

EDEGAR MATTER

Grãos destilados de milho como aditivo na ensilagem do capim-elefante

Cuiabá-MT

2020

EDEGAR MATTER

Grãos destilados de milho como aditivo na ensilagem do capim-elefante

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Ciência Animal da Universidade Federal de Mato Grosso para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.

Área de concentração: Nutrição e Produção Animal
Orientador: Prof. Dr. Joadil Gonçalves de Abreu
Coorientador: Prof. Dr. Luciano da Silva Cabral

Cuiabá-MT

2020

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

M435g Matter, Edegar.

Grãos de destilados de milho como aditivo na ensilagem do capim-elefante / Edegar Matter. -- 2020
69 f. ; 30 cm.

Orientador: Joadil Gonçalves de Abreu.

Co-orientador: Luciano da Silva Cabral.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Cuiabá, 2020.

Inclui bibliografia.

1. Pennisetum purpureum Schum.. 2. coproduto. 3. aditivos. 4. grãos de destilaria seco. 5. grãos de destilaria úmido. I. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL

FOLHA DE APROVAÇÃO

TÍTULO: Grãos destilados de milho como aditivos na ensilagem de capim-elefante.

AUTOR: Mestrando Edegar Matter

Tese defendida e aprovada em 21 de dezembro de 2020.

COMPOSIÇÃO DA BANCA EXAMINADORA

1. Prof. Dr. Joadil Gonçalves de Abreu (Presidente Banca / Orientador)
2. Prof. Dr Luciano da Silva Cabral (Co-orientador/Membro Interno)
3. Prof. Dr. Arthur Behling Neto (Membro Externo)

Cuiabá, 21 dezembro de 2020



Documento assinado eletronicamente por **LUCIANO DA SILVA CABRAL**, Coordenador(a) do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal - FAAZ/UFMT, em 12/03/2021, às 13:41, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **JOADIL GONCALVES DE ABREU**, Docente da Universidade Federal de Mato Grosso, em 12/03/2021, às 14:48, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **ARTHUR BEHLING NETO**, Docente da Universidade Federal de Mato Grosso, em 15/03/2021, às 16:03, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).

https://sei.ufmt.br/sei/controlador.php?acao=documento_imprimir_web&acao_origem=arvore_visualizar&id_documento=14394417&infra_sistema=10... 1/2



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufmt.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador 3334727 e o código CRC 4411F81A.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho ao meu pai **Helvin Matter** (*In memoriam*) e minha mãe **Elzira Otília Matter** pela vida, carinho, dedicação e empenho.

A minha esposa **Joana de Medeiros Farias** pelo amor, incentivo, companheirismo, paciência, dedicação e por estar sempre ao meu lado.

Ao meu orientador **Prof. Dr. Joadil Gonçalves de Abreu**, pela confiança, paciência, incentivo, amizade e excelente orientação.

Amo muito vocês.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a **Deus**, pelo dom da vida, pela proteção e pelas forças concedidas para vencer os obstáculos da vida.

Aos meus pais, **Helvin Matter** (*in memoriam*) e **Elzira Otilia Matter**, pela vida, educação que me foi dada, amor incondicional, carinho, compreensão, pelos inúmeros momentos felizes e principalmente pela clareza e objetividade dos conselhos. Agradeço a eles por me tornar o que hoje sou.

A minha esposa **Joana de Medeiros Farias** pelo amor, carinho, companheirismo, apoio, estímulo e compreensão em todos os momentos, contribuindo em mais esta etapa da vida.

Ao meu orientador de Mestrado **Prof. Dr. Joadil Gonçalves de Abreu**, pela amizade, companheirismo, empenho e dedicação durante esta etapa de minha vida, um verdadeiro ser humano, disseminador de conhecimento, dedicado e apaixonado pelo que faz.

Ao Professor Dr. **Luciano da Silva Cabral**, coordenador do Programa de Pós-graduação em Ciência Animal, pelo auxílio e dedicação em buscar melhorias para o programa.

A **UFMT** por disponibilizar sua estrutura e laboratórios para que a conclusão do trabalho e o compartilhamento de conhecimento fosse possível nesta fase acadêmica.

As **instituições de ensino** que me aportaram estrutura para que os grandes **Mestres e Professores** que fizeram parte desta jornada, compartilhassem o seu conhecimento me tornando um ser humano melhor.

A **Indústria de Álcool LIBRA**, pelo fornecimento dos aditivos e por todo apoio dedicado a esta pesquisa.

Ao **Grupo de Pesquisa Forrageiros** que foram de suma importância para que este trabalho tivesse excelência na sua condução e desenvolvimento, chegando aos resultados que impactarão na cadeia produtiva da pecuária.

Ao **Laboratório de Forragicultura e ao Laboratório LANA**, pela estrutura e equipamentos que tornou possível as análises necessárias para a execução deste trabalho.

A minha colega de Mestrado **Patrícia Orlando Royer**, pela parceria e troca de conhecimento durante a realização de nossos experimentos, certamente contribuições que melhoraram a qualidade do trabalho.

E a **todos** que em algum momento auxiliaram neste trabalho o tornando possível.

Minha Eterna Gratidão!

RESUMO

MATTER, E. **Grãos destilados de milho como aditivo na ensilagem do capim-elefante.** 2020. 67f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal), Faculdade de Agronomia e Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2020.

A ensilagem de capins tropicais é uma boa alternativa para contornar a baixa oferta de pasto nas épocas de sazonalidade climática. Das espécies de capins tropicais, o capim-elefante é uma forrageira com potencial para ensilagem pois possui alta produção de biomassa. Entretanto, quando essa forrageira apresenta bom valor nutritivo, o teor de matéria seca (MS) encontra-se reduzido, o que provoca fermentações indesejáveis, diminuindo a qualidade nutricional da silagem. Para minimizar essas perdas, pesquisas têm sido realizadas aditivando a forragem de capim-elefante com produtos absorventes de umidade e com elevado teor de MS. Neste trabalho foram realizados dois experimentos aditivando o capim-elefante, cultivar Canará, com DDG (grãos secos de destilaria) e WDG (grãos úmidos de destilaria), coprodutos do etanol de milho. Objetivou-se com esse trabalho verificar o padrão fermentativo e avaliar o valor nutricional e digestivo da silagem de capim Canará, aditivado com níveis crescentes de DDG e WDG. Ambos os experimentos foram conduzidos na Fazenda Experimental da Universidade Federal de Mato Grosso no município de Santo Antônio do Leverger. O delineamento utilizado nos experimentos foi o inteiramente casualizado, com 6 tratamentos (0; 5; 10; 15; 20 e 30 % de inclusão dos respectivos aditivos) e 4 repetições. As variáveis mensuradas para os experimentos foram: capacidade tampão (CT); carboidratos solúveis (CHOS); coeficiente fermentativo (CF); perda por gases (PG) e efluentes (EFLU); recuperação da matéria seca (RMS); potencial hidrogeniônico (pH); nitrogênio amoniacal (N-NH₃); teor de matéria seca (MS); de matéria mineral (MM); de fibra em detergente ácido (FDA); de fibra em detergente neutro (FDN); de fibra em detergente neutro isenta de cinzas e proteína (FDNcp); PB; de proteína indigestível em detergente neutro (PIDN); de proteína indigestível em detergente ácido (PIDA); de nutrientes digestíveis totais (NDT) e de energia líquida lactante (ELL). Os dados foram submetidos à análise de regressão ao nível de 5 % e 1 % de probabilidade, utilizando-se o programa estatístico SISVAR[®]. No experimento com DDG, à medida que se elevou os níveis de inclusão, verificou-se efeito quadrático positivo para: PIDN e NDT e efeito quadrático negativo para PG, N-NH₃, MM, FDN, FDNcp, efeito linear positivo para: CF, RMS, pH, MS, PB, PIDA, ELL e linear negativo para CT, EFLU e FDA. No experimento com WDG, à medida que se elevou os níveis de inclusão, verificou-se efeito quadrático positivo para PIDA e efeito quadrático negativo N-NH₃, PIDN; efeito linear positivo para: CHOS, CF, pH, MS, PB, PIDN (% MS), NDT e ELL; efeito linear negativo para: CT, EFLU, MM, FDA, FDN e FDNcp; e não houve efeito significativo para PG e RMS. Ambos os aditivos proporcionaram silagem com bom padrão fermentativo, sendo as perdas minimizadas além de proporcionar aumento no valor nutritivo da silagem de capim-elefante Canará. Ambos os aditivos a doses de 20% de inclusão é a que demonstra melhor potencial, não havendo restrições a utilização de doses maiores para o aditivo WDG, porém para o DDG deve verificar se não irá causar aumento acentuado da matéria seca do material a ser ensilado.

Palavras-chave: coproduto, grãos de destilaria úmido, aditivos, Canará, grãos de destilaria seco, ensilagem, *Pennisetum purpureum* Schum.

ABSTRACT

The silage of tropical grass is a good alternative to circumvent the low supply of pasture during seasons. From climatic seasonality. Of the tropical grass species, elephant has potential for ensiling due to its high biomass production. However, when this forage has good nutritional value, the dry matter (DM) content is reduced, which causes undesirable fermentations, decreasing the nutritional quality of the silage. To minimize these losses, researchers have been carried out studies of elephant grass forage with moisture absorbing products with high DM content. In this work, two experiments were carried out with elephant grass cultivar Canará, by adding Dried Distillers Grains (DDG) and Wet Distillers Grains (WDG), co-products of corn used for ethanol production. The aim of this work was to verify the fermentation pattern and to evaluate the nutritional and digestive value of Canará grass silage, added with increasing levels of DDG and WDG. Both experiments were conducted at the Experimental Farm of the Federal University of Mato Grosso in the Santo Antônio do Leverger. The design used in the experiments was completely randomized, with 6 treatments (0; 5; 10; 15; 20 and 30 % of additives inclusion) and 4 replications. The variables measured for the experiments were: buffer capacity (BC), stable carbohydrates (SC), fermentative coefficient (FC), calosses by gases (GL) and effluents (EFLU); contents of dry matter recovery (DMR); hydrogen potential (pH); ammoniacal nitrogen (N-NH₃); dry matter (DM); mineral matter (MM); acid detergent fiber (ADF); neutral detergent fiber (NDF); neutral detergent fiber free of ash and protein (NDFap); crude protein (CP); neutral detergent insoluble protein (NDIP); acid detergent insoluble protein (ADIP); total digestible nutrients (TDN) and liquid lactating energy (LLE). The data were subjected to regression analysis at the level of 5 % and 1 % probability, using the statistical program SISVAR[®]. For DDG, as the inclusion levels increased, there was a quadratic effect for: GL, N-NH₃, MM, NDF, NDFap, NDIP and TDN; and linear effect for: BC, FC, EFLU, DMR, pH, DM, CP, ADIP, LLE and ADF. In the experiment with WDG, as the inclusion levels increased, there was a quadratic effect for: N-NH₃, NDIP and ADIP; increasing linear effect for: SC, FC, pH, DM, CP, NDIP (% DM), TDN and LLE; decreasing effect for: BC, EFLU, MM, ADF, NDF and NDFcp; and there was no significant effect for GL and DMR. Both additives provided silage with a good fermentation pattern, losses were minimized, and an increase in the nutritional value of Canará elephant grass silage was provided. Both additives are recommended doses of 20% of inclusion, with no restrictions on the use of higher doses for the additive WDG, however for DDG you should check if the additive will not cause a sharp increase in the dry matter of the material to be ensiled.

Keywords: co-product, Dried Distillers Grains, additives, Canará, Wet Distillers Grains, silage *Pennisetum purpureum* Schum.

SUMÁRIO

RESUMO	7
ABSTRACT	8
CAPÍTULO 1	10
1. INTRODUÇÃO.....	10
2. REVISÃO DE LITERATURA	11
2.1 Capim-elefante	11
2.2 Aditivos para ensilagem.....	13
2.3 Coprodutos da produção de etanol de milho	18
REFERÊNCIAS	21
CAPÍTULO 2	25
Padrão fermentativo e valor nutritivo de silagem de capim-elefante aditivada com grãos de destilaria seco.	25
Resumo	25
Abstract.....	26
Introdução.....	27
Material e métodos	28
Resultados e Discussão.....	31
Conclusão	39
Referências	41
CAPÍTULO 3 Padrão fermentativo e valor nutritivo de silagem de capim-elefante aditivada com grãos de destilaria úmido.	48
Resumo	48
Abstract.....	48
Introdução.....	49
Metodologia.....	51
Resultados e Discussão.....	54
Conciderações finais.....	622
Referências	63

CAPÍTULO 1

1. INTRODUÇÃO

A pecuária em sua maioria extensiva com pouco investimento tecnológico e de períodos de sazonalidade climática que compromete a produção de forrageira, corroboram para termos resultados de baixos índices zootécnicos e de produtividade. Em todo o território brasileiro encontramos algumas situações climáticas que minimizam a produção das pastagens em determinados períodos, na região sul, o clima subtropical ocasiona falta de alimento de qualidade na época de troca das pastagens de verão para inverno e inverno para verão, na região centro oeste o regime de chuva bem definido, ocasiona déficit hídrico nos meses de abril a setembro, reduzindo sensivelmente a qualidade bromatológica e produtividade das pastagens.

Diversas alternativas podem ser utilizadas para minimizar a baixa quantidade e qualidade de alimento nestas épocas, como a utilização de suplementação proteica energéticas específicas para cada categoria animal, suplementação com ração formulada, feno, utilização de estratégias como diferimento de pasto, ensilagem entre outras.

Sabe-se da importância que a qualidade da fibra traz na dieta dos animais, pensando nisto, verifica-se que uma das alternativas viáveis e de custo reduzido seria a ensilagem de plantas forrageiras em épocas que elas têm excedente produção de matéria seca e qualidade nutritiva.

A ensilagem consiste em preservar as qualidades químicas e bromatológicas das forragens por um período longo, e para se ter um bom processo fermentativo a escolha da forrageira a ser utilizada deve ter parâmetros como, capacidade tampão, teor de matéria seca entre 28-35 % e alto teor de açúcares solúveis.

O capim-elefante é uma forrageira de alto potencial de produção de matéria seca e quando bem manejado tem alto valor nutricional, fazendo com que ele se credencie a ser utilizado como forrageira para a ensilagem, porém quando ele se encontra com boa qualidade química bromatológica o teor de matéria seca da forragem está entre 18 e 22 %, o que em partes inviabiliza o mesmo para o processo de ensilagem, pois a produção de efluentes, gases e nitrogênio amoniacal são elevadas nestes parâmetros, causando decréscimo na qualidade da silagem ofertada aos animais e até mesmo podendo perder toda a silagem produzida.

Como o capim-elefante é adaptado e produzido em praticamente todo o território nacional, é necessário encontrar alternativas para que o mesmo possa ser utilizado no processo

de ensilagem. Vários trabalhos demonstram ótimos resultados quando a forragem de capim-elefante é submetida a aditivos sequestrantes de umidade (SANTOS *et al.*, 2010).

Estes aditivos têm a função primordial de elevar o teor de matéria seca da forragem a ser ensilada além de possibilitar a melhoria química e bromatológica da silagem.

Os grãos secos de destilaria (DDG) e os grãos úmidos de destilaria (WDG) são coprodutos oriundos da produção do álcool anídrico a partir do milho. Neste processo o amido existente no grão é consumido fazendo com que o teor de proteína existente fique concentrado. O DDG de milho passa pelo processo de secagem alcançando um teor de matéria seca de 89 a 92 %, constituindo num bom sequestrante de umidade. Já o WDG de milho tem um teor de matéria seca de 33 a 38 %. Apesar do teor de MS do WDG ser menor que do DDG, esse ainda pode ser utilizado como absorvente de umidade, pois o teor de MS é maior que a do capim elefante. Além disso, a ótima composição química bromatológica desses coprodutos sugere que podem atuar como melhoradores da qualidade nutricional da forragem nos processos de ensilagem.

Assim, os objetivos com esse trabalho foram verificar o padrão fermentativo da silagem de capim-elefante cv Canará, aditivado com níveis crescentes de WDG e DDG, além de avaliar o valor nutricional e digestivo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Capim-elefante

O capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) tem a sua origem no continente africano, tendo sido introduzido pelo Coronel Napier no Brasil em 1920. Com o reconhecimento de planta forrageira de alta produtividade de matéria seca, palatabilidade, valor nutritivo e estabilidade de produtividade em diversos climas, se difundiu por vários países, sendo atualmente encontrado em regiões dos trópicos e subtropicais, em altitudes que variam desde o nível do mar até 2.000 m (TCACENCO e BOTREL, 1997).

Jacques (1997) estudando os características morfológicas do capim-elefante, fez as seguintes considerações sobre esta gramínea: uma espécie de elevada eficiência fotossintética, ou seja, com alto aproveitamento da luz solar, resultando numa grande capacidade de acúmulo de matéria seca ao longo de seu ciclo vegetativo; espécie perene, cespitosa (porte ereto) e que em condições favoráveis de fertilidade do solo, temperatura e umidade, consegue atingir 2,5 a 3,5 m de altura, após alguns meses de desenvolvimento, podem alcançar produções de 150 a 250 t/ha de massa verde; distribui-se entre as latitudes de 10° Norte e 20° Sul, com temperatura

que varia entre 18 °C a 30 °C, precipitação entre 800 a 4.000 mm anuais; entretanto, o melhor desenvolvimento é obtido em altitudes de até 1500 m e temperatura de 24 °C; adapta-se a vários tipos de solo, mas possui pouca tolerância a terrenos mal drenados.

A melhor distribuição anual da produção de forragem é de extrema importância, tendo em vista que geralmente no período das águas desenvolvem-se pastos abundantes e de boa qualidade, entretanto na seca, há falta de volumoso para alimentação dos animais, o que traz grandes prejuízos aos pecuaristas, pois os animais deixam de ganhar peso, ficando suscetíveis a doenças e parasitas (SILVA *et al.*, 2007). Nesse sentido, genótipos que apresentem uma melhor distribuição anual da produção são imprescindíveis para o desenvolvimento da pecuária nas regiões tropicais.

Sendo a alimentação o item com os custos mais elevados dentro da atividade pecuária (CÓSER *et al.*, 2000), busca-se forrageiras com alto potencial produtivo e de qualidade bromatológica. O capim-elefante pode ser utilizado para a alimentação na forma de forragem verde picada, silagem, feno picado e pastoreio.

Possui elevado potencial de produção de matéria seca (MS), boa qualidade, vigor e persistência (PEREIRA *et al.*, 2010), podendo alcançar 80 toneladas de MS por ano (ANDRADE e LAVEZZO, 1998). Caracteriza-se por apresentar porte alto; touceiras de formato semiaberto; lâmina foliar de cor verde e bainha verde amarelada; colmo de diâmetro médio com coloração amarelada no internódio. Possui propagação vegetativa por meio de estacas, sendo indicado para uso como capineira nos Biomas Amazônia e Cerrado (EMBRAPA, 2013).

O capim-elefante quando introduzido como forrageira para alimentação animal, em sua maioria era utilizado na forma de capineiras sendo responsável por fornecer uma alta quantidade de matéria seca com bom valor nutritivo o que permite nutrir as necessidades dos animais (LIMA *et al.*, 2010). Dentre as cultivares de capim-elefante o BRS Canará, lançado através de uma parceria da EMBRAPA, EMPAER e UFMT, vem tendo destaque nos biomas Amazônia e Cerrado pela produtividade superior aos demais cultivares de capim-elefante já existentes (FAVA, 2008).

O capim-elefante é uma forrageira com excelente potencial de produção de matéria seca por área cultivada, com quantidades razoáveis de carboidratos solúveis. Nussio *et al.* (2000) afirmaram que a ensilagem de capins tropicais é uma alternativa à ensilagem de culturas tradicionais e tem como vantagens o uso de culturas perenes e o aproveitamento do excedente produzido na época das águas. Apesar disso, o teor de umidade elevado, na fase em que é ótimo o seu valor nutritivo, representa um obstáculo para o seu aproveitamento na forma de silagem,

pois resulta em fermentações indesejáveis, com consideráveis perdas de nutrientes (ZANINE *et al.*, 2006).

