



Programa de Pós-Graduação em Zootecnia

Silagem de Grão de Milho Reidratado com Diferentes Proporções de Resíduo Industrial de Tomate

ARIADNE FREITAS SILVA

2022

ARIADNE FREITAS SILVA

Silagem de Grão de Milho Reidratado com Diferentes Proporções de Resíduo Industrial de Tomate

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Montes Claros como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Zootecnia no Semiárido, para obtenção do título de Mestre.

Orientador

Prof.Dr.João Paulo Sampaio Rigueira

Janaúba
2022

Ficha Catalográfica

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

Silva, Ariadne Freitas

S586s

Silagem de grão de milho reidratado com diferentes proporções de resíduo industrial de tomate [manuscrito] / Ariadne Freitas Silva. – 2022.

46 p.

Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Estadual de Montes Claros – Janaúba, 2022.

Orientador: Prof. D. Sc. João Paulo Sampaio Rigueira.

1. Milho 2. Resíduos industriais. 3. Silagem. 4. Tomate. I. Rigueira, João Paulo Sampaio. II. Universidade Estadual de Montes Claros. III. Título.

CDD. 636.08552



GOVERNO DO ESTADO DE MINAS GERAIS

Universidade Estadual de Montes Claros

Mestrado em Zootecnia

Declaração - UNIMONTES/PRPG/PPGZ - 2022

Montes Claros, 21 de setembro de 2022.

ARIADNE FREITAS SILVA

SILAGEM DE GRÃO DE MILHO REIDRATADO COM DIFERENTES PROPORÇÕES DERESÍDUO INDUSTRIAL DE TOMATE

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Montes Claros como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Zootecnia no Semiárido, para obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

APROVADA em 19 de SETEMBRO de 2022.

Dr. João Paulo Sampaio Rigueira/ Presidente/ UNIMONTES

Dra. Camila Maida de Albuquerque Maranhão/ Membro Interno/ UNIMONTES

Dr. Flávio Pinto Monção/ Membro Interno/ UNIMONTES

Dra. Karina Guimarães Riberio/ Membro Externo/ UFV

JANAÚBA, MINAS GERAIS – BRASIL/2022



Documento assinado eletronicamente por **João Paulo Sampaio Rigueira, Professor(a)**, em 21/09/2022, às 09:32, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 47.222, de 26 de julho de 2017](#).



Documento assinado eletronicamente por **Flávio Pinto Monção, Usuário Externo**, em 21/09/2022, às 11:05, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 47.222, de 26 de julho de 2017](#).



Documento assinado eletronicamente por **Karina Guimaraes Ribeiro, Usuário Externo**, em 21/09/2022, às 11:07, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 47.222, de 26 de julho de 2017](#).



Documento assinado eletronicamente por **Camila Maida de Albuquerque Maranhao, Professor(a)**, em 22/09/2022, às 09:43, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 47.222, de 26 de julho de 2017](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.mg.gov.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **53407005** e o código CRC **38B3A444**.

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo dom da vida.

Aos meus pais, Sandra e Alex; aos meus irmãos, Amanda e Samuel, e ao meu namorado, Robson, pelo apoio.

Aos meus amigos e colegas, Ariane e Clara, por todas as contribuições.

Ao meu orientador, Prof. Dr. João Paulo Sampaio Rigueira, pela paciência e ensinamentos.

Ao meu coorientador, Prof. Dr. Flávio Pinto Monção, por todos os ensinamentos e incentivo de sempre.

À Universidade Estadual de Montes Claros e ao Programa de Pós-graduação, pela formação e ensino.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais – FAPEMIG, pela concessão da bolsa e apoio financeiro para a execução desta pesquisa.

À empresa Best Pulp, que contribuiu com a matéria-prima para a realização da pesquisa.

Ao INCT-Ciências Animal/CNPq.

Agradeço a todos que, de alguma forma, fizeram parte da minha formação.
Obrigada!

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL.....	10
2 REVISÃO DE LITERATURA	11
3 REFERÊNCIAS	17
CAPÍTULO 1: 4. COMPOSIÇÃO QUÍMICO-BROMATOLÓGICA E ESTABILIDADE AERÓBIA DE SILAGENS DE MILHO REIDRATADO COM DIFERENTES PROPORÇÕES DE RESÍDUO INDUSTRIAL DE TOMATE	21
4.1 INTRODUÇÃO	23
4.2 MATERIAL E MÉTODOS	24
4.2.1 <i>Local do experimento</i>	24
4.2.2 <i>Obtenção e composição da matéria prima</i>	24
4.2.3 <i>Tratamentos e delineamento experimental</i>	24
4.2.4 <i>Etapas da ensilagem</i>	24
4.2.5 <i>Perdas fermentativas</i>	25
4.2.6 <i>Estabilidade aeróbia</i>	25
4.2.7 <i>Avaliação do pH, nitrogênio amoniacal e ácidos orgânicos</i>	25
4.2.8 <i>Composição químico-bromatológica e cinética ruminal</i>	26
4.2.9 <i>Análises estatísticas</i>	27
4.3 RESULTADOS	29
4.3.1 <i>Composição química e cinética ruminal</i>	29
4.3.2 <i>Estabilidade aeróbica</i>	31
4.4. DISCUSSÃO	31
4.5. CONCLUSÃO	35
4.9. FIGURAS E TABELAS.....	40
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	46

NORMAS DA REVISTA CIENTÍFICA

Esta dissertação segue as premissas básicas da Revista Brasileira de Zootecnia, link:
<https://www.rbz.org.br/instructions-authors/>

RESUMO GERAL

SILVA, Ariadne Freitas. **Silagem de Grão de Milho Reidratado com Diferentes Proporções de Resíduo Industrial de Tomate**. 2022. 46p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, Minas Gerais, Brasil¹.

RESUMO: A reidratação do grão de milho é uma técnica que consiste em elevar os teores de umidade nos grãos secos, com intuito de melhorar tanto os processos fermentativos das silagens como também a sua digestibilidade. Objetivou-se com o presente avaliar as características fermentativas e o valor nutritivo de silagens de milho reidratado com diferentes proporções de resíduo industrial de tomate (RIT). O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado com cinco tratamentos e sete repetições. Os tratamentos foram constituídos por diferentes proporções do RIT (25%, 30%, 35%, 40% e 45%) na ensilagem de grãos de milho reidratado. Após a incorporação do RIT às silagens, nas devidas proporções, o material foi compactado em silos experimentais e armazenados em temperatura ambiente por 60 dias. Decorrido o período de fechamento, os silos foram abertos, iniciando-se as análises laboratoriais. Em relação à composição química das silagens, diferenças foram observadas para os teores de matéria seca, observou-se efeito linear decrescente com redução de 1,15% de MS. Já para os teores de proteína bruta, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, lignina, verificou-se efeito linear crescente com aumentos de 0,20; 0,23; 0,18; 0,05%, respectivamente, para cada 1% de RIT adicionado às silagens. Na digestibilidade *in vitro* da matéria seca, o efeito constatado foi o linear decrescente com reduções de 0,37%, o mesmo efeito foi observado para a degradabilidade da matéria seca nos tempos de 24 e 48 horas, reduções de 0,62% e 0,25% para cada 1% de RIT adicionado às silagens. O resíduo industrial de tomate pode ser utilizado na proporção de 35% para reidratação da silagem de grão de milho moído, por melhorar o valor nutricional e a estabilidade aeróbia das silagens mistas.

Palavras-chave: Digestibilidade; Incubação ruminal; Silagens mistas; RIT; Valor nutricional.

1 Comitê de Orientação: Prof. João Paulo Sampaio Rigueira - Departamento de Ciências Agrárias/ UNIMONTES (Orientador); Prof. Flávio Pinto Monção - Departamento de Ciências Agrárias/UNIMONTES (Coorientador).

GENERAL ABSTRACT

SILVA, Ariadne Freitas. **Silage of Rehydrated Corn Grain with Different Proportions of Tomato Industrial Residue**. 2022. 46p. Dissertation (Master's degree in Animal Science) – Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, Minas Gerais, Brasil¹

ABSTRACT: Corn grain rehydration is a technique that consists of increasing the moisture content of dry grains, in order to improve the fermentative processes of the silages as well as their digestibility. For this reason, the present study aimed to evaluate the fermentative characteristics and the nutritional value of silages of rehydrated corn with different proportions of tomato industrial residue (TIR). The design was completely randomized with five treatments and seven replications. The treatments were constituted by different proportions of TIR(25%, 30%, 35%, 40% and 45%) in the silage of rehydrated corn grains. After the incorporation of TIR in the silages, in the proper proportions, the material was compacted in experimental silos and stored at room temperature for 60 days. After the closing period, the silos were opened, starting the laboratory analyses. Regarding the chemical composition of the silages, differences were observed for the contents of dry matter and a decreasing linear effect was observed with reduction of 1.15% of DM. As for the contents of crude protein, neutral detergent fiber, acid detergent fiber, lignin, increasing linear effect was observed with increases of 0.20; 0.23; 0.18; 0.05%, respectively, for each 1% of TIR added to the silages. As for the *in vitro* digestibility of dry matter it was observed decreasing linear effect with reductions of 0.37%, the same effect was observed for the degradability of dry matter in the times of 24 and 48 hours, reductions of 0.62% and 0.25% for each 1% of TIR added to the silages. The industrial tomato residue can be used in the proportion of 35% for rehydration of silage of ground corn grain, by improving the nutritional value and aerobic stability of mixed silages.

Keywords: Digestibility; Mixed silages; Nutritional value; Ruminant incubation; TIR.

1 INTRODUÇÃO GERAL

A pecuária é uma das principais atividades econômicas desempenhadas na região semiárida de Minas Gerais, com predominância do modo extensionista de criação e com a forragem como base da alimentação animal. Contudo, devido aos longos períodos de seca ao longo do ano, a sazonalidade na produção forrageira restringe a oferta e a qualidade de forragem, comprometendo assim o desempenho animal (Hoffmann et al., 2014).

Assim, é imprescindível a busca por estratégias, a fim de complementar o *deficit* de forragens, principalmente, durante o período seco do ano. Dentre as tecnologias existentes, cita-se o processo de ensilagem, tendo como objetivo principal a conservação de forragem, baseada na acidificação da massa ensilada (Pereira, 2006). A ensilagem é muito importante para as regiões semiáridas, pois mantém as características nutricionais benéficas do material ensilado, além de conservar a água presente no alimento, permitindo que o mesmo seja armazenado por longos períodos para ser ofertado aos animais durante o período de estiagem (Paula et al., 2021).

Outra forma de suplementação animal durante o período seco do ano é o fornecimento de grãos, com destaque para o milho, sendo este preferido devido elevado valor nutricional e facilidade de cultivo. Dentre as alternativas viáveis para o armazenamento destes grãos, tem-se utilizado a reidratação e posterior ensilagem. Além dos custos mais baixos em relação ao armazenamento em silos metálicos, essa é uma técnica que melhora a digestibilidade do amido do milho, pois a moagem seguida da reidratação permite a exposição da matriz proteica presente no interior dos grãos permitindo melhor aproveitamento pelos animais (Rezende et al., 2014).

