantir precisão na formulação da dieta e manter o desempenho animal.

Palavras chave: coproduto agroindustrial, pecuária de corte, pecuária leiteira, nutrição.

ABSTRACT

Intensive cattle production systems are influenced by the availability and price of inputs in the market, which can increase production costs and reduce efficiency. Therefore, the use of agro-industrial waste in these systems presents itself as a promising alternative to reduce herd feeding costs and increase profits on farms. Therefore, the objective of this study was to evaluate the quality of rehydrated corn grain silages with different dry matter (DM) contents made from the inclusion of brewery waste (RC): DM70 (70% DM, 32% RC), DM60 (60% DM, 46% RC), DM50 (50% DM, 60% RC), DM40 (40% DM, 75% RC) and DM30 (30% DM, 90% RC). The inclusion of 1% RC reduced ($p<0.001$) the DM content by 5.98 g/kg MN and the IVDMD by 3.31 g/kg DM, due to the increasing values of NDF, ADF, LDA, NIDN and NIDA, and linearly increased ($p<0.001$) the CP content by 1.25 g/kg DM and EE by 0.726 g/kg DM. Although the pH increased ($p<0.001$) linearly, from 4.24 to 5.56, and the aerobic stability decreased ($p=0.005$) linearly in 1.22 hours, these values are satisfactory for a good quality silage. Possibly, the low concentration of soluble carbohydrates and the lower production of lactic acid hindered the development of fungi and yeasts. It is concluded that brewery residue can be stored on the farm and used in the ensilage of rehydrated corn grain, paying attention to variations in the chemical composition of RC and its silages, in order to ensure precision in diet formulation and maintain animal performance.

Palavras chave: coproduto agroindustrial, gado de corte, gado de leite, nutrição

LISTA DE TABELAS

Artigo	Pag.
Tabela 1. Composição Química da silagem de grão úmido reidratado com Resíduo de cervejaria	40
Tabela 2. Composição química e digestibilidade <i>in vitro</i> de matéria seca dos tratamentos MS30, MS40, MS50, MS60 e MS70 após abertura.....	40
Tabela 3. Contagem Microbiológica dos tratamentos MS30, MS40, MS50, MS60 e MS70)	41
Tabela 4 – Perdas por gases, efluentes, perdas totais e perdas visíveis das silagens de grão úmido reidratado com resíduo de cervejaria.....	41

LISTA DE ABREVIACES

BALi	Bactérias aeróbias mesófilas iniciais
BALf	Bactérias aeróbias mesófilas finais
Boi	Bolores iniciais
Bof	Bolores finais
DIVMS	Digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca
EA	Estabilidade aeróbia
EE	Extrato etéreo
FDA	Fibra insolúvel em detergente cido
FDN	Fibra insolúvel em detergente neutro
LEi	Leveduras iniciais
LEf	Leveduras finais
LIG	Lignina
MM	Matéria mineral
MN	Matéria natural
MS	Matéria seca
NIDA	Nitrogênio insolúvel em detergente cido
NIDN	Nitrogênio insolúvel em detergente neutro
PB	Proteína bruta
UFC	Unidades formadoras de colnia
WSC	Carboidratos solúveis em gua

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – Revisão de literatura.....	11
1. Introdução.....	11
2. Revisão Bibliográfica	12
2.1 Milho Moído.....	12
2.2 Resíduo Úmido de Cervejaria	13
2.3 Dificuldade de armazenamento.....	14
2.4 Perfil Fermentativo	16
3. Referências	19
CAPÍTULO 2 – Artigo.....	25
REFERÊNCIAS	37

REVISÃO DE LITERATURA

1. INTRODUÇÃO

A ensilagem tem sido adotada pelos produtores, como método para conservação de forragens, devido a possibilidade de obter grandes volumes de alimento e facilidade de (Ribas et al., 2007). Além disso a logística de transporte nem sempre é condizente com a demanda diária das fazendas. O resíduo úmido de cervejaria (RC) tem como principal desafio a sua armazenagem, devido ao baixo teor de matéria seca (Souza et al., 2012).

Na América do Sul, a maior parte da agricultura está localizada em climas tropicais e sub tropicais, onde a estação seca e chuvosa são muito bem definidas. Como muitos produtores de leite e carne, possuem sistemas de criação a pasto, em determinadas épocas do ano o acesso ao volumoso, e a produção de alimentos concentrados, é limitado, sendo assim a conservação de alimentos é uma estratégia fundamental para manter o desempenho animal ao longo do ano. Entretanto, um número significativo de produtores vem mudando o sistema de produção para sistemas confinados, o que exige a conservação de alimentos o ano todo (Daniel et al., 2019).

Melhorias na utilização do amido é um tema de interesse aos produtores (Ferraretto et al., 2018). A hidrólise de carboidratos estruturais e, conseqüente produção de proteína microbiana, depende da utilização de nitrogênio no rúmen em sincronia com a quebra de carboidratos. Nesse contexto o amido, assim como demais carboidratos não estruturais tem papel fundamental (Berchielli et al., 2011).

O Resíduo de cervejaria é o produto restante da fabricação de cerveja, após extração dos carboidratos pela cervejaria (Ferraretto et al., 2028). Fornecer o subproduto em dietas de ruminantes é uma alternativa que contribui para a sustentabilidade, pois torna ambientalmente correto o descarte, e em regiões de preços acessíveis, torna-o economicamente viável. Resíduo de cervejaria é um alimento rico em proteínas, que possuem baixa degradabilidade rumenal, isso é, parte da proteína passa inerte pelo rumem sendo absorvida no intestino (Armentano et al., 1986).

Armazenar o resíduo de cervejaria é um desafio, pois de 3 dias, o mesmo perde a estabilidade aeróbia, com posterior crescimento de micro organismos, que deprimem o valor nutritivo do material (Nishino et al., 2003). Ensilar esse material é uma maneira de impedir a proliferação desses micro organismos, porém o resíduo úmido de cervejaria possui baixa concentração de carboidratos solúveis e teor de umidade muito alto, o que não é desejável para silagem (Souza et al., 2012). O milho moído também pode ser armazenado em forma de silagem grão úmido, evitando que o material tenha deterioração por ácaros e roedores. Ensilar o milho moído com 30% a 40% de umidade aumenta a digestibilidade e consequente aproveitamento do mesmo no rumem (Arcari et al., 2016).

Reidratar o milho moído utilizando RC pode ser uma alternativa para ensilar ambos os materiais, tornando viável o armazenamento do RC, pois aumentará os carboidratos solúveis para fermentação e aumentando a digestibilidade do amido.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 MILHO MOÍDO

A produção de milho estimada no Brasil em 2023 é de 127 milhões de toneladas de milho (Conab, 2022). Em dietas de vacas de alta produção (acima de 30 kg leite/dia), o amido pode representar até mais de 35% da MS total (Matéria seca total) consumida, sendo que, invariavelmente, a quase totalidade desse amido vem dos grãos de cereais (Pedroso, 2013). Devido a essa demanda, encontrar formas mais eficientes de utilizá-lo se faz necessário.

O milho é fonte de amido, carboidrato não estrutural que pode ser usado para melhorar as características de fermentação ruminal, em decorrência da sincronia necessária entre metabolismo de carboidratos e proteínas para aproveitamento de fontes de nitrogênio não proteico. Em consequência do melhor aproveitamento do NNP, torna-se possível a maior quebra de carboidratos estruturais. A correta sincronia entre utilização de nitrogênio e quebra de carboidratos, aumenta a produção e fluxo de proteína microbiana (Berchielli et al., 2011).

Alguns estudos relataram que a acidose ruminal pode induzir uma resposta inflamatória grave em bovinos leiteiros, bem como estresse oxidativo (Khafipour et al., 2009; Guo et al., 2013). Dietas para bovinos com mais de 44% de concentrado contendo fontes de amido altamente fermentáveis (por exemplo, cevada e milho moído) aumenta linearmente os marcadores circulantes de inflamação sistêmica (Zebeli et al., 2012).

Amido é o principal carboidrato usado na dieta de ruminantes para promover elevados níveis de produção (Theurer, 1986). O endosperma é onde fica armazenado o amido, pode ser classificado como vítreo ou farináceo, com base na distribuição dos grânulos de amido e da matriz de proteína (Xu et al., 2019). O endosperma vítreo apresenta matriz proteica bem estruturada e densa, não deixando espaços dentro da estrutura. Na porção farinácea, os grânulos de amido são dispersos, não havendo matriz proteica nesta estrutura, o que o torna menos digestível que a porção vítrea. (Gonçalves et al., 2009).

O processamento de grãos visa principalmente à melhoria da digestibilidade e da palatabilidade dos alimentos ou inativação de fatores antinutricionais. Para ruminantes, o processamento do milho permite maior acesso da microbiota rumenal ao amido, melhorando a fermentação e portando aproveitamento desse carboidrato pelo animal. Os grãos de cereais podem ter cerca de 50% a 70% de amido em sua composição. De maneira geral, a digestibilidade do amido está diretamente ligada a como foi o processamento do alimento (Peres, 2011).

2.2. RESÍDUO ÚMIDO DE CERVEJARIA

Aumentar a produtividade dos rebanhos de forma eficiente e sustentável é uma necessidade atual. Afim de reduzir os custos e buscar novas fontes de alimento, o estudo com subprodutos industriais se faz necessário (Geron, 2006; F. Wang and N. Nishino, 2008).