Para McDonald (1981) a forragem a ser ensilada deve ter teor de MS entre 30 e 35 %, para o processo fermentativo ocorrer de forma satisfatória, sendo valores inferiores propenso a proliferação de bactérias do gênero *Clostridium* que são responsáveis por fermentações indesejáveis ocasionando perdas. Teores superiores de MS na forragem dificultam a compactação do material dentro do silo, propiciando acúmulo de oxigênio na massa ensilada e o aparecimento de fungos além de perdas.

Segundo McDonald (1981), altos teores de umidade, baixos teores de carboidratos solúveis e a elevada capacidade tampão influenciam negativamente no processo fermentativo, impedindo que haja um rápido decréscimo do pH e propiciando ocorrência de fermentações secundárias, que depreciam a qualidade da silagem. Os valores de pH segundo o autor devem estar entre 3,8 - 4,2.

Os carboidratos solúveis são os principais substratos utilizados pelas bactérias lácticas. O ácido láctico, por sua vez apresenta poder de dissociação de prótons H⁺ (MOISIO e HEIKONEM, 1994), o que proporciona a redução rápida do pH.

Segundo Andrade *et al.* (2012) da forma em que vêm sendo manejado o capim-elefante para ensilagem tem levado a queda de valor nutricional devido à maturidade das plantas. Para contornar essas limitações, vários aditivos têm sido adicionados ao capim no momento da ensilagem no intuito de melhorar o padrão fermentativo e, conseqüentemente, a qualidade da silagem (REZENDE *et al.*, 2008).

2.2 Aditivos para ensilagem

Produtos denominados aditivos são adicionados às forragens que não apresentam características ideais para serem ensiladas com objetivo de melhorar a fermentação e reduzir as perdas durante a ensilagem. Os aditivos são utilizados a fim de: favorecer a conservação, melhorando a fermentação e evitando a produção de ácido butírico; reduzir as perdas de matéria seca de modo a preservar os nutrientes durante ou após a fermentação; fornece substratos fermentáveis para bactérias ácido lácticas; e melhorar o valor nutritivo da silagem (SANTOS *et al.*, 2010).

Nussio e Schmidt (2004) classificam os aditivos mais usados no Brasil em três grupos distintos: aditivos químicos, aditivos microbianos e sequestrantes de umidade. Os aditivos químicos têm maior utilização em silagens de cana-de-açúcar. Os aditivos microbianos são

utilizados para inúmeras finalidades. Os sequestrantes de umidade são usados em forragens úmidas, oriundos de capins tropicais e de clima temperado.

Segundo Silva *et al.* (2007) os aditivos mais utilizados na ensilagem do capim-elefante são os sequestrantes de umidade, que elevam o teor de MS e aumentam as chances de obter fermentação adequada. Além de corrigir a MS, alguns aditivos fornecem carboidratos solúveis e estimulam a fermentação (SCHMIDT *et al.*, 2014). São exemplos desses aditivos: polpa cítrica; subprodutos da indústria de mandioca e maracujá; resíduos de colheita de soja e de algodão; tortas e farelos.

Por diluição, quanto maior a qualidade do sequestrante usado, menor será o teor de FDN e maior a digestibilidade da MS, o que leva ao maior consumo e desempenho de ruminantes (SCHMIDT *et al.*, 2014). A redução na umidade da forragem concentra os carboidratos solúveis, diminui a ocorrência de fermentações indesejáveis, favorece o abaixamento do pH, reduz a proteólise e diminui a produção de gases e efluentes (ANDRADE *et al.*, 2010).

Ferreira (2013) utilizando a inclusão de resíduo de cervejaria desidratado no capim-marandu, verificou um decréscimo na perda por efluentes de 0,36 kg/t para cada 1 % de inclusão. Silveira (2017), trabalhando com torta de macaúba como aditivo na ensilagem de capim-elefante em níveis crescentes (até 30 % de inclusão), verificou redução linear de 1,22 kg/t nas perdas por efluentes para cada 1 % de inclusão.

Para Andrade *et al.* (2010) trabalhando com diversos subprodutos agrícolas como aditivo na ensilagem de capim-elefante, encontrou aumento linear na ordem de 0,149 % de recuperação da matéria seca para cada 1% de inclusão. Zanine *et al.* (2007) trabalhando com capim-elefante aditivado com farelo de trigo e *Lactobacillus plantarum* associados ou isolados, concluíram que todos os tratamentos promoveram maior recuperação da matéria seca e melhoram a qualidade de silagens de capim-elefante, sendo os maiores benefícios alcançados com a combinação dos dois aditivos.

Segundo Vilela (1998) o pH, concentração de ácidos orgânicos e nitrogênio amoniacal são parâmetros que dão ideia da qualidade fermentativa da silagem. Uma silagem de boa qualidade apresenta valores de pH entre 3,8 - 4,5 caracterizando uma fermentação adequada (NUSSIO *et al.*, 2000), pois bactérias proteolíticas são inibidas, reduzindo a proteólise e, conseqüentemente, a produção de nitrogênio amoniacal (SANTOS *et al.*, 2008).

No entanto, esta variável isoladamente não pode ser empregada como critério avaliativo de um processo fermentativo, pois o efeito inibidor é dependente da velocidade com que se declina o pH durante o processo fermentativo. Zierenberg *et al.* (2001) definem que, mais importante que a estabilidade de pH de uma silagem é a velocidade com que este se declina, a

fim de evitar as fermentações indesejadas, pois se sabe que as bactérias indesejáveis exigem pH maiores.

Zanine *et al.* (2007) trabalhando com adição de farelo de trigo na forragem de capim-elefante, observou a queda do pH de 4,73 (não aditivado) para 4,01 (aditivado com farelo de trigo e *Lactobacillus plantarum*). A adição de farelo de trigo, por promover redução do teor de umidade, estimula o crescimento de bactérias lácticas em detrimento de bactérias do gênero *Clostridium*, aumentando a produção de ácido lático, fato este que também pode ter contribuído para a melhor qualidade fermentativa neste experimento.

Segundo Brito *et al.* (2000) consideraram que em silagens bem conservadas, os níveis de N-NH₃ não devem ultrapassar valores de 10 % de N-total da silagem. O teor de MS desempenha papel fundamental na confecção da silagem ao aumentar a concentração de nutrientes, facilitar os processos fermentativos e diminuir a capacidade de ação dos clostrídeos (WASCHECK *et al.*, 2008).

A relação entre a presença e de umidade e a ocorrência de fermentação indesejável é amplamente discutida em vários trabalhos, sendo que os teores de matéria seca entre 28 e 34 %, minimizam a ação dos clostrídeos, desde que os teores de carboidratos solúveis e capacidade tampão não sejam limitantes (BALSALOBRE *et al.*, 2001).

Segundo Antonio (2016) a redução de efluentes é resultado da elevação da MS das silagens em função dos aditivos utilizados. Ferrari Junior *et al.* (2009) utilizando polpa cítrica desidratada, mostraram eficiência do aditivo no aumento do teor de MS da silagem de capim-elefante de 4,37 e 7,71 %, mediante adição de 5 e 10 % de polpa cítrica, respectivamente.

O processo de aditivação se torna promissor frente ao pré murchamento da forragem, pois o número de fungos e leveduras aumenta drasticamente durante o período de pré murchamento, de maneira que esta técnica, além de seus benefícios, pode resultar em crescimento de microrganismos indesejáveis, bem como redução da estabilidade aeróbica de silagens (JONSSON e PAHLOW, 1984).

Andrade e Lavezzo (1998) observaram que houve queda nos teores de matéria mineral à medida que se aumentaram os níveis de aplicação.

Zanine *et al.* (2007) verificaram que a própria natureza da fibra do aditivo (farelo de trigo) apresenta melhor qualidade que a fibra do capim, o que contribui para que tenhamos uma diminuição pelo efeito de diluição.

Rêgo *et al.* (2013) trabalhando com três idades de corte do capim-elefante 70, 90 e 110 dias e níveis crescentes de inclusão de farelo de algaroba, verificou que para cada 1 % de

inclusão de farelo de algaroba, o FDA da silagem decresceu em 0,54 %, 0,44 % e 0,42 % para as respectivas idades de corte.

Segundo Resende *et al.* (1994) as reduções de FDN das silagens pode contribuir para aumentar o consumo de matéria seca, bem como aumentar a densidade energética da dieta de ruminantes (JUNG e ALLEN, 1995) e elevado teor de FDN interfere no consumo e na digestibilidade da matéria seca (VAN SOEST, 1994).

Lobo (2006) aditivando silagem de capim-elefante com polpa cítrica também obteve redução da FDN, que segundo o autor, foi reduzida linearmente à medida que se elevou a adição de polpa cítrica, o que se explica pelo baixo teor de FDN do aditivo (27,8 %) em comparação ao teor observado para o capim-elefante (acima de 64 % de FDN).

Rêgo *et al.* (2013) também obtiveram melhoria na qualidade da FDN, aditivando silagem de capim-elefante com farelo de vagens de algaroba. Para esta variável o comportamento ocorreu tal como a variável de FDA, possivelmente a menor FDN do aditivo proporcionou o efeito de diluição na quantidade de FDN do capim sem aditivo, pois neste trabalho a FDN do capim encontrava-se em 75,51 % e do aditivo 70,56 % antes da ensilagem. Mello *et al.* (2004) em sua compilação de dados sobre silagem de várias culturas, observou que as silagens de capim-elefante em média apresentam FDN de 70 a 75 %.

Pires *et al.* (2009) testando casca de café, farelo de cacau e farelo de mandioca na dose de 15 % de inclusão obteve alta FDN_{cp} para casca de café (72,6), devido a este produto apresentar FDN_{cp} similar ao capim-elefante. Já para o aditivo farelo de cacau houve a queda do valor para 63,3 % devido ao aditivo apresentar uma FDN_{cp} de 45,7 %. Quando o autor incluiu farelo de mandioca que tinha em sua composição 11,3 % de FDN_{cp}, observou a queda desta variável na silagem para 58,0 %.

Rêgo *et al.* (2013) trabalhando com três idades de corte do capim-elefante 70, 90 e 110 dias e níveis crescentes de inclusão de farelo de algaroba, encontrou efeito linear crescente para PB na ordem de 0,17 % para cada 1 % de inclusão

Guerra (2015) trabalhando com a ensilagem de capim-elefante aditivada com bagaço de caju desidratado, obteve comportamento linear crescente para PIDN da MS, alcançando na dose máxima utilizada no experimento de 20 % de adição 6,08 % de PIDN na MS. O mesmo autor trabalhando com torta de girassol desidratada, encontrou também efeito linear crescente para a variável, porém na dose máxima do aditivo 20 % de inclusão 4,04 % de PIDN na MS.

Andrade *et al.* (2010) trabalhando com silagem de capim-elefante aditivado com farelo de mandioca, casca de café e farelo de cacau, verificaram que o farelo de mandioca foi o que apresentou a menor fração de PIDN em relação aos outros dois aditivos. Comentam os autores

que isto ocorre devido a composição dos aditivos, sendo que farelo de cacau e casca de café apresentaram maior quantidade de PB em suas composições. Sendo que para casca de café e farelo de cacau os valores de PIDN ajustaram-se de forma quadrática, sendo que se observou valores de 47,7 e 56,9 % de PIDN da PB, ao nível de inclusão de 24 % de ambos os aditivos.

Guerra (2015) na ensilagem de capim-elefante obteve incremento de 0,09 % e 0,12 % de aumento na PIDA (% MS) para cada 1 % de inclusão de torta de girassol e bagaço de caju, respectivamente.

Souza *et al.* (2003) verificaram que o aumento de níveis de casca de café no capim-elefante quando ensilado promoveu aumento linear da PIDA, chegando a 17,7 % quando ele incluiu 34,8 % de casca de café.

Pires *et al.* (2009) trabalhando com ensilagem de capim-elefante aditivada com casca de café e farelo de cacau, encontrou PIDA de 20,6 e 20,9 %. Também este autor aditivando capim-elefante com 15 % de farelo de mandioca verificou uma PIDA de 9,5%.

Os teores de PIDA % da PB refletem em sua maioria a ocorrência do processo de Maillard ou caramelização, que promove a complexação do nitrogênio a fibra, especialmente a hemicelulose, ocorrendo assim o declínio do valor nutritivo das silagens (RODRIGUES *et al.*, 2005; VAN SOEST 1994; VILLELA, 1998)

Lima (2002) quando ensilou capim-elefante aditivado com casca de soja obteve aumento de 52,25 % para 57,99 % de NDT quando incluiu 30 % de casca de soja, e o autor comenta que o aumento do percentual de NDT dos tratamentos que receberam a casca de soja deve-se ao fato deste resíduo apresentar um maior teor destes elementos em relação ao capim-elefante utilizado

Para Andrade *et al.* (2010) analisando farelo de mandioca como aditivo na forragem de capim-elefante verificou um comportamento linear crescente. Já para os aditivos farelo de cacau e casca de café o comportamento foi linear decrescente, e este autor justifica o comportamento contrário destes dois aditivos em relação ao farelo de mandioca, devido aos mesmos apresentarem teores mais elevados de PIDA, o que certamente influenciou no cálculo de NDT.

Bousi (2017) trabalhando em composição bromatológica de DDGs, verificou que os NDT das amostras apresentaram uma variação de 73 a 79 %, que evidencia o alto teor de NDT por parte do DDG, o que pode certamente influenciar no aumento desta variável quando incorporada a forrageiras de menor quantidade de NDT. Mello *et al.* (2004) compilou dados de vários autores e demonstraram que a NDT da silagem de capim-elefante varia de 50 - 60 %.

De acordo com o NRC (2001) as exigências de ELL dependem do estágio de lactação e gestação que o animal se encontra podendo variar de 1,35 a 1,47 Mcal.kg⁻¹ para vacas leiteiras

secas (no início do período) e de 2,18 a 2,23 Mcal.kg⁻¹ para vacas recém paridas (0 a 21 dias). Ferreira (2015) trabalhando com idades de corte de capim-elefante para feno encontrou 1,15 Mcal/Kg aos 60 dias de corte.

2.3 Coprodutos da produção de etanol de milho

O etanol, a partir do milho, teve seu início no Estado do Mato Grosso em 2012, incentivado pela indústria canavieira. As indústrias, chamadas de destilaria/usina flex, processam tanto a cana-de-açúcar como o milho e sorgo, e passaram por algumas adaptações para o processamento do milho, também ocupando boa parte dos equipamentos existentes como caldeiras (geração de energia térmica), colunas de fermentação, destilação e tanques para o estoque do etanol (SOBRINHO, 2012).

Atualmente encontram-se usinas operando com modelos de negócios diferentes em sua cadeia produtiva. Usinas que operam apenas com o milho como matéria-prima são nomeadas de modelo de negócios focado. As que dividem a matéria-prima com a pecuária, geralmente quando o investidor são pequenos produtores, tem o nome de usina sinérgica. A usina que opera na produção de etanol com cana-de-açúcar e o milho resolvendo problemas da entressafra da cana é chamada de usina flex. A usina que opera tanto com a cana-de-açúcar, milho e atividade pecuária é considerada uma usina completa (MARINHO, 2016).

A agregação de valor do milho ocorre devido ao aparecimento de novos coprodutos após à industrialização. A produção de etanol a partir do milho gera o DDG (Dry Distillers Grains) - grãos secos de destilaria e o WDG (Wet Distillers Grains) - grãos úmidos de destilaria. Além do DDG e WDG, a produção de etanol de milho também gera o óleo de milho que é vendido às refinarias (MARINHO, 2016).

Os processos de produção de etanol pela cana-de-açúcar e grão de milho são bastante similares entre si tendo sua principal diferença nas etapas iniciais. Dessa forma, o termo Usinas Flex se origina da palavra flexibilização que permite alternar entre as duas matérias-primas. Na região centro-sul a safra de cana-de-açúcar ocorre de maio a novembro, ficando a usina parada ou em manutenção durante o período restante (PELLEGRINE, 2019).

O emprego do milho como matéria prima para a produção de etanol apresenta rendimento industrial de 460 L de etanol anidro e 380 kg de DDGS por cada tonelada de grão seco inserido no sistema (WYMAN, 1996).

A produção de coprodutos oriundos do milho vem ganhando destaque no Centro Oeste brasileiro, pois apresentam alto teor de proteína e preço atrativo. Segundo a Conab (2020) a

produção de álcool a partir do milho alcançou 791.431.000 litros na safra 18/19 o que gera em torno de 751.850 toneladas de coproduto. Estimativas da Conab (2020) para a safra 19/20 projeta a produção de 1.347.739.000 L que irão gerar em torno de 1.280.352 toneladas de coprodutos.

O etanol de milho pode ser produzido por dois processos distintos, sendo um deles a partir de moagem via úmida e o outro a partir de moagem via seca. No processo por via úmida várias frações do grão de milho são separadas favorecendo a recuperação de subprodutos como: amido modificado, dextrinas, xarope de glucose, óleo refinado, fibra e glúten. Na moagem via seca os subprodutos são: o óleo refinado e os DDGS que são utilizados como suplemento proteico aos animais agregando valor à industrialização do milho (REGITANO-D'ARCE *et al.*, 2015).

Atualmente o processo por via úmida vem sendo substituído pelo processo de via seca devido aos grandes custos de produção do etanol por via úmida., após o processo de fermentação, o material de fundo dos destiladores é enviado às centrífugas que separam as partes sólidas da solução no objetivo de serem enviadas aos secadores obtendo um produto de 14 a 10 % de umidade dando origem ao DDG (Figura 1). Quando não passam pelo processo de secagem, apenas o de centrifugação, produz-se WDG que tem teor de umidade de 65 a 75 %, estes coprodutos são bastante utilizados como ração animal devido ao seu grande teor proteico (FERNANDES, 2019).

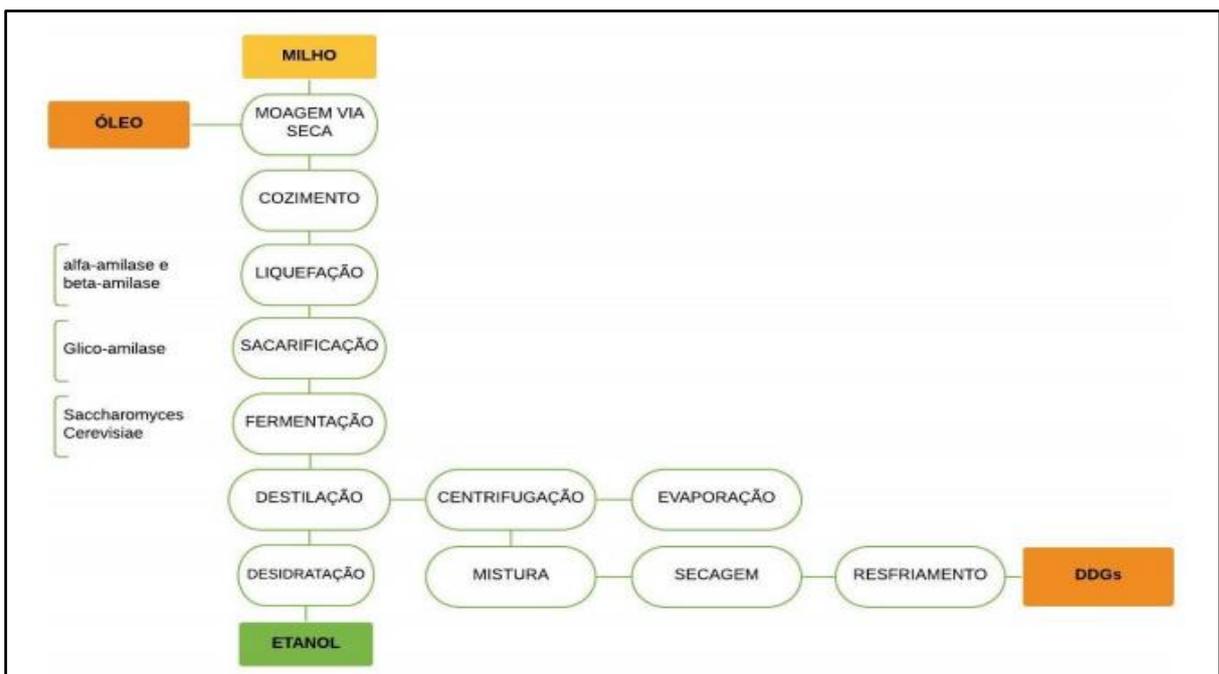


Figura 1 - Etapas de Produção de etanol de milho por via seca. FONTE: Adaptado de: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (Brasil) e Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, (2008); Machado e Abreu, (2006).