Desse modo, visando à conservação tanto do milho como do RIT que é altamente perecível, objetivou-se avaliar a composição nutricional e o perfil fermentativo de silagens de grão de milho reidratado com diferentes proporções de resíduo industrial de tomate.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Caracterização do Semiárido

A região semiárida brasileira corresponde a uma área de 969.589 km, estendendo-se do Ceará até o Norte de Minas Gerais, passando assim, por diversos estados (Brasil, 2005). As características marcantes são os baixos índices pluviométricos e as elevadas temperaturas. O semiárido mineiro apresenta média anual de precipitação inferior a 800 mm (Adaptado de Guimarães et al., 2010). Essas características afetam diretamente diversas atividades econômicas presentes na região, principalmente a agricultura e a pecuária (Castro, 2011).

Com a escassez das chuvas e o longo período seco, tem-se dificuldade na implantação de diversas culturas, bem como na implantação e manutenção de pastos cultivados, limitando-os e reduzindo a sua qualidade nutricional. Sendo assim, cuidados devem ser adotados pelos produtores, tais como: optar por forragens de ciclo curto e cultivares tolerantes às altas temperaturas e à deficiência de água, mas que apresentem boa produção de matéria seca. Quanto aos animais, deve-se optar por espécies mais adaptadas ao clima, como as raças zebuínas, que apresentam bons índices produtivos e reprodutivos (Guimarães et al., 2010). Outra alternativa, para essas regiões seria a compra de grãos em períodos de safra, quando os custos estão reduzidos, e ensilados para minimizar as perdas por roedores e caruncho.

2.2 A importância dos Alimentos Alternativos

A busca por alimentos alternativos tem sido cada vez mais comum, sendo empregados não só com intuito de se reduzir os custos produtivos, mas também como fonte primária ou secundária na nutrição dos animais de produção, em locais cuja disponibilidade de alimentos ou a compra por insumos torna-se inviável. Atualmente, há inúmeros resíduos industriais sendo utilizados na alimentação animal, principalmente para os ruminantes. Essa ampla utilização ocorre devido à grande quantidade de resíduos gerados por inúmeras agroindústrias no país. Esses resíduos se tornam opção para compor as dietas de ruminantes por apresentarem menor custo em relação aos ingredientes tradicionais, além da importância do reaproveitamento para redução de possíveis impactos ambientais.

Os ruminantes são capazes de converter esses resíduos industriais em produtos de origem animal de elevado valor biológico, o que é possível devido à ação dos microrganismos responsáveis pela fermentação ruminal (Carrera et al., 2012). Estudos sobre a utilização dos resíduos industriais, bem como os seus benefícios, são importantes para se ter maior segurança para utilização na alimentação animal (Oliveira et al., 2015).

2.3 Cultura do milho e aspectos físicos-químicos

O milho (*Zea mays* L.) é um grão cereal amplamente produzido no Brasil e no mundo. Nos últimos anos, as safras têm sido recordes, contribuindo positivamente para a balança comercial brasileira e elevando o Produto interno bruto(PIB) nacional. De acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento, CONAB (2022), a produção de milho no país pode atingir no ano de 2022 a marca de 116,1 milhões de toneladas, produção 33,4% superior à safra de 2020/2021. Devido as suas características produtivas e nutricionais, pode considerá-lo como um dos cereais de maior relevância no mundo, sendo utilizado para alimentação de diversas espécies, inclusive a humana.

Os grãos pesam aproximadamente 0,3 g, já as plantas podem chegar a 2,8 m de altura e produzem de 600 a 1.000 sementes (Aldrich et al., 1982). Dos grãos de milho produzidos no Brasil, aproximadamente 50% são destinados à alimentação animal (Mourão et al. 2012). Essa ampla utilização pode ser atribuída ao elevado teor de amido presente nos grãos, o que o torna um constituinte de excelente qualidade a ser adotado nas dietas, tanto para os ruminantes como para monogástricos (Lucci et al., 2008).

O grão de milho é constituído por estruturas físicas tais como: endosperma, gérmen ou embrião, pericarpo (casca) e ponta ou pedicelo. Nos grãos secos o endosperma corresponde a 83% do peso seco, o qual apresenta em média 88% de grânulos de amido, ou seja, tem o amido como seu principal constituinte. Sabe-se que os carboidratos podem ser divididos em duas classes: carboidratos estruturais (constituintes da parede celular: celulose, hemicelulose) e os não estruturais (conteúdo celular: amido e açúcares solúveis em água) (Moraes et al., 2013). Os CT são constituídos por açúcares solúveis, já os CNF têm em sua composição: ácidos orgânicos e carboidratos de reserva (amido, sacarose e frutanas) (NRC, 2001; Van Soet, 1994). O amido é um homopolissacarídeo constituído por cadeias de amilose e pectina.

Os grânulos de amido podem ser definidos como pseudocristais, os quais são

organizados de forma amorfa ou organizados em regiões de alta e baixa cristalinidade. Grãos do tipo dentado apresentam endosperma farináceo em maiores proporções, sendo estes constituídos por grânulos de amido condensados nas laterais dos grãos, formando um cilindro aberto que envolve ligeiramente o embrião no interior dos grãos. Já nos grãos de milho do tipo duro ou *flint*, há menor endosperma farináceo, predominando a parte cristalina em seu interior (Kotarski et al., 1992).

O pericarpo e a matriz proteica que envolve os grânulos de amido, presente no endosperma vítreo, são constituídos por duas barreiras que afetam a adesão e a ação dos microrganismos. Conforme Beauchemin et al., (1994), o pericarpo atua diretamente na digestibilidade do milho, como barreira física, restringindo a ação dos microrganismos e de enzimas digestivas presentes no ambiente ruminal.

Inúmeros fatores podem influenciar a digestibilidade do amido presente no milho, dentre estes as barreiras físicas que envolvem os grânulos dos amidos. Assim, técnicas são empregadas durante o processamento e a conservação dos grãos, destacando-se a moagem, visando à redução do tamanho das partículas e o aumento da área superficial, favorecendo a ação das enzimas e dos microrganismos, além dos diferentes métodos de conservação (Ferraretto et al., 2013).

2.4 Resíduo industrial de tomate

O tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill.) é um fruto da família das solanáceas, amplamente produzido no Brasil, devido a sua versatilidade e composição nutricional. Pode ser consumido *in natura* ou processado. É composto por fração fibrosa, casca, polpa e sementes (Clemente; Boiteux, 2012). É indiscutível a riqueza nutricional do tomate, principalmente em relação às vitaminas, o que, junto ao sabor e à cor, proporcionou sua popularização (Silva, 2015).

Segundo a Food and Agriculture Organization (FAO), o tomate ocupa o terceiro lugar entre as hortaliças mais produzidas no mundo. O Brasil se destaca em termos de produção na América do Sul, sendo que a produção do ano de 2020 foi de 3.753.595 t (IBGE, 2020).

O tomate utilizado pelas indústrias é processado até ao ponto de polpa concentrada, sendo utilizada pelas fábricas, durante todo o ano, para produção de produtos secundários. A polpa é resultante da remoção de pele e sementes, após a extração do suco pelos processos de despulpamento e refinação. Essa extração ocorre através de extratores com

peneiras rotativas (Koh; Charoenprasert, 2011). O fato de o Brasil ser o maior produtor da América do Sul, bem como consumidor de tomates e seus coprodutos (IBGE, 2020), faz com que haja altas quantidades de resíduos. Estima-se produção de 3% de resíduos ao final de toda cadeia produtiva; no entanto, pode haver variação quanto ao tipo de processamento (Del Valle et. al., 2006).

Após a chegada dos tomates nas fábricas de processamento, esses passam por três etapas antes da obtenção da matéria-prima, sendo elas limpeza, classificação e moagem. A polpa é o ponto-chave, pois grande parte do rendimento dos produtos é atribuída a ela (Pereira et. al., 2017). O processamento compreende a pasteurização a 80°C, seguida da moagem e prensagem, resultando em 20,5 a 42% do peso do fruto em resíduos. Entretanto, esse rendimento poderá variar de acordo com o processamento a ser realizado. Os produtos que mais produzem resíduos são molho de tomate (205 kg/t), extrato (420 kg/t) e o ketchup (230 kg/t) (Pereira et. al., 2017).

Um dos pontos que mais chamam atenção para utilização na alimentação animal é a presença de fibras na casca, que é constituída de 80% de fibra dietética total, em que a fibra insolúvel predomina. Grande parte dos sólidos solúveis encontrados ao final da fase de maturação, é composta de 65% de açúcares, sendo rapidamente degradados e digeridos no rúmen (Herrera e Cámara, 2010).

Os primeiros dados publicados sobre o RIT foram descritos por Mccay e Smith (1940), que relataram que o teor de proteína bruta encontrado foi de 24%, extrato etéreo 14%, fibra bruta 33%, matéria mineral 4% e umidade 7%. O resíduo industrial oriundo do processamento do tomate apresenta elevado teor de umidade (66,58%), destacando-se outros nutrientes, como fibra alimentar (50,74%), proteínas (20,91%) e gordura (14,14%) (Silva et. al., 2018).

Conforme Pereira et. al. (2017), as principais vantagens do uso do RIT na alimentação de ruminantes são sua aceitabilidade pelos bovinos confinados, bem como seus elevados teores de proteínas e baixa degradabilidade ruminal. Por isso, ele tem sido considerado viável para ser fornecido aos animais confinados. Já na fase de terminação, devido às características nutricionais e sensoriais do RIT, os bovinos tendem a apresentar melhoria na conversão alimentar e maior cobertura de gordura nas carcaças.

2.5 Silagem de milho reidratado

A ensilagem de milho reidratado consiste basicamente na adição de águas aos grãos maduros moídos compactados e armazenados em silos vedados. O grão maduro para armazenamento tem aproximadamente de 10 a 14 % de umidade, sendo necessário elevar o teor de umidade entre 30-35% para ensilagem. Os grãos de milho com teor de umidade reduzido apresentam consistência endurecida, o que torna a digestibilidade do amido mais difícil, pois a utilização do amido nos grãos é restrita pela presença da matriz proteica no endosperma, limitando a ação das enzimas e dos microrganismos, reduzindo a sua digestibilidade ruminal (Jobim et al., 2003; Lopes et al., 2009).

O milho mais utilizado no Brasil é o duro (ou Flint) que apresenta maior vitreosidade do endosperma, cerca de 73,1% quando comparado ao dentado (48,2%), que tende a apresentar maior proporção do endosperma farináceo (Correa et al., 2002). Sabe-se que diversos fatores podem influenciar a degradação ruminal do amido, entre estes a textura do endosperma. Santos et al., (2015) avaliaram diferentes híbridos brasileiros e híbridos cultivados nos Estados Unidos e observaram que a vitreosidade dos híbridos duros brasileiros foi em média 73,1%, com variação de 64,2 a 80,0%; já os híbridos americanos apresentaram média de 48,2%, mas variaram de 34,9% a 62,3%. Quando avaliada a degradação ruminal do amido de ambos os híbridos, o americano apresentou 77,4% de degradação, e o brasileiro 48,5%.