O resíduo úmido de cervejaria (RC) é o material resultante da fabricação de cerveja, após extração do malte, um subproduto da indústria cervejeira, extraído do malte e de outros cereais, resultante da produção de mosto ou cerveja (Ferro et al., 2017;

Wang et al., 2020). Segundo a Associação Brasileira da Indústria de Cerveja (CERVBRASIL) em 2016 foram produzidos 14 bilhões de litros. Para cada 100 kg de cevada que são processados na indústria, são gerados 132,2 kg de RC (Brochier & Carvalho 2009). Resíduo com capacidade poluente semelhante a dejetos de suínos. Logo, seu descarte inadequado pode acarretar prejuízos econômicos e ambientais. (Chaves et al., 2014; Stefanello et al., 2014).

Trata-se de um material com alto teor proteico, uma vez que os carboidratos são extraídos para a fabricação da cerveja (Geron et al., 2008). A degradabilidade da proteína no rúmen é relacionada com ao peso molecular. Proteínas de menor peso molecular, são mais solúveis no rumem e são rapidamente degradadas. As proteínas com alto peso molecular, que compõe o resíduo úmido de cervejaria, são menos solúveis, dessa forma são menos degradadas. Por ser um subproduto o teor de proteína é variável (Lima, 1993). RC possui um teor de fibra em detergente neutro (FDN) que atende a demanda de fibra na dieta de ruminantes. Isso permite que o RC substitua parcialmente o volumoso na dieta (Carvalho et al., 2007). Phipps et al.(1995) encontraram aumento no consumo de vacas em lactação comendo dietas com RC, concluindo que o resíduo ensilado pode ser utilizado como um alimento volumoso de boa qualidade.

RC é rico em proteína bruta, fibra bruta, extrato etéreo, vitaminas e minerais. (Chiou et al. 1998). A quantidade de proteína bruta do resíduo úmido de cervejaria varia de 17% a 32% e de FDN, de 55% a 65% (West et al., 1994; Costa et al., 1995; Geron et al., 2008). O resíduo úmido de cervejaria pode apresentar variações em sua composição química, uma vez que o nível de processamento do material é variável de acordo com o tipo de cerveja que foi feita (Thomas et al., 2006).

2.3 DIFICULDADE DE ARMAZENAMENTO E DISPONIBILIDADE DOS MATERIAIS

Armazenar o RC é um desafio em virtude dos baixos teores de matéria seca, composição química variável o que pode inviabilizar sua utilização (Ben Salem & Smith, 2008; Senthilkumar et al., 2010; Souza et al., 2015). A ensilagem do RC utilizando materiais absorventes pode ser alternativa para conservar os nutrientes,

permitindo sua utilização na alimentação animal (Silva et al., 2010; Gilaverte et al., 2011; Greggi et al., 2014; Souza et al., 2012; Frasson et al., 2016).

Silagens com alto teor de umidade tendem a serem fermentadas por *Clostridium*. Segundo McDonald et al. (1991), estas bactérias são muito sensíveis à oferta de água, necessitando de muita umidade para o seu desenvolvimento. O pH ideal para o seu crescimento situa-se entre 7,0 a 7,4 podendo desenvolver-se até em pH 4,0 em culturas com excesso de umidade. O pH do RC quando em ambiente anaeróbico cai de forma considerável, mantendo-se por volta de 4,0. Apesar da queda do pH a concentração de carboidratos solúveis é usualmente menor do que o desejável para ensilar, além disso, ensilar o RC sem nenhum aditivo o torna susceptível a elevada perda por efluente (Nishino et al., 2003).

Fungos são responsáveis pela deterioração aeróbica inicial da silagem, e silagens com mais de 10⁵ UFC/g de fungos são susceptíveis a deterioração aeróbica quando expostas ao ar (McDonald et al. 1991). Contagem de fungos e leveduras em amostras de RC, armazenadas em três temperaturas e três períodos de armazenamento tiveram diferença significativa ($p < 0,05$) para interação de temperatura de armazenamento e período de armazenamento. Para temperatura de 15°C fungos e leveduras apresentaram contagem igual para os três períodos de armazenamento ($p > 0,05$). Para temperatura de 20°C a contagem de leveduras não foi alterada pelo período de armazenamento ($p > 0,05$) enquanto a contagem de fungos aumentou. Para a temperatura de 25°C a contagem de fungos foi similar, independente do tempo de armazenamento. (Kitaw et al. 2022).

Além da dificuldade de armazenamento, o alto teor de água no RC pode resultar em limitações, como dificuldade no transporte em distâncias longas. O processo de secagem é caro, o que pode inviabilizar o seu uso.

Aumentar o teor de matéria seca da mistura a ser ensilada e fornecer carboidratos solúveis necessários, pode ser uma ótima solução para o desafio discutido. Um entrave que pode ocorrer, é a disponibilidade do RC e do Milho Moído que ocorrem em época opostas. O RC é historicamente disponibilizado em maior volume entre os

meses de Dezembro e Fevereiro, enquanto o Milho Moído possui menores preços e maior disponibilidade nos meses de Junho a Agosto.

2.4 PERFIL FERMENTATIVO DAS SILAGENS DE GRÃO ÚMIDO

Compreender o processo de ensilagem do grão úmido é um importante passo para a intensificação da produção animal de forma eficiente, destacando-se a importância econômica deste alimento em dietas. A silagem de grãos úmidos de milho é o processo em que o material é armazenado em ambiente anaeróbio, buscando a produção de ácido lático e diminuição do pH da silagem e diminuindo a proliferação de fungos, leveduras e ácaros, além de proteger o material de roedores. (Souza, 2001).

O tempo necessário para que ocorra a fermentação da silagem é de 21 a 28 dias, desde o enchimento do silo até a sua abertura. Após aberto ocorre a entrada progressiva de ar na parede do silo, portanto é recomendável que diariamente seja retirado 10 a 20 cm de silo. Após retirada da porção de silo que será utilizada, é preciso cobrir novamente a parede do silo para o mesmo não ficar exposto aos raios solares (Leh, 2001; Lugão et al., 2011). A densidade almejada para a correta fermentação e preservação do material está entre 1.000 e 1.200 kg/m³, pois assim favorece a estabilidade aeróbia durante a utilização da silagem (Lugão et al., 2011).

McDonald et al. (1981) citou algumas características ideais da massa a ser ensilada para sua boa preservação em forma de silagem: elevado nível de substrato fermentável na forma de carboidratos solúveis, capacidade tamponante relativamente baixa e adequado teor de matéria seca.

Segundo Gobetti et al. (2013) o processo de ensilagem é composto por três fases. A primeira inicia-se no enchimento do silo com processos de respiração e proteólise. A respiração transforma carboidratos solúveis em água e gás carbônico, portanto quanto antes essa fase for cessada é melhor. A proteólise é a quebra de proteínas, resultando em produção de peptídeos e aminos. A segunda fase é marcada pela produção de ácido lático, levando a queda do pH e permitindo a conservação do material. O êxito nos processos da segunda fase, inibe a atividade de bactérias do gênero *Clostridium*. Bactérias do gênero *Clostridium* competem com as bactérias ácido lácticas, utilizando

os carboidratos solúveis para fermentação butírica, o que é indesejável, pois ao invés de ácido láctico é produzido ácido butírico, acarretando na perda de MS (Mc donald et al., 1981).

No momento em que o pH alcança níveis próximos de 4,0, a proliferação de Clostridium, fungos e leveduras é paralisada, o ácido láctico é predominante na silagem e o silo entra na terceira fase, que é o momento de estabilidade. A terceira fase se mantém até o momento em que a silagem é aberta, expondo-a ao oxigênio e atrapalhando o ambiente anaeróbio. Nesse momento o crescimento de fungos e leveduras pode ocorrer, aumentando o valor do pH e consumindo os carboidratos presentes, diminuindo o valor nutritivo do alimento. Por isso destaca-se a importância da retirada mínima de 10 a 20 cm diariamente da face do silo (Mc donald et al., 1981).

A capacidade tampão da silagem está diretamente ligada a produção de ácidos orgânicos, quanto maior a produção de ácidos orgânicos, maior a capacidade tampão e portanto maior a resistência para alterar a pH. Quanto maior a capacidade tampão maior será a quantidade necessária de ácido láctico para reduzir o pH (Muck, 1988; Jaster, 1994). O conteúdo de carboidratos solúveis do milho é baixo, porém devido a baixa capacidade tampão e o baixo teor de umidade dos grãos na ensilagem (de 60% a 70% de MS) o processo fermentativo é favorecido gerando boa conservação do material. (Jobim et al., 1997).

No momento da abertura do silo, a temperatura deve estar próxima a temperatura ambiente, caso esteja quente o processo fermentativo ainda não se encerrou. A cor deve ser amarela e o odor *sui generis*. Locais com odor não semelhante a boa silagem devem ser descartados, uma vez que podem estar em processo de putrefação, sendo assim, não devem ser fornecidos aos animais (Souza, 2001). No processo de ensilagem pode ocorrer perdas no material, em razão da contaminação na colheita (1 a 5%), por efluentes e gases na fermentação (1 a 2%), pela respiração (1 a 2%), na superfície e cocho (0 a 5%) (Nummer filho, 2001). Lzazzari (2001) citou que o processo fermentativo pode acarretar mudanças na solubilidade da proteína, e conseqüentemente em sua digestibilidade, além de perda energética, proteica, fibra e matéria seca, principalmente em silagem de grãos com alta umidade.