Para a indústria a comercialização do WDG é mais vantajosa, pois diminui o custo, eliminando o processo de secagem, porém o transporte fica mais caro, pois o 65 a 75 % do produto é água. O DDG por sua vez é um produto mais caro devido ao processo de secagem, porem entrega-se um produto de maior concentração, em torno de 88 a 93 % de MS (BOUSI, 2017).

O DDG e o WDG apresentam variabilidade quanto a sua composição química, que dependem da matéria prima utilizada, diferenças nos tipos de levedura, fermentação e eficiências de destilação, processos de secagem e quantidade de solúveis adicionados ao produto, além das diferentes matérias primas na produção do etanol (BOUSI, 2017). Este autor analisou amostras de DDG de diferentes indústrias e encontrou teor de MS variando de 82,91 a 94,96 %; MM de 1,40 a 2,33 %; PB de 30,24 a 38,10 %; FDN de 55,04 a 71,46 %; FDA de 13,08 a 20,09 %. Tjardes e Wright (2002), analisando WDG, encontraram teor de MS de 25 a 35 %, PB de 30 a 35 %, FDN de 30 a 50 %.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, I.; PIRES, A. J. V.; CARVALHO, G. G. P.; VELOSO, CM; BONOMO, P. Fracionamento de proteínas e carboidratos em silagem de capim-elefante com subprodutos agrícolas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n.11, 2010.
- ANDRADE, A. P.; QUADROS, D. G.; BEZERRA, A. R. G.; ALMEIDA, J. A. R.; SILVA, P. H. S.; ARAÚJO, J. A. M. Aspectos qualitativos da silagem de capim-elefante com fubá de milho e casca de soja. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 3, p. 1209-1218, 2012.
- ANDRADE, J. B.; LAVEZZO, W. Aditivos na ensilagem do capim-elefante. I. Composição bromatológica das forragens e respectivas silagens. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, n.11, 1998.
- ANTONIO, P. **Aditivos proteicos sequestrantes de umidade na ensilagem de gramíneas tropicais**. 2016. 50f. Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2016.
- BALSALOBRE, M. A. A.; NUSSIO, L. G.; MARTHA JÚNIOR, G. B. Controle de perdas na produção de silagens de gramíneas tropicais. In: MATTOS, W. R. S.; FARIA, V. P.; SILVA, S. C.; NUSSIO, L. G.; MOURA, J. C. **A produção animal na visão dos brasileiros**, Piracicaba: FEALQ, 2001.
- BNDES. **Bioetanol de cana-de-açúcar: energia para o desenvolvimento sustentável**. BNDES e CGEE (org). Rio de Janeiro: BNDES, 3160p., 2008. Disponível em: <file:///C:/Users/Joana%20Farias/Desktop/Bioetanol%20da%20cana-de-acucar_P.pdf>. Acesso em: set, 2020.
- BRITO, A. F.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUES, J. A. S.; ROCHA JÚNIOR, V. R.; RODRIGUEZ, N. M.; BORGES, I.; Avaliação de sete genótipos de sorgo [*Sorghum bicolor* (L) Moench] para produção de silagem. II – Padrão de fermentação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, vol.52, n.5, p.512-520, 2000.
- BUOSI, J. P. F. **Composição bromatológica e digestibilidade *in vitro* de grãos secos de destilaria com solúveis**. 2017. 94f. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) - Programa de Pós-Graduação em Produção Animal, Universidade Brasil, Descalvado, São Paulo, 2017.
- CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar**. Safra 2020/2021, v.7 n.2, Brasília, p.1-64, ago/2020. Disponível em:<BoletimZdeZcana-de-acucarZ2Zlevantamento.pdf>. Acesso em: set. 2020.
- CÓSER, A. C.; MARTINS, C. E.; DERESZ, F. **Capim-elefante: formas de uso na alimentação animal**. Circular Técnica: Embrapa Gado de Leite, n. 57, p. 01-30, 2000. Disponível em: < <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/65223/1/CT-57-Capim-elefante-formas-de-uso.pdf>>.
- EMBRAPA. Embrapa lança cultivares de capim-elefante. **Jornal Eletrônico do ILPF**, ano 04, ed.11, fev/2013. Disponível em: <<http://boletimilpf.cnpms.embrapa.br/noticia.php?ed=MTE=&id=NDM=>>>. Acessado em: 17 de agosto de 2020.
- FAVA, A. R. **Distribuição estacional da produção de clones de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) para utilização como capineira no cerrado matogrossense**. 2008. 79p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2008.
- FERNANDES, R. **Avaliação da produção de etanol empregando milho como matéria-prima**. 2019. 35f. TCC (Graduação em Engenharia Química) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2019.

- FERRARI JUNIOR, E.; PAULINO, V. T.; POSSENTI, R.A.; LUCENAS, T.L. Aditivos em silagem de capim-elefante Paraíso (*Pennisetum hybridum* cv. Paraíso). **Archivos de Zootecnia**, v.58, n.222, 2009.
- FERREIRA, D. J. **Resíduo desidratado da agroindústria de cervejaria na produção de silagem de Capim-Marandu**. 2013. 126f. Tese (*Doctor Scientiae*) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2013.
- FERREIRA, E. A. **Idades de corte do capim-elefante BRS Canará para produção de forragem e feno picado**. 2015. 77f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) - Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2015.
- GUERRA, D. G. F. **Composição químico-bromatológica e avaliação sensorial de silagens de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum) com diferentes níveis de subprodutos da agroindústria**. 2015. 58f. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) – Programa de Pós-Graduação em Produção Animal, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2015.
- JACQUES, A.V.A. Caracteres morfológicos e suas implicações no manejo. In: CARVALHO, M. M.; ALVIM, M. J.; XAVIER, D. F.; CARVALHO, L. A. **Capim-elefante: produção e utilização**, 2ª ed, Brasília: EMBRAPA, p.31-48,1997.
- JONSSON, A.; PAHLOW, G. Systematic classification and biochemical characterization of yeast growing in grass silage inoculated with *Lactobacillus* culture. **Animal Research and Development**, v.20, p.7-22, 1984.
- JUNG, H. G.; ALLEN, M. S. Characteristics of plant cell walls affecting intake and digestibility of forages by ruminants. **Journal of Animal Science**, v.73, n.9, p.2774-2790, 1995.
- LIMA, P. G. C. **Silagem de capim-elefante com adição de casca de soja**. 2020. 65f. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, Universidade Federal do Paraná, Maringá, 2020.
- LIMA, E. S.; SILVA, J. F. C.; VÁSQUEZ, H. M.; ANDRADE, E. N.; ARAÚJO, S. A. C.; DEMINICIS, B. B.; COSTA, D. P. B.; MORAIS, J. P. G. Característica agrônômicas e nutritivas das principais cultivares de capim-elefante do Brasil. **Veterinária e Zootecnia**, v.17, n.3, p.324-334, 2010.
- LOBO, J. R. **Avaliação da idade de corte e do uso de polpa cítrica sobre a qualidade fermentativa e estabilidade aeróbica da silagem de capim-elefante**. 2006. 106fls. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Programa de Pós-Graduação em Nutrição Animal, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2006.
- MACHADO, C. M. M.; ABREU, F. R. Produção de álcool combustível a partir de carboidratos. **Revista de Política Agrícola**, ano XV, n.3, p.64-78, 2006. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/121716/1/Paginasdepolagr0320062p.6478.pdf>>. Acesso em: 12 set. 2020.
- MARINHO, A. F. Etanol de milho: vantagens e desvantagens. **Canal – Jornal da Bioenergia**, 2016. Disponível em: <<http://www.canalbioenergia.com.br/aproveitamento-maximo-do-milho>>. Acesso em: 12 set. 2020.
- McDONALD, P. **The biochemistry of silage**. New York: John Willey & Sons, 226p., 1981.
- MELLO, R.; NÖRNBERG, J. L.; ROCHA, M. G. Potencial produtivo e qualitativo de híbridos de milho, sorgo e girassol para ensilagem. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.10, n.1, p.87-95, 2004.
- MOISIO, T., HEIKONEN, M. Lactic acid fermentation on silage preserved with formic acid. **Animal Feed Science and Technology**, v. 47, n. 1, p.107-124, 1994.
- NRC. **Nutrient requirements of the dairy cattle**. Washington: National Academy of Science, 7ed., 363p., 2001.

- NUSSIO, L. G.; SCHMIDT, P. Tecnologia de produção e valor alimentício de silagens de cana-de-açúcar. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 2, 2004, Maringá. **Anais...** Maringá: UEM, p.1-33, 2004.
- NUSSIO, L. G.; MANZANO, R. P.; AGUIAR, R. N. S. et al. Silagem do excedente de produção das pastagens para suplementação na seca. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE GADO DE CORTE, 2000, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, p.121- 138, 2000.
- PELLEGRINI, L. F. **Análise e otimização termo-econômica-ambiental aplicada à produção combinada de açúcar, álcool e eletricidade.** 2009. 350p. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.
- PEREIRA, A. V.; AUAD, A. M.; LÉDO, F. J. S.; BARBOSA, S. *Pennisetum purpureum*. In: FONSECA, D. M.; MARTUSCELLO, J. A. **Plantas Forrageiras**, 1ªed., Viçosa: UFV, p.197-219, 2010.
- PIRES, A. J. V.; CARVALHO, G. G. P.; GARCIA, R.; CARVALHO JUNIOR, J. N.; RIBEIRO, L. S. O.; CHAGAS, D. M. T. Capim-elefante ensilado com casca de café, farelo de cacau ou farelo de mandioca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.1, p.34-39, 2009.
- REGITANO-D'ARCE, M. A. B.; SPOTO, M. H. F.; CASTELLUCCI, A. C. L. Processamento e industrialização do milho para alimentação humana. **Visão Agrícola: Industrialização**, n. 13, p.138-140, 2015. Disponível em: <https://www.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/VA_13_Industrializacao-artigo2.pdf>. Acesso em: 12 set. 2020.
- RÊGO, A. C.; PAIVA, P. C. A.; MUNIZ, J. A.; VAN CLEEF, E. H. C. B.; MACHADO NETO, O. R.; MATA JUNIOR, J. I. Mesquite pod meal in elephant grass silages. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v.35, n.3, p. 251-258, 2013.
- RESENDE, F. D.; QUEIROZ, A. C.; FONTES, C. A. A.; PEREIRA, J. C.; RODRIGUEZ, R. R.; JORGE, A. M.; BARROS, J. M. S. Rações com diferentes níveis de fibra em detergente neutro na alimentação de bovídeos em confinamento. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia.**, v.23, n.3, p.366-376, 1994.
- REZENDE, A. V.; GASTALDELLO JUNIOR, A. L.; VALERIANO, R. A.; CASALI, A. O.; MEDEIROS, L. T.; RODRIGUES, R. Uso De diferentes aditivos em silagem de capim-elefante. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, n.1, 2008.
- RODRIGUES, P. H. M.; BORGATTI, L. M. O.; GOMES, R. W.; PASSINI, R.; MEYER, P.M. Efeito da adição de níveis crescentes de polpa cítrica sobre a qualidade fermentativa e o valor nutritivo da silagem de capim-elefante. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, p.1138-1145, 2005.
- SANTOS, E. M.; ZANINE, A. M.; DANTAS, P. A. S.; DÓREA, J. R. R.; SILVA, T. C.; PEREIRA, O. G.; LANA, R. P. Composição bromatológica, perdas e perfil fermentativo de silagens de capim-elefante com níveis de jaca. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal.**, v.9, p.64-73, 2008.
- SANTOS, F. A. P.; PEDROSO, A. M. Suplementação proteica e energética para bovinos de corte em confinamento. In: PIRES, A.V. **Bovinocultura de corte**. Piracicaba: FEALQ, p.257-280, 2010.
- SCHMIDT, P.; SOUZA, C. M.; BACH, B. C. Uso estratégico de aditivos em silagens: Quando e como usar. Simpósio: Produção e Utilização de Forragens Conservadas. **Anais...** Maringá: Nova Sthampa, p.243-264, 2014.
- SILVA, F. F.; AGUIAR, M. S. M. A.; VELOSO, C. M.; PIRES, A. J. V.; BONOMO, P.; DUTRA, G. S.; ALMEIDA, V. S.; CARVALHO, G. G. P.; SILVA, R. R.; DIAS, A. M.; ÍTAVO, L. C. V. Bagaço de mandioca na ensilagem do capim-elefante: qualidade das silagens e digestibilidade dos nutrientes. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.59, n.3, p.719-729, 2007.

- SILVEIRA, H. V. L. **Torta de macaúba como aditivo em silagem de capim-elefante**. 2017. 46p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2017.
- SOBRINHO, P. **Processo (simplificado) de produção de etanol de milho – Destilaria/Usina Flex – Abordagem descritiva de um novo potencial**. In: CONAB - Regional de Mato Grosso, Cuiabá, 2012. Disponível em: < <https://docplayer.com.br/8272031-Mato-grosso-processo-simplificado-de-producao-de-etanol-de-milho-destilaria-usina-flex-abordagem-descritiva-de-um-novo-potencial.html>>. Acesso em: out. 2020.
- SOUZA, A. L.; BERNARDINO, F. S.; GARCIA, R.; PEREIRA, O. G.; ROCHA, F. C.; PIRES, A. J. V. Valor nutritivo de silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) com diferentes níveis de casca de café. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.4, p.828-833, 2003.
- TCACENCO, F. A., BOTREL, M. A. Identificação e avaliação de acessos e cultivares de capim-elefante. In: CARVALHO, M. M., ALVIM, M. J., XAVIER, D. F.; CARVALHO, L. A. (Ed.). **Capim-elefante: produção e utilização**, 2ªed., Brasília: Embrapa-SPI e Juiz de Fora: EMBRAPA – Gado de leite, p.1-30, 1997.
- TJARDES, J.; WRIGHT, C. **Feeding corn distiller's co-products to beef cattle**. *SDSU Extension Extra Archives*. 61, 2002.
- VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. Ithaca and London: Cornell, 2nd ed., 476p., 1994.
- VILELA, D. Aditivos para silagem de plantas de clima tropical. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. **Anais...** Botucatu: Sociedade Brasileira de Zootecnia, p.73-111, 1998.
- WASCHECK, R. C.; MOREIRA, P. C.; COSTA, D. S.; DUTRA, A. R.; FERREIRA NETO, J. F.; MOREIRA, L.; CAMPOS, R. M.; LAFORGA, C. S.; REZENDE, P. L. P.; RABELO, N. A. **Características da silagem de capim colômbio (*Panicum maximum* Jacq) submetido a quatro tempos de emurchecimento pré-ensilagem**. *Estudos Vida e Saúde*, v.35, n.3, p.385-399, 2008.
- WYMAN, C. E. **Handbook on bioethanol: production and utilization**. Washington: Taylor & Francis, 1996.
- ZANINE, A. M.; SANTOS, E. M.; FERREIRA, D. J.; OLIVEIRA, J. S.; ALMEIDA, J. C. C.; PEREIRA, O. G. Avaliação da silagem de capim-elefante com adição de farelo de trigo. **Archivos de Zootecnia**, v.55, n.209, p.75-84, 2006.
- ZANINE, A. M.; SANTOS, E. M.; FERREIRA, D. J.; PINTO, F. B.; PEREIRA, O. G. Características fermentativas e composição químico-bromatológica de silagens de capim-elefante com ou sem *Lactobacillus plantarum* e farelo de trigo isoladamente ou em combinação. **Ciência Animal Brasileira**, v.8, n.4, p.621-628, 2007.
- ZIERENBERG, B.; FRIEDEL, K.; GLATZLE, A.; CHUDY, A. Assessment of ensilability of six tropical grasses using three different approaches. In: XIX International Grassland Congress. **Proceedings...** São Pedro: FEALQ, p.786-788, 2001.

O capítulo 2 está nas normas para submissão na revista SEMINA AGRÁRIAS.

O capítulo 3 está nas normas para submissão na revista Research, Society and Development

CAPÍTULO 2

Padrão fermentativo e valor nutritivo de silagem de capim-elefante com grãos secos de destilaria.

Fermentative pattern and nutritional value of elephant grass silage added with dry distillery grains.

Destaques: A inclusão de DDG proporciona melhoria da qualidade química bromatológica da silagem de capim-elefante Canará.

Os níveis de inclusão de DDG, proporcionaram o aumento do teor de matéria seca da silagem, que em consequência propiciou o aumento na recuperação da matéria seca, baixo teor de N amoniacal, baixa perda por gases e por efluentes da silagem.

A qualidade química bromatológica do aditivo DDG, com alto teor de PB, baixo FDN e FDA propiciaram a melhoria da qualidade nutricional e digestível da silagem de capim-elefante Canará.

Resumo: A alimentação de ruminantes é afetada pela sazonalidade climática. Uma das formas para atender a demanda nutricional nas épocas de escassez de alimento é a ensilagem de capins tropicais, dentre estes, o capim-elefante destaca-se como uma forrageira tropical de alta produtividade de matéria seca (MS) e adaptabilidade, porém quando se encontra com bom valor nutritivo, apresenta baixo teor de MS, o que possibilita fermentações secundárias, produção de efluentes (EFLU) e consequente perda de qualidade do valor nutricional e palatabilidade da silagem. Para contornar essas limitações, aditivos absorventes de umidade têm sido adicionados ao capim. Dentre os aditivos sequestrantes de umidade, o DDG (grãos secos de destilaria), aditivo proveniente da produção de álcool a partir do milho se destaca, sendo um produto com alto teor de MS, alta proteína bruta (PB), baixa fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA). O objetivo com esse experimento foi verificar o padrão fermentativo e avaliar os valores nutricional e digestivo da silagem de capim-elefante, cultivar Canará, aditivado com níveis crescentes de DDG. O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental da Universidade Federal de Mato Grosso, em Santo Antônio do Leverger-MT. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, com 6 tratamentos (0; 5; 10; 15; 20 e 30 % de inclusão de DDG) e 4 repetições. As variáveis mensuradas foram: carboidratos solúveis (CHOS), capacidade tampão (CT), coeficiente fermentativo (CF), perda de gases (PG) e efluentes (EFLU); recuperação da matéria seca (RMS); potencial

hidrogeniônico (pH); nitrogênio amoniacal (N-NH₃); teores de MS; matéria mineral (MM); FDA; FDN; fibra em detergente neutro isenta de cinzas e proteína (FDNcp); PB; proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN); proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA); nutrientes digestíveis totais (NDT) e energia líquida lactante (ELL). Os dados foram submetidos à análise de regressão ao nível de 5 % e 1 % de probabilidade, utilizando-se o programa estatístico SISVAR[®]. A medida em que se elevou os níveis de inclusão de DDG, verificou-se efeito quadrático positivo para: PIDN e NDT e efeito quadrático negativo para PG, N-NH₃, MM, FDN, FDNcp, efeito linear positivo para: CF, RMS, pH, MS, PB, PIDA, ELL e linear negativo para CT, EFLU e FDA. A inclusão de DDG a forragem de capim-elefante proporcionou uma silagem com boa qualidade fermentativa, reduzindo as perdas. Os níveis de DDG, proporcionaram aumento do CF, teor de MS, RMS, ELL e PB, diminuição da CT, EFLU, da FDN e FDA além de PIDN e PIDA baixos, com incremento do valor nutritivo da silagem de capim-elefante. Recomenda-se a adição de no máximo 20% de DDG por Kg de matéria natural de forragem de capim elefante a ser ensilada.