Quando se tem o aumento da vitreosidade do milho, conseqüentemente ocorrerá uma redução da disponibilidade do amido (Pereira e Pereira, 2013). O processamento dos grãos tem por objetivo melhorar a digestibilidade do amido para que os animais possam aproveitar melhor o alimento ingerido e, assim, convertê-los em produtos nobres, tais como: leite e a carne (Ferraretto et al., 2013). A reidratação dos grãos é uma técnica de processamento que vem sendo cada vez mais empregada no Brasil, e consiste em adicionar água até o ponto ideal que seria de 30 a 35% de umidade.

Theurer et al., (1999) concluíram que o processamento aumentou a degradação ruminal do amido presente nos grãos de milho, e, por conseguinte, a disponibilidade de energia para produção de leite. Essa melhoria no desempenho das vacas de leite pode ser atribuída à melhor digestibilidade do amido devido à maior proporção no ambiente ruminal. Indica-se também a técnica de reidratação quando se tem atraso na colheita para silagem da planta inteira, e o milho é colhido com teor de matéria seca que excede o indicado (Goodrich et al., 1975; Ferraretto et al., 2013).

Vale ressaltar que para uma reidratação eficiente, o líquido utilizado deverá ser distribuído de forma homogênea sobre os grãos moídos. Caso haja problemas durante essa etapa, pode-se ter proliferação de fungos no material ensilado, ocasionando perdas, e as partes acometidas deverão ser descartadas. Um dos principais benefícios da hidratação é a melhora ao acesso das bactérias do rúmen ao amido, favorecendo a sua digestibilidade. Esta é uma técnica que mais se adapta aos grãos secos, seja o milho tipo *Flint* ou o sorgo (Silva et al., 2016).

Bolson et al., (2020) forneceram silagem de milho reidratado a cordeiros machos não castrados (Santa Ines × Dorper) e observaram melhoria na digestibilidade da matéria seca, sem afetar a digestibilidade da fibra, evidenciando os benefícios desta técnica. Todavia, a reidratação pode influenciar não só na digestibilidade das silagens, mas também nas colonizações dos microrganismos presentes nas silagens. Carvalho et al., (2017) observaram que a silagem de milho reidratada apresentou grande número de microrganismos (LAB), porém, reuziu lentamente valores de pH.

3 REFERÊNCIAS

Aldrich, S. R.; Scott, W. O. e Leng, E. R. 1982. Modern corn production. 2nd ed. Champaign: A & L Publication.

Beauchemin, K. A.; McAllister, T. A.; Dong, Y.; Farr, B. I. e Cheng, K. J. 1994. Effect of mastication on digestion of whole cereal grain by cattle. *Journal of Animal Science* 72:236-246. doi: 10.2527/1994.721236x.

Brasil. Ministério da Integração Nacional. Nova delimitação do Semiárido brasileiro. Brasília, DF, 2005. 32 p.il.

Bolson, C. D.; Pereira, D. H.; Pina, D. S.; Xavier, I. M.; Barbosa, P. L.; Pedreira, B. C. e Mombach, M. A. 2020. Corn silage rehydrated with crude glycerin in lam s' diets. *Tropical Animal Health and Production* 52:3307-3314.

Carrera, R. A. B.; Veloso, C. M.; Knupp, L. S.; Júnior, A. H. S.; Detmann, E.; Lana, R. P. e Figueiredo, M. R. P. 2012. Protein co-products and by-products of the biodiesel industry for ruminants feeding. *Revista Brasileira de Zootecnia* 41:1202-1211. doi:<https://doi.org/10.1590/S1516-35982012000500018>

Carvalho, B. F.; Ávila, C. L. S.; Bernardes, T. F.; Pereira, M. N.; Santos, C. e Schwan, R. F. 2017. Fermentation profile and identification of lactic acid bacteria and yeasts of rehydrated corn kernel silage. *Journal Applied Microbiology* 3:589-600. doi:10.1111/jam.13371

Castro, C. N. 2011. Transposição do rio São Francisco: análise de oportunidade do projeto. Brasília: Ipea.

Clemente, F. M. V. T. e Boiteux, L. S. 2012. Melhoramento genético. In: CLEMENTE, FMVT e BOITEUX, LS. (Eds.) Produção de tomate para processamento industrial. Brasília, DF: Embrapa.

Companhia Nacional de Abastecimento – Conab. 2022. Séries históricas das safras: milho. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras>. Acesso em: 26 de Junho de 2022.

Correa, C. E.; Shaver, R. D.; Pereira, M. N.; Lauer, J. G. e Kohn, K. 2002. Relationship between corn vitreousness and ruminal in situ starch degradability. *Journal of Dairy Science* 85:3008-3012. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(02)74386-5

Del Valle, M.; Camara, M. e Torija, M. E. 2006. Chemical characterization of tomato pomace. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 86:1232-1236. doi: <https://doi.org/10.1002/jsfa.2474>

Ferraretto, L.F.; Crump, P. M. e 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* 91: 533- 550. doi: 10.3168/jds.2012-5932

Goodrich, R. D.; Byers, F. M. e Meiske, J. C. 1975. Influence of moisture concentration, processing and reconstitution on the fermentation of corn grain. *Journal of Animal Science* 41:876-881. doi:<https://doi.org/10.2527/jas1975.413876x>

Guimarães, D. P.; Reis, R. J.; Landau, E. C. 2010. Índices pluviométricos em Minas Gerais. *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento*, Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo.

Herrera, P. G.; Cámara, M. 2010. Nutritional characterization of tomato fiber as a useful ingredient for food industry. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 11:707–711. doi: 10.1016 / j.ifset.2010.07.005

Hoffmann, A.; Moraes, E. H. B. K.; Mousquer, C. J. e Simoni, F.; Gomes, J. 2014. Produção de bovinos de corte no sistema de pasto-suplemento no período seco. *Nativa*, Sinop 02:119-130. doi: <https://doi.org/10.31413/nativa.v2i2.1298>

IBGE. Estatística mensal da Produção Agrícola Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. 2020. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Brasília: IBGE.

Jobim, C.C.; Nussio, L. G.; Reis, A. R. e Schmidt, P. 2007. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. *Revista Brasileira de Zootecnia* 36:101-119. doi:<https://doi.org/10.1590/S1516-35982007001000013>

Koh, E.; Charoenprasert, S. E. e Mitchell, A. E. 2011. Effects of industrial tomato paste processing on ascorbic acid, flavonoids and carotenoids and their stability over one-year storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 92:23-28. doi: <https://doi.org/10.1002/jsfa.4580>

Kotarski, S. F.; Waniska, R. D. e Thurn, K. K. 1992. Hidrólise do amido pela microflora ruminal. *The Journal of Nutrition* 122:178–190. doi: <https://doi.org/10.1093/jn/122.1.178>

Lopes, J. C.; Shaver, R. D. e Hoffman, P. C. 2009. Type of corn endosperm influences nutrient digestibility in lactating dairy cows. *Journal of Animal Science* 92:4541-4548. doi:<https://doi.org/10.3168/jds.2009-2090>

Lucci, C. de S.; Fontolan, V.; Hamilton, T. R.; Klu, R. e Wickbold, V. 2008. Processamento de grãos de milho para ruminantes: Digestibilidade aparente e “In Situ”. *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science* 45:35-40. doi:<https://doi.org/10.11606/issn.1678-4456.bjvras.2008.26718>

Mccay, C. M e Smith, S.E. 1940. Tomato pomace in the diet. *Revista Science* 91:388- 389. doi: 10.1126/science.91.2364.388.b

Mourão, R. C.; Pancoti, C. G.; Moura, A. M. M.; Ferreira, A. L.; Borges, A. L. C. C. e Silva, R. R. 2012. Processamento do milho na alimentação de ruminantes. *PUBVET* 6:1289-1294.

Moraes, S. D.; Jobim, C. C.; Silva, M. S. e Marquardt, F. I. 2013. Produção e composição química de híbridos de sorgo e de milho para silagem. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal* 14:624-634

Oliveira, M.V.; Ferreira, I. C.; Junior, G. L. M.; Sousa, L. F.; Sousa, J. T. L. e Santos, R. P. 2015.

Consumo e digestibilidade de nutrientes da torta de dendê na dieta de ovinos. *Ciências Animal Brasileira* 16:179-192.doi:http://dx.doi.org/10.1590/1809-6891v16i25615

Paula, T. A.; Vêras, A. S. C.; Gomes, R. N. e Ferreira, M. A. 2021. Produção de silagem: aspectos agronômicos e valor nutricional em regiões semiáridas – revisão sistemática. *Arquivos do Mudi* 25:127–154. Disponível em: <https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ArqMudi/article/view/56240>

Pereira, K. A.; Amaral, A. G.; Ribeiro, R. V.; Oliveira, A. R. e Arcanjo, A. G, M. 2017. Utilização de Resíduo Industrial de Tomate (RIT) na Alimentação de Ruminantes: revisão de literatura. *Nutri Time* 14:4997-5003.

Pereira, M. N. e Pereira, R. A. N. 2013. Processamento de milho por rehidratação e ensilagem. In: ENCONTRO DE CONFINAMENTO, 8:141-162. Ribeirão Preto. Anais ... Ribeirão Preto: Coan.

Pereira, R. C. 2006. Ensilagem e fenação do bagaço de cana-de-açúcar proveniente da produção de cachaça. Tese (Doutorado em Zootecnia), Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais. Disponível em:< <http://repositorio.ufla.br/jspui/handle/1/3971>>.

Pinheiro, A. G.; Souza, L. S. B.; Jardim, A. M. R. F.; Araújo Júnior, G. N.; Alves, C. P.; Souza, C. A. A.; Leite, R. M. C. e Silva, T. G. F. 2021. Lacunas de produtividades e estratégias de cultivo na melhoria da produção de forragem para a região semiárida brasileira – Revisão. *Revista Brasileira de Geografia Física* 14:2403-2426. Disponível em:<<https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>>.

Rooney, L.W. e Pflugfelder, R.L. 1986. Factors affecting starch digestibility with special emphasis on shorghum and corn. *Journal Animal Science* 63:1607-1623.doi: 10.2527/jas1986.6351607x

Silva, C. M.; Amaral, P. N. C. Do; Baggio, R. A.; Tubin, J. S. B.; Conte, R. A.; Pivo, J. C. D.; Krahl, G.; Zampar, A. e Paiano, D. 2016. Estabilidade de silagens de grãos úmidos de milho e milho reidratado. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal* 17:331-343.doi:http://dx.doi.org/10.1590/S1519-99402016000300001

Silva, J. O. Meloidogyne incógnita na cultura do tomate: levantamento e manejo com produtos biológicos. 2015. 77f. Dissertação (Pós-Graduação em Agronomia) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia.