A utilização de grão úmido em substituição ao grão seco na alimentação de cordeiros, proporcionou maior ganho em peso para os animais recebendo dieta com grão úmido (167,6 e 133,3 g/dia), e melhor conversão alimentar (5,57 e 6,37) (Ítavo et al., 2004). A utilização de grão úmido de milho na alimentação animal, pode gerar redução no consumo, porém a digestibilidade aumenta, melhorando a eficiência alimentar para grão seco e grão úmido (9% e 25% respectivamente) (Biaggioni et al., 2009). Owens & Basalan (2013) demonstram que a digestibilidade do amido da silagem de grão úmido de milho pode ser próxima a 98,1%, quando comparado ao milho inteiro que é próxima de 90,8% em utilização na alimentação de ruminantes.

Dados comparativos citados por Gobetti et al. (2013), demonstraram que o amido é constituído por dois polímeros de glicose, amilose (22 a 28%) e amilopectina (72 a 78%). Mas, estruturalmente, identificou-se que o grão de milho integral, quebrado, moído e úmido, possuem respectivamente 62,6%, 65%, 76,4% e 86% de digestibilidade.

O endosperma dos cereais, em especial a região periférica, é cercado por uma parede celular rica em compostos β -glucanos que prejudica a atividade microbiana, e também a matriz protéica que envolve os grânulos de amido dificulta a atividade das amilases, visto que deve ocorrer uma proteólise simultânea, para que as bactérias possam utilizar o amido (Kotarski et al., 1992; Mc allister et al., 1993).

Referências Bibliográficas

- ALLEN, W. R.; STEVENSON, K. R.; BUCHANAN-SMITH, J. Influence of additives on short-term preservation of Wet Brewers Grain stored in uncovered piles. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 55, n. 4, p. 609-618, 1975.
- ANDRIGUETO, J.M.; PERLY, L.; MINARDI, I. et al. **Nutrição animal**. 4.ed. São Paulo, SP: Nobel, 1990. v.1.
- ARCARI, M. A., C. M. M. R. MARTINS, T. TOMAZI, J. L. GONÇALVES, and M. V. SANTOS. 2016. Effect of substituting dry corn with rehydrated ensiled corn on dairy cow milk yield and nutrient digestibility. **Animal Feed Science Technology**. 221:167–173.
- ARMENTANO, L. E. et al. Ruminal degradation of dried brewers grains, wet brewers grains, and soybean meal. **Journal of Dairy Science**, v. 69, n. 8, p. 2124- 2133, 1986
- BEN SALEM, H.; SMITH, T. Feeding strategies to increase small ruminant production in dryenvironments. **Small Ruminant Research**, v. 77, p. 174–194, 2008.
- BERCHIELLI, Telma Teresinha; PIRES, Alexandre Vaz; OLIVEIRA, Simone Gisele de (ed.). **Nutrição de ruminantes**. 2. ed. Jaboticabal, SP: FUNEP, 2011. xxii, 616 p. ISBN 9788578050689.
- BROCHIER, M. A., CARVALHO, S. Aspectos ambientais, produtivos e econômicos do aproveitamento de resíduo úmido de cervejaria na alimentação de cordeiros em sistema de confinamento. **Ciência e agrotecnologia**, v. 33, n.5, p. 1392-1399, 2009
- CARVALHO, S., FRASSON, M. F., SIMÕES, F. S. B., BERNARDES, G. M. C., SIMÕES, R. R., GRIEBLER, L., ... & MELLO, V. L. (2017). Resíduo úmido de cervejaria na terminação de cordeiros em confinamento e seus efeitos sobre as características da carcaça e dos componentes não carcaça. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, 69, 742-750.
- CHAVES, B. W., STEFANELLO, F. S., BURIN, A. P., RITT, L. A., NORBERG, J. L. Utilização de resíduos industriais na dieta de bovinos leiteiros. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental – REGET**, v. 18, p. 150-156, 2014.
- CHIOU, PETER WEN-SHYG. Wet brewers' grains or bean curd pomace as partial replacement of soybean meal for lactating cows. **Animal Feed Science and Technology**, v. 74, n. 2, p. 123-134, 1998.

- CONRAD J.H.; McDOWELL L.R.; ELLIS G.L. Minerais para ruminantes em pastejo em regiões tropicais. Campo Grande: **EMBRAPA/CNPGC**, 1985. 90p.
- COSTA, J.M.B.; MATTOS, W.R.S.; BIONDI, P. et al. Degradabilidade ruminal do resíduo úmido de cervejaria. **Boletim Indústria Animal**, v.52, n.1, p.87-94, 1995.
- Daniel, J. L. P., Bernardes, T. F., Jobim, C. C., Schmidt, P., & Nussio, L. G. (2019). Production and utilization of silages in tropical areas with focus on Brazil. **Grass and forage Science**, 74(2), 188-200.
- FERRARETTO, L. F., CRUMP, P. M., & SHAVER, R. D. (2013). Effect of cereal grain type and corn grain harvesting and processing methods on intake, digestion, and milk production by dairy cows through a meta-analysis. **Journal of Dairy Science**, 96(1), 533–550. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5932>
- FERRARETTO, L. F. et al. Effect of ensiling time on fermentation profile and ruminal in vitro starch digestibility in rehydrated corn with or without varied concentrations of wet brewers grains. **Journal of Dairy Science**, v. 101, n. 5, p. 4643-4649, 2018.
- FERRO, M. M.; ZANINE, A. M.; CASTRO, W. J. R.; SOUZA, A. L. Cinética de fermentação ruminal in vitro de silagem de cana-de-açúcar com resíduo de cervejaria desidratado. **Archivos de Zootecnia**, v. 66, n. 254, p. 237-242, 2017
- FRASSON, M. F., CARVALHO, S., PIRES, C. C., SIMÕES, F. S. B., SEVERO, M. M., FARINHA, E. T., MENEGON, A. M., SIMÕES, R. R., MELLO, V. L., KAYSER, A. Comportamento ingestivo e produtivo de cordeiros alimentados com resíduo úmido de cervejaria em substituição a silagem de sorgo. **Archivos de Zootecnia**, v. 65, p. 183- 190, 2016.
- GERON, L.J.V.; ZEOULA, L.M.; ERKEL, J.A. et al. Coeficiente de digestibilidade e características ruminais de bovinos alimentados com rações contendo resíduo de cervejaria fermentado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.1685-1695, 2008.
- GERON, L.J.V.; ZEOULA, L.M.; ERKEL, J.A. et al. Coeficiente de digestibilidade e características ruminais de bovinos alimentados com rações contendo resíduo de cervejaria fermentado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.9, p.1685-1695, 2008.
- GILAVERTE, S., SUSIN, I., PIRES, A. V., FERREIRA, E. M., MENDES, C. Q., GENTIL, R. S., BIEHL, M. V., RODRIGUES, G. H. Digestibilidade da dieta, parâmetros ruminais e desempenho de ovinos Santa Inês alimentados com polpa cítrica peletizada e resíduo úmido decervejaria. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 3, p. 639-647, 2011
- GOBETTI, S.T.C.; NEUMANN, M.; OLIBONI, R.; OLIVEIRA, M.R. Utilização de silagem de grão úmido na dieta de animais ruminantes. **Ambiência - Revista**

do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais. Guarapuava (PR) v.9 n.1 p. 225 – 239, 2013.

GREGHI, G. F., BARCELOS, B., SARAN NETTO, A., VILELA, F. G., RODRIGUES, P. H. M., MARINO, C. T. Contribuição da inclusão de polpa cítrica e casca de soja para a qualidade da silagem de resíduo úmido de cervejaria. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 66, p. 277-283, 2014

GUO, Y., XU, X., ZOU, Y., YANG, Z., LI, S., & CAO, Z. Changes in feed intake, nutrient digestion, plasma metabolites, and oxidative stress parameters in dairy cows with subacute ruminal acidosis and its regulation with pelleted beet pulp. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, 4, 1-10, 2013

BASALAN, MEHMET. Grain Processing: Gain and Efficiency Responses by Feedlot Cattle. **The Plains Nutrition Council**, p. 76.

ÍTAVO, C.C.B.F. Silagem de grão úmido de milho e sorgo: padrão de fermentação, composição química, valor nutricional e desempenho em ovinos. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Mato Grosso do Sul. p.65, 2004.

JASTER, E. Fermentation principles of legume, grass forage examined. **Feedstuffs**, p. 14-16, Dec. 12, 1994.

JOBIM, C. C., REIS, R. A., & DE ANDRADE RODRIGUES, L. R. (1997). Avaliação da silagem de grãosúmidos de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 32(3), 311-315

KHAFIPOUR, E.; KRAUSE, D. O.; PLAIZIER, J. C. A grain-based subacute ruminal acidosis challenge causes translocation of lipopolysaccharide and triggers inflammation. **Journal of dairy science**, v. 92, n. 3, p. 1060-1070, 2009.