Palavras-chave: aditivos, Canará, coproduto, DDG, etanol, *Pennisetum purpureum* Schum.

Abstract: Ruminant feeding is affected by climatic seasonality. One way to meet the nutritional demand in times of food scarcity is the silage of tropical grasses, among these, elephant grass stands out as a tropical forage high dry matter productivity (DM) and adaptability, but when it presents good nutritional value, it has a low DM content, which allows secondary fermentations, effluent production (EFLU) and consequent loss of the silage nutritional value and palatability. To circumvent these limitations, moisture adsorbent additives have been added to the grass. Among the moisture-sequestering additives, DDG (dry distillery grains), an additive from the production of alcohol from corn, is a product with high DM content, high crude protein (CP), low neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (ADF). The aim of this experiment was to evaluate the fermentative pattern and evaluate the nutritional and digestive values of elephant grass silage, cultivar Canará, with increasing levels of DDG. The experiment was conducted at the Experimental Farm of the Federal University of Mato Grosso in Santo Antônio do Leverger-MT. The design used was completely randomized, with 6 treatments (0; 5; 10; 15; 20 and 30 % of DDG inclusion) and 4 replications. The variables measured were: buffer capacity (BC), stable carbohydrates (SC), fermentative coefficient (FC), losses of gas (GL); of effluents (EFLU); dry matter recovery (RMS); hydrogen potential (pH); ammoniacal nitrogen (N-NH₃); content of DM; mineral matter (MM); ADF; NDF; neutral detergent fiber free of ash and protein (FDNcp); PB; neutral detergent insoluble protein (NPID); acid detergent insoluble

protein (ADIP); digestible nutrients (TDN) and lactating liquid energy (ELL). The data were submitted to regression analysis at the level of 5 % and 1 % probability, using the statistical program SISVAR[®]. The extent to which the inclusion levels of DDG were increased, promoted a quadratic effect for GL, N-NH₃, MM, NDF, FDNcp, NPID and TDN linear effect for BC, FC, EFLU, RMS, pH, DM, CP, ADIP, ELL and ADF. The inclusion of DDG to elephant grass forage provided a silage with good fermentative quality, reducing losses. The DDG levels increased DM, RMS, ELL and CP content, decreased EFLU, NDF and ADF, and low NPID and ADIP, with increased nutritive value of elephant grass silage. It is recommended to add a maximum of 20% DDG per kg of forage material of elephant grass to be ensiled.

Keywords: additives, Canará, co-product, DDG, ethanol, *Pennisetum purpureum* Schum.

Introdução

A alimentação de ruminantes é afetada pelas sazonalidades na produção dos pastos no Brasil, tendo que os pecuaristas buscarem estratégias para alimentar os animais. Dentre as várias formas de atender a demandada nutricional nas épocas de escassez de alimento, a produção de silagem de capins tropicais provenientes de áreas de excedente de produção na época das águas, estão ganhando destaque na pesquisa, para ofertar alimento de qualidade.

O capim-elefante destaca-se como uma forrageira de alta produtividade de matéria seca e adaptabilidade a vários climas e solos (TCACENCO e BOTREL, 1997), o que o classifica como uma boa forrageira para conservação na forma de silagem.

A silagem é o material produzido a partir de uma fermentação anaeróbica controlada de uma forragem, visando manter a qualidade nutricional após a abertura do silo (McDONALD, 1981). Porém, para que isto ocorra, alguns parâmetros como teor de matéria seca, de carboidratos solúveis e produtividade de matéria seca devem ser verificados frente a forrageira escolhida para ser ensilada.

O capim-elefante, quando se encontra com bom valor nutritivo, apresenta baixo teor de matéria seca, o que possibilita fermentações indesejáveis, produção de efluentes e consequente perda do valor nutricional da silagem.

Para contornar essas limitações, vários aditivos têm sido adicionados ao capim no momento da ensilagem no intuito de melhorar o padrão fermentativo e, conseqüentemente, a qualidade da silagem (REZENDE *et al.*, 2008).

Uma estratégia para minimizar estas perdas na ensilagem de forrageiras com baixo teor de matéria seca é a inclusão de aditivos sequestrantes de umidade, como farelo de trigo, polpa

cítrica desidratada, farelo de algaroba, entre outros (ZANINE *et al.*, 2007; FERRARI JUNIOR *et al.*, 2009; RÉGO *et al.*, 2013).

Dessa forma, a utilização de fontes alimentares alternativas com melhor relação custo/benefício pode ser estratégia de grande impacto na viabilidade da pecuária praticada (SILVA *et al.*, 2014). Atualmente, vem se destacando no mercado os coprodutos da fabricação de etanol a partir do milho, que além da possibilidade de ser usado como aditivo sequestrante de umidade, possibilitam a melhoria do valor nutritivo já que estes tem elevados teores de PB, baixo FDN e FDA.

A produção de coprodutos oriundos do milho vem ganhando destaque no Centro Oeste brasileiro, pois apresentam alto teor de PB e preço atrativo. No Brasil, segundo a CONAB (2020), a produção de álcool a partir do milho alcançou 791.431.000 L na safra 18/19 o que gera em torno de 751.850 Mg de coproduto. Estimativas da CONAB (2020) para a safra 19/20 projeta-se a produção de 1.347.739.000 L, que irão gerar em torno de 1.280.352 Mg de coprodutos.

A produção de etanol a partir do milho gera o DDG (grãos secos de destilaria). Além do DDG e WDG, a produção de etanol de milho também gera o óleo de milho, que é vendido às refinarias (MARINHO, 2016).

O objetivo com este experimento foi verificar o padrão fermentativo e avaliar os valores nutricional e digestivo da silagem de capim-elefante, cultivar Canará, aditivado com níveis crescentes de DDG.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental da Universidade Federal de Mato Grosso, em Santo Antônio do Leverger-MT, situado a 15°47'5'' de Latitude Sul, 56°04' de Longitude Oeste de Greenwich, altitude média de 140 m, mesorregião Centro-Sul de Mato Grosso, microrregião de Cuiabá (FERREIRA, 2001).

O clima, segundo a classificação de Koppen, é do tipo Aw, ou seja, clima tropical, megatérmico, caracterizando-se por duas estações bem definidas: seca (abril a setembro) e chuvosa (outubro a março). De acordo com Ferreira (2001), a precipitação anual é de 1500mm com intensidade máxima nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro.

O solo predominante é o Plintossolo (Plintossolo Tb alíco moderado, textura média, relevo plano). Apresenta uma textura que facilita a infiltração de água, aeração do solo, penetração das raízes e desenvolvimento do sistema radicular.

A forrageira utilizada foi o capim-elefante, cultivar Canará, com espaçamento de 1,0m entre fileiras. Em novembro 2018, foi realizado o corte de uniformização da área experimental. No mesmo dia, foi feita a adubação de manutenção, em cobertura, com 200 kg ha⁻¹ de ureia e 100 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio.

A data do corte foi definida quando o capim-elefante apresentou altura média de 1,50m, com idade de 70 dias após a uniformização, sendo cortado a 10 cm do solo. A forragem foi picada em picadora estacionária em partículas de 2 a 3 cm, sendo homogeneizada com o aditivo DDG, conforme os tratamentos. O experimento foi instalado em delineamento inteiramente casualizados, com seis tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos consistiram na adição de 0; 5; 10; 15; 20 e 30 % de DDG na massa verde de forragem, picada e sem emurchecimento.

Parte da forragem picada e homogeneizada de acordo com cada tratamento, bem como o aditivo utilizado (500 g), foi coletada no momento da ensilagem, sendo esta amostra colocada em sacos de papel e secas em estufa de ventilação forçada com temperatura de 55 °C, até atingir massa constante.

As amostras pré-secas foram pesadas e moídas utilizando moinho estacionário com peneira de 1 mm, e guardadas em recipientes de polietileno para análise dos teores de MS antes da ensilagem, conforme Silva e Queiroz (2002).

Cada silo experimental (parcela) foi constituído de cano de PVC com 10 cm de diâmetro e 50 cm de altura, tendo capacidade para acondicionar em torno de 2,50 kg de forragem (densidade de 600 kg de forragem/m³). A compactação foi realizada com soquetes de madeira e a vedação com tampas de PVC dotadas de válvula tipo Bunsen, para permitir o escape dos gases oriundos da fermentação e impedir a entrada de ar. Posteriormente, as tampas foram lacradas com fita adesiva.

Em cada silo foi colocado 500 g de areia seca e uma rede separadora entre a areia e a forragem, para que na data de abertura fosse estimada a perda por efluentes, gases e recuperação da matéria seca. Após o enchimento, os silos foram pesados.

A abertura dos silos ocorreu aos 40 dias após a ensilagem. Na coleta das amostras foram desprezados os 5cm da porção superior e inferior dos silos. Após esse procedimento, a silagem foi dividida em duas partes.

A primeira parte (500 g) foi acondicionada em sacos plásticos e congelada para determinação do pH e teor de nitrogênio amoniacal. Em seguida, procedeu-se a obtenção do extrato aquoso da silagem, por meio de liquidificação por um minuto de 50 g de silagem e 100 mL de água destilada, conforme metodologia adaptada de Kung Júnior (1996). Posteriormente, o material foi filtrado em papel-filtro e parte deste foi utilizado para aferição do pH com

potenciômetro digital. A outra parte do filtrado foi submetido à destilação com hidróxido de potássio (KOH) 2 N em aparelho do tipo micro-kjeldahl e, em seguida, titulado com ácido clorídrico (HCl) 0,02 N, para estimativa do teor de nitrogênio amoniacal (N-NH₃) (MIZUBUTI *et al.*, 2009).

A outra parte (500 g) foi colocada em sacos de papel e secas em estufa de ventilação forçada com temperatura de 55 °C até atingir massa constante. Após este procedimento, as amostras foram pesadas e moídas utilizando moinho tipo Willey em peneira de 1 mm e guardadas em recipientes de polietileno para a determinação da composição químico-bromatológica.

No momento da abertura, os silos foram pesados para estimar as perdas por gases, efluentes e recuperação da matéria seca, além de coletar os dados de temperatura média da massa de silagem de cada silo. As perdas por gases e efluentes foram quantificadas por diferença de peso antes e após o processo de ensilagem.

Para capacidade tampão utilizou-se a metodologia de Weissbach (1974): foi pesado 1,0 g de amostra seca e moída, com posterior diluição com 100 mL de água destilada. Em seguida, foi realizada a titulação com ácido láctico (0,1 N) até o pH atingir valor 4,0, registrando-se o volume de ácido láctico gasto. Para carboidratos solúveis utilizou-se a metodologia de Antrona (Passos, 1996).

O coeficiente de fermentação foi calculado como Weissbach (2011):

$$CF = MS (\%) + 8 \times CS (\text{g/Kg de MS}) / CT (\text{g ácido láctico/100 g de MS}).$$

A perda por gases (PG) foi determinada por meio da equação proposta por Jobim (2007):

$$PG = [(PSf - PSa) / (MFf \times MSf)] \times 100$$

onde: PG é a perda por gases durante o armazenamento (% MS inicial); PSf é o peso do silo na ensilagem (kg); PSa é o peso do silo na abertura (kg); MFf é a massa de forragem na ensilagem (kg); e MSf é o teor de MS da forragem na ensilagem.

As perdas por efluente (kg t⁻¹ de matéria verde) foram quantificadas pela equação de Jobim *et al.* (2007), baseada na diferença de peso da areia e relacionadas com a massa de forragem no fechamento do silo:

$$PEflu (\text{kg t}^{-1} \text{ MV}) = [(PSvi - PS) - (PSvf - PS)/MVfi] \times 100$$

onde: PEflu é a produção de efluentes ($\text{kg ton}^{-1} \text{MV}$); PSvi o peso do silo vazio + peso da areia na abertura (kg); PS o peso do silo; PSvf é o peso do silo vazio + peso da areia no fechamento (kg); MVfi a massa de forragem no fechamento (kg).

A equação utilizada para estimar a recuperação de matéria seca conforme descrito por Jobim *et al.* (2007):

$$\text{RMS (\%)} = [(\text{MFab} \times \text{MSab}) / (\text{MFfe} \times \text{MSfe})] \times 100$$

onde: RMS é a taxa de recuperação de matéria seca (%); MFab massa de silagem na abertura (kg); MSab o teor de matéria seca da silagem na abertura (%); MFfe massa de forragem no fechamento (kg); e MSfe o teor de matéria seca da forragem no fechamento (%).

Os teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e matéria mineral (MM) foram determinados conforme Silva e Queiroz (2002). Os teores de fibra em detergente neutro e ácido (FDN e FDA) foram determinados segundo as técnicas descritas por Van Soest (1994). Os teores de proteína indigestível em detergente neutro na proteína bruta (PIDN) e ácido (PIDA), foram determinados de acordo com Licitra *et al.* (1996). Avaliou-se a fibra em detergente neutro livre de minerais e proteína (FDNcp) conforme metodologia de Sniffen *et al.* (1992).

As estimativas dos teores de nutrientes digestíveis totais (NDT) e energia líquida da lactação (ELL), foram realizadas conforme as equações propostas por Cappelle *et al.* (2001) e David (2001), respectivamente.

$$\text{NDT (\% MS)} = 83,79 - (0,4171 \times \text{FDN}).$$

$$\text{ELL} = 2,39 - (0,028 \times \text{FDA}).$$

A composição química bromatológica da forragem de capim-elefante e do aditivo DDG, pré ensilagem, encontram-se na Tabela 1.

Os dados coletados foram submetidos à análise de regressão ao nível de 5 % e 1 % de probabilidade, utilizando-se o programa estatístico SISVAR[®].

Resultados e Discussão

Todos os tratamentos proporcionaram uma silagem de coloração amarela esverdeada, odor agradável e sem presença de fungos. A temperatura média da silagem e do ambiente, no momento da mensuração, foi de 28,35 °C e 28 °C, respectivamente.

O aditivo DDG foi usado com o intuito de aumentar o teor de MS, dando assim, a possibilidade de um padrão fermentativo de melhor qualidade. Normalmente os aditivos têm

dois propósitos: favorecer a conservação e melhorar o valor nutritivo da massa ensilada (SANTOS *et al.*, 2010).

A medida em que se elevou os níveis de inclusão de DDG, não obteve efeito significativo para carboidratos solúveis (CHOS), houve efeito quadrático decrescente para perdas por gases (PG), nitrogênio amoniacal (N-NH₃) e efeito linear decrescente para capacidade tampão (CT), perdas por efluentes (EFLU), e efeito linear crescente para coeficiente fermentativo (CF) recuperação da matéria seca (RMS) e pH (Tabela 2).

Para carboidratos solúveis não houve efeito significativo quanto a adição do DDG na forragem de capim elefante tendo uma média de 5,60 % (Tabela 2). Níveis entre 6 e 16% carboidratos solúveis vem sendo documentados como promotores de fermentação lácticas na ensilagem (LIMA JÚNIOR *et al.*, 2014).

A baixa concentração de carboidratos solúveis na forragem de capim elefante e no aditivo DDG, foi o que determinou a baixa concentração na forragem aditivada, pois o milho quando passa pelo processo fermentativo para a produção de álcool anídrico, consome praticamente todo o amido do grão.

Para capacidade tampão (CT) houve efeito linear decrescente, onde que o aditivo DDG foi eficiente em promover a redução em 0,09 g de ácido láctico/100 g de MS para cada 1 % de adição, promovendo uma rápida estabilidade fermentativa (Tabela 2). A CT de forragens pode ser definida como o grau de resistência a alterações no pH (BUJNAK *et al.*, 2011). Segundo Jobim *et al.* (2007), a CT deve ser analisada quando se tem objetivo o uso da forragem para ensilagem, pois através da CT adquire-se informações referente à velocidade em que pH vai decrescer.

Na dose máxima do experimento (30 % de DDG) observou valores de 2,14 g ácido láctico/100 g MS, valor este considerado baixo por Nussio (2000) que relata capacidade tampão de 3,5 g de ácido láctico/100 g de MS é comum na forragem de milho e valores de 7,4 pode ser observado na forragem de alfafa que tem alta CT.

Para LIMA JÚNIOR *et al.*, (2014), plantas forrageiras tropicais não graníferas como o capim elefante, associadas ao alto teor de umidade e a alta capacidade tampão, dificulta a utilização destas forrageiras no processo de ensilagem. Para tanto verifica-se neste trabalho que o aditivo foi eficiente em promover uma baixa CT da forragem aditivada, devido ao aditivo ter um pH baixo em torno de 3,5 e quando adicionado a forragem possibilita o decréscimo do pH da massa de forragem a ser ensilada.

O coeficiente de fermentação (CF) apresentou efeito linear crescente, onde que para cada 1 % de adição de DDG proporcionou a melhoria do coeficiente fermentativo em 0,83 %

Tabela 2). O aditivo DDG foi eficiente em melhorar o CF da silagem de capim elefante, quando adicionou-se 19,56 % elevou o coeficiente acima de 45, valor este proposto por Weissbach (2011) para inibir a ocorrência de fermentação butírica.

O CF agrega características e discrimina forragens capazes de dar origem a silagens anaerobicamente estáveis livres de ácido butírico, pois levam em conta o teor de MS, carboidratos solúveis e a capacidade tampão das forrageiras a serem ensiladas.

Observou-se efeito quadrático (Tabela 2) onde a dose de 14,59 % de inclusão resultou em uma produção mínima de 2,56 % de gases. Este valor encontra-se em consonância com Andrade *et al.* (2010) que trabalhando com capim-elefante, encontraram maior perda nos tratamentos sem adição de aditivos (6,1 % da MS), e nos tratamentos com aditivos apresentou perda de 3,7 % de gases. Esta variável está intimamente relacionada com o teor de MS do material ensilado, que em condições de excesso de umidade, pode ser atribuída à maior incidência de fermentações indesejáveis, principalmente a fermentação butírica promovida por bactérias do gênero *Clostridium* (McDONALD, 1981).

Para as perdas por efluentes (Tabela 2) o aditivo mostrou-se eficiente, pois diminuiu de forma linear, na proporção de 1,51 kg para cada 1 % de inclusão. O DDG tem alto teor de MS (92,39 %) (Tabela 1), sendo que na dose máxima, as perdas por efluentes foram diminuídas para 0,73 kg/t. Vários trabalhos demonstram que o aumento do teor de MS através da aplicação de aditivos minimiza as perdas por efluentes (ANDRADE *et al.*, 2012).

Silveira (2017), trabalhando com torta de macaúba na ensilagem de capim-elefante em níveis crescentes até 30 % de inclusão, verificou efeito linear decrescente de 1,22 kg/t nas perdas por efluentes para cada 1 % de inclusão, sendo semelhantes aos resultados encontrados neste trabalho.

O efluente carrega compostos nitrogenados, açúcares, ácidos orgânicos e sais minerais (IGARASI, 2002). A inclusão de DDG foi uma alternativa vantajosa, pois reduziu a perda por efluentes e isto se deve ao incremento de MS nos tratamentos com maior inclusão deste aditivo.

Observou-se efeito linear crescente, sendo que para cada 1 % de inclusão do DDG na forragem aumentou em 0,24 % a recuperação de matéria seca (RMS) (Tabela 2).

Andrade *et al.* (2010), avaliando subprodutos agrícolas como aditivo na ensilagem de capim-elefante, encontraram aumento linear na RMS de 0,15 % para cada 1 % de inclusão. Zanine *et al.* (2007), estudando capim-elefante aditivado com farelo de trigo e *Lactobacillus plantarum*, associados ou isolados, concluíram que tanto a adição de farelo de trigo e a inoculação, promoveram maior RMS e melhoraram a qualidade de silagens, sendo os maiores benefícios alcançados com a combinação destes dois aditivos.