Silva, N. C.; Nascimento, C. F.; Nascimento, F. A.; Resende, F. D. e Daniel, J. L. P. 2018. Fermentation and aerobic stability of rehydrated corn grain silage treated with different doses of *Lactobacillus buchneri* or a combination of *Lactobacillus plantarum* and *Pediococcus acidilactici*. *Journal of Dairy Science* 101:1-10. doi: <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13797>

Silva, Y. P. A.; Borba, B. C.; Pereira, V. A.; Reis, M. G.; Caliari, M.; Brooks, M, S. e Ferreira, T. A. P.C.2018. Characterization of tomato processing by-product for use as a potential functional food ingredient: nutritional composition, antioxidant activity and bioactive compounds. *International Journal of Food Sciences and Nutrition* 70:150-16. doi:10.1080 /

09637486.2018.1489530

Theurer, C. B.; Huber, J. T. Delgado-Elorduy, A. e Wanderley, R. 1999. Invited review: summary of steam-flaking corn or sorghum grain for lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 82:1950–1959.[doi:https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(99\)75431-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(99)75431-7)

CAPÍTULO 1: 4. COMPOSIÇÃO QUÍMICO-BROMATOLÓGICA E ESTABILIDADE AERÓBIA DE SILAGENS DE MILHO REIDRATADO COM DIFERENTES PROPORÇÕES DE RESÍDUO INDUSTRIAL DE TOMATE

Ariadne Freitas Silva¹, João Paulo Sampaio Rigueira¹, Flávio Pinto Monção¹, Camila Maida de Albuquerque Maranhão¹, Karina Guimarães Ribeiro², Vicente Ribeiro Rocha Júnior¹

*Corresponding Author: João Paulo Sampaio Rigueira

¹ Department of Animal Science and Technology, State University of Montes Claros, Avenue Reinaldo Viana, 2630, Janaúba, Minas Gerais, Brazil.

² Federal University of Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, Brazil.

Qualidade de silagens constituídas por grãos de milho e resíduo industrial de tomate em diferentes proporções

RESUMO: Objetivou-se com o presente estudo avaliar as características fermentativas e o valor nutritivo das silagens de milho reidratado com diferentes proporções de resíduo industrial de tomate (RIT). Os tratamentos consistiram nas silagens com diferentes proporções de resíduo industrial de tomate, sendo 25% RIT + 75% Milho; 30% RIT + 70% Milho; 35% RIT + 65% Milho; 40% RIT + 60% Milho e 45% RIT + 55% Milho. O experimento foi conduzido seguindo o delineamento experimental inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e sete repetições. Para a avaliação da estabilidade aeróbia das silagens, foram avaliados dois parâmetros, temperatura e pH. Diferenças foram observadas ($P < 0,05$) para as médias de temperaturas. O tratamento contendo 30% de RIT em sua composição apresentou quebra de estabilidades após 48 horas de exposição ao ar, seguido pelo tratamento contendo 25% de RIT, após 168 horas de abertura. Para os demais tratamentos, a quebra de estabilidade ocorreu às 264 horas. Diferenças também foram verificadas para as médias de pH ($P < 0,05$), em que os tratamentos contendo 25 e 30% de RIT apresentaram maiores médias após a abertura dos silos, em relação aos demais tratamentos. Dessa forma, conclui-se que os tratamentos contendo menores proporções de RIT apresentaram deterioração aeróbica mais acentuada em relação aos tratamentos contendo maiores proporções de RIT.

Palavras-chave: Digestibilidade; Frações indigestíveis; Proteína; RIT.

Quality of silages consisting of corn grains and tomato industrial residue in different proportions

ABSTRACT: The present study aimed to evaluate the fermentative characteristics and the nutritional value of silages of rehydrated corn with different proportions of tomato industrial residue (TIR). The treatments consisted of silages with different proportions of tomato industrial residue, being 25% TIR+ 75% corn; 30% TIR + 70% corn; 35% TIR + 65% Corn; 40% TIR + 60% corn and 45% RIT + 55% corn. The experiment was carried out following a completely randomized design, with five treatments and seven replications. To evaluate the aerobic stability of the silages, two parameters were evaluated, temperature and pH. Differences were observed ($P<0.05$) for the average temperature. Treatment containing 30% (TIR) its composition showed a break in stability after 48 hours of exposure to air, followed by the treatment containing 25% TIR, after 168 hours of opening. For the other treatments, the stability break occurred at 264 hours. Differences were also observed for the averages of pH ($P<0.05$), in which the treatments containing 25 and 30% of TIR presented higher averages after the opening of the silos, in relation to the other treatments. Thus, it is concluded that the treatments containing lower proportions of TIR showed more accentuated aerobic deterioration in relation to the treatments containing higher proportions of TIR.

Keywords: Digestibility; Indigestible fractions; Protein; TIR.

4.1 INTRODUÇÃO

O Brasil tem se destacado na produção de milho no cenário mundial, de acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento, Conab (2022), a produção de milho no país pode atingir em 2022 a produtividade de 116,1 milhões de toneladas, produção 33,4% superior à safra de 2020/2021. Todavia, a capacidade de armazenamento não cresce na mesma proporção que a produção. Segundo a Conab (2022), em Junho de 2021, o Brasil acumulava um *deficit* de armazenagem de 122 milhões de toneladas. Esse *deficit* faz com que haja grande variação no preço deste cereal entre os períodos de safra e entressafra. Buscando minimizar as variações na cotação deste cereal durante o ano e reduzir as perdas por caruncho e roedores, uma opção viável é o armazenamento na forma de silagem reidratada.

Além de evitar perdas, essa técnica vem sendo utilizada com intuito de melhorar a digestibilidade do amido presente no interior dos grãos maduros, principalmente nos grãos de endosperma vítreo (duro ou *Flint*). Outros benefícios foram listados com a utilização dessa técnica, como aumento da digestibilidade do amido (99%) em relação aos grãos secos (96,1%), permitindo melhor aproveitamento dos grãos pelos animais, e menores custos no armazenamento em comparação aos silos de metal (Rezende et al., 2014; Silva, 2016; Cruz et al., 2021).

A reidratação consiste em elevar o teor de umidade dos grãos de 12% para 30 a 35% de umidade. Normalmente, a reidratação dos grãos é feita com a utilização de água, podendo também ser realizada com a adição de algum material, desde que este apresente elevado teor de umidade. O resíduo industrial de tomate (RIT) é uma alternativa, devido ao seu elevado teor de umidade (acima de 50%), bem como sua composição química que enriquece a qualidade das silagens em termos de nutrientes.

A utilização dos resíduos é uma prática tida como ecologicamente benéfica e correta pelos produtores, pois, quando se reutiliza o RIT, evita-se que ele seja destinado de forma inadequada na natureza evitando danos futuros ao meio ambiente. Do ponto de vista econômico, os produtores podem obter este produto a baixo custo e reutilizá-lo. Contudo, a inclusão de RIT com o intuito de reconstituir o teor de umidade na ensilagem de milho moído ainda não foi avaliada por meio de pesquisa.

Partindo desse pressuposto, objetivou-se com o presente estudo avaliar as características fermentativas e o valor nutritivo de silagens mistas de milho reidratadas com diferentes proporções de resíduo industrial de tomate.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

4.2.1 Local do experimento

O trabalho foi realizado nas dependências da Universidade Estadual de Montes Claros – Janaúba-MG, apresentando as seguintes coordenadas geográficas (latitude 15º 48'09" S; longitude: 43º 18'32" W), com altitude média de 533 m, precipitação média anual inferior a 800 mm e temperatura mínima média de 16°C e máxima de 33°C. O clima da região pode ser classificado como sendo do tipo Aw (período chuvoso no verão e seco no inverno) (Köppen-Geiger, 1928).

4.2.2 Obtenção e composição da matéria prima

O grão de milho utilizado para a produção das silagens foi obtido no comércio local, já moído em peneira de 2 mm. O resíduo industrial de tomate (RIT) foi doado por uma empresa, localizada na cidade de Janaúba-MG. Foi feita a reidratação do grão de milho com RIT, sendo utilizadas diferentes proporções de RIT, objetivando-se determinar a melhor proporção destes nas silagens. As composições químico-bromatológicas dos ingredientes *in natura* estão apresentadas na (Tabela 1).

4.2.3 Tratamentos e delineamento experimental

Os tratamentos foram determinados com diferentes proporções de resíduo industrial de tomate, sendo 55% de milho + 45% de resíduo de tomate (RIT); 60% de milho + 40% RIT; 65% de milho + 35% RIT; 70 % de milho + 30% RIT e 75% de milho + 25% RIT na base da matéria natural. O experimento foi conduzido utilizando-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e sete repetições.

4.2.4 Etapas da ensilagem

O material foi ensilado em silos experimentais de Polyvinyl chloride (PVC) de peso conhecido, com 50 cm de comprimento e 10 cm de diâmetro. Após a homogeneização completa dos ingredientes nas respectivas proporções dos tratamentos, o material resultante foi depositado nos silos e compactado com um êmbolo de madeira. Para cada tratamento, foi estabelecida a densidade de 950 kg de material natural m⁻³, em que foram depositados aproximadamente 4 kg do material produzido, que consiste nos grãos reidratados com diferentes níveis de RIT, de acordo com as recomendações propostas por

Jobim, Nussio, Reis e Schmidt (2007).

Após o enchimento, os silos foram fechados com tampas de PVC equipadas com válvulas tipo *Bunsen*, seladas com fita adesiva, pesados e identificados. Os silos foram armazenados à temperatura ambiente nas instalações do Laboratório de Análise de Alimentos da UNIMONTES, e abertos com 60 dias após o fechamento.

4.2.5 Perdas fermentativas

As perdas de matéria seca nas silagens foram quantificadas por diferença de peso, segundo Jobim et al. (2007). Pela equação abaixo, foram obtidas as perdas por gases.

$$G = (PCI - PCf) / (MFi \times MSi) \times 1000,$$

em que:

G: perdas por gases (%MS); Pci: peso do balde cheio no fechamento (kg); Pcf: peso do balde cheio na abertura (kg); MFi: massa de forragem no fechamento (kg); MSi: teor de matéria seca da forragem no fechamento.

A seguinte equação foi utilizada para estimar a recuperação de matéria seca:

$$RMS = (MFf \times MSf) / (MFi \times MSi) \times 100,$$

em que:

RMS: taxa de recuperação de matéria seca (%); MFi: massa de forragem no fechamento (kg); MSi: teor de matéria seca da forragem no fechamento (%); MFf: massa de forragem na abertura (kg); MSf: teor de matéria seca da forragem na abertura (%).

4.2.6 Estabilidade aeróbia

A estabilidade aeróbia foi determinada utilizando-se amostras das silagens (aproximadamente 2 kg), mantidas em sala com temperatura ambiente controlada, que variou entre (24,5–25,5 °C). A temperatura da silagem foi aferida diariamente por meio de termômetro digital, que foi introduzido no centro da massa ensilada, durante 15 dias. A estabilidade aeróbia foi determinada como o número de horas em que a temperatura da silagem permaneceu estável antes de aumentar 2 °C acima da temperatura ambiente (Moran et al., 1996).

4.2.7 Avaliação do pH, nitrogênio amoniacal e ácidos orgânicos

A determinação de pH, nitrogênio amoniacal (N-NH₃) e ácidos orgânicos (PRYCE, 1969) foi realizada no sulcoda silagem, usando-se prensa mecânica de 16 toneladas. O pH foi medido com potenciômetro (DM-22, Digimed, São Paulo, SP, Brasil) e o N-NH₃ foi

mensurado conforme Noel e Hambleton (1976). Os ácidos graxos voláteis foram determinados por cromatografia líquida (Shimadzu® Prominence System modelo 20A, Kyoto, Japão), equipado com detector UV-Vis ajustado para 210 nm, injetor automático calibrado para 5 µL de volume de amostra e 300 x Coluna Rezex™ ROA-Ácido Orgânico + 7,8 mm (Phenomenex), mantido a 60 °C em estufa. Os analitos foram diluídos com 2,5 mM de H₂SO₄ a uma taxa de fluxo de 0,6 mL min⁻¹. Padrões externos foram usados para fins quantitativos de calibração.