KITAW, G., FAJI, M., & TEREFE, G. (2022). Nutritional and fungal load dynamics of fresh brewers' grain stored under aerobic conditions. **AMB Express**, 12(1), 1-7.

KOTARSKI, S.F., WANISHA, R.D., THUR, K.K. Starch hydrolysis by ruminal microflora. **Journal of Nutrition**, 122:178-190, 1992.

LEH, W.M. Elaboração de silagem de grão úmido de milho em grandes propriedades. In: LAZZARI, F. A.; LAZZARI, S. M. N. **Silagem de Grão Úmido de Milho**. Gráfica Leal Ltda, p. 7-18, 2001.

LIMA, M.L. Resíduo de cervejaria úmido: formas de conservação e efeitos sobre parâmetros ruminais. 1993. 98f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, SP.

- LUGÃO, S.M.B. Silagem de Grão Úmido de Milho. In: KIYOTA, N.; VIEIRA, J.A.N.; YAGI, R.; LUGÃO, S.M.B. Silagem de Milho na Atividade Leiteira do Sudoeste do Paraná: do manejo de solo e de seus nutrientes a ensilagem de planta inteira e grãos úmidos. **Lapar**, p.99-112, 2011.
- McDONALD, P. **The Biochemistry of Silage**. 1981. 2. ed. Merlow: Chalcombe Publications, p.226.
- MOE, P. W.; TYELL, H. F.; HOOVEN JR, N. W. Physical form and energy value of corn grain. **Journal of Dairy Science**, v. 56, n. 10, p. 1298-1304, 1973.
- MUCIC, R.E. Factors influencing silage quality and their implications for management. **Journal of Dairy Science**, v.71,n.1 I,p.2992-3002, 1988.
- NISHINO, N., HARADA, H., & SAKAGUCHI, E. (2003). Evaluation of fermentation and aerobic stability of wet brewers' grains ensiled alone or in combination with various feeds as a total mixed ration. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 83(6), 557-563.
- NUMMER FILHO, I. Silagem de grão úmido. 9º Seminário Nacional de Desenvolvimento da Suinocultura. Anais... Gramado, RS. v.1, n.2., p. 38-42, 2001.
- PHIPPS, R.H.; SUTTON, J.D.; JONES, B.A. Forage mixtures for dairy cows: the effect on dry-matter intake and milk production of incorporating either fermented or urea-reated whole-cropwheat, brewer's grain, fodder beet or maize silage into diets based on grass silage. **Animal Science**, v.61, p.491-496, 1995.
- PRESTON, R.L.; VANCE, R.D.; CAHILL, V.R. Energy evaluation of brewers grains for growing and finishing cattle. **Journal of Animal Science**, v.37, n.1, p.174-178, 1973
- REIS, R. B., SAN EMETERIO, F., COMBS, D. K., SATTER, L. D., & COSTA, H. N. (2001). Effects of corn particle size and source on performance of lactating cows fed direct-cut grass-legume forage. **Journal of Dairy Science**, 84(2), 429-441.
- RIBAS, M.N. GONÇALVES, L.C.; IBRAHIM, G.H.F. et al. Consumo e digestibilidade aparente de silagens de milho com diferentes graus de vitreosidade no grão. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.6, n.1, p.104-115, 2007.
- SAN EMETERIO, F.; REIS, R.B.; CAMPOS, W.E. et al. Effect of coarse or fine grinding on utilization of dry or ensiled corn by lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.83, p.2839- 2848, 2000

- SANTOS, K.A.; STERN, M.D.; SATTER, L.D. Protein degradation in the rumen and amino acid absorption in the small intestine of lactating dairy cattle fed various protein sources. **Journal of Animal Science**, v.58, n.1, p.244-255, 1984.
- SCARLATELLI, F.P. O uso do resíduo de cervejaria (cevada) na alimentação de vacas leiteiras. **Revista Gado Holandes**, v.60, p.26-28, 1995.
- SCHNEIDER, R. M.; HARRISON, J. H.; LONEY, K. A. The effects of bacterial inoculants, beet pulp, and propionic acid on ensiled wet brewers grains. **Journal of Dairy Science**, v. 78, n. 5, p. 1096-1105, 1995.
- SENTHILKUMAR, S.; VISWANATHAN, T. V.; MERCY, A. D.; GANGADEVI, P.; ALLY, K.; SHYAMA, K. Chemical composition of brewery waste. **Tamilnadu Journal of Veterinary & Animal Sciences**, v. 6, n. 1, p. 49-51, 2010.
- SILVA, A.A.; MARQUES, B.M.F.P.P.; HAUSCHILD, L. Digestibilidade e balanços metabólicos da silagem de grão úmido de milho para suínos. **Ciência Rural**, v. 35, n. 4, p. 877-882, 2005
- SILVA, V. B., FONSECA, C. E. M., MORENZ, M. J. F., PEIXOTO, E. L. T. MOURA, E. S., CARVALHO, I. N. O. Resíduo úmido de cervejaria na alimentação de cabras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 7, p. 1595-1599, 2010
- SOUZA, L. C., M. A. ZAMBOM, M. S. S. POZZA, M. A. NERES, A. C. Ra dis, L. BORSATTI, D. D. CASTAGNARA, and S. GUNT. 2012. Development of microorganisms during storage of wet brewery waste under aerobic and anaerobic conditions. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 41:188–193.
- SOUZA, L. C., ZAMBOM, M. A., GUNDT, S., PASQUALOTTO, M., SANTOS, G. T., CASTAGNARA, D. D., KAZAMA, D. C. S. Composição química e degradabilidade ruminal de forragens e subprodutos agroindustriais na região oeste do paraná. **Bioscience Journal**, v. 31,p. 171-180, 2015.
- SOUZA, L. C., ZAMBOM, M. A., POZZA, M. S. S., BORSATTI, L., CASTAGNARA, D. D., GUNDT, S. Development of microorganisms during storage of wet brewery waste under aerobic and anaerobic conditions. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, p. 188-193, 2012.
- SOUZA, O.W. Elabora o de silagem de grão úmido de milho em pequenas propriedades. In: LAZZARI, F.A.; LAZZARI, S.M.N. **Silagem de Grão  mido de Milho**. Gráfica Leal Ltda, p.19-32, 2001.
- THEURER, C. B. (1986). Grain processing effects on starch utilization by ruminants. **Journal of Animal Science**, 63(5), 1649-1662.

THOMAS, K. R.; RAHMAN, Pattanathu. Brewery wastes. Strategies for sustainability. A review. **Aspects of applied biology**, v. 80, 2006

VALADARES FILHO, S. de C. **Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos**. UFV, 2006..

WANG, S., ZHAO, J., YU, C., LI, J., TAO, X., CHEN, S., & SHAO, T. Nutritional evaluation of wet brewers grains as substitute for common vetch in ensiled total mixed ration. **Italian Journal of Animal Science**, 19(1), 1015-1025, 2020

WEST, J.W.; ELY, L.O.; MARTIN, S.A. Wet brewers grains for lactating dairy cows during hot, humid weather. **Journal of Dairy Science**, v.77, n.1, p.196-204, 1994.

XU, Ahui et al. Physicochemical properties of starches from vitreous and flourey endosperms from the same maize kernels. **Food Chemistry**, v. 291, p. 149-156, 2019.

CAPÍTULO 2 – ARTIGO

COMPOSIÇÃO QUÍMICA, DIGESTIBILIDADE IN VITRO DE MATÉRIA SECA E PERFIL FERMENTATIVO DA SILAGEM DE MILHO GRÃO REIDRATADO COM RESÍDUO ÚMIDO DE CERVEJARIA

RESUMO

Os sistemas intensivos de produção pecuária são influenciados pela disponibilidade e pelo preço dos insumos no mercado, o que pode aumentar os custos de produção e reduzir a eficiência. Portanto, a utilização de resíduos agroindustriais nestes sistemas apresenta-se como uma alternativa promissora para reduzir custos com alimentação do gado e aumentar os lucros nas propriedades rurais. Assim, objetivou-se avaliar a qualidade de silagens de grãos de milho reidratados com 5 diferentes níveis de matéria seca (MS) elaboradas a partir da inclusão de resíduos de cervejaria (BR): DM70 (70% MS, 32% BR), DM60 (60% DM, 46% BR), DM50 (50% MS, 60% BR), DM40 (40% MS, 75% BR) e DM30 (30% MS, 90% BR). A inclusão de 1% de BR reduziu ($p<0,001$) o teor de MS em 5,98 g/kg MN e a DIVMS em 3,31 g/kg MS, devido ao aumento dos valores de FDN, FDA, ADL, NIDN e NIDA, e aumentou linearmente ($p<0,001$) o teor de PB em 1,25 g/kg MS e EE em 0,726 g/kg MS. Embora o pH tenha aumentado ($p<0,001$) linearmente, de 4,24 para 5,56, e a estabilidade aeróbia tenha diminuído ($p=0,005$) linearmente em 1,22 horas, esses valores são satisfatórios para uma silagem de boa qualidade. Possivelmente, a baixa concentração de carboidratos solúveis e a menor produção de ácido láctico dificultaram o desenvolvimento de fungos e leveduras. Conclui-se que o resíduo de cervejaria pode ser armazenado na fazenda e utilizado na ensilagem do grão de milho reidratado, atentando-se às variações na composição química do BR e de suas silagens, a fim de garantir precisão na formulação da dieta e manter o desempenho animal.