Nesse trabalho verificou-se 98,22 % de RMS na dose máxima utilizada de 30 % de DDG. A RMS elevada é um indicativo de que o processo fermentativo se consolidou com perdas mínimas, o que impacta positivamente no custo por tonelada produzida.

Verificou-se efeito linear crescente aos níveis de inclusão de DDG sobre o valor do pH, (Tabela 2). Apesar disso, o valor de pH ficou dentro da faixa ideal de 3,5 a 4,2 (McDONALD *et al.*, 1991), demonstrando que o processo fermentativo foi adequado.

Segundo Vilela (1998), o pH, a concentração de ácidos orgânicos e de nitrogênio amoniacal são parâmetros que afetam a qualidade fermentativa da silagem, e valores de pH abaixo de 4,2 são indicativos de uma silagem bem conservada. Ademais, Zierenberg *et al.* (2001) definem que o mais importante é a velocidade com que o pH se declina, a fim de evitar as fermentações indesejáveis que ocorrem em pH maiores.

A inclusão de 1 % de DDG propiciou o aumento de 0,005 no pH. Monteiro *et al.* (2016), ao aditivarem forragem de capim-elefante com casquinha de soja encontram comportamento linear crescente de 0,002 para cada 1 % de inclusão.

Zanine *et al.* (2007), trabalhando com adição de farelo de trigo e *Lactobacillus plantarum* na forragem de capim-elefante, observou a queda do pH de 4,73 para 4,01. A adição de farelo de trigo, por promover redução do teor de umidade, estimulou o crescimento de bactérias lácticas em detrimento de *Clostridium*, aumentando a produção de ácido lático e contribuindo para a melhor qualidade fermentativa nesse experimento.

Segundo Brito *et al.* (2000), em silagens bem conservadas, os níveis de N-NH₃ não devem ultrapassar valores de 10 % de N-total da silagem. Nesse trabalho, os valores de N-NH₃, em relação ao N-total da silagem, ficaram abaixo de 3,13 % na dose de 22,12 % de inclusão, apresentando efeito quadrático (Tabela 2).

Antonio (2016) cita que uma das causas de redução da perda de efluentes na silagem com a utilização de sequestrantes de umidade é a diminuição da quebra de proteína em amônia. Observou-se que o aditivo DDG foi eficiente na diminuição das perdas de N-NH₃, proporcionando assim uma silagem com estabilidade nutricional e padrão fermentativo de qualidade.

Monteiro *et al.* (2016) não encontraram diferenças estatísticas para N-NH₃ quando adicionaram níveis de farelo de arroz e casquinha de soja na forragem de capim-elefante, encontrando 4,23 % e 4,07 % na média dos tratamentos respectivamente, valores semelhantes ao encontrado neste trabalho. A relação entre a presença de umidade e a ocorrência de fermentação indesejável é amplamente discutida em vários trabalhos, sendo que os teores de

matéria seca entre 28 e 34 % minimizam a ação dos clostrídeos, desde que os teores de carboidratos solúveis e capacidade tampão não sejam limitantes (BALSALOBRE *et al.*, 2001).

Para teor de MS, verificou-se efeito linear crescente, sendo que para cada 1 % de inclusão de DDG aumentou em 0,54 % o teor MS da silagem (Tabela 3). Silveira (2017) encontrou efeito linear para a inclusão de torta de macaúba na forragem de capim-elefante na ordem de 0,66 % de MS para cada 1 % de inclusão. Monteiro *et al.* (2016), avaliando silagem de capim-elefante picado com farelo de arroz, observaram aumento de 0,56 % no teor de MS a cada 1 % de farelo de arroz adicionado na massa.

O teor de MS desempenha papel fundamental ao aumentar a concentração de nutrientes, facilitar os processos fermentativos e diminuir a capacidade de ação dos Clostrídeos (WASCHECK *et al.*, 2008). Sendo assim a utilização de aditivos com elevado teor de MS tem sido boa opção para reduzir o teor de umidade do capim-elefante no momento da ensilagem (ANDRADE *et al.*, 2012).

Quando o teor de MS do capim é elevado ocorrerá dificuldade de compactação e desenvolvimento de fungos. Além disso, a umidade do capim estando elevada, ocorrerá predomínio da fermentação butírica e perdas por efluentes. Dessa forma, o teor de umidade recomendado para ensilagem é variável, mas normalmente situa-se entre 26 % e 38 %. Em algumas culturas como o capim-elefante, a ensilagem torna-se difícil devido à alta umidade na forrageira. O teor de MS de 25 % é necessário para que as perdas por efluentes no silo sejam minimizadas, o que resulta em manutenção dos nutrientes na forragem ensilada (McDONALD *et al.*, 1991).

Observou-se que o aditivo DDG com 92,39 % de MS (Tabela 1) aumentou o teor de MS da silagem proporcionando melhoria na qualidade fermentativa da massa ensilada. Ademais, a inclusão do DDG se torna promissor frente ao pré-murchamento da forragem, pois o número de fungos e leveduras, aumenta com o pré murchamento, podendo resultar em crescimento de microrganismos indesejáveis, bem como redução da estabilidade aeróbica de silagens (JONSSON e PAHLOW, 1984).

Em relação a matéria mineral (MM), houve efeito quadrático com a inclusão de DDG. O menor teor de MM ocorreu na dose de 25,85 %, (Tabela 3), o que leva a acreditar que houve o efeito de diluição, já que o DDG tem 1,73 % na média e capim obteve 9,77 % (Tabela 1).

Andrade e Lavezzo (1998) observaram que houve queda nos teores de MM à medida que se aumentaram os níveis de aplicação de farelo de trigo. Os resultados refletem os teores de MM do aditivo empregado, a dose máxima foi de 24 % de inclusão de farelo de trigo, causando assim o efeito de diluição.

Rêgo *et al.* (2013), trabalhando com ensilagem de capim-elefante aditivado com níveis de farelo de algaroba, verificou que corte aos 70 dias apresentou um comportamento quadrático decrescente considerando os teores de MM, estando este associado ao menor teor de MM do farelo de algaroba (4,55 %) em comparação a forragem de capim-elefante (8,65 %).

Verificou-se efeito linear decrescente nos níveis de inclusão de DDG sobre os teores de FDA da silagem com valores na ordem de 0,56 % de FDA para cada 1 % de inclusão (Tabela 3), melhorando assim a digestibilidade da silagem. O FDN tem correlação negativa com o consumo de forragem, ao considerar-se teores de 40 % de FDA e 60 % de FDN como limitantes da digestibilidade e do consumo, respectivamente (VAN SOEST, 1994).

Zanine *et al.* (2006), avaliando os efeitos da adição de 15 % farelo de trigo em silagens de capim-elefante observaram redução tanto FDN quanto FDA na silagem. Zanine *et al.* (2007) verificaram que a própria natureza da fibra do aditivo (farelo de trigo) apresenta melhor qualidade que a fibra do capim, o que contribuiu para que a redução pelo efeito de diluição. Nesse trabalho, o teor de FDA do DDG foi de 16,71 % e da forragem antes de ensilar 49,22 % (Tabela 1).

Rêgo *et al.* (2013), trabalhando com três idades de corte do capim-elefante 70, 90 e 110 dias e níveis crescentes de inclusão de farelo de algaroba, obteve resultado semelhante ao encontrado nesse trabalho. Para cada 1 % de inclusão de farelo de algaroba, o FDA da silagem decresceu em 0,54 %; 0,44 % e 0,42 % para as respectivas idades de corte.

Observou-se efeito quadrático das doses de DDG sobre o teor de FDN. A dose de 26,90 % foi a que proporcionou a menor FDN (51,12 %) (Tabela 3). Resende *et al.* (1994) citam que a redução no teor de FDN das silagens podem contribuir para aumentar o consumo de MS, bem como aumentar a densidade energética da dieta de ruminantes (JUNG e ALLEN, 1995). Por outro lado, o elevado teor de FDN interfere no consumo e na digestibilidade da matéria seca (VAN SOEST, 1994).

Lobo (2006), usaram como aditivo na forragem de capim-elefante polpa cítrica, e obtiveram redução linear de FDN à medida que se elevou as doses, o que se explica pelo baixo teor de FDN do aditivo (27,8 %) em comparação a forragem de capim-elefante (acima de 64 % de FDN).

Observou-se efeito quadrático das doses de DDG sobre o teor de FDNcp, sendo a dose de 26,35 % a que propiciou a menor FDNcp 61,71 % (Tabela 3).

Pires (2009), avaliando casca de café, farelo de cacau e farelo de mandioca na dose de 15 % de inclusão, obteve alta FDNcp para casca de café (72,6 %) devido a este produto apresentar FDNcp similar ao capim-elefante. O farelo de cacau propiciou a queda da FDNcp

para 63,3 % devido ao aditivo apresentar FDN_{cp} de 45,7 %. Quando o autor incluiu farelo de mandioca (11,3 % de FDN_{cp}), observou a queda da FDN_{cp} na silagem para 58 %, demonstrando assim o efeito de diluição que os aditivos causam no processo fermentativo.

Para a proteína bruta (PB %), observou-se efeito linear crescente, com incremento de 0,55 % para cada 1 % de DDG adicionado (Tabela 3). O DDG apresenta 36,94 % de PB contra 5,44 % na forragem de capim-elefante (Tabela 1). Na dosagem máxima de DDG (30 % de inclusão) obteve-se 23,94 % de PB na silagem

Rêgo *et al.* (2013), trabalhando com três idades de corte do capim-elefante 70, 90 e 110 dias e níveis crescentes de inclusão de farelo de algaroba, encontrou efeito linear crescente para PB na ordem de 0,17 % para cada 1 % de inclusão. O resultado deste trabalho se mostra superior aos resultados encontrados na literatura, devido ao aditivo ter um alto teor de matéria seca e proteína bruta em sua composição.

Dessa forma, o aditivo DDG, altamente proteico e absorvente de umidade, mostrou resultados satisfatórios na qualidade fermentativa e nutricional na forragem de capim-elefante conservada através do processo de ensilagem. Adequados níveis de proteína bruta na dieta auxiliam no crescimento microbiano, sendo que quantidades baixas podem resultar na diminuição da ingestão de alimento e queda no desempenho animal (DETMANN *et al.*, 2014).

A PIDN da MS apresentou um efeito quadrático crescente tendo como dose máxima 27,89 % de inclusão apresentando 6,98 % de PIDN da MS (Tabela 3). Guerra (2015), trabalhando com a ensilagem de capim-elefante aditivada com 20 % de bagaço de caju e 20 % torta de girassol desidratados, encontrou efeito linear crescente para PIDN, alcançando 6,08 % e 4,04 % de PIDN na MS respectivamente.

Os aditivos que passaram por algum processo de aquecimento na indústria ou até mesmo de secagem do produto, pode ocorrer o processo de caramelização, o que vai propiciar um aumento da indisponibilidade da proteína, ficando a mesma retida na fibra do alimento (VAN SOEST e MASON, 1991).

Para PIDN (% PB) observou-se o efeito quadrático sendo que na dose máxima de inclusão (19,55 %) de DDG obteve-se 35,45 % de PIDN da PB (Tabela 3). Cabe ressaltar que, quanto maior o valor destes compostos nitrogenados insolúveis em detergente neutro menos disponível será o teor de nitrogênio para o animal.

Andrade *et al.* (2010) trabalhando com silagem de capim-elefante aditivado com farelo de mandioca, casca de café e farelo de cacau, verificaram que o farelo de mandioca apresentou a menor fração de PIDN em relação aos outros dois aditivos, fato devido ao farelo de cacau e casca de café apresentarem maior quantidade de PB em suas composições. Para casca de café

e farelo de cacau os valores de PIDN ajustaram-se de forma quadrática. Com a inclusão de 24 % de ambos os aditivos, observou-se valores de 47,7 % e 56,9 % de PIDN da PB. Estes resultados foram superiores aos encontrados nesse trabalho. Mesmo o DDG sendo um aditivo de alto teor de PB, foi encontrado valores baixos de PIDN da PB.

Para a variável PIDA (% MS), observou-se efeito linear crescente. Para cada 1 % de inclusão do DDG teve um aumento de 0,07 % na MS chegando a 2,73 % de PIDA na dose máxima de 30 % de inclusão (Tabela 3). Resultado semelhante ao encontrado por Guerra (2015) na ensilagem de capim-elefante obtendo incrementos de 0,09 % e 0,12 % de aumento na PIDA (% MS) para cada 1 % de inclusão de torta de girassol e bagaço de caju, respectivamente.

De acordo com Silva *et al.* (2014), a análise dos teores de PIDA no alimento é importante, pois representa a fração proteica indisponível ao animal, uma vez que é oriunda da complexação de compostos proteicos com a FDA. Os mesmos autores relataram quanto menor for a PIDN e PIDA, principalmente a PIDA, maior será a disponibilidade de PB.

Para a PIDA na % da PB não houve efeito significativo na inclusão do DDG (Tabela 3), apresentando uma média de 11,17 % de PIDA na PB. Souza *et al.* (2003) verificaram que o aumento de níveis de casca de café na ensilagem do capim-elefante promoveu incremento linear da PIDA chegando a 17,70 % quando incluiu 34,8 % de casca de café.

Pires *et al.* (2009) trabalhando com ensilagem de capim-elefante aditivada com casca de café e farelo de cacau encontraram teores de PIDA de 20,6 % e 20,9 % na PB, respectivamente. Estes valores foram superiores aos encontrados nesse trabalho. Em outro experimento, Pires *et al.* (2009) aditivando capim-elefante com 15 % de farelo de mandioca verificaram PIDA de 9,5 % na PB, valor este que se aproxima do encontrado nesse trabalho.

Altos teores de PIDA refletem em sua maioria a ocorrência do processo de Maillard ou caramelização, que promove a complexação do nitrogênio a fibra, especialmente a hemicelulose, ocorrendo assim o declínio do valor nutritivo das silagens (SHIBAO e BASTOS, 2011)

Para a variável NDT, verificou-se efeito quadrático crescente. A dose de 26,35 % de DDG proporcionou a máxima NDT de 58,05 % (Tabela 3). Segundo o NRC (2001), o nível de NDT adequado para vacas com 450 kg de peso vivo (PV) e produzindo 10 kg de leite/dia é de 63,15 %, com ingestão de 2,33 % de MS em relação ao PV.

Guerra (2015), trabalhando com silagem de capim-elefante aditivado com bagaço de caju desidratado, encontrou NDT de 55,75%.

Quando ensilou capim-elefante aditivado com casca de soja, Lima (2002) obteve aumento no teor de NDT de 52,25 % para 57,99 % de NDT quando incluiu 30 % de casca de

soja. O autor comenta que o aumento na NDT nos tratamentos que receberam a casca de soja, deve-se ao fato deste resíduo apresentar um maior teor destes elementos em relação ao capim-elefante utilizado.

Andrade *et al.* (2010), avaliando farelo de mandioca como aditivo na ensilagem de capim-elefante verificou efeito linear crescente no teor de NDT, já para os aditivos farelo de cacau e casca de café o comportamento foi linear decrescente. O autor justifica o comportamento contrário destes dois aditivos em relação ao farelo de mandioca foi devido aos mesmos apresentarem teores mais elevado de PIDA, o que certamente influenciou no teor de NDT.

Bousi (2017) avaliando a composição bromatológica de DDGs verificou que os NDT das amostras apresentaram uma variação de 73 a 79 %. Isto evidencia o alto teor de NDT por parte do DDG, o que pode certamente influenciar no aumento desta variável quando incorporada a forrageiras de menor quantidade de NDT. Fato este não encontrado neste trabalho, pois o teor de NDT do aditivo foi de 54,35 % bem abaixo do encontrado por Bousi (2017).

Para a variável ELL, houve efeito linear crescente, sendo que para cada 1 % de inclusão de DDG, observou-se o aumento da ELL em 0,015 Mcal/Kg. Na dose máxima (30 % de inclusão de DDG), alcançou 1,57 Mcal/Kg (Tabela 3).

De acordo com o NRC (2001), as exigências de ELL dependem do estágio de lactação e gestação em que o animal se encontra podendo variar de 1,35 a 1,47 Mcal.kg⁻¹ para vacas leiteiras secas (no início do período) e de 2,18 a 2,23 Mcal.kg⁻¹ para vacas recém paridas (0 a 21 dias).

Conclusão

A inclusão de DDG na forragem de Capim-elefante proporcionou uma silagem com bom padrão fermentativo, reduzindo as perdas, rápida estabilidade fermentativa e proporcionou a melhoria do coeficiente de fermentação.

Os níveis de DDG proporcionaram aumento no teor de proteína bruta, diminuição da fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido, além de proteína indigestível em detergente neutro e proteína indigestível em detergente ácido baixos, o que indica que houve incremento no valor nutritivo da silagem de capim-elefante Canará.

Recomenda-se a adição de no máximo 20% de DDG por Kg de matéria natural de forragem de capim elefante a ser ensilada, caso utilizar doses maiores atentar ao teor de matéria seca da forrageira, pois o aditivo tem alta capacidade de elevar o teor de mateia seca, podendo

em doses maiores elevar o teor de matéria seca do material ensilado a níveis críticos que dificultarão a compactação.

Referências

- ANDRADE, A. P.; QUADROS, D. G.; BEZERRA, A. R. G.; ALMEIDA, J. A. R.; SILVA, P. H. S.; ARAÚJO, J. A. M. Aspectos qualitativos da silagem de capim-elefante com fubá de milho e casca de soja. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 3, p. 1209-1218, 2012.
- ANDRADE, I.; PIRES, A. J. V.; CARVALHO, G. G. P.; VELOSO, CM; BONOMO, P. Fracionamento de proteínas e carboidratos em silagem de capim-elefante com subprodutos agrícolas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n.11, 2010.
- ANDRADE, J. B.; LAVEZZO, W. Aditivos na ensilagem do capim-elefante. I. Composição bromatológica das forragens e respectivas silagens. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, n.11, 1998.
- ANTONIO, P. **Aditivos proteicos sequestrantes de umidade na ensilagem de gramíneas tropicais**. 2016. 50f. Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2016.
- BALSALOBRE, M. A. A.; NUSSIO, L. G.; MARTHA JÚNIOR, G. B. Controle de perdas na produção de silagens de gramíneas tropicais. In: MATTOS, W. R. S.; FARIA, V. P.; SILVA, S. C.; NUSSIO, L. G.; MOURA, J. C. **A produção animal na visão dos brasileiros**, Piracicaba: FEALQ, 2001.
- BRITO, A. F.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUES, J. A. S.; ROCHA JÚNIOR, V. R.; RODRIGUEZ, N. M.; BORGES, I.; Avaliação de sete genótipos de sorgo [*Sorghum bicolor* (L) Moench] para produção de silagem. II – Padrão de fermentação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, vol.52, n.5, p.512-520, 2000.
- BUOSI, J. P. F. **Composição bromatológica e digestibilidade *in vitro* de grãos secos de destilaria com solúveis**. 2017. 94f. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) - Programa de Pós-Graduação em Produção Animal, Universidade Brasil, Descalvado, São Paulo, 2017.
- BUJNAK, L., MASKAL'OVÁ, I., VAJDA, V. Determination of buffering capacity of selected fermented feedstuffs and the effect of dietary acid-base status on ruminal fluid pH. **Acta Vet.Brno**, v. 80, p. 269-273.
- CAPPELLE, E. R.; VALADARES FILHO, S. C.; SILVA, J. F. C.; CECON, P. R. Estimativas do valor energético a partir de características químicas e bromatológicas dos alimentos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.6, p.1837-1856, 2001.
- CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar**. Safra 2020/2021, v.7 n.2, Brasília, p.1-64, ago/2020. Disponível em: file:/BoletimZdeZcana-de-acucarZ2Zlevantamento.pdf. Acesso em: set. 2020.
- David, F. M. (2001). 110f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós Graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.
- DETMANN, E.; VALENTE, É. E. L.; BATISTA, E. D.; HUHTANEN, P. An evaluation of the performance and efficiency of nitrogen utilization in cattle fed tropical grass pastures with supplementation. **Livestock Science**, v.162, p.141-153, 2014.
- FERRARI JUNIOR, E.; PAULINO, V. T.; POSSENTI, R.A.; LUCENAS, T.L. Aditivos em silagem de capim-elefante Paraíso (*Pennisetum hybridum* cv. Paraíso). **Archivos de Zootecnia**, v.58, n.222, 2009.
- FERREIRA, J. C. V. **Mato Grosso e seus municípios**. Cuiabá: Buriti, 660p., 2001.
- GUERRA, D. G. F. **Composição químico-bromatológica e avaliação sensorial de silagens de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum) com diferentes níveis de subprodutos da agroindústria**. 2015. 58f. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) – Programa de Pós-Graduação em Produção Animal, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2015.