4.2.8 Composição químico-bromatológica e cinética ruminal

Após a abertura dos silos, amostras das silagens foram coletadas e pré-secas em estufa com circulação forçada de ar, 55 °C. Posteriormente, todas as amostras foram moídas em moinho de facas, com peneira de malha de 1 mm de diâmetro, para análises laboratoriais, e a 2 mm, para análises de digestibilidade *in vitro*, FDNi e a degradabilidade ruminal *in situ*. A composição químico-bromatológica das silagens foram determinadas no Laboratório de Análises de Alimentos e Nutrição Animal do Departamento de Ciências Agrárias da UNIMONTES.

As amostras foram analisadas quanto aos teores de matéria seca (INCT-CA G-001/1 e G-003/1), proteína bruta (INCT-CA N-001/2), extrato etéreo (INCT-CA G-004/1), e matéria mineral (INCT-CA M-001/2), fibra em detergente neutro (FDN; INCT-CA F-001/2) e fibra em detergente ácido (INCT-CA F-003/2), com as devidas correções para matéria mineral (INCT-CA M-002/2) e proteínas (INCT-CA N-004/2), fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) e fibra em detergente ácido indigestível (FDAi), (INCT-CA F-008/2) e os carboidratos não fibrosos, seguindo as recomendações descritas por Detmann et al. (2021). O teor de nutrientes digestíveis totais (NDT) foi estimado de acordo com NRC (2001). Já a digestibilidade *in vitro* de matéria seca (DIVMS), a fibra em detergente neutro (DIVFDN), a fibra em detergente ácido (DIVFDA) e a proteína bruta (DIVPB) foram determinadas seguindo a metodologia proposta por Tilley e Terry (1963), em que foi utilizada a incubadora *in vitro* Tecnal (TE-150).

Para o ensaio de cinética ruminal, seguiu-se a metodologia (Método G-009/1) descrita por Detmann et al. (2021). Foram utilizados dois novilhos mestiços, canulados no rúmen, com peso corporal médio de 550 ± 30 kg e idade média de oito anos.

A técnica de degradabilidade *in situ* foi realizada usando sacos de tecido não tecido

de 7,5 x 15 cm (TNT, peso 100) com porosidade aproximada de 60 μm , de acordo com Casali et al. (2009); o número de amostras foi determinado a partir da razão de 20 mg de MS.cm⁻² de área de superfície do saco. As amostras foram depositadas na região do saco ventral do rúmen, por 24 e 48 horas, permanecendo a extremidade do fio de náilon amarrado à cânula. Os sacos referentes ao tempo zero não foram incubados no rúmen, mas foram lavados em água corrente, à semelhança dos sacos incubados. Todas as amostras foram retiradas e lavadas em água fria, visando paralisar a fermentação ruminal.

Posteriormente, as amostras foram colocadas em estufas a 55°C, durante 72 horas, e, em seguida, resfriadas em dessecador e pesadas. Os resíduos remanescentes nos sacos de tecido não tecido (TNT), recolhidos no rúmen, foram analisados quanto aos teores de MS e FDN, conforme metodologia citada anteriormente. A porcentagem de degradação foi calculada pela proporção de alimentos remanescentes nos sacos após a incubação ruminal. Os dados obtidos foram ajustados à regressão não linear pelo método de Gauss-Newton, por meio do software SAS 9.0 (SAS Institute Inc., Cary, NC), conforme a equação proposta por Detmann et al. (2021): $D_t = A + B \times (1 - e^{-c \times t})$, em que: Y = degradação acumulada do componente nutritivo analisado, após o tempo t; a = intercepto de curva de degradação quando t = 0, que corresponde à fração solúvel em água do componente nutritivo analisado; b = potencial da degradação da fração insolúvel em água do componente nutritivo analisado; a + b = degradação potencial do componente nutritivo analisado quando o tempo não é fator limitante; c = taxa fracional de degradação (h⁻¹); t = tempo de incubação. Depois de calculados, os coeficientes a, b e c foram aplicados à equação proposta por Detmann et al. (2021): $DE = a + (b \times c / (c + k))$, em que: DE = degradação ruminal efetiva do componente nutritivo analisado; k = taxa de passagem de partículas no rúmen estimadas em 5 % h⁻¹ (AFRC, 1993).

4.2.9 Análises estatísticas

Os dados foram submetidos à análise de variância, cuja homogeneidade foi avaliada pelo teste de Bartlett e a normalidade dos resíduos foi verificada pelo teste de Shapiro-Wilk a 5% de probabilidade.

O modelo estatístico utilizado para as análises da composição química foi:

$$Y(ij) = \mu + T_i + e(ij),$$

em que:

$Y (ij)$ é a observação referente ao tratamento "i" na repetição "j";

μ é uma constante associada a todas as observações (média geral); e

$e (ij)$ é o erro experimental associado a todas as observações ($Y (ij)$), que é independente e por hipótese tem uma distribuição normal com média zero e variância δ^2 .

O ensaio de estabilidade aeróbia foi conduzido em arranjo de parcelas subdivididas, no delineamento inteiramente casualizado, sendo cinco tratamentos (parcelas) e 15 tempos de avaliação (subparcelas). Os dados foram analisados no SISVAR®, com modelo contendo os efeitos fixos das silagens (tratamentos). Foi utilizado o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + e_{ij} + P_k + TP_{ik} + e_{ijk}$$

Em que:

Y_{ijk} = A observação referente ao tempo (P) na subparcela k do tratamento (T) i no bloco j;

μ = constante associada a todas as observações;

T_i = Efeito do tratamento "i", com $i = 1, 2, 3, 4$ e 5 ;

e_{ij} = erro experimental associado às parcelas que por hipótese tem distribuição normal com média zero e variância δ^2 ;

P = Efeito do tempo de avaliação k, com $k=1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14$ e 15 ;

TP_{ik} = Efeito da interação do nível i de Tratamento com o nível k do Tempo após abertura da silagem;

e_{ijk} = erro experimental associado a todas as observações que por hipótese tem distribuição normal com média zero e variância δ^2 .

O ensaio de degradabilidade ruminal da MS e FDN foi conduzido em arranjo de parcelas subdivididas, no delineamento em blocos casualizados, sendo cinco tratamentos (parcelas) e 2 tempos de incubação (subparcelas). A variação em peso corporal dos animais foi o fator de blocagem. Os dados foram analisados no SISVAR®, com modelo contendo os efeitos fixos das silagens (tratamentos). Foi utilizado o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + B_j + e_{ij} + P_k + TP_{ik} + e_{ijk}$$

Em que:

Y_{ijk} = A observação referente ao tempo (P) na subparcela k do tratamento (T) i no bloco j;

μ = constante associada a todas as observações;

T_i = Efeito do tratamento "i", com $i = 1, 2, 3, 4$ e 5 ; B_j = Efeito do bloco j, com $j = 1$ e 2 ;

e_{ij} = erro experimental associado às parcelas que por hipótese tem distribuição normal com média zero e variância δ^2 ;

P = Efeito do tempo de incubação k, com k=1, e 2;

TP_{ik} = Efeito da interação do nível i de Tratamento com o nível k do Tempo de incubação;

E_{ijk} = erro experimental associado a todas as observações que por hipótese tem distribuição normal com média zero e variância δ^2 .

As médias das diferentes proporções de RIT na ensilagem de milho foram comparadas pela decomposição da soma dos quadrados do RIT em efeito linear, quadrático e cúbico. Os tempos avaliados foram comparados pelo teste F a 5% de significância. Para a degradabilidade *in situ*, foi realizado o desdobramento para avaliar o efeito do RIT em cada tempo.

Os dados foram avaliados por análise de variância usando o SISVAR, versão 5.6 (Ferreira, 2014).

4.3 RESULTADOS

4.3.1 Composição química e cinética ruminal

Os teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), carboidratos totais (CT), carboidratos não fibrosos (CNF), extrato etéreo (EE), nutrientes digestíveis totais (NDT) e nitrogênio amoniacal (N-NH₃) foram influenciados pelos tratamentos (P<0,05); no entanto, não foi observada diferença (P>0,05) para a matéria mineral (MM) tampouco para a hemicelulose (HEM) (P>0,05), (Tabela 2).

Os teores médios de matéria seca (MS) das silagens tiveram efeito linear decrescente, com redução de 1,15% no teor de MS para cada 1% de RIT adicionado nas silagens. Tais resultados podem ser explicados em função dos elevados teores de umidade presente no RIT, conforme demonstrado na Tabela 1.

Não foram observadas diferenças (P>0,05) entre os tratamentos para o teor de MM, apresentando média de 2,48%. Normalmente, a MM no RIT é superior ao de grão de milho, sendo esperado aumento da MM com níveis crescentes de RIT na silagem. Para os teores de proteína bruta nas silagens, observou-se efeito linear crescente, com aumento de 0,20%

para cada 1% de RIT adicionado às silagens. Esse aumento nos teores de PB está associado aos elevados teores de proteína presente no resíduo de tomate.

Em relação aos teores de NIDN e NIDA, constatou-se efeito linear decrescente com reduções de 0,03 e 0,04% para cada 1% de RIT adicionado às silagens. Sendo assim, parte do N presente no RIT está contida na fração fibrosa. Quanto aos teores de FDN, foi observado efeito linear crescente ($P < 0,05$), com aumento de 0,23% para cada 1% de RIT no milho reidratado. A mesma tendência foi constatada para os valores de FDA, porém, com aumento de 0,18% para cada 1% de inclusão do RIT.

Para a hemicelulose, diferenças não foram observadas ($P > 0,05$), apresentando média de 5,86%. O RIT apresenta elevados teores de fibras, podendo ser classificado como uma fonte de fibra não forrageira, o que justifica o aumento da fração fibrosa com maiores proporções de RIT. Para a lignina, observou-se efeito linear crescente ($P < 0,05$), com aumento de 0,05% para cada 1% de RIT adicionado às silagens. Quanto aos teores de CT e CNF, foi observado efeito linear negativo ($P < 0,05$), com redução de 0,45 e 0,68%, respectivamente, para cada 1% de RIT adicionado, uma vez que o milho apresenta mais elevadas proporções de carboidratos.

Quanto ao extrato etéreo (EE), observou-se efeito linear crescente ($P < 0,05$), com aumento de 0,23 pontos percentuais à medida que se aumentou 1% de RIT nas silagens. Em relação ao NDT, nota-se que a equação que melhor se ajustou às médias obtidas foi a linear decrescente ($P < 0,05$), com redução de 0,12% para cada 1% de RIT adicionado às silagens. Para o $N-NH_3/NT$, o efeito observado foi o linear crescente com aumento de 0,27% para cada 1% de RIT adicionado às silagens.