Palavras chave: coproduto agroindustrial, pecuária de corte, pecuária leiteira, nutrição.

INTRODUÇÃO

Os sistemas intensivos de produção pecuária são influenciados pela disponibilidade e pelo preço dos insumos no mercado, o que pode aumentar os custos de produção e reduzir a eficiência. Portanto, a utilização de resíduos agroindustriais nesses sistemas apresenta-se como uma alternativa promissora para reduzir custos com alimentação animal e aumentar os lucros nas fazendas leiteiras (Faccenda et al., 2017) e nas fazendas de gado de corte (Thomas et al., 2002). Além disso, esta estratégia pode contribuir para a redução dos danos ambientais (Zema et al., 2018), que é uma preocupação global constante.

A utilização de subprodutos na alimentação de ruminantes não é recente (Morrison, 1956); estes eram tradicionalmente usados em fazendas localizadas perto de cervejarias (Westendorf e Wohlt, 2002) porque o alto teor de umidade desses subprodutos pode resultar em altos custos de transporte (Grasser et al., 1995). Por outro lado, o alto custo da secagem pode favorecer a comercialização de grãos úmidos (Westendorf e Wohlt, 2002), levando a uma disponibilidade significativa deste alimento de baixo custo. Embora possam substituir parcialmente produtos de alto valor, como farelo de soja e milho, a produção de cerveja é muitas vezes sazonal, resultando na distribuição desigual de seus subprodutos ao longo do ano (Westendorf e Wohlt, 2002). Essa dualidade, alternando alta disponibilidade com baixo custo e períodos de escassez com alto custo, cria a necessidade do desenvolvimento de alternativas para armazenamento de subprodutos cervejeiros nas fazendas.

A silagem é o principal e eficiente método de armazenamento de alimentos úmidos (Bernardes e Rego, 2014). Porém, a utilização de subprodutos cervejeiros para ensilagem pode ser inadequada devido à baixa concentração de açúcares, resultante das perdas fermentativas durante a produção da cerveja, bem como ao alto teor de umidade (800 g/kg), que aumenta o risco de deterioração por fungos e crescimento de leveduras (Westendorf e Wohlt, 2002; Souza et al., 2012). Além disso, Heinzen Jr et al. (2022) demonstraram aumento nas concentrações de ácidos propiônico e butírico em silagens de cevada ensiladas por 60 dias, sugerindo maior intensidade de proteólise pela fermentação clostridial e potencial redução no valor

nutricional da cevada. Uma alternativa promissora para enfrentar essas questões é a utilização de silagem com alto teor de matéria seca, como a reidratação do grão de milho moído (Ferrareto et al., 2018; Menezes et al., 2022; Heinzen Jr et al., 2022). A reidratação do grão de milho moído não apenas preserva adequadamente a cevada, mas também fornece uma concentração adequada de carboidratos solúveis para o processo de fermentação, aumentando assim a digestibilidade do amido (Ferrareto et al., 2018), o que pode promover o aumento da produção de leite e carne.

Embora estudos anteriores tenham abordado o uso de resíduo de grão de milho moído para conservação de silagem ensilada, apresentando resultados adequados para o processo de preservação (Ferrareto et al., 2018; Heinzen Jr et al., 2022), diferentes processos industriais no Brasil e nos EUA justificam conduzindo estudos no Brasil para determinar os níveis ideais de inclusão de grãos de milho moído para preservar a cevada úmida. Nesse contexto, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da inclusão de diferentes concentrações de cevada para reidratação de milho na composição química, contagem de microrganismos e estabilidade aeróbica de silagem de milho moído reidratado com cevada.

1.1 MATERIAL E MÉTODOS

1.2 Aquisição e ensilagem

O grão de milho, adquirido no mercado local (Contagem, Minas Gerais, Brasil) para simular o manejo real de fazendas comerciais, foi moído finamente em moinho de martelo (tamanho médio de partícula de 2 mm). O resíduo de cervejaria (RC) foi obtido em Itabira, Minas Gerais, Brasil (19° 39' 57" S, 43° 12' 44" W). Antes da ensilagem foram coletadas amostras de RC e milho para determinar a composição química desses ingredientes. A RC e o milho foram misturados e homogeneizados de acordo com os seguintes tratamentos: DM70 (70% MS, 32% inclusão RC), DM60 (60% MS, 46% inclusão RC), DM50 (50% MS, 60% inclusão RC), DM40 (40% de MS, 75% de inclusão de RC) e DM30 (30% de MS, 90% de inclusão de RC). Posteriormente, foram pesados, em média, 20 kg de cada

tratamento e ensilados manualmente em baldes plásticos de 20 L, obtendo-se densidade média de 987 ± 25 kg de matéria fresca/m³. Foram produzidos cinco silos (réplicas) para cada tratamento. Os silos laboratoriais foram armazenados em galpão coberto com temperatura média de 23,6°C e umidade relativa média de 47% (dados obtidos na estação meteorológica automática do Instituto Nacional de Meteorologia, localizada a 2,4 km do galpão).

2.2. Composição química, parâmetros fermentativos e digestibilidade in vitro de matériaseca

Após 152 dias de ensilagem, os baldes foram abertos, homogeneizados e coletadas amostras para análise laboratorial. Parte dessas amostras foi imediatamente seca em estufa de ventilação forçada a 55°C por 72 horas e moída até 1 mm em moinhos de facas (modelo 4, Thomas Wiley, Thomas Scientific) para determinação dos parâmetros de qualidade da silagem. O teor de matéria seca (MS) foi determinado em estufa a 105°C (ID 934.01, AOAC, 1990) e a proteína bruta (PB) foi determinada pelo método Kjeldahl (ID 954.01, AOAC, 1990). Os teores de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina em detergente ácido (ADL) foram determinados usando o método sequencial de Van Soest et al. (1991). Os teores de proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) e proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA) foram determinados medindo-se os valores de nitrogênio residual nas amostras após análises de FDN e FDA, respectivamente, e multiplicando-se por 6,25. O teor de cinzas foi determinado em forno mufla a 600°C por quatro horas (ID 942.05, AOAC, 1990).

A digestibilidade in vitro da matéria seca (DIVMS) foi realizada segundo Tilley e Terry (1963) e adaptada por Holden (1999), na qual foram preparadas duas repetições de 0,25 g em sacos F57 para cada amostra. Os sacos F57 foram incubados (Dayse II, Ankom) por 72 horas em frascos contendo soluções tampão A e B e fluido ruminal bovino, com adição de pepsina e ácido clorídrico às 48 horas. A solução A consistia em fosfato monobásico de potássio (KH₂PO₄), sulfato de magnésio (MgSO₄·7H₂O), cloreto de sódio (NaCl), cloreto de cálcio (CaCl₂·2H₂O) e uréia. A solução B consistia em carbonato de sódio (Na₂CO₃) e sulfeto de sódio (Na₂S·9H₂O).

Todas as avaliações foram aprovadas pelo Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade Federal de Minas Gerais, através do protocolo 70/2020. O líquido ruminal foi obtido de um bovino fistulado (mestiço - Holandês x Gir; peso corporal = 600 kg) criado em dois hectares de pasto e alimentado ad libitum com silagem de milho e 1,5 kg de concentrado (18% PB) por dia, além de ter acesso a água e sal mineral. A coleta do líquido ruminal foi realizada imediatamente antes da incubação da amostra, filtrada em gaze de dupla camada e transportada em garrafa térmica pré-aquecida.

2.3 Estabilidade aeróbia

Após a abertura dos silos, eles foram cobertos com papel alumínio contendo furos para permitir a entrada de ar no silo. Os silos foram então armazenados em ambiente controlado com temperatura constante de $25,0 \pm 1^\circ\text{C}$. A temperatura da silagem foi medida utilizando um Termômetro Analógico de Forno (TAE-110, Incoterm) inserido 10 cm no centro da massa da silagem nos seguintes intervalos de tempo: 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 30, 36, 42, 54, 68, 80, 92, 104, 116, 128, 140, 152, 164, 176, 188, 200, 212, 224 e 240 horas. A estabilidade aeróbica da silagem foi determinada pelo número de horas necessárias para que a temperatura da silagem atingisse ou excedesse 2°C acima da temperatura ambiente (Ranjit e Kung Jr., 2000).

O pH, o teor de NH_3 em relação ao nitrogênio total ($\text{NH}_3\text{-N}/\text{TN}$) e as contagens microbianas foram realizados no momento da abertura do silo e no momento da perda de estabilidade aeróbia. Nestes momentos, as silagens foram homogêneas e coletadas amostras de 1 kg. Cada amostra foi imediatamente armazenada em câmara fria a -15°C , permanecendo congelada por sete dias após a última silagem perder sua estabilidade aeróbia, para garantir similaridade nas condições impostas a cada uma das amostras (Ferraretto et al., 2018B). Após o descongelamento, 20 g de cada amostra foram diluídos 10 vezes em água destilada, misturados em liquidificador (Daily RI2110, Philips Walita) por 30 segundos e filtrados em quatro camadas de gaze (Ferraretto et al., 2016). O pH foi medido através de um potenciômetro digital (HI 221; Hanna Instruments), e a determinação

de NH₃-N/TN foi realizada através de destilação seguida de titulação, seguindo o método Kjeldahl (AOAC, 2012).