- IGARASI, M. S. **Controle de perdas na ensilagem de capim Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia) sob os efeitos do teor de matéria seca, do tamanho de partícula, da estação do ano e da presença do inoculante bacteriano.** 2002. 151f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), ESALQ/USP, Piracicaba, 2002.
- JOBIM, C. C.; NUSSIO, L. G.; REIS, R. A.; SCHMIDT, P. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade de forragem conservada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.101-119, 2007.
- JONSSON, A.; PAHLOW, G. Systematic classification and biochemical characterization of yeasts growing in grass silage inoculated with *Lactobacillus* culture. **Animal Research and Development**, v.20, p.7-22, 1984.
- JUNG, H. G.; ALLEN, M. S. Characteristics of plant cell walls affecting intake and digestibility of forages by ruminants. **Journal of Animal Science**, v.73, n.9, p.2774-2790, 1995.
- KUNG JUNIOR, L. **Preparation of silage water extracts for chemical analyses. Standard operating procedure.** Delaware: University of Delaware - Ruminant Nutrition Lab., 32p., 1996.
- LICITRA, G.; HERNANDEZ, T. M.; VAN SOEST, P. J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Animal Feed Science Technology**, v.57, p.347-358, 1996.
- LIMA, P. G. C. **Silagem de capim-elefante com adição de casca de soja.** 2020. 65f. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, Universidade Federal do Paraná, Maringá, 2020.
- LIMA JÚNIOR, D. M., RANGEL, A. H. N., MOORENO, G. M. B., SILVA, M. J. S., RIBEIRO, J. S. **Silagem de gramíneas tropicais não-graníferas.** Agropecuaria Científica no Semiárido, v. 10, n. 2, p. 01-11, 2014.
- LOBO, J. R. **Avaliação da idade de corte e do uso de polpa cítrica sobre a qualidade fermentativa e estabilidade aeróbica da silagem de capim-elefante.** 2006. 106fls. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Programa de Pós-Graduação em Nutrição Animal, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2006.
- MARI, L. J. **Intervalo entre cortes em capim-marandu (*Brachiaria brizantha* (Hochst ex. A. Rich.) Stapf cv. Marandu): produção, valor nutritivo e perdas associadas à fermentação da silagem.** 2003. 159f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), ESALQ/USP, Piracicaba, 2003.
- MARINHO, A. F. Etanol de milho: vantagens e desvantagens. **Canal – Jornal da Bioenergia**, 2016. Disponível em: <<http://www.canalbioenergia.com.br/aproveitamento-maximo-do-milho>>. Acesso em: 12 set. 2020.
- McDONALD, P. **The biochemistry of silage.** New York: John Willey & Sons, 226p., 1981.
- McDONALD, P.; HENDERSON, A. R.; HERON, S. J. E. **The biochemistry of silage.** Marlow: Chalcomb Publications, 2^aed., 340p., 1991.
- MIZUBUTI, I. Y.; PINTO, A. P.; RAMOS, B. M. O.; PEREIRA, E. S. **Métodos laboratoriais de avaliação de alimentos para animais.** Londrina: EDUEL, 228p., 2009.
- MONTEIRO, I. J. G.; ABREU, J. G. de; CABRAL, L. S.; ALMEIDA, R. G.; REIS, R. H. P.; BEHLING NETO, A.; CABRAL, C. E. A.; BARROS, L. V.; AVELINO, A. C. D.; PENSO, S. Ensilagem de capim-elefante acrescida de casca de soja ou farelo de arroz. **Semina: Ciências Agrárias**, v.37, n.6, p.4203-4212, 2016.
- NRC. **Nutrient requirements of the dairy cattle.** Washington: National Academy of Science, 7ed., 363p., 2001.
- NUSSIO, L.G. Controle do processo de fermentação. Em: PRIMEIRO CURSO DE TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO DE SILAGEM DE GRAMÍNEA TROPICAL. 1, 2000, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba, ESALQ, p.121-138, 2000.

- PASSOS L.P. **Métodos analíticos e laboratoriais em fisiologia vegetal**. Coronel Pacheco: Embrapa-CNPGL; 1996.
- PIRES, A. J. V.; CARVALHO, G. G. P.; GARCIA, R.; CARVALHO JUNIOR, J. N.; RIBEIRO, L. S. O.; CHAGAS, D. M. T. Capim-elefante ensilado com casca de café, farelo de cacau ou farelo de mandioca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.1, p.34-39, 2009.
- RÊGO, A. C.; PAIVA, P. C. A.; MUNIZ, J. A.; VAN CLEEF, E. H. C. B.; MACHADO NETO, O. R.; MATA JUNIOR, J. I. Mesquite pod meal in elephant grass silages. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v.35, n.3, p. 251-258, 2013.
- RESENDE, F. D.; QUEIROZ, A. C.; FONTES, C. A. A.; PEREIRA, J. C.; RODRIGUEZ, R. R.; JORGE, A. M.; BARROS, J. M. S. Rações com diferentes níveis de fibra em detergente neutro na alimentação de bovinos em confinamento. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.23, n.3, p.366-376, 1994.
- REZENDE, A. V.; GASTALDELLO JUNIOR, A. L.; VALERIANO, R. A.; CASALI, A. O.; MEDEIROS, L. T.; RODRIGUES, R. Uso De diferentes aditivos em silagem de capim-elefante. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, n.1, 2008.
- SANTOS, F. A. P.; PEDROSO, A. M. Suplementação proteica e energética para bovinos de corte em confinamento. In: PIRES, A.V. **Bovincultura de corte**. Piracicaba: FEALQ, p.257-280, 2010.
- SHIBAO, J.; BASTOS, D. H. M. Produtos da reação de Maillard em alimentos: teor para a saúde, **Revista de Nutrição**, v.24, n.6, p.895-904, 2011.
- SILVA, A. M.; OLIVEIRA, R. L.; RIBEIRO, O. L.; BAGALDO, A. R.; BEZERRA, L. R.; CARVALHO, S. T.; ABREU, C. L.; LEÃO, A. G. Valor nutricional de resíduos da agroindústria para alimentação de ruminantes. **Comunicata Scientiae**, v.5, n.4, p.370-379, 2014.
- SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. Viçosa: UFV, 235p., 2002.
- SILVEIRA, H. V. L. **Torta de macaúba como aditivo em silagem de capim-elefante**. 2017. 46p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2017.
- SNIFFEN, C. J.; O'CONNOR, D. J.; VAN SOEST, P. J.; FOX, D. G.; RUSSELL, J. B. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, n.12, p.3562-3577, 1992.
- SOUZA, A. L.; BERNARDINO, F. S.; GARCIA, R.; PEREIRA, O. G.; ROCHA, F. C.; PIRES, A. J. V. Valor nutritivo de silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) com diferentes níveis de casca de café. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.4, p.828-833, 2003.
- TCACENCO, F. A., BOTREL, M. A. Identificação e avaliação de acessos e cultivares de capim-elefante. In: CARVALHO, M. M., ALVIM, M. J., XAVIER, D. F.; CARVALHO, L. A. (Ed.). **Capim-elefante: produção e utilização**, 2ªed., Brasília: Embrapa-SPI e Juiz de Fora: EMBRAPA – Gado de leite, p.1-30, 1997.
- VAN SOEST, P. J.; MASON, V. C. The influence of Mallard reaction upon the nutritive value of fibrous feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v.32, p.45-53, 1991.
- VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. Ithaca and London: Cornell, 2nd ed., 476p., 1994.
- VILELA, D. Aditivos para silagem de plantas de clima tropical. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. **Anais...** Botucatu: Sociedade Brasileira de Zootecnia, p.73-111, 1998.
- WASCHECK, R. C.; MOREIRA, P. C.; COSTA, D. S.; DUTRA, A. R.; FERREIRA NETO, J. F.; MOREIRA, L.; CAMPOS, R. M.; LAFORGA, C. S.; REZENDE, P. L. P.; RABELO, N. A. **Características da silagem de capim colômbio (*Panicum maximum* Jacq) submetido a**

quatro tempos de emurchecimento pré-ensilagem. Estudos Vida e Saúde, v.35, n.3, p.385-399, 2008.

WEISSBACH F, L. Schmidt, E. Hein. Method of anticipation of the run of fermentation in silage making based on the chemical composition of the green fodder. 1974. **In: XII INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS**, Moscou, 1974, p. 663–673.

Weißbach, F. The future of forage conservation. **In: Proceedings of the 2nd International Symposium on Forage Quality and Conservation.** Edição de João Luiz Pratti Daniel, Maity Zopollatto e Luiz Gustavo Nussio. Piracicaba, FEALQ, 2011. p. 319-363.

ZANINE, A. M.; SANTOS, E. M.; FERREIRA, D. J.; OLIVEIRA, J. S.; ALMEIDA, J. C. C.; PEREIRA, O. G. Avaliação da silagem de capim-elefante com adição de farelo de trigo. **Archivos de Zootecnia**, v.55, n.209, p.75-84, 2006.

ZANINE, A. M.; SANTOS, E. M.; FERREIRA, D. J.; PINTO, F. B.; PEREIRA, O. G. Características fermentativas e composição químico-bromatológica de silagens de capim-elefante com ou sem *Lactobacillus plantarum* e farelo de trigo isoladamente ou em combinação. **Ciência Animal Brasileira**, v.8, n.4, p.621-628, 2007.

ZIERENBERG, B.; FRIEDEL, K.; GLATZLE, A.; CHUDY, A. Assessment of ensilability of six tropical grasses using three different approaches. In: XIX International Grassland Congress. **Proceedings...** São Pedro: FEALQ, p.786-788, 2001.

Tabela 1: Composição química da forragem de capim-elefante BRS Canará e do DDG antes da ensilagem.

Variáveis	Forragem	DDG
MS (%)	19,02	92,39
CT (g ác. láctico/100g MS)	5,55	0,00
CHOS (%)	5,22	4,22
MM (% MS)	9,77	1,73
FDA (% MS)	49,22	16,71
FDN (% MS)	75,51	70,45
FDNcp (% MS)	69,50	50,99
PB (% MS)	5,44	36,94
PIDN (% MS)	2,35	17,58
PIDN (% PB)	43,27	47,62
PIDA (% MS)	0,56	3,86
PIDA (% PB)	10,38	10,44
NDT (%)	52,29	54,35
ELL (Mcal/kg)	1,01	1,92

Valores médios observados.

Tabela 2. Padrão fermentativo da silagem de capim-elefante BRS Canará aditivado com diferentes níveis de inclusão de DDG. Capacidade Tampão (CT); carboidratos solúveis (CHOS); Coeficiente fermentativo (CF); Perda por gases (PG %); perdas por efluentes (EFLU Kg ton⁻¹); recuperação da madeira seca (RMS %); potencial hidrogeniônico (pH); nitrogênio amoniacal (N-NH₃).

Variáveis	Níveis de inclusão (%)						Equação de Regressão	CV (%)	R ²
	0	5	10	15	20	30			
CT (g ác. lático/100g MS)	5,55	4,52	3,57	3,11	2,51	2,86	$\hat{y} = 4,919286 - 0,092571x^{**}$	5,59	0,76
CHOS (%)	5,28	5,22	6,12	5,27	6,48	5,21	$y = 5,60$	13,15	
CF	26,37	32,24	38,99	41,37	50,61	49,89	$\hat{y} = 28,767429 + 0,835943x^{**}$	7,16	0,89
PG (%)	5,19	10,63	14,63	16,24	18,10	23,06	$\hat{y} = 3,4606 - 0,1234x + 0,0042x^{2**}$	25,11	0,77
EFLU (Kg/Ton)	45,03	38,61	31,03	23,46	15,88	0,73	$\hat{y} = 46,1822 - 1,5149x^{**}$	7,14	0,94
RMS (%)	90,22	92,64	93,58	94,35	95,94	98,00	$\hat{y} = 90,8487 + 0,2457x^{**}$	1,3	0,97
pH	3,62	3,59	3,56	3,60	3,70	3,74	$\hat{y} = 3,5687 + 0,0050x^{**}$	1,43	0,58
N-NH ₃	3,13	2,14	1,61	1,50	1,67	1,43	$\hat{y} = 2,9528 - 0,1462x^{**} + 0,0033x^{2**}$	7,79	0,90

CV: Coeficiente de variação; R²: Coeficiente de determinação.

** : Significativo ao nível de 1% pelo teste f.

Tabela 3. Composição química da silagem de capim-elefante BRS Canará com diferentes níveis de inclusão de DDG. Matéria seca (MS %); matéria mineral (MM %); Fibra insolúvel em detergente ácido (FDA); fibra insolúvel em detergente neutro (FDN); fibra insolúvel em detergente neutro isenta de MM e proteína bruta (FDNcp); proteína bruta (PB); Proteína indigestível em detergente neutro (PIDN % MS); proteína indigestível em detergente neutro (PIDN % PB); proteína indigestível em detergente ácido (PIDA % MS); proteína indigestível em detergente ácido (PIDA % PB); nutrientes digestíveis totais (NDT); energia líquida (ELL).

Variáveis	Níveis de inclusão (%)						Equação de Regressão	CV (%)	R ²
	0	5	10	15	20	30			
MS (%)	20,56	26,35	28,64	30,52	32,63	38,13	$\hat{y} = 22,2817 + 0,5393x^{**}$	2,72	0,97
CIN (% MS)	10,06	8,53	6,46	5,88	5,26	4,97	$\hat{y} = 10,1013 - 0,4043x^{***} + 0,0078x^{2***}$	2,65	0,99
FDA (% MS)	46,50	37,34	35,35	33,00	31,16	27,39	$\hat{y} = 42,6641 - 0,5654x^{**}$	3,44	0,87
FDN (% MS)	70,07	64,31	63,86	63,57	63,28	61,31	$\hat{y} = 68,7093 - 0,5310x^{**} + 0,0100x^{2***}$	2,63	0,82
FDNcp (% MS)	65,18	57,51	55,70	54,16	53,07	50,77	$\hat{y} = 63,82976 - 0,9442x^{**} + 0,0175x^{2***}$	2,41	0,94
PB (% MS)	5,19	10,63	14,63	16,24	18,10	23,06	$\hat{y} = 7,2032 + 0,5581x^{**}$	2,3	0,95
PIDN (% MS)	0,99	2,48	4,87	5,81	6,50	6,91	$\bar{y} = 0,8128 + 0,4425x^{**} - 0,0079x^{2***}$	7,29	0,99
PIDN (% PB)	19,20	23,35	30,70	35,81	35,93	29,68	$\hat{y} = 17,7517 + 1,8111x^{**} - 0,0463x^{2**}$	7,81	0,96
PIDA (% MS)	0,76	0,97	1,47	1,80	1,79	2,86	$\hat{y} = 0,7038 + 0,0678x^{**}$	2,19	0,96
PIDA (% PB)	14,64	9,12	9,91	11,06	9,88	14,42	$\hat{y} = 11,17$	2,98	-
NDT (%)	54,56	56,96	57,15	57,27	57,39	58,21	$\hat{y} = 55,1311 + 0,2213x^{**} - 0,0042x^{2***}$	1,14	0,82
ELL (Mcal/kg)	1,09	1,34	1,40	1,46	1,52	1,62	$\hat{y} = 1,0951 + 0,0158x^{**}$	2,43	0,88

CV: Coeficiente de variação; R²: Coeficiente de determinação.

** , * : Significativo aos níveis de 1 e 5%, respectivamente, pelo teste f.

Capítulo 3

Padrão fermentativo e valor nutritivo de silagem de capim-elefante com grãos úmidos de destilaria

Fermentation pattern and nutritive value of elephant grass silage with wet distillers grains

Padrón fermentativo y valor nutricional del ensilado de pasto elefante con granos de destilería húmedos

Resumo

O objetivo desse experimento foi verificar o padrão fermentativo e avaliar os valores nutricionais e digestivos da silagem de capim-elefante, cultivar Canará, aditivado com níveis crescentes de WDG. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado com 6 tratamentos, sendo 0; 5; 10; 15; 20 e 30 % de inclusão de WDG, e 4 repetições. As características avaliadas foram: capacidade tampão (CT); carboidratos solúveis (CHOS); coeficiente fermentativo (CF); perda de gases (PG); Efluentes (EFLU); recuperação da matéria seca (RMS); potencial hidrogeniônico (pH); nitrogênio amoniacal (N-NH₃); MS; matéria mineral (MM); fibra em detergente ácido (FDA); fibra em detergente neutro (FDN); fibra em detergente neutro isenta de cinzas e proteína (FDNcp); proteína bruta (PB); proteína indigestível em detergente neutro (PIDN); proteína indigestível em detergente ácido (PIDA); nutrientes digestíveis totais (NDT) e energia líquida lactante (ELL). Os dados foram submetidos à análise de regressão ao nível de 5% e 1% de probabilidade utilizando o programa estatístico SISVAR[®]. Os níveis de WDG proporcionaram aumento dos CHOS, CF, teor de MS, ELL, NDT e PB, diminuição dos EFLU, MM, FDN, FDNcp e FDA, além de PIDN e de PIDA baixos, com incremento do valor nutritivo da silagem. Recomenda-se a adição de no mínimo 20% de WDG por quilo grama de matéria natural de forragem de capim elefante a ser ensilada.

Palavras-chave: coproduto, WDG, etanol, valor nutritivo, Pennisetum purpureum Schum.

Abstract

The aim of this experiment was to verify the fermentation pattern and to evaluate the nutritional and digestive values of elephant grass silage, cultivar Canará, added with increasing levels of WDG. The design used was completely randomized with 6 treatments, being 0; 5; 10; 15; 20 and 30% inclusion of WDG, and 4 replicates. The characteristics evaluated were: buffer capacity (BC), stable carbohydrates (SC), fermentative coefficient (FC), gas loss (GL); (EFLU); dry matter recovery (DMR); hydrogenionic potential (pH); ammoniacal nitrogen (N-

NH₃); DM; mineral matter (MM); Acid detergent fiber (ADF); neutral detergent fiber (NDF); neutral detergent fiber free of ash and protein (NDFcp); Crude protein (CP); neutral detergent insoluble protein (NDIP); acid detergent insoluble protein (ADIP); digestible nutrients (TDN) and lactating liquid energy (LLE). The data were submitted to regression analysis at the level of 5% and 1% probability, using the statistical program SISVAR[®]. WDG levels increased the content of SC, FC, DM, LLE, TDN and CP, decrease in BC, EFLU, MM, NDF, NDFcp and ADF in addition to low NDIP and ADIP, with an increase in the nutritive value of silage. It is recommended to add at least 20% WDG per kilo gram of natural elephant grass fodder to be ensiled.

Keywords: co-product, WDG, ethanol, nutritional value, Pennisetum purpureum Schum.