A adição do RIT à silagem de milho afetou ($P < 0,05$) a digestibilidade *in vitro* de MS, FDA e PB ($P < 0,05$). Para DIVMS, DIVFDA e DIVPB, o efeito observado foi linear decrescente, com redução de 0,37, 0,22 e 0,87%, respectivamente, para cada 1% de inclusão do RIT. Para a DIVFDN, diferenças não foram observadas ($P > 0,05$), com média de 73,80%. Para as fibras indigestíveis FDNi e FDAi, diferenças foram observadas ($P < 0,05$), com efeito linear crescente de 0,12 e 0,14%, respectivamente, para cada 1% de RIT adicionado às silagens (Tabela 3). O aumento das frações indigestíveis com maior inclusão de RIT deve-se, possivelmente, à maior proporção de lignina no RIT, em relação ao milho grão.

Para degradabilidade (24 e 48h), diferenças foram observadas ($P < 0,05$) para MS e FDA, em ambos os tempos, sendo verificado efeito linear decrescente, com redução de 0,62

e 0,18%, para material incubado por 24 horas, e 0,25 e 0,19%, respectivamente, para cada 1% de RIT adicionado às silagens. No entanto, diferenças não foram observadas ($P>0,05$) para a FDN em 24h, com média de 14,10%. Para degradabilidade às 48h, constatou-se diferença ($P<0,05$), com efeito linear decrescente, e redução de 0,14% para cada 1% de RIT adicionado às silagens (Tabela 4).

As menores médias de degradabilidade da FDN podem ser explicadas pelos menores tempos de incubação, sendo estes 24 e 48h, não sendo suficiente para que a degradação acontecesse de forma satisfatória.

4.3.2 Estabilidade aeróbica

Em relação à estabilidade aeróbica, diferenças foram observadas entre as silagens ($P<0,05$). Foi constatada quebra de estabilidade do tratamento com 30% de RIT após 48 horas de abertura, com 168 horas para os tratamentos com inclusão de 25% de RIT. Para os demais tratamentos, com 35%, 40% e 45% de RIT, foi observada perda da estabilidade aeróbia após 264 horas (Figura 1).

Verificaram-se diferenças entre os tratamentos para os valores de pH das silagens em função do tempo após a abertura dos silos. Os tratamentos que apresentaram maiores médias de pH após a abertura e no decorrer da avaliação da estabilidade aeróbia foram os que tiveram menores proporções de inclusão do RIT, sendo estes os tratamentos contendo 25 e 30% do RIT (Figura 2).

4.4. DISCUSSÃO

De acordo com Silva et al. (2009), os resíduos oriundos do processamento do tomate podem apresentar elevados teores de umidade, que ultrapassam 85%. Os autores avaliaram a composição química, bem como o rendimento do RIT nos meses de agosto e outubro, e constataram valores de MS de 22,47 e 14,65%, respectivamente.

Segundo Nunes et al. (2020), os teores de MS para silagem de grãos reidratados devem ser entre 65 e 70%, para minimizar as perdas fermentativas e potencializar o processo fermentativo. Os tratamentos com inclusão de 30 e 35% de RIT se enquadram nos teores de MS indicados, porém, é importante destacar que há variação nos teores de umidade do RIT devido ao tipo de processamento. Valadares Filho et al. (2018) relataram valores de MS para silagem de grão de milho reidratado com água de 65,8%, dentro da faixa

encontrada no presente estudo.

Pimentel et al. (2015) encontraram teor de matéria mineral de 6,39% no RIT, enquanto Silva et al. (2013) verificaram 1,36% no grão de milho reconstituído com água. Por se tratar de um resíduo industrial, o RIT pode apresentar variações em sua composição, devido ao processamento realizado na indústria para originar o produto final. O menor teor de MM pode ser um indicativo de boa qualidade das silagens, pois indica que elas passaram por um processo de conservação adequado, uma vez que fermentações inadequadas ocasionariam perdas de MO, aumentando, dessa forma, os teores de MM na MS (Ashbell, 1995).

Esse aumento nos teores de PB está associado aos elevados teores de proteína presente no resíduo de tomate. Campos et al. (2007) verificaram teores de PB em RIT de 20,5%. Entretanto, parte dessa proteína pode se tornar indisponível em função da pasteurização a que o tomate é submetido na indústria, ocasionando a reação de maillard.

Para garantir um bom funcionamento do ambiente ruminal, o teor de PB da dieta total deve ser de, no mínimo, 7%, para que se tenha uma boa condição de fermentação ruminal (Sniffen et al., 1992). Em todos os tratamentos deste trabalho, observaram-se médias de PB superiores ao mínimo crítico de 7%.

O NIDN tende a apresentar lenta taxa de degradação, mas é considerado digestível. Por outro lado, o NIDA é de degradação quase que inexistente ou nula, pois este é associado à lignina (Van Soest et al., 1991; Licitra et al., 1996). Os teores de NIDA observados nos alimentos afetam a digestibilidade da proteína bruta, reduzindo significativamente as taxas de degradação ruminal (Alves et al., 2011).

O RIT apresenta elevados teores de fibras, podendo ser classificado como uma fonte de fibra não forrageira, o que justifica o aumento da fração fibrosa com maiores proporções de RIT. Silva et al. (2016) avaliaram a reidratação dos grãos de milho com água e registraram teores de FDN e FDA iguais a 7,59 e 1,54%, respectivamente, sendo inferiores aos do presente trabalho. Quando se avaliam os valores de FDN e FDA do RIT in natura, notam-se médias iguais a 63,12 e 43,77%, respectivamente, valores próximos aos encontrados por Loureiro et al. (2007), sendo de 56,04 e 45,91%, respectivamente.

Campos et al. (2007) verificaram teores de 17,9% de lignina no RIT, concentração esta superior ao teor observado para o milho (1,21%), segundo Valadares et al. (2018). Desse modo, o aumento da lignina nas silagens é em função das maiores proporções do RIT.

Maiores teores de lignina podem ser encontrados nas cascas e sementes que constituem o resíduo de tomate, o que justifica os aumentos dos teores de lignina estarem associados aos maiores níveis de inclusão do RIT (Campos et al., 2007).

O CNCPS (2000) registrou teor médio de carboidratos totais do milho de 81,8%. Já Valadares Filho et al. (2018) relataram média de CT de 82,25% e de CNF de 76,29%, em silagens de grãos de milhos reidratados com água. Além disso, Cruz et al. (2021), em estudo utilizando soro do leite na reidratação dos grãos de milho, encontraram teor de CNF de 67,84%. Resultados distintos também foram encontrados por Gomes (2021), quando utilizou como fonte de hidratação a água (77,27% CNF) e palma forrageira (69,46% CNF).

Resultados semelhantes foram encontrados por Menegoti (2016), utilizando capim-elefante ensilado (*Cenchrus purpureus*, Schum) com o RIT, cujas maiores médias de EE foram alcançadas nos tratamentos que continham maior quantidade de RIT em sua composição; tais resultados estão relacionados ao fato do RIT apresentar em sua composição uma maior quantidade de lipídeos.

Em recomendações propostas pelo NRC (2001), o extrato etéreo total das dietas fornecidas aos animais ruminantes não deve exceder 7%, visto que poderá ocasionar reduções na fermentação ruminal, na digestibilidade da fibra no aumento na taxa de passagem. Dessa forma, as médias encontradas neste estudo estão dentro do limite estabelecido para que não ocorra o comprometimento da degradabilidade da fração fibrosa.

Conforme Van Soest (1994), as silagens de milho que apresentam maiores teores de CNF, oriundos dos grãos, também apresentarão uma maior quantidade de NDT, correlacionando-se positivamente, assim como é para o EE, pois os CNF apresentam alta digestibilidade e o EE, elevado teor de energia (Rocha et al., 2006).

O teor de nitrogênio amoniacal é indicativo da qualidade dos processos fermentativos. As silagens quando mal conservadas tendem a apresentar elevados teores de nitrogênio amoniacal, com este parâmetro superior a 10%. O aumento nos teores de nitrogênio amoniacal com aumento das proporções do resíduo de tomate pode ser atribuído aos elevados teores de umidade nas silagens, favorecendo o crescimento de microrganismos proteolíticos.

A redução da digestibilidade *in vitro* de MS, FDA e PB, com o aumento dos níveis do RIT pode ser atribuída às maiores frações fibrosas presentes no RIT, o que dificulta a digestibilidade desses nutrientes. O resíduo de tomate é conhecido por apresentar altos

teores de lignina, que está incluída na fração indigerível do alimento.

A lignina pode ser classificada como sendo uma substância não nutricional, além de indigerível; essas características propiciam uma barreira física que dificulta a ação de microrganismos e enzimas que atuam sobre a parede celular dos vegetais. Por esse motivo, a ligação da lignina aos carboidratos e proteínas deixa-a indisponível para digestão (Halpin, 2019). Conseqüentemente, aumenta-se a fração de fibras indigestíveis (FDNi e FDAi) com o aumento das proporções do RIT.

Ferraretto et al. (2018), avaliando a reidratação do milho com diferentes proporções de grãos de cervejaria úmida, constataram melhora na digestibilidade do amido nos grãos de milho em função da reidratação. Neuhaus e Totusek (1971) analisaram a influência da temperatura, da umidade, do tempo de reconstituição e do momento de moagem sobre o efeito da digestibilidade in vitro de sorgo. Observaram que a moagem, seguida da umidade, da combinação de ambos e do tempo interferem na digestibilidade nessa sequência citada. Quando o grão de sorgo inteiro foi reconstituído para 28 a 30% de umidade, apresentou melhor digestibilidade (Neuhaus e Totusek, 1971).

Assim como observado para a digestibilidade, a degradabilidade também foi afetada pela fração lignificada presente no RIT. Campos (2005), ao avaliar a degradabilidade potencial da MS do RIT em bovinos, encontrou degradabilidade de 48 horas (70,20%), semelhante ao obtido para as silagens de milho moído a 2 mm, com degradabilidade de MS igual a 71,80%, no presente estudo.

A maior degradabilidade nas silagens com maiores proporções de milho também podem ser associadas à degradação da matriz proteica que envolve os grânulos de amido, uma vez que, durante os processos fermentativos, o material passa por hidrólise de proteínas e amido, entre outros (Tres et al., 2020; Silva et al., 2014; Reis et al., 2001).

A lignina reduz a ação hidrolítica de enzimas e microrganismos ruminais que atuam sobre os carboidratos fibrosos, formando ligações inter-resistentes, as quais são responsáveis pela menor digestão e degradabilidade das fibras no ambiente ruminal, além da redução do valor nutricional do alimento (Menezes et al., 2021). Por esse motivo, a elevação nos teores de fibra em função do aumento das proporções de RIT nas silagens prejudicou tanto a digestibilidade quanto a degradabilidade, em função da predominância da lignina.

As variações de pH durante o período em que as silagens ficam expostas ao ar é um

indicativo de que elas estão se deteriorando em função do contato com o ar (Kung e Kleinschmit, 2006). Os microrganismos necessitam de substratos para a sua proliferação, principalmente açúcares solúveis, ácidos orgânicos e compostos nitrogenados solúveis. Partindo deste pressuposto, as silagens com maiores proporções de grãos de milho, estão mais susceptíveis à deterioração aeróbica, pois fornecem carboidratos solúveis, além de serem ricas em amido (Dubeux Jr. et al., 2021).