2.4. Análise de perdas

As tampas dos baldes foram equipadas com válvulas Bunsen para permitir a liberação de gases. O fundo do balde foi coberto com um saco de algodão contendo aproximadamente 2,0 kg de areia seca para permitir a medição do efluente (Pedroso et al., 2008). O peso dos silos experimentais vazios com tampa e saco de areia seca foi medido antes da ensilagem. Os silos, após preenchidos com os tratamentos, foram compactados, tampados, vedados com fita adesiva e novamente pesados. No dia da abertura, os silos lacrados foram pesados para determinação da produção de gás, calculada conforme Eq. (1):

$$G = [(PCen - Pen) * MSen] - [(PCab - Pen) * MSab] \times 100 / [(PCen - Pen) * MSen] \text{ onde:}$$

G = perdas de gases (% de MS);

PCen = peso total da caçamba na ensilagem (kg);

Pen = peso do conjunto (balde vazio + tampa + areia seca + saco) na ensilagem (kg); MSen = teor de matéria seca do milho reidratado na ensilagem (%);

PCab = peso total da caçamba na abertura do silo (kg);

MSab = teor de matéria seca do milho reidratado na abertura do silo (%)

Os silos foram abertos, a silagem retirada, homogeneizada, amostrada e o conjunto pesado. Assim, foi possível quantificar o efluente produzido, conforme Eq. (2):

$$PE = Pef \times 1000 / MVi,$$

onde:

PE = perdas de efluentes (g/kg de MS);

Pef = peso do efluente (peso do conjunto vazio após abertura do silo - peso do conjunto antes do enchimento);

MVi = quantidade de massa de grãos de milho ensilados (kg).

A perda total de matéria seca (PTMS) foi estimada como a diferença entre o peso inicial e final da matéria seca em relação à quantidade de matéria seca ensilada, subtraindo-se o peso do silo no momento da ensilagem e da abertura do silo, de acordo com Eq. (3):

$$PTMS = [(PCen - Pen) * MSen] - [(PCab - Pab) * MSab] \times 100 / [(PCen - Pen) * MSen],$$

onde:

PTMS = perda total de MS (% de MS);

PCen = peso total da caçamba na ensilagem (kg);

Pen = peso do conjunto (balde + tampa + areia seca + saco úmido) na ensilagem (kg);

MSen = teor de matéria seca do milho reidratado na ensilagem

(%); PCab = peso total da caçamba na abertura do silo (kg);

Pab = peso do conjunto (balde + tampa + areia molhada + saco) na abertura do silo

(kg); MSab = teor de matéria seca do milho reidratado na abertura do silo (%).

2.5. Análise microbiológica

Para a contagem de microorganismos aeróbicos (leveduras, bolores e bactérias aeróbicas) foi utilizada a técnica de espalhar em placa na diluição 10^{-1} . Uma quantidade de amostra de 25 g foi pesada e adicionada em frascos contendo 225 ml de solução de peptona 0,1% esterilizada em autoclave a 121°C por 15 minutos e agitada manualmente por dois minutos. A partir do extrato obtido, após repouso de um minuto, foram preparadas diluições decimais (10^{-2} a 10^{-5}) em tubos de ensaio contendo 9 mL de solução estéril de peptona a 0,1%. Uma quantidade de 0,1 mL das diluições foi espalhada em placas de Petri descartáveis e o inóculo espalhado sobre superfície de ágar com espátula de Drigalski.

A contagem total de leveduras foi realizada em placa contendo ágar com extrato de Triptona Glicose Levedura (TGY) após incubação aeróbia por quatro dias

a $30 \pm 1^\circ\text{C}$. A contagem total de bolores foi realizada em placa contendo Dicloran Rosa-Cloranfenicol (DRBC) após incubação aeróbia por cinco dias a $25 \pm 1^\circ\text{C}$. As contagens bacterianas totais foram realizadas em Plate Count Agar (PCA) após incubação aeróbica por 48 horas a 35°C (Pitt e Hocking, 2009). As contagens microbianas foram realizadas na abertura do silo e após avaliação da estabilidade aeróbica e os valores foram expressos em unidades formadoras de colônias por grama de silagem (UFC/g). Todas as contagens microbianas foram transformadas em \log_{10} para obter uma distribuição normal.

2.6. Análise estatística

O delineamento experimental utilizado para análise foi inteiramente casualizado, com cinco tratamentos (DM30, DM40, DM50, DM60 e DM70) e cinco repetições. Os dados foram testados quanto à distribuição normal e homocedasticidade das variâncias por meio dos testes de Shapiro-Wilk e Bartlett, respectivamente. Polinômios ortogonais foram utilizados para determinar se a inclusão de RC nos tratamentos resultou em efeito linear ou quadrático nas características da silagem. Foi considerada significância estatística quando o valor de p foi inferior a 0,05. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software R (R Core Team, 2019).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Composição química, parâmetros fermentativos e digestibilidade in vitro de matéria seca

A inclusão de 1% de RC reduziu ($p < 0,001$) o teor de MS em 5,98 g/kg de MS e a digestibilidade in vitro da matéria seca (DIVMS) em 3,31 g/kg de MS, enquanto aumentou linearmente ($p < 0,001$) a proteína bruta. (PB) por 1,25 g/kg de MS, extrato etéreo (EE) por 0,726 g/kg de MS, cinzas por 0,110 g/kg de MS, fibra em detergente neutro (FDN) por 2,19 g/kg de MS, detergente ácido fibra (FDA) por 1,16 g/kg de MS, lignina em detergente ácido (ADL) por 0,272 g/kg de MS, proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) por 0,164 g/kg de MS e proteína insolúvel

em detergente ácido (PIDA) por 0,039 g/kg de MS (Tabela 1). A principal explicação para essas variações está na diferente composição química do milho finamente moído e do milho moído (Ferraretto et al., 2018A; Heinzen Jr. et al., 2022). A redução do teor de MS e DIVMS e o aumento da FDN com maior inclusão de RC podem reduzir o consumo de ruminantes devido ao enchimento físico ruminal e redução da taxa de passagem (Jung e Allen, 1995; Allen, 1996), especialmente em animais de alta produção. Essas alterações na composição química e potencial impacto no consumo podem alterar o desempenho dos animais em granjas comerciais e indicar a necessidade de ajustes nas dietas quando da utilização desta silagem (Menezes et al., 2022).

Os aumentos no PIDN e PIDA também podem estar associados a uma maior ocorrência da reação de Maillard. Estas frações contêm proteínas associadas à lignina, o que pode reduzir a disponibilidade de proteínas (Krizsan e Randby, 2007). Outra mudança significativa com a inclusão do RC na reidratação do milho é a redução do teor de carboidratos, principalmente amido, e o aumento da proteína indigestível no rúmen. Por exemplo, Ferraretto et al. (2018A) e Ferraretto et al. (2018B) relataram teores de amido de 739 e 666 g/kg de MS em milho e 90,0 e 125 g/kg de MS em RC, respectivamente. Estas diferenças também indicam a necessidade de monitorizar o desempenho dos animais e ajustar as dietas nas explorações comerciais.

A inclusão de 1% de RC aumentou linearmente ($p < 0,001$) o pH em 0,005 na abertura do silo e em 0,008 na perda de estabilidade aeróbia (Tabela 2). No momento da perda de estabilidade aeróbia, a inclusão de 1% de RC aumentou linearmente ($p < 0,001$) o teor de nitrogênio amoniacal ($\text{NH}_3\text{-N}$) em 0,009 g/kg de MS. Os valores de pH observados na abertura do silo variaram de 4,24 a 4,56, valores próximos aos descritos por Kung Jr. et al. (2018) como tipicamente observado em silagens de milho com alto teor de umidade, sugerindo boa fermentação em todos os tratamentos. Aumentos nos valores de pH com maior inclusão de RC também foram observados por Heinzen Jr. et al. (2022). Esses aumentos de pH com maior inclusão de RC podem ser explicados pela baixa concentração de carboidratos solúveis (CS) (Ferraretto et al., 2018B) no RC, que é um importante substrato para o crescimento de bactérias produtoras de ácido láctico. Heinzen Jr. (2022) relataram uma média de 19 g/kg de CS no RC, enquanto os dados

médios brasileiros mostraram valores de 205 g/kg de CS no grão de milho (Valadares Filho, 2023). Além da baixa concentração de CS, a alta umidade e a mínima capacidade respiratória limitam o armazenamento de RC durante o processo de ensilagem (Orosz e Davies, 2015). Esses dados indicam que em fazendas onde há maior desafio na produção de silagem, as inclusões de RC não devem ser altas para evitar fermentações indesejadas.