Resumen

El objetivo de este experimento fue verificar el patrón fermentativo y evaluar los valores nutricionales y digestivos del ensilado de pasto elefante, cultivar Canará, adicionando cantidades crecientes de WDG. El diseño utilizado fue irrestricto al azar con 6 tratamientos, siendo 0; 5; 10; 15; 20 y 30% de inclusión de WDG y 4 repeticiones. Las características evaluadas fueron: capacidad tampón (CT); carbohidratos solubles (CHOS); coeficiente fermentativo (CF); pérdida de gases (PG); Efluentes (EFLU); recuperación de materia seca (RMS); potencial hidrogenionico (pH); nitrógeno amoniacal (N-NH₃); MS; materia mineral (MM); fibra detergente ácida (FDA); fibra detergente neutra (FDN); Fibra detergente neutra libre de cenizas y proteínas (NDFcp); proteína bruta (PB); proteína insoluble en detergente neutro (PIDN); proteína insoluble en detergente ácido (PIDA); nutrientes digestibles totales (NDT) y energía líquida lactante (ELL). Los datos fueron sometidos a análisis de regresión al nivel de 5% y 1% de probabilidad utilizando el programa estadístico SISVAR[®]. Los niveles de WDG aumentaron CHOS, CF, teor de MS, ELL, NDT y PB, disminuyeron EFLU, MM, NDF, NDFcp y FDA, además de un PIDN y PIDA bajos, con aumento en el valor nutricional del ensilado. Se recomienda agregar al menos un 20% de WDG por kilogramo de forraje natural de pasto elefante a ensilar.

Palabras clave: coproducto, WDG, etanol, valor nutricional, Pennisetum purpureum Schum.

1. Introdução

A alimentação de ruminantes é seriamente afetada pela sazonalidade das pastagens no Brasil e no mundo, fazendo com que os pecuaristas tenham que buscar estratégias para alimentar os animais. Dentre as várias formas de atender a demanda nutricional na época de

escassez de alimento, a silagem de capins tropicais provenientes de áreas de excedente de produção na época das águas, estão em destaque na pesquisa, para ofertar alimento em quantidade e qualidade.

O capim-elefante destaca-se como uma forrageira de alta produtividade de MS e adaptabilidade a vários climas e solos (Tcacenco e Botrel, 1997), características essas que o qualificam como boa forrageira para conservação na forma de silagem.

A silagem é o material produzido a partir de uma fermentação anaeróbica controlada de uma forragem, visando manter a qualidade nutricional após a abertura do silo (McDonald, 1981), porém para que isto ocorra, certos parâmetros como teor de matéria seca, carboidratos solúveis e produtividade de matéria seca, devem ser verificados frente a forrageira escolhida para ser ensilada.

O capim-elefante quando se encontra com boa qualidade nutricional, tem baixo teor de MS, o que possibilita fermentações secundárias, produção de efluente e consequente perda de qualidade nutricional e da silagem.

Segundo Andrade et al. (2012) o manejo do capim-elefante na pré-ensilagem tem provocado quedas no valor nutricional devido a imaturidade das plantas. Para contornar essas limitações, vários aditivos têm sido adicionados no momento da ensilagem no intuito de melhorar o padrão fermentativo e a qualidade da silagem (Rezende et al., 2008).

Uma estratégia para minimizar estas perdas na ensilagem de forragens com baixo teor de matéria seca é a inclusão de aditivos sequestrantes de umidade, como farelo de trigo, polpa cítrica desidratada, farelo de algaroba, entre outros (Zanine et al., 2007; Ferrari Junior et al., 2009; Rêgo et al., 2013).

Dessa forma, a utilização de fontes alternativas com melhor relação custo/benefício pode ser estratégia de grande impacto na viabilidade da pecuária praticada (Silva et al., 2014). Para tanto, atualmente vem se destacando no mercado os coprodutos da fabricação de etanol a partir do milho, que além da possibilidade de sequestrar umidade da forragem, podem possibilitar a melhoria da qualidade nutricional e digestível da silagem, já que estes possuem elevados teores de PB, baixos teores de FDN e FDA.

A produção de coprodutos oriundos do milho vem ganhando destaque no Centro Oeste brasileiro, pois apresentam alto teor de proteína e preço atrativo. No Brasil, segundo a CONAB (2020) a produção de álcool a partir do milho alcançou 791.431.000L na safra 18/19 o que gera em torno de 751.850Mg de coproduto. Estimativas da CONAB (2020) para a safra 19/20 projeta-se a produção de 1.347.739.000L, que irão gerar em torno de 1.280.352Mg de coprodutos.

A produção de etanol a partir do milho gera o WDG (Wet Distillers Grains - grãos úmidos de destilaria). Além do WDG, a produção de etanol de milho também gera DDG (Dry Distillers Grains) e óleo de milho que é vendido às refinarias (Marinho, 2016).

O objetivo com esse experimento foi verificar o padrão fermentativo e avaliar os valores nutricional e digestivo da silagem de capim-elefante, cultivar Canará, aditivado com níveis crescentes de WDG.

2. Metodologia

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental da Universidade Federal de Mato Grosso em Santo Antônio do Leverger-MT, situado a 15°47'5'' de Latitude Sul, 56°04' de Longitude Oeste de Greenwich, altitude média de 140m, mesorregião Centro-Sul de Mato Grosso, microrregião de Cuiabá (Ferreira, 2001).

O clima, segundo a classificação de Koppen, é do tipo Aw, ou seja, clima tropical, megatérmico, caracterizando-se por duas estações bem definidas: seca (abril a setembro) e chuvosa (outubro a março). De acordo com Ferreira (2001) a precipitação anual é de 1500mm, com intensidade máxima nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro.

O solo predominante é o Plintossolo (Plintossolo Tb alíco moderado, textura média, relevo plano). Apresentando textura que facilita a infiltração de água, aeração do solo, penetração das raízes e desenvolvimento do sistema radicular.

A forrageira utilizada foi capim-elefante cultivar Canará, plantado no espaçamento de 1,0m entre fileiras. Em novembro, foi realizado o corte de uniformização da área experimental, em seguida foi feita a adubação de manutenção, em cobertura, com 200kg ha⁻¹ de ureia e 100kg ha⁻¹ de cloreto de potássio.

A data do corte foi definida quando o capim-elefante apresentou altura média de 1,50m, com idade de 70 dias após a uniformização, sendo cortado a 10cm do solo. A forragem foi picada em picadora estacionária em partículas de 2cm, sendo homogeneizada com o aditivo WDG (grãos de destilaria úmido), conforme os tratamentos.

O experimento foi instalado em delineamento inteiramente casualizado com seis tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos consistiram na adição de 0; 5; 10; 15; 20 e 30% de WDG na massa verde de forragem picada e sem emurchecimento.

Parte da forragem picada com o aditivo (500g), foi coletada no momento da ensilagem, sendo esta amostra colocada em sacos de papel e secas em estufa de ventilação forçada com temperatura de 55°C até peso constante. As amostras pré-secas foram pesadas e moídas

utilizando moinho estacionário com peneira de 1mm, e guardadas em recipientes de polietileno para análise dos teores de MS antes da ensilagem conforme Silva e Queiroz (2002).

Cada silo experimental (parcela) foi constituído de cano de PVC com 10cm de diâmetro e 50cm de altura, tendo capacidade para acondicionar 2,50kg de forragem (densidade de 600kg de massa verde m⁻³). A compactação foi realizada com soquetes de madeira e a vedação com tampas de PVC dotadas de válvula tipo Bunsen, para permitir o escape dos gases oriundos da fermentação e impedir a entrada de ar. Posteriormente, as tampas foram lacradas com fita adesiva.

Em cada silo foi colocado 500g de areia seca e uma tela separadora entre a areia e a forragem, para que na data de abertura fosse estimada a perda por efluentes, gases e recuperação da matéria seca. Após o enchimento, os silos foram pesados.

A abertura dos silos ocorreu aos 40 dias após a ensilagem. Na coleta das amostras foram desprezados os 5cm da porção superior e inferior dos silos. Após esse procedimento, a silagem foi dividida em duas partes.

A primeira parte (500g) foi acondicionada em sacos plásticos e congelada para determinação do pH e teor de nitrogênio amoniacal. Em seguida, procedeu-se a obtenção do extrato aquoso da silagem, por meio de liquidificação por um minuto de 50g de silagem e 100mL de água destilada, conforme metodologia adaptada de Kung Júnior (1996).

Posteriormente, o material foi filtrado em papel-filtro e parte deste foi utilizado para aferição do pH com potenciômetro digital. A outra parte do filtrado foi submetido à destilação com hidróxido de potássio (KOH) 2 N em aparelho do tipo micro-kjeldahl e, em seguida, titulado com ácido clorídrico (HCl) 0,02 N, para estimativa do teor de nitrogênio amoniacal (N-NH₃) (Mizubuti, et al., 2009).

A outra parte (500g) foi colocada em sacos de papel e secas em estufa de ventilação forçada com temperatura de 55°C até atingir massa constante. Após este procedimento, as amostras foram pesadas e moídas utilizando moinho tipo Willey em peneira de 1,0mm e guardadas em recipientes de polietileno para a determinação da composição químico-bromatológica.

Para capacidade tampão utilizou-se a metodologia de Weissbach (1974): foi pesado 1 g de amostra seca e moída, com posterior diluição com 100 mL de água destilada. Em seguida, foi realizada a titulação com ácido láctico (0,1 N) até o pH atingir valor 4,0, registrando-se o volume de ácido láctico gasto. Para carboidratos solúveis utilizou-se a metodologia de Antrona (Passos, 1996).

O coeficiente de fermentação foi calculado como Weissbach (2011): $CF = MS (\%) + 8 X CS (g/Kg \text{ de MS}) / CT (g \text{ ácido láctico}/100 g \text{ de MS})$.

No momento da abertura, os silos foram pesados para estimar as perdas por gases, efluentes e recuperação da matéria seca, além de coletar os dados de temperatura média da massa de silagem de cada silo. As perdas por gases e efluentes foram quantificadas por diferença de peso antes e após o processo de ensilagem.

A perda por gases (PG) foi determinada por meio da equação proposta por Jobim (2007):

$$PG = [(PSf - PSa) / (MFf \times MSf)] \times 100$$

onde: PG é a perda por gases durante o armazenamento (% MS inicial); PSf é o peso do silo na ensilagem (kg); PSa é o peso do silo na abertura (kg); MFf é a massa de forragem na ensilagem (kg); e MSf é o teor de MS da forragem na ensilagem.

As perdas por efluente ($kg \text{ t}^{-1}$ de matéria verde) foram quantificadas pela equação de Jobim *et al.* (2007), baseada na diferença de peso da areia e relacionadas com a massa de forragem no fechamento do silo:

$$PEflu (kg \text{ t}^{-1} MV) = [(PSvi - PS) - (PSvf - PS)/MVfi] \times 100$$

onde: PEflu é a produção de efluentes ($kg \text{ ton}^{-1} MV$); PSvi o peso do silo vazio + peso da areia na abertura (kg); PS o peso do silo; PSvf é o peso do silo vazio + peso da areia no fechamento (kg); MVfi a massa de forragem no fechamento (kg).

A equação utilizada para estimar a recuperação de matéria seca conforme descrito por Jobim *et al.* (2007):

$$RMS (\%) = [(MFab \times MSab)/(MFfe \times MSfe)] \times 100$$

onde: RMS é a taxa de recuperação de matéria seca (%); MFab massa de silagem na abertura (kg); MSab o teor de matéria seca da silagem na abertura (%); MFfe massa de forragem no fechamento (kg); e MSfe o teor de matéria seca da forragem no fechamento (%).

Os teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e matéria mineral (MM) foram determinados conforme Silva e Queiroz (2002). Os teores de fibra em detergente neutro e ácido (FDN e FDA) foram determinados segundo as técnicas descritas por Van Soest (1994). Os teores de proteína indigestível em detergente neutro na proteína bruta (PIDN) e ácido (PIDA)

foram determinados de acordo com Licitra *et al.* (1996). Avaliou-se a fibra em detergente neutro livre de minerais e proteína (FDNcp) conforme metodologia de Sniffen *et al.* (1992).

As estimativas dos teores de nutrientes digestíveis totais (NDT) e energia líquida da lactação (ELL), foram realizadas conforme as equações propostas por Cappelle *et al.* (2001) e David (2001), respectivamente.

$$\text{NDT (\% MS)} = 83,79 - (0,4171 \times \text{FDN}).$$

$$\text{ELL} = 2,39 - (0,028 \times \text{FDA}).$$

A composição química bromatológica da forragem de capim-elefante e do WDG, pré ensilagem, encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1: Composição química da forragem de capim-elefante BRS Canará e o WDG antes da ensilagem.

Variáveis	FORRAGEM	WDG
MS (%)	19,02	35,64
MM (% MS)	9,77	1,75
FDA (% MS)	49,63	16,58
FDN (% MS)	75,51	61,65
FDNcp (% MS)	69,50	46,41
PB (% MS)	5,43	34,15
PIDN (% MS)	2,35	13,14
PIDN (% PB)	43,27	38,51
PIDA (% MS)	0,56	2,90
PIDA (% PB)	10,38	32,47
NDT (%)	52,29	58,07
ELL (Mcal/kg)	1,01	1,92

Os dados coletados foram submetidos à análise de regressão ao nível de 5% e 1% de probabilidade, utilizando-se o software estatístico SISVAR[®].

3. Resultados e Discussão

Todos os tratamentos apresentaram uma silagem de coloração amarela esverdeada, odor agradável e sem presença de fungos. A temperatura média da silagem e do ambiente foi de 27,25°C e 28°C, respectivamente.

O aditivo WDG foi usado com o intuito de aumentar o teor de MS, dando assim, a possibilidade de um padrão fermentativo de melhor qualidade. Normalmente os aditivos têm o propósito de favorecer a conservação e melhorar o valor nutritivo da massa ensilada (Santos et al., 2010).

Não houve efeito dos níveis de inclusão de WDG sobre perdas por gases (PG) e recuperação da matéria seca (RMS) (Tabela 2). A média de perdas por gases foi de 4,12%, sendo efetivo em proporcionar mínimas perdas. As reduzidas perdas por gases ocorreram pelo controle dos microrganismos, como as enterobactérias e bactérias do gênero Clostridium, que geralmente se desenvolvem em silagens mal fermentadas (McDonald, 1981).

Tabela 2. Padrão fermentativo da silagem de capim-elefante BRS Canará aditivado com diferentes níveis de inclusão de WDG.

Variáveis	Níveis de inclusão (%)						Equação de Regressão	CV (%)	R ²
	0	5	10	15	20	30			
CT (g ác. láctico/100g MS)	5,55	4,15	3,06	2,81	2,46	1,84	$\hat{y} = 4,8465 - 0,1149x^{**}$	6,78	0,86
CHOS (%)	5,28	5,76	6,11	7,83	7,39	7,23	$\hat{y} = 5,5951 + 0,0753x^{**}$	16,95	0,63
CF	26,37	32,59	38,56	43,93	48,71	56,49	$\hat{y} = 25,6196 + 1,0152x^{**}$	14,38	0,98
PG (%)	3,66	4,65	4,69	4,85	4,12	2,77	$\hat{y} = 4,12$	38,27	-
EFLU (Kg/Ton)	45,04	31,68	34,04	32,91	33,59	21,18	$\hat{y} = 39,7005 - 0,4221x^*$	5,48	0,59
RMS (%)	90,22	90,95	91,13	91,31	91,49	91,85	$\hat{y} = 91,25$	2,02	-
pH	3,62	3,65	3,60	3,67	3,71	3,74	$\hat{y} = 3,6102 + 0,0042x^{**}$	1,24	0,75
N-NH ₃	3,13	3,48	2,56	2,94	2,78	2,78	$\hat{y} = 3,2667 - 0,0409x^{**} + 0,0008x^{2*}$	4,62	0,36

CV: Coeficiente de variação; R²: Coeficiente de determinação. **, *: Significativo aos níveis de 1 e 5%, respectivamente, pelo teste F.

Melo et al. (2016) citam que a maior ou menor produção de gases pode estar relacionada às perdas de matéria seca durante o processo fermentativo. Segundo o autor, isso ocorre em função das fermentações indesejáveis provenientes do metabolismo de microrganismos como Clostridium, enterobactérias e leveduras que se desenvolvem em pH mais elevado produzindo gases.

A média da RMS foi de 91,25%. Andrade et al. (2010), trabalhando com diversos subprodutos agrícolas como aditivos na ensilagem de capim-elefante, encontrou aumento linear na RMS de 0,15% para cada 1 kg de inclusão. Várias literaturas demonstram aumento linear para esta variável. No entanto, utilizaram-se de aditivos com alto teor de MS.

Nesse estudo, o WDG tinha apenas 35,64% MS (Tabela 1). Não era esperado que o WDG aumentasse o teor de MS do material ensilado e nem elevasse de forma acentuada a RMS da silagem. Como a RMS foi alta, observamos que o processo fermentativo foi adequado, pois

minimizou as perdas físicas do material ensilado propiciando, conseqüentemente, maior quantidade de silagem para alimentação dos animais.

Para carboidratos solúveis houve efeito significativo linear crescente quanto a adição do WDG na forragem de capim elefante de 0,07% para cada 1% de adição (Tabela 2), na dose máxima do experimento (30% de WDG) alcançou 7,85% de carboidratos solúveis presentes na forragem, níveis entre 6 e 16% carboidratos solúveis vem sendo documentados como promotores de fermentação lácticas na ensilagem (Lima Júnior et al., 2014).

A baixa concentração de carboidratos solúveis na forragem de capim elefante e uma maior proporção no aditivo WDG (Tabela 1), foi o que determinou a um acréscimo na concentração na forragem aditivada. O milho quando passa pelo processo fermentativo para a produção de álcool anídrico, consome grande parte do amido do grão.

Para capacidade tampão (CT) houve efeito linear decrescente, onde que o aditivo WDG foi eficiente em promover a redução em 0,11 para cada 1 % de adição (Tabela 2), promovendo uma rápida estabilidade fermentativa. CT de forragens pode ser definida como o grau de resistência a alterações no pH (Bujnak et al., 2011). Segundo Jobim et al. (2007), a CT deve ser analisada quando se tem objetivo o uso da forragem para ensilagem, pois através da CT adquire-se informações referente à velocidade em que pH vai decrescer.

Na dose máxima do experimento (30 % de WDG) observou valores de 1,39 g ácido láctico/100 g MS, valor este considerado baixo por Nussio (2000) que relata capacidade tampão de 3,5 g de ácido láctico/100 g de MS é comum na forragem de milho e valores de 7,4 pode ser observado na forragem de alfafa que tem alta capacidade tampão.

Para Lima Júnior et al., (2014), plantas forrageiras tropicais não graníferas como o capim elefante, associadas ao alto teor de umidade e a alta capacidade tampão, dificulta a utilização destas forrageiras no processo de ensilagem. Para tanto verifica-se neste trabalho que o aditivo foi eficiente em promover uma baixa capacidade tampão da forrageira aditivada, devido ao aditivo ter um pH de 3,5 e quando adicionado a forragem possibilita o decréscimo do pH da massa de forragem a ser ensilada.

O coeficiente fermentativo (CF) apresentou efeito linear crescente, onde que para cada 1 % de adição de DDG proporcionou a melhoria do coeficiente fermentativo em 1,01 % (Tabela 2). O aditivo WDG foi eficiente em melhorar o CF da silagem de capim elefante, quando adicionou-se 19,18 % elevou o coeficiente acima de 45, valor este proposto por Weissbach (2011) para inibir a ocorrência de fermentação butírica.

O CF agrega características e discrimina forragens capazes de dar origem a silagens anaerobicamente estáveis livres de ácido butírico (Kaiser, Weißbach e Polip 2002), pois levam

em conta o teor de MS, carboidratos solúveis e a capacidade tampão das forrageiras a serem ensiladas.