O aumento do pH após a abertura da silagem, juntamente com a redução nos teores de carboidratos e a baixa concentração do ácido lático, indica a deterioração da massa ensilada. Assim, as silagens com elevados teores de grãos apresentam substrato de alto valor nutricional para os microrganismos oportunistas, responsáveis pela deterioração aeróbica (Jobim et al., 2007).

Os valores de pH entre 3,8 a 4,2, na abertura dos silos, podem ser considerados um indicativo de boa conservação da massa ensilada (Kung et al., 2018). Os níveis de inclusão de RIT entre 25 e 35% foram os que proporcionaram maiores teores de pH em relação aos demais. Tais resultados podem estar associados à disponibilidade de substratos para o crescimento de microrganismos.

Os microrganismos aeróbios comuns em silagens após a abertura são as leveduras. Estas utilizam os ácidos orgânicos produzidos pelas bactérias lácticas para a fermentação durante a fase aeróbica, elevando o pH e fornecendo ambiente favorável a outros microrganismos deterioradores. Com a perda da estabilidade aeróbia, observa-se aumento nos valores de pH da massa ensilada, da temperatura e da produção de CO₂, criando um ambiente ideal para o desenvolvimento de outros microrganismos deterioradores (Basso et al., 2012).

4.5. CONCLUSÃO

A proporção de resíduo industrial do tomate a ser utilizado para reidratação da silagem de grão de milho moído é dependente do teor de umidade do mesmo. A inclusão de 35% do RIT para reidratação da silagem de grão de milho pode melhorar a estabilidade aeróbica e não compromete o valor nutricional das silagens.

4.6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo auxílio financeiro ao projeto (Termo de Outorga FAPEMIG/DAP nº. 39361572/2021); à Universidade Estadual de Montes Claros (Unimontes), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), e ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia (INCT – Ciência Animal), pelo auxílio com bolsas / pesquisas, EMBRAPA-Milho e Sorgo e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código Financeiro 001.

4.7. CONFLITO DE INTERESSES

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

4.8. REFERÊNCIAS

Agricultural and Food Research Council – AFRC 1993. Energy and protein requirements of ruminants. Wallingford: CAB International.

Ashbell, G. 1995. Basic principles of preservation of forage, by-products and residues as silage or hay. Bet Dagan: Agricultural Research Organization, The Volcani Center.

Alves, A. A.; Sales, R. O.; Neiva, J. N. M.; Medeiros, A. N.; Braga, A. P.; Azevêdo, D. M. M. R. e Silva, L. R. F. 2011. Metabolismo de compostos nitrogenados em ovinos alimentados com dietas contendo vagens de faveira. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal* 12:1051-1066, 2011.

Basso, F. C.; Lara, E. C.; Assis, F. B.; Rabelo, C. H. S.; Morelli, M. e Reis, R. A. 2012. Características da fermentação e estabilidade aeróbia de silagens de milho inoculadas com *Bacillus subtilis*. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal* 13:1009-1019.

Campos, W. E. 2005. Avaliação do resíduo industrial de tomate na alimentação de ruminantes. 2005. 123p. Tese (Doutorado em Zootecnia). Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG.

Campos, W. E.; Borges, A. L. C. C.; Saturnino, H. M.; Silva, R. R.; Sousa, B. M.; Rogério, M. C. P.; Borges, I. e Rodríguez, N.M. 2007. Degradabilidade ruminal da fibra das frações do resíduo industrial de tomate. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* 59:189-195. doi:<https://doi.org/10.1590/S0102-09352007000100031>

Cornell net carbohydrate and protein system – CNCPS 2002. Ithaca: Cornell University.

Companhia Nacional de Abastecimento- CONAB. Séries históricas das safras: milho. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras>. Acesso em: 26 de Junho de 2022.

- Cruz, F. N. F. da, Monção, F. P.; Rocha Júnior, V.; R. Alencar, A. M. S.; Rigueira, J. P. S.; Silva, A. F.; Miorin, R. L.; Soares, A. C. M.; Carvalho, C. da C. S. E Albuquerque, C. J. B. 2021. Perdas fermentativas e composição química e digestibilidade in vitro de silagem de grãos de milho reidratados com água ou soro ácido combinado com inoculante enzimático-bacteriano. *Semina: Ciências Agrárias* 42:3497–3514. doi: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2021v42n6p3497>
- Detmann, E.; Silva, L. F. C.; Rocha, G. C.; Palma, M. N. N. e Rodrigues, J. P. P. 2021. Métodos para análise de alimentos. 2ª Edição, Visconde do Rio Branco, MG: Suprema, 350p.
- Dubeux JR., J. C. B.; Santos, M. V. F.; Cunha, M. V.; Santos, D. C.; Souza, R. T. A.; Mello, A. C. L. E. e Souza, T. C. 2021. Cactus (*Opuntia* and *Nopalea*) nutritive value: A review. *Animal Feed Science and Technology* 275:1-11. doi: <https://doi.org/10.1016/j.anifeeds.2021.114890>
- Ferraretto, L. F.; Silva Filho, W. I.; Fernandes, T.; Kim, D. H. e Sultana, H. 2018. Efeito do tempo de ensilagem no perfil fermentativo e na digestibilidade ruminal in vitro do amido em milho reidratado com ou sem concentrações variadas de grãos úmidos de cervejaria. *Journal of Dairy Science* 101:4643-4649. doi:10.3168/jds.2017-14329.
- Ferreira, D. F. 2014. Sisvar: um guia para seus procedimentos Bootstrap em múltiplas comparações. *Ciência e Agrotecnologia* 38:109–112. doi:10.1590/s1413-70542014000200001
- Gomes, P. G. B. 2021. Consumo de nutrientes e comportamento ingestivo de cordeiros alimentados com dietas a base de silagens de grão de milho reidratado / Paloma Gabriela Batista Gomes. - Areia. 38 f. Orientação: Juliana Silva Oliveira.
- Halpin, C. 2019. Lignin engineering to improve saccharification and digestibility in grasses. *Current Opinion in Biotechnology* 56:223–229. doi:<https://doi.org/10.1016/j.copbio.2019.02.013>
- Jobim, C. C.; Nussio, L. G.; Reis, R. A. e Schmidt, P. 2007. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. *Revista Brasileira de Zootecnia* 36:101-119. doi:[dx.doi.org/10.1590/S1516-35982007001000013](https://doi.org/10.1590/S1516-35982007001000013)
- Kung Jr., L.; Shaver, R. D.; Grant, R. J. e Schmidt, R. J. 2018. Silage review: Interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages. *Journal of Dairy Science* 101:4020–4033. doi:doi.org/10.3168/jds.2017-13909
- Licitra, G.; Hernandez T. M. e Van Soest, P. J. 1996. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology* 57:347-358.
- Loureiro, R. R. S. 2007. Utilização do farelo de tomate na alimentação de poedeiras comerciais. Recife – PE: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2007, 30p, Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal Rural de Pernambuco.
- Menegoti, J. P. 2016. Valor nutritivo da silagem de capim elefante enriquecida com coproduto do processamento industrial do tomate. 2016. 55p. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) - Universidade Brasil.

Moraes, S. D.; Jobim, C. C.; Silva, M. S. e Marquardt, F. I. 2013. Produção e composição química de híbridos de sorgo e de milho para silagem. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal* 14:624-634

Moran, J. P.; Weinberg, Z. G.; Ashbell, G.; Hen, Y. e Owen, T. R. 1996. A comparison of two methods for the the evaluation of the aerobic stability of whole crop wheat silage. In: *International Silage Conference, 11., Aberystwyth. Proceedings...Aberystwyth: University of Wales Aberystwyth, p.162-163.*

National Research Council – International [NRC] 2001. *Nutrient requirements of dairy cattle, 7th rev. ed.* National Academies Press, Washington, DC, USA.

Neuhaus, V. e Totusek, R. 1971. Factors Affecting the In Vitro Digestibility of High Moisture Sorghum Grain. *Journal of Animal Science* 33:1321-1326.

Noel, R. J. e Hambleton, L. G. 1976. Collaborative study of a semiautomated method for determination of crude protein in animal feeds. *Journal AOAC Int* 59:134-140.

Pimentel, P.; Brant, L.; Rigueira, J.; Jesus, D.; Alves, W. e Santos, L. 2017. Composição química da silagem de bagaço de tomate com glicerina. *Boletim De Indústria Animal* 74:205-212. doi:<https://doi.org/10.17523/bia.v74n3p205>

Reis, R. A.; Jobim, C. C.; Macedo, F. A.; Martins, E. N.; Cecato, U. E Silveira, A. 2001. Desempenho de cordeiros terminados em confinamento, consumindo silagens de milho de grãos com alta umidade ou grãos de milho hidratados em substituição aos grãos de milho seco da dieta. *Revista Brasileira de Zootenia* 30:596-603, 2001. doi: 10.1590/S1516-35982001000200040

Rezende, A. V.; Rabelo, C. H. S; Veiga, R. M.; Andrade, L. P.; Härter, C. J.; Rabelo, F. H. S.; Basso, F. C.; Nogueira, D. A. e Reis, R. A. 2014. Rehydration of corn grain with acid whey improves the silage quality. *Animal Feed Science and Technology* 197:213–221. doi:<https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.07.009>

Rocha, F. C.; Garcia, R.; Freitas, A. W. P.; Souza, A. L.; Gobbi, K. F.; Valadares Filho, S. C.; Tonucci, R. G. e Rocha, G. C. 2006. Coffee hulls in diets of lactating dairy cows: intake, digestibility and milk yield and composition. *Revista Brasileira de Zootecnia* 35:2163-2171. doi:<https://doi.org/10.1590/S1516-35982006000700037>

Silva, C. J.; Costa, B. F. D.; Leite, G. G. e Mendes, C. Q. 2013. Evaluation of structural characteristics and nutritional value of corn grain reconstituted with different solutions. *Revista Eletrônica de Pesquisa Animal* 01:27-38.

Silva, E. P.; Silva, D. A. T.; Rabello, C. B. V.; Lima, R. B.; Lima, M. B. e Ludke, J. V. 2009. Composição físico-química e valores energéticos dos resíduos de goiaba e tomate para frangos de corte de crescimento lento. *Revista Brasileira de Zootecnia* 38:1051. doi: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982009000600012>

Silva, J. S.; Borges, A. L. C. C.; Lopes, F. C. F.; Silva, R. R.; Vieira, A. R.; Duque, A. C. A. E Gonçalves, L. C. 2014. Degradabilidade ruminal in situ do sorgo grão em diferentes formas de

reconstituições. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia 66:1822-1830. doi: 10.1590/1678-6731

Silva, M. C.; Amaral, P. N. C.; Baggio, R. A.; Tubin, J. S. B.; Conte, R. A.; Pivo, J. C.D.; Krahl, G.; Zampar, G. e Paiano, D. 2016. Stability of high moisture corn silage and corn rehydrated. Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal 17:331-343. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-99402016000300001>

Silva, N. C. 2016. Características das silagens de grãos de milho influenciadas pela reidratação e pela inoculação com *L. buchneri* sobre o desempenho de bovinos de corte confinados. 130 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal.