Além das variações entre os alimentos, Ferraretto et al. (2018B) também enfatizaram que o RC pode apresentar variações significativas em sua composição devido ao processo de maltagem, mesmo quando proveniente da mesma indústria. Essa variação alerta que prever a composição da silagem utilizando dados de outros estudos pode levar a erros significativos na formulação da dieta. Isto destaca a necessidade de avaliações frequentes da silagem antes da formulação da dieta para garantir precisão na nutrição animal. Outro fator que explica o aumento do pH com maior inclusão de RC é o maior protocolo da bactéria *Clostridium*. (2018), clostrídios sacarolíticos, como *Clostridium tyrobutyricum* e *Clostridium butyricum*, são normalmente encontrados em silagens e usam açúcares solúveis ou orgânicos (ácidos lácticos) em valores baixos de pH para produzir ácidos acéticos, propiônicos e butíricos (Pahlow et al., 2003). Assim, há consumo de ácido láctico (pKa de 3,86) e produção de ácido acético (pKa de 4,75) e ácido butírico (pKa de 4,82), elevando o pH do meio e aumentando a capacidade tamponante da silagem. Aumentos nos ácidos acético (0,5 a 0,9 g/kg de MS) e butírico (1,3 a 2,6 g/kg de MS) foram distribuídos por Heinzen Jr. et al. (2022) em silagem de milho reidratada com RC contendo 65% ou 35% de MS, respectivamente, evidenciando maiores interferências causadas por espécies de *Clostridium* em silagens com maior inclusão de RC.

3.2. Estabilidade aeróbia e microbiologia

A estabilidade aeróbica diminuiu linearmente em 1,22 horas para cada 1% de RC incluído na dieta (Tabela 3). A redução na estabilidade aeróbia provavelmente ocorreu devido à maior disponibilidade de água metabólica em dietas com maiores inclusões de RC, o que favorece o crescimento de

microrganismos deteriorantes (Heinzen Jr. et al., 2022). Essa redução na estabilidade da silagem com maiores inclusões de RC também foi observada por Ferraretto et al. (2018B) e Heinzen Jr. (2022). Porém, mesmo com inclusões de RC mais altas, encontramos valores de estabilidade consideravelmente maiores (179 horas no presente estudo, 48 horas em Ferraretto et al., 2018B, e aproximadamente 100 horas em Heinzen Jr. et al., 2022). Essa ocorrência pode estar associada às menores concentrações de carboidratos solúveis (CS) e ácido lático para o crescimento de fungos e leveduras encontradas neste estudo. Sabe-se que as silagens de milho apresentam baixa estabilidade aeróbica (Ferraretto et al., 2015; Silva et al., 2018; Saylor et al., 2020). Portanto, é importante adotar estratégias para aumentar a estabilidade aeróbia, como a utilização de inoculantes heterofermentativos ou aditivos químicos como o benzoato de sódio, principalmente em condições comerciais onde há maiores desafios na produção de silagem.

A contagem de bactérias aeróbias aumentou 0,007 ($p = 0,003$) e 0,041 ($p < 0,001$) \log_{10} UFC/g na abertura do silo e na perda de estabilidade aeróbia, respectivamente, para cada 1% de inclusão de RC (Tabela 3). Na abertura do silo, a contagem de bolores aumentou quadraticamente ($p < 0,001$) e a contagem de leveduras aumentou linearmente com a inclusão de RC ($p < 0,001$). O aumento nas populações de fungos e leveduras foi provavelmente responsável pela redução na estabilidade aeróbia em silagens com maiores inclusões de RC. As leveduras fermentam 1 mol de glicose em 2 moles de etanol e 2 moles de CO_2 , resultando em uma perda de 48,9% de substrato de MS e produção de calor (McDonald et al., 1991; Borreani et al., 2018). Este processo também explica os maiores valores de pH nas silagens com maiores inclusões de RC.

Além de piorar a estabilidade aeróbica, o crescimento de fungos e leveduras pode produzir micotoxinas prejudiciais à saúde animal, indicando a necessidade de utilização de estratégias para reduzir o crescimento desses microrganismos.

3.4 Perdas

As perdas de efluentes aumentaram linearmente em 0,641 g/kg de MN para cada inclusão de 1% de RC (Tabela 4). Essas maiores perdas de efluentes em

silagens mais úmidas podem aumentar a heterogeneidade da silagem na face do silo, acumulando umidade no fundo (Gomes et al., 2020), o que pode levar a variações na qualidade da dieta oferecida aos animais e reduzir o desempenho. As perdas totais ($p = 0,001$) e as perdas visíveis ($p < 0,001$) aumentaram quadraticamente com a inclusão do RC. O aumento das perdas visíveis pode estar relacionado com dificuldades de vedação, uma vez que tais perdas são observadas no topo do silo. Os valores de perdas totais de MS, variando de 12,9% a 17%, destacam a necessidade de cuidados nas operações de ensilagem, pois o milho costuma ser um alimento de alto custo e perdas elevadas podem inviabilizar economicamente o uso da RC.

Segundo Ferraretto et al. (2018A), o RC apresenta baixa capacidade respiratória, dificultando a retirada de ar do silo e favorecendo o crescimento de microrganismos aeróbios indesejáveis, o que explica parcialmente as maiores perdas totais de MS com maiores inclusões de RC. Heinzen Jr. (2022) também observaram maiores perdas de MS com maiores inclusões de RC no milho e apontaram que menor fermentação de ácido láctico favorece o crescimento de bactérias indesejáveis. Segundo Borreani et al. (2018), a fermentação de 2 moles de lactato pelos clostrídios produz 1 mole de butirato e 2 moles de CO₂ e 2 moles de H₂, resultando na perda de 51,1% de substrato de MS.

4. CONCLUSÃO

Os resultados indicam que o RC pode ser uma alternativa para reidratação de grãos de milho. O RC pode reduzir a digestibilidade da matéria seca e da silagem devido ao aumento das frações fibrosas, NIDN e NIDA. Os parâmetros de fermentação sugerem que as silagens apresentaram qualidade satisfatória, mas deve-se atentar para o processo de ensilagem adequado e variações na composição química da RC e suas silagens para garantir precisão na formulação da dieta e manter o desempenho animal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allen, M. S. (1996). Physical constraints on voluntary intake of forages by ruminants. **Journal of animal science**, 74(12), 3063-3075. <https://doi.org/10.2527/1996.74123063x>
- AOAC - Association of Official Analytical Chemistry. (2012). **Official methods of analysis** (18th ed.). Arlington, AOAC International.
- AOAC - Association of Official Analytical Chemists. (1990). **Official methods of analysis** (15th ed.). Arlington, AOAC International.
- Borreani, G., Tabacco, E., Schmidt, R. J., Holmes, B. J., & Muck, R. A. (2018). Silage review: Factors affecting dry matter and quality losses in silages. **Journal of Dairy Science**, 101(5), 3952-3979. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13837>
- Faccenda, A.; Zambom, M. A.; Castagnara, D. D.; Avila, A. S.; Fernandes, T.; Eckstein, E. I.; Anschau, F. A. and Schneider, C. R. 2017. Use of dried brewers' grains instead of soybean meal to feed lactating cows. **Revista Brasileira de Zootecnia** 46(1):39-46.
- Ferraretto, L. F., Fernandes, T., Silva Filho, W. I., Sultana, H., & Moriel, P. (2018A). Dry matter loss, fermentation profile, and aerobic stability of wet brewers grains ensiled with various amounts of dry ground corn. **The Professional Animal Scientist**, 34(6), 642-648. <https://doi.org/10.15232/pas.2018-01761>
- Ferraretto, L. F., Fredin, S. M., and R. D. Shaver. 2015. Influence of ensiling, exogenous protease addition and bacterial inoculation on fermentation profile, nitrogen fractions and ruminal in vitro starch digestibility in rehydrated and high-moisture corn. **J. Dairy Sci.** 98:7318–7327
- Ferraretto, L. F., Fredin, S. M., R. E., Muck, R. D. Shaver, (2016). Microbial inoculant and ensiling time effects on fermentation profile, nitrogen fractions, and ruminal in vitro and in situ starch digestibility in corn shredlage and late-maturity corn silage. **The Professional Animal Scientist**, 32, 861–868. <https://doi.org/10.15232/pas.2016-01546>
- Ferraretto, L. F., Silva Filho, W. I., Fernandes, T., Kim, D. H., & Sultana, H. (2018B). Effect of ensiling time on fermentation profile and ruminal in vitro starch digestibility in rehydrated corn with or without varied concentrations of wet brewers grains. **Journal of dairy science**, 101(5), 4643-4649.
- Gomes, A. L., Bueno, A. V., Jacovaci, F. A., Donadel, G., Ferraretto, L. F., Nussio, L. G., ... & Daniel, J. L. (2020). Effects of processing, moisture, and storage length on the fermentation profile, particle size, and ruminal disappearance of reconstituted corn grain. **Journal of Animal Science**, 98(11), ska332.
- Heinzen Jr, C., Agarussi, M. C. N., Diepersloot, E. C., & Ferraretto, L. F. (2022). Effects of microbial inoculation on dry matter losses, fermentation profile, and aerobic stability of wet brewers grain stored with increasing concentrations of dry ground corn. **Animal Feed Science and Technology**, 286, 115257. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2022.115257>

Holden, L. A. (1999). Comparison of methods of *in vitro* dry matter digestibility for ten feeds.

Journal of Dairy Science, 82, 1791–1794. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(99\)75409-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(99)75409-3)

Jung, H. G., & Allen, M. S. (1995). Characteristics of plant cell walls affecting intake and digestibility of forages by ruminants. **Journal of animal science**, 73(9), 2774-2790. doi: 10.2527/1995.7392774x.