Para perdas por efluentes observou-se redução linear nas perdas na ordem de 0,420Kg para cada 1% de inclusão de WDG no material ensilado (Tabela 2). Este valor é baixo comparativamente a alguns trabalhos que se utilizaram de aditivos com teor de MS mais alto. Acredita-se que o WDG com teor de MS de 35,64% (Tabela 1), foi efetivo em reduzir os EFLU. É válido considerar que a perda por efluente carrega compostos nitrogenados, açúcares, ácidos orgânicos e sais minerais (Igarasi, 2002). Por isso, a inclusão de WDG foi uma alternativa vantajosa, pois minimizou esta perda.

Na variável pH, o WDG promoveu incremento de 0,004% para cada 1% de aditivo. Porém, os valores médios ficaram dentro do padrão de pH exigido para conferir a silagem um bom padrão fermentativo (Tabela 2). Para Chiou et al (2000), trabalhando com aditivação de capim-elefante com grãos de sorgo destilados, verificaram a redução dos valores de pH em comparação com a testemunha, embora todos os valores ficaram abaixo de 4,2.

Segundo Vilela (1998), o pH, a concentração de ácidos orgânicos e o nitrogênio amoniacal são parâmetros que dão ideia do padrão fermentativo da silagem. Valores de pH abaixo de 4,2 são indicativos de uma silagem bem conservada. Entretanto, esta variável isoladamente não pode ser empregada como critério avaliativo de um processo fermentativo, pois o efeito inibidor é dependente da velocidade com que se declina durante o processo fermentativo. Zierenberg et al. (2001) definem que mais importante que a estabilidade de pH de uma silagem é a velocidade com que esse se declina a fim de evitar as fermentações indesejadas ocasionadas por bactérias em pH maiores.

O teor de N-NH₃ demonstra que o processo de conservação ocorreu de forma satisfatória, e a maior perda por N-NH₃ se deu na dose de 25,56% de inclusão, acarretando uma perda por N-NH₃ de 2,74% (Tabela 2), sendo bem abaixo dos níveis de 10%. Mello (2004), em uma compilação de dados de vários autores, definiu para silagem de capim-elefante um valor aceitável de N-NH₃ entre 10-15% do N total. Contudo, Rocha Júnior et al. (2000) consideraram que, em silagens bem conservadas, os níveis de N-NH₃ não devem ultrapassar os valores de 10% de N total da silagem.

A inclusão de WDG na massa de forragem proporcionou um incremento linear do teor de matéria seca na ordem de 0,12% para cada 1% de inclusão (Tabela 3). Com a dose máxima de 30% obteve-se 24,14% de MS, valor este abaixo do que a literatura recomenda para uma boa fermentação. A produção de silagem com baixo teor de MS pode implicar na ocorrência de fermentações indesejáveis devido à alta umidade do capim ensilado, elevado pH e concentração

de NH_3 . Tais características não foram observadas neste presente estudo, pois o padrão fermentativo foi adequado. Mello (2004) reuniu dados de vários autores e verificou que a MS para ensilagem de capim-elefante variou de 20-28% e frisou a importância da utilização de aditivos sequestrantes de umidade e melhoradores nutricionais para que ocorra um bom padrão fermentativo.

O teor de MM apresentou um comportamento linear, sendo que para cada acréscimo de 1% de WDG decresceu 0,1% de MM (Tabela 3). Na dose máxima utilizada neste experimento, alcançou nível de 6,71% de MM, enquanto o capim apresentou 9,72% de MM em sua composição.

Andrade e Lavezzo (1998) observaram que houve queda nos teores de MM à medida que se aumentaram os níveis de farelo de trigo, resultados refletem os teores de MM do aditivo empregado, sendo a dose máxima utilizada pelos autores foi de 24% de inclusão. Houve o efeito de diluição da MM, entre o aditivo e a forragem ensilada, o que possivelmente ocorreu neste experimento, pois o WDG, antes da ensilagem, tinha 1,71% de MM e o capim-elefante 9,69% de MM.

A FDA decresceu de forma linear 0,40% para cada kg de WDG acrescido no processo de ensilagem, proporcionando na dose de 30% o seu melhor teor (34,20%), tornando um alimento de ótima digestibilidade final (Tabela 3).

Zanine et al. (2006) avaliando os efeitos da adição de 15% farelo de trigo em silagens de capim-elefante, observaram redução da fração fibrosa de silagem, tanto FDN quanto FDA. Zanine et al. (2007) verificaram que a própria natureza da fibra do aditivo (farelo de trigo) apresenta melhor qualidade que a fibra do capim, o que contribui para que se tenha uma diminuição pelo efeito de diluição.

Silveira (2017), trabalhando com torta de macaúba como aditivo em silagem de capim-elefante em níveis crescentes até 30% de inclusão, verificou comportamento linear decrescente na ordem de 0,39% de FDA, resultado este que se assemelha ao aqui encontrado.

Rêgo et al. (2013), na dose máxima testada de farelo de algaroba de 15% de inclusão na ensilagem de capim-elefante, encontraram teor de FDA de 37,34% aos 70 dias de idade do capim-elefante.

Quanto maior o teor de FDA, menor a digestibilidade. O FDN tem correlação negativa com o consumo das forragens, ao considerar-se teores de 40% de FDA e 60% de FDN como limitantes da digestibilidade e do consumo, respectivamente (Van Soest, 1994). Fica evidenciado a melhoria na digestibilidade da silagem de capim-elefante aqui aditivada com WDG.

Na variável FDN, para cada kg de WDG acrescido na forragem ocorreu um decréscimo de 0,25% de FDN da silagem (Tabela 3). Na dose máxima de 30%, obteve-se uma FDN de 62,36%. Silveira (2017) trabalhando com torta de macaúba como aditivo em silagem de capim-elefante em níveis crescentes até 30% de inclusão, encontrou comportamento linear decrescente para FDN (0,57% para cada 1kg de inclusão), o que demonstra que a escolha do aditivo pode ter maior ou menor influência no decréscimo de determinadas variáveis, pois o efeito de diluição que o aditivo é capaz de proporcionar será o fator preponderante.

Segundo Mello (2004), silagens de capim-elefante têm FDN de 70 a 75%, fato este observado nesse trabalho, pois a testemunha sem aditivização obteve uma FDN de 70%. Conforme Rezende et al. (1994) as reduções de FDN das silagens podem contribuir para aumentar o consumo de matéria seca, bem como aumentar a densidade energética da dieta de ruminantes (Jung e Allen, 1995). O elevado teor de FDN interfere no consumo e na digestibilidade da matéria seca, verificando neste trabalho que a inclusão de WDG na forragem ensilada, proporcionou melhoria neste parâmetro nutricional.

Lobo (2006), aditivando silagem de capim-elefante com polpa cítrica também obteve redução da FDN. Segundo o autor, o FDN da silagem foi reduzido linearmente à medida que se elevou a adição de polpa cítrica, o que se explica pelo baixo teor de FDN do aditivo (27,8%) em comparação ao capim-elefante (acima de 64% de FDN).

Rêgo et al. (2013) também obteve melhoria na qualidade da FDN, aditivando silagem de capim-elefante com farelo de algaroba. Possivelmente o menor teor de FDN do aditivo proporcionou o efeito de diluição, pois neste trabalho a FDN do capim encontrava-se em 75,33% e do aditivo 61,65% antes da ensilagem (Tabela 1).

A FDN_{cp} apresentou redução linear de 0,26% para cada kg de WDG incluso na massa de forragem, sendo que na dose máxima apresentou uma FDN_{cp} de 57,51% (Tabela 3).

Pires (2009) testando casca de café, farelo de cacau e farelo de mandioca na dose de 15% de inclusão, obteve alta FDN_{cp} para casca de café (72,6%), devido a este produto apresentar FDN_{cp} similar ao capim-elefante. Já para o aditivo farelo de cacau houve a queda do valor para 63,3% devido ao aditivo apresentar uma FDN_{cp} de 45,7%. Quando o autor incluiu farelo de mandioca com 11,3% de FDN_{cp}, observou a queda no FDN_{cp} da silagem para 58%, mostrando assim o efeito de diluição que o aditivo causa quando acrescido na forragem no momento da ensilagem.

Silveira (2017) trabalhando com torta de macaúba como aditivo em silagem de capim-elefante em níveis crescentes até 30% de inclusão, obteve comportamento linear decrescente,

sendo de 0,58% para cada 1% de inclusão e segundo o autor, este resultado está ligado ao baixo teor de FDNcp do aditivo.

Tabela 3. Composição química da silagem de capim-elefante BRS Canará com diferentes níveis de inclusão de WDG.

Variáveis	Níveis de inclusão (%)						Equação de Regressão	CV (%)	R ²
	0	5	10	15	20	30			
MS (%)	20,56	20,84	22,64	22,00	23,07	24,05	$\hat{y} = 20,6405 + 0,1166x^{**}$	3,83	0,89
MM (% MS)	10,06	9,07	8,56	8,14	7,56	6,94	$\hat{y} = 9,7278 - 0,100436x^{**}$	2,57	0,96
FDA(% MS)	46,50	45,75	40,73	39,00	37,90	35,21	$\hat{y} = 46,1626 - 0,3986x^{**}$	3,04	0,93
FDN(% MS)	70,07	70,50	66,15	65,30	64,27	63,38	$\hat{y} = 70,0093 - 0,2547x^{**}$	1,19	0,84
FDNcp (% MS)	69,50	67,83	64,32	63,09	62,06	61,88	$\hat{y} = 65,4920 - 0,2658x^{**}$	2,48	0,98
PB (% MS)	5,19	7,57	9,46	11,19	12,32	13,78	$\hat{y} = 6,1112 + 0,2855x^{**}$	4,71	0,94
PIDN (% MS)	0,99	1,09	1,26	1,33	1,36	1,61	$\hat{y} = 1,0121 + 0,0196x^{**}$	6,01	0,98
PIDN (% PB)	19,20	14,43	13,21	12,00	11,07	11,67	$\hat{y} = 18,6167 - 0,7013x^{**} + 0,0158x^{2***}$	7,48	0,96
PIDA (% MS)	0,76	0,83	0,90	0,85	0,97	0,88	$\hat{y} = 0,7600 + 0,0157x^{**} - 0,0003x^{2***}$	4,63	0,73
PIDA (% PB)	14,64	10,97	9,57	7,58	7,89	6,44	$\hat{y} = 14,2064 - 0,5749x^{**} + 0,0108x^{2***}$	4,66	0,96
NDT (%)	54,56	54,38	56,20	56,55	56,98	57,35	$\hat{y} = 54,5897 + 0,1063x^{**}$	0,59	0,84
ELL (Mcal/kg)	1,09	1,10	1,24	1,30	1,32	1,40	$\hat{y} = 1,0965 + 0,0112x^{**}$	2,76	0,93

Matéria seca (MS %); matéria mineral (MM %); Fibra insolúvel em detergente ácido (FDA); fibra insolúvel em detergente neutro (FDN); fibra insolúvel em detergente neutro isenta de MM e proteína bruta (FDNcp); proteína bruta (PB); Proteína indigestível em detergente neutro % da MS (PIDN % MS); proteína indigestível em detergente neutro % da PB (PIDN % PB); proteína indigestível em detergente ácido % MS (PIDA % MS); proteína indigestível em detergente ácido % PB (PIDA % PB); nutrientes digestíveis totais (NDT); energia líquida (ELL). CV: Coeficiente de variação; R²: Coeficiente de determinação.

** , * : Significativo aos níveis de 1 e 5%, respectivamente, pelo teste F.

Para a variável PB, houve aumento linear com a adição de WDG, com um acréscimo de 0,28% para cada 1% adicionado (Tabela 3), sendo que na dose máxima (30%) apresentou um PB de 14,67%, o que proporcionar alto ganho dos animais com ela alimentados. Vale ressaltar aqui que o WDG tem em sua composição 34,15% de PB (Tabela 1), o que possivelmente possibilitou o efeito de diluição. Rêgo et al. (2013), ensilando capim-elefante com farelo de algaroba, obteve aumento linear de 0,17% de PB para cada 1% de inclusão.

A variável PIDN (% MS) apresentou uma função linear crescente na ordem de 0,02% para cada % de inclusão de WDG (Tabela 3), sendo que na dose máxima (30%) apresentou PIDN foi de 1,6% da MS.

Guerra (2015), trabalhando com a ensilagem de capim-elefante aditivada com bagaço de caju desidratado, obteve comportamento linear crescente alcançando na dose máxima utilizada no experimento de (20%) o teor de 6,08% de PIDN na MS. O mesmo autor trabalhando

com torta de girassol desidratada, encontrou também efeito linear crescente, porém na dose máxima do aditivo (20% de inclusão) obteve 4,04% de PIDN na MS.

Para a variável PIDN (% PB) observou-se o comportamento quadrático decrescente sendo que a dose de 22,17% de WDG alcançou 10,84% de PIDN (% PB) (Tabela 3). Este resultado acompanha o comportamento do PIDN (% da MS) e da FDN, evidenciando que um volumoso com maior teor de PB tende a ter mais PIDN retido na fibra, no entanto com a melhoria digestível que o aditivo proporciona faz com que de acordo com a dose esta percentagem de PIDN (% PB) pode ser minimizada.

Andrade et al. (2010) trabalhando com silagem de capim-elefante aditivado com farelo de mandioca, casca de café e farelo de cacau, verificou que o farelo de mandioca foi o que apresentou a menor fração de PIDN em relação aos outros dois aditivos, os autores indicam que isto é devido a composição dos aditivos serem diferentes, sendo que farelo de cacau e casca de café apresentaram maior quantidade de PB em suas composições.

Para PIDA (% MS) observou-se um comportamento quadrático crescente com uma dosagem máxima de 20,90% de inclusão de WDG, obtendo PIDA (% MS) de 0,92% (Tabela 3). Silva et al. (2014) relataram que avaliar teor de PIDA no alimento é importante, pois representa a fração proteica indisponível ao animal, uma vez que é oriunda da complexação de compostos proteicos com a FDA. Os mesmos autores relataram quanto menor for a PIDN e PIDA, principalmente a PIDA, maior será a disponibilidade de PB.

O aumento no teor de PIDA nunca é desejável, pois o nitrogênio retido na fibra em detergente ácido não é aproveitado pelas bactérias ruminais (Van Soest e Mason, 1991; Licitra et al., 1996).

Para o PIDA (% PB) houve efeito quadrático, apresentando na dose máxima de 26,57% de inclusão, 8,70% o teor de PIDA (% PB) (Tabela 3).

Souza et al. (2003) verificaram que o aumento de níveis do aditivo casca de café no capim-elefante promoveu aumento linear da PIDA, chegando a 17,70% quando se incluiu 34,8% de casca de café. Pires et al. (2009) trabalhando com ensilagem de capim-elefante aditivada com casca de café e farelo de cacau, encontraram PIDA de 20,6 e 20,9% respectivamente, sendo valores superiores aos encontrados nesse trabalho. Os mesmos autores aditivando capim-elefante com 15% de farelo de mandioca verificaram uma PIDA de 9,5%, valor que se aproxima do encontrado nesse trabalho.

O teor de PIDA (% PB) reflete em sua maioria a ocorrência do processo de Maillard ou caramelização, que promove a complexação do nitrogênio a fibra, especialmente a hemicelulose, ocorrendo assim o declínio do valor nutritivo das silagens (Van Soest, 1994;

Villela, 1998). Para tanto verifica-se que o WDG foi eficiente em controlar a temperatura da massa ensilada, pois apresentou baixo teor de PIDA (% PB) em relação aos trabalhos aqui citados.

Para o NDT houve efeito linear crescente, com acréscimo de 0,10% de NDT para cada 1% de inclusão do WDG (Tabela 3), atingindo na dosagem máxima (30%), 57,77% de NDT. Segundo o NRC (2001), o nível de NDT adequado para vacas com 450 kg de peso vivo (PV) produzindo 10 kg de leite/dia é de 63,15%, com ingestão de 2,33% de MS em relação ao PV.

Lima (2002), quando ensilou capim-elefante aditivado com casca de soja obteve aumento no NDT de 52,25% para 57,99% de NDT, quando incluiu 30 % de casca de soja. O autor comenta que o aumento do percentual de NDT dos tratamentos que receberam a casca de soja deve-se ao fato deste resíduo apresentar um maior teor de NDT em relação ao capim-elefante utilizado.

Andrade et al. (2010) analisando farelo de mandioca como aditivo na forragem de capim-elefante verificaram efeito linear crescente para NDT. Com os aditivos farelo de cacau e casca de café o comportamento foi linear decrescente. Os autores justificam o comportamento contrário destes dois aditivos em relação ao farelo de mandioca, devido aos mesmos apresentarem teores mais elevado de PIDA, o que certamente influenciou no teor de NDT.

Para cada 1% de inclusão de WDG observou-se o aumento da ELL em 0,011 Mcal/Kg (Tabela 3), sendo que na dose máxima do experimento (30%) alcançou 1,43 Mcal/Kg. De acordo com o NRC (2001) as exigências de ELL dependem do estágio de lactação e gestação que o animal se encontra, podendo variar de 1,35 a 1,47 Mcal.kg⁻¹ para vacas leiteiras secas (no início do período) e de 2,18 a 2,23 Mcal.kg⁻¹ para vacas recém paridas (0 a 21 dias).

4. Considerações finais

O aditivo WDG melhorou o padrão fermentativo da silagem de capim-elefante, propiciando alta recuperação de matéria seca, adequado Coeficiente fermentativo, pH e reduzidas perdas por gases, efluentes e N-amoniaco.

A inclusão do WDG possibilitou a melhoria no valor nutritivo da silagem de capim-elefante elevando o teor de proteína bruta, diminuindo a fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido e melhorando os nutrientes digestíveis totais e energia líquida lactante do alimento.

De acordo com os resultados recomenda-se a adição de no mínimo 20% de WDG por Kg de matéria natural de forragem de capim elefante a ser ensilada, não sendo restritivo a utilização da dose máxima utilizada neste experimento.

Referências

Andrade, A. P.; Quadros, D. G.; Bezerra, A. R. G.; Almeida, J. A. R.; Silva, P. H. S. & Araújo, J. A. M. (2012). Aspectos qualitativos da silagem de capim-elefante com fubá de milho e casca de soja. Londrina: Semina - Ciências Agrárias, 33(3), 1209-1218. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2012v33n3p1209>

Andrade, I. V. O.; Pires, A. J. V; Carvalho, G. G. P.; Veloso, C. M. & Bonomo, P. (2010). Fracionamento de proteínas e carboidratos em silagem de capim-elefante com subprodutos agrícolas. Viçosa: Revista Brasileira de Zootecnia, 39(11), 2342-2348. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982010001100005>

Andrade, J. B. & Lavezzo, W. (1998). Aditivos na ensilagem do capim-elefante. I. Composição bromatológica das forragens e respectivas silagens. Brasília: Pesquisa Agropecuária Brasileira, 33(12), 2015-2023. <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/92339/1/pab402-95.pdf>

Rocha Júnior, V. R.; Gonçalves, L. C.; Rodrigues, J. A. S.; Brito, A. F.; Borges, I. & Rodriguez, N. M. (2000). Avaliação de sete genótipos de sorgo [*Sorghum bicolor* (L) Moench] para produção de silagem. II – Padrão de fermentação. Belo Horizonte: Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, 52(5), 512-520. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-09352000000500018>

Bujnak, L.; Maskal'ová, I. & Vajda, V. (2011). Determination of buffering capacity of selected fermented feedstuffs and the effect of dietary acid-base status on ruminal fluid pH. Kosice: Acta Veterinaria Brno, 80(3), 269-273. <https://doi.org/10.2754/avb201180030269>

Cappelle, E. R.; Valadares Filho, S. C.; Silva, J. F. C. & Cecon, P. R. (2001). Estimativas do valor energético a partir de características químicas e bromatológicas dos alimentos. Viçosa: Revista Brasileira de Zootecnia, 30(6), 1837-1856. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982001000700022>

Chiou, P. Wen-Shyg; Chang, Shu-Haur & Yu