Sniffen, C.J.; O'Connor, D.J.; Van SOEST, P.J. Fox, D. G. e Russel, J. B. 1992. Anet carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: carbohydrate and protein availability. Journal of Animal Science 70:3562-3577. doi: 10.2527/1992.70113562x

Tres, T.T.; Jobim, C.C.; Diaz, T.G.; Daniel, J.L. P. e Jacovaci, F. A. 2020. Grão de okara ou soja adicionado à silagem de grão de milho reidratado para bovinos: digestibilidade, degradabilidade e parâmetros ruminais. Acta Scientiarum. Animal Sciences 42:e48586. doi:10.4025/actascianimsci.v42i1

Valadares Filho, S. C.; Lopes, S. A.; Silva, B. C.; Chizzotti, M. L. e Bissaro, L. Z. 2018. CQBAL 4.0. Tabelas Brasileiras de Composição de Alimentos para Ruminantes. Disponível em: www.cqbal.com.br

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

4.9. FIGURAS E TABELAS

Tabela 1. Composição bromatológica do resíduo industrial de tomate (RIT) e grão de milho moído antes da ensilagem

Item	Ingredientes	
	Resíduo Industrial do Tomate	Milho
pH	4,8	-
Matéria seca	51,67	87,59
Cinzas	4,32	1,99
Proteína bruta	19,91	8,38
Fibra em detergente neutro	51,59	14,00
Fibra em detergente ácido	45,38	5,16
Lignina	6,98	1,30
Extrato etéreo	5,85	3,00
Carboidratos totais	69,93	86,63
Carboidratos não fibrosos	18,33	72,63
Nutrientes digestíveis totais	53,54	84,88

MS: matéria seca, MM: matéria mineral, PB: proteína bruta, FDN: fibra em detergente neutro, FDA: fibra em detergente ácido, LIG: lignina EE: extrato etéreo, CT: carboidratos totais, CNF: carboidratos não fibrosos; NDT: nutrientes digestíveis totais, -: não avaliado

Tabela 2. Composição químico-bromatológica de silagens de grão de milho reidratado com diferentes proporções de resíduo industrial de tomate (RIT)

Item (%)	Proporções de inclusão do RIT (%MS)					EPM	P-valor		R ² (%)
	25	30	35	40	45		L	Q	
Matéria seca	76,61	69,78	66,43	58,52	53,42	0,87	<0,01	0,74	98,95
Cinzas	2,37	2,47	2,48	2,45	2,64	0,15	0,32	0,83	73,87
Proteína bruta	11,34	11,86	11,67	14,08	15,47	1,03	<0,01	0,28	84,35
Nitrogênio insolúvel em detergente neutro	2,04	1,74	1,64	1,33	1,33	0,07	<0,01	0,18	93,20
Nitrogênio insolúvel em detergente ácido	1,73	1,24	1,06	0,98	0,76	0,08	<0,01	0,06	90,72
Fibra em detergente neutro	10,48	10,96	12,34	13,07	15,20	0,84	<0,01	0,41	94,95
Fibra em detergente ácido	4,89	5,35	6,50	7,55	8,39	0,23	<0,01	0,47	98,61
Hemicelulose	5,59	5,61	5,83	5,51	6,80	0,84	0,39	0,53	72,13
Lignina	2,75	2,83	3,25	3,29	3,89	0,15	<0,01	0,26	90,79
Carboidratos totais	84,01	83,04	81,75	78,01	75,06	1,01	<0,01	0,11	93,81
CNF	73,53	72,08	69,41	64,94	59,86	1,51	<0,01	0,13	95,25
Extrato etéreo	2,26	2,61	4,08	5,44	6,82	0,31	<0,01	0,10	97,14
NDT	85,08	84,53	83,63	83,01	82,74	0,23	<0,01	0,34	95,70
N-NH ₃ (%NT)	1,22	3,76	4,34	7,09	6,37	0,39	<0,01	0,06	86,23

MS: $\hat{Y}=105,29-1,15X$; MM: $\hat{Y}=2,48\%$; PB: $\hat{Y}=5,56+0,20X$; NIDN: $\hat{Y}=2,89-0,03X$; NIDA: $\hat{Y}=2,69-0,04X$; FDN: $\hat{Y}=4,33+0,23X$; FDA: $\hat{Y}=0,093+0,18X$; HEM:

$\hat{Y}=5,86$; LIG: $\hat{Y}=1,29+0,05X$; CT: $\hat{Y}=96,43-0,45X$; CNF: $\hat{Y}=92,09-0,68X$; EE: $\hat{Y}=-4,12+0,23X$; NDT: $\hat{Y}=88,14-0,12X$. N-NH₃: N-NH₃/NT: $Y = -4,96 + 0,27X$.

MS: matéria seca; MM: matéria mineral; PB: proteína bruta; NT: nitrogênio total; FDN: fibra em detergente neutro; FDA: fibra em detergente ácido; HEM: hemicelulose; LIG: lignina; CT: carboidratos totais; CNF: carboidratos não fibrosos; EE: extrato etéreo; NDT: nutrientes digestíveis totais N-NH₃:nitrogênio amoniacal. EPM: erro-padrão da média. Eq: equações L: linear e Q: quadrático

Tabela 3. Valores médios e equações de regressão para coeficientes de digestibilidade *in vitro* de matéria seca (DIVMS), fibra em detergente neutro (DIVFDN), fibra em detergente ácido (DIVFDA), proteína bruta (DIVPB) e teores de fibra em detergente neutro indigestível (FDNi), fibra em detergente ácido indigestível (FDAi) para a silagem de grão de milho reidratado com diferentes níveis de resíduo industrial de tomate

ITEM	Proporções de inclusão do RIT (%MS)					EPM	P-valor		R ² (%)
	25	30	35	40	45		L	Q	
<i>Digestibilidade in vitro</i>									
DIVMS	75,56	75,52	74,61	74,85	66,43	0,72	0,00	0,00	58,45
DIVFDN	72,26	73,63	75,40	75,62	72,11	1,48	0,71	0,06	84,62
DIVFDA	9,87	8,51	7,34	6,41	5,27	0,42	0,00	0,66	99,57
DIVPB	74,26	67,38	70,60	64,37	53,95	3,48	0,00	0,21	79,63
<i>Frações fibrosas Indigestíveis</i>									
FDNi	3,49	4,41	4,54	5,04	6,28	0,43	0,00	0,54	92,35
FDAi	2,43	3,14	3,69	4,21	5,46	0,38	0,00	0,47	96,94

DIVMS: $\hat{Y} = 86,64 - 0,37X$; DIVFDN: $\hat{Y} = 73,80$; DIVFDA: $\hat{Y} = 15,38 - 0,22X$; DIVPB: $\hat{Y} = 96,65 - 0,87X$;

FDNi: $\hat{Y} = 0,40 + 0,12X$; FDAi: $\hat{Y} = -1,20 + 0,14X$. DIVMS: digestibilidade *in vitro* da matéria seca;

DIVFDN: digestibilidade *in vitro* da fibra em detergente neutro; DIVFDA: digestibilidade *in vitro*

da fibra em detergente ácido; DIVPB: digestibilidade *in vitro* da proteína bruta; FDNi:

fibra em detergente neutro indigestível; FDAi: fibra em detergente ácido indigestível. EPM:

erro-padrão da média. EQ: equações L: linear e Q:quadrática

Tabela 4. Valores médios e equações de regressão para degradabilidade de matéria seca (DEGMS), degradabilidade de fibra em detergente neutro (DEGFDN) e degradabilidade de fibra em detergente ácido (DEGFDA).

Tempos (horas)	Proporções de inclusão do RIT (%MS)					EPM	P-valor		R ² (%)
	25	30	35	40	45		L	Q	
Degradabilidade de MS									
24	68,86	68,96	65,50	65,14	55,20	1,24	0,00	0,00	76,62
48	79,20	78,37	78,37	77,86	73,19	1,24	0,00	0,08	68,18
Degradabilidade de FDN									
24	15,18	14,74	14,31	11,91	14,40	0,82	0,10	0,21	46,17
48	14,84	13,03	13,03	11,45	12,04	0,82	0,00	0,30	77,77
Degradabilidade de FDA									
24	8,61	7,85	7,18	5,52	5,12	0,52	0,00	0,88	96,64
48	9,33	7,33	7,33	6,03	5,17	0,52	0,00	0,61	93,19

Degradabilidade da MS (24h): $\hat{Y} = 86,54 - 0,62X$ e (48h): $\hat{Y} = 86,17 - 0,25X$; degradabilidade da FDN (24h): $\hat{Y} = 14,10\%$ e (48h): $\hat{Y} = 17,91 - 0,14X$; degradabilidade da FDA (24h): $\hat{Y} = 13,38 - 0,18X$ e (48h): $\hat{Y} = 13,77 - 0,19X$. EPM: erro- padrão da média. EQ: equações L: linear e Q:quadrática

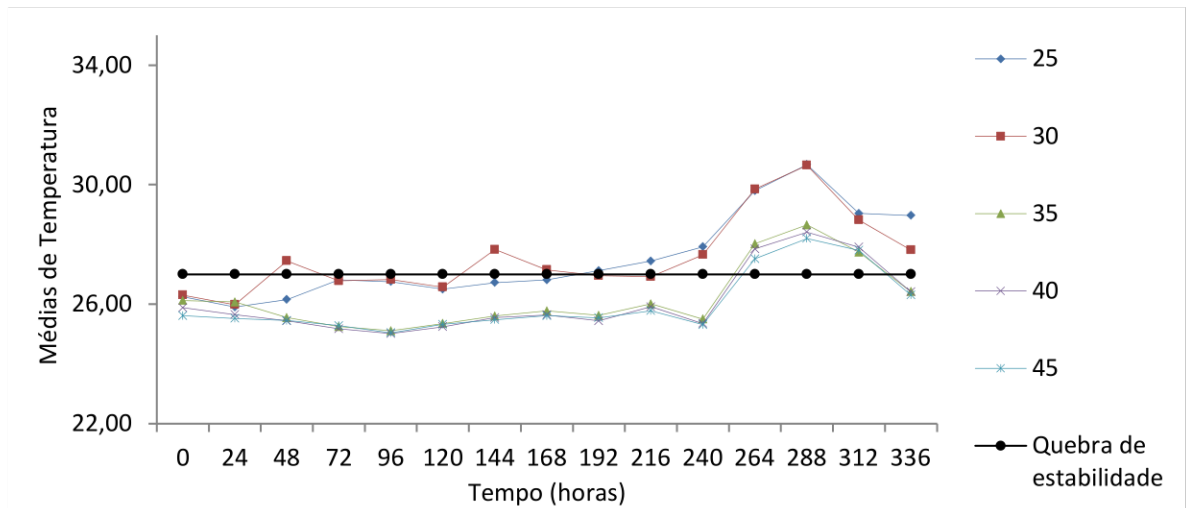


Figura 1. Valores de temperatura (°C) das silagens de grãos de milho reidratado com resíduo de tomate durante a estabilidade aeróbica