Krizsan, S. J., & Randby, A. T. (2007). The effect of fermentation quality on the voluntary intake of grass silage by growing cattle fed silage as the sole feed. **Journal of Animal Science**, 85, 984–996. <https://doi.org/10.2527/jas.2005-587>

Kung Jr, L., Shaver, R. D., Grant, R. J., & Schmidt, R. J. (2018). Silage review: Interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages. **Journal of dairy Science**, 101(5), 4020-4033. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13909>

McDonald, P., Henderson, A. R., & Heron, S. J. E. (1991). **The biochemistry of silage** (2nd ed.). Chalcombe Publications

Menezes, R. A., de Sousa, P. G., de Oliveira, E. C., Monteiro, R. G. d. A., Martins, G. G., de Souza, R. C., Gonçalves, L. C., & Jayme, D. G. (2022). Effects of different moist orange pulp inclusions in the corn grain rehydration for silage production on chemical composition, fermentation, aerobic stability, microbiological profile, and losses. **Animal Science Journal**, 93(1), e13701. <https://doi.org/10.1111/asj.13701>

Orosz, S., Davies, D.R., 2015. Short and long term storage of wet by-products fed by ruminants. In: **Proceedings of XVII International Silage Conference**, Piracicaba, SP, Brazil. ESALQ, Piracicaba, SP, Brazil, pp. 200–242.

Pahlow, G., R. E. Muck, F. Driehuis, S. J. W. H. Oude Elferink, and S. F. Spoelstra. 2003. Microbiology of ensiling. Pages 31–93 in **Silage Science and Technology**. D. R. Buxton, R. E. Muck, and J. H Harrison, ed. Am. Soc. Agron., Madison, WI.

Pedroso, A. F., Nussio, L. G. D., Loures, R. S., Paziani, S. F., Ribeiro, J. R., Mari, L. J., ... Schmidt, P. (2008). Fermentation, losses, and aerobic stability of sugar cane treated with chemical or bacterial additives. **Scientia Agricola**, 65, 589–594. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162008000600004>

Pitt, J. I., & Hocking, A. D. (2009). **Fungi and Food Spoilage** (3rd ed.). New York, Springer.

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

Ranjit, N. K., & Kung Jr, L. I. M. I. N. (2000). The effect of *Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus plantarum*, or a chemical preservative on the fermentation and aerobic stability of corn silage. **Journal of Dairy Science**, 83(3), 526-535.

Ranjit, N. K., & Kung Jr., L. (2000). The effect of *Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus plantarum*, or a chemical preservative on the fermentation and aerobic

stability of corn silage. **Journal of Dairy Science**, 83, 526–535.
[https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(00\)74912-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)74912-5)

Saylor, B. A., Casale, F., Sultana, H., & Ferraretto, L. F. (2020). Effect of microbial inoculation and particle size on fermentation profile, aerobic stability, and ruminal in situ starch degradation of high-moisture corn ensiled for a short period. **Journal of dairy science**, 103(1), 379-395.

Silva, N.C., Nascimento, C.F., Campos, V.M.A., Alves, M.A.P., Resende, F.D., Daniel, J.L.P., Siqueira, G.R., 2018. Influence of storage length and inoculation with *Lactobacillus buchneri* on the fermentation, aerobic stability, and ruminal degradability of high moisture corn and rehydrate corn grain silage. **Anim. Feed Sci. Technol.** 251, 124–133. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2019.03.003>.

Tilley, J. M. A., & Terry, R. A. (1963). A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. **Grass and Forage Science**, 18, 104–111.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.1963.tb00335.x>

Tilley, J.M.A. and Terry, R.A. (1963), A TWO-STAGE TECHNIQUE FOR THE IN VITRO DIGESTION OF FORAGE CROPS. **Grass and Forage Science**, 18: 104-111. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.1963.tb00335.x>

Valadares Filho, 2023. CBBAL - **Tabelas Brasileiras de Composição de Alimentos para Ruminantes**. Disponível em: <https://www.cqbal.com.br/#!/>. Accessed: 12/07/2023.

Van Soest, P. J., Robertson, J. B., & Lewis, B. A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, 74, 3583–3597. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)

TABELAS

Tabela 1: Composição química e digestibilidade in vitro da matéria seca (g/kg MS, salvo indicação em contrário) de silagens de grãos de milho reidratadas com diferentes inclusões de resíduo úmido de cervejaria.

PARÂMETRO	DM30	DM40	DM50	DM60	DM70	SEM	L	Q
MS (g/kg MN)	272	347	439	526	617	25.8	<0.001	<0.001
PB	190	158	132	126	116	6.17	<0.001	<0.001
EE	92.4	78.8	73.6	62.8	50.3	3.46	<0.001	<0.001
Cinzas	58.7	58.1	38.7	35.4	35.8	3.46	0.004	0.0148
FDN	307	218	216	195	160	10.1	<0.001	<0.001
FDA	113	78.7	70.6	54.4	41.4	5.34	<0.001	<0.001
LIGNINA	12.7	10.3	8.17	7.23	6.68	1.84	<0.001	<0.001
PIIDN	23.7	16.9	17.9	14.5	13.0	0.859	<0.001	<0.001
NIDA	5.85	6.17	5.23	3.79	4.18	0.278	0.002	0.009
DIVMS	691	771	816	852	890	14.5	<0.001	<0.001

MS, matéria seca; PB, proteína bruta; EE, extrato etéreo; FDN, fibra em detergente neutro; FDA, fibra em detergente ácido; PIIDN, proteína insolúvel em detergente neutro; NIDA, nitrogênio insolúvel em detergente neutro; DIVMS, digestibilidade in vitro de matéria seca; MS30, tratamento com 30% de matéria seca; MS40, tratamento com 40% de matéria seca; MS50, tratamento com 50% de matéria seca; MS60, tratamento com 60% de matéria seca; MS70, tratamento com 70% de matéria seca; L, valor de p para efeito linear; Q, valor de p para efeito quadrático; SEM, erro padrão da média.

Tabela 2: Teores de nitrogênio amoniacal (g/kg MS) e valores de pH de silagens de grãos de milho reidratados com diferentes inclusões de resíduo úmido de cervejaria.

PARÂMETRO	DM30	DM40	DM50	DM60	DM70	SEM	L	Q
pH abertura do silo	4.56	4.40	4.38	4.31	4.24	0.0527	<0.001	<0.001
N- NH3 abertura do silo	0.440	0.460	0.430	0.390	0.440	0.0280	0.540	0.751
pH perda da estabilidade aeróbia	4.59	4.41	4.27	4.20	4.12	0.0943	<0.001	<0.001
N- NH3 perda da estabilidade aeróbia	0.520	0.590	0.310	0.130	0.120	0.1050	<0.001	<0.001

MS30, tratamento com 30% de matéria seca; MS40, tratamento com 40% de matéria seca; MS50, tratamento com 50% de matéria seca; MS60, tratamento com 60% de matéria seca; MS70, tratamento com 70% de matéria seca; L, valor de p para efeito linear; Q, valor de p para efeito quadrático; SEM, erro padrão da média.

Tabela 3: Estabilidade aeróbia (horas) e perfil microbiológico (log10 UFC/g) de silagens de grãos de milho reidratados com diferentes inclusões de resíduo úmido de cervejaria.

PARÂMETRO	DM30	DM40	DM50	DM60	DM70	SEM	L	Q
Estabilidade aeróbia	179	185	176	240	240	9.470	0.005	0.015
C. mic. abertura do silo								
Bactéria aeróbia	4.56	4.65	4.35	4.00	4.34	0.0562	0.003	0.008
Fungo	3.90	2.77	2.44	2.45	3.37	0.1381	0.142	<0.001
Levedura	3.48	3.87	3.59	6.60	3.84	0.3404	0.304	0.385
C. mic. perda da estabilidade								
Bactéria aeróbia	7.26	5.00	4.37	4.49	4.54	0.2310	<0.001	<0.001
Fungo	2.42	2.66	2.82	2.60	2.02	0.1252	0.352	0.093
Levedura	7.50	3.75	1.10	0.00	2.00	0.6163	<0.001	<0.001

C mic., Contagem microbiana; MS30, tratamento com 30% de matéria seca; MS40, tratamento com 40% de matéria seca; MS50, tratamento com 50% de matéria seca; MS60, tratamento com 60% de matéria seca; MS70, tratamento com 70% de matéria seca; L, valor de p para efeito linear; Q, valor de p para efeito quadrático; SEM, erro padrão da média.

Tabela 4: Perdas por gases, por efluentes, perdas totais e perdas visíveis de matéria seca de resíduo úmido de cervejaria

PARÂMETRO	DM30	DM40	DM50	DM60	DM70	SEM	L	Q
Gases (% MS)	10.8	14.8	12.2	11.2	10.7	0.4724	0.339	0.084
Efluentes (g/kg MN)	48.2	25.5	32.5	18.5	4.62	3.166	<0.001	<0.001
Totais (% MS)	15.2	17.0	15.1	12.9	11.1	0.5608	0.002	0.001
Perdas visíveis (% MS)	2.70	0.370	0.640	0.630	2.15	0.2671	0.435	<0.001

MS30, tratamento com 30% de matéria seca; MS40, tratamento com 40% de matéria seca; MS50, tratamento com 50% de matéria seca; MS60, tratamento com 60% de matéria seca; MS70, tratamento com 70% de matéria seca; L, valor de p para efeito linear; Q, valor de p para efeito quadrático; SEM, erro padrão da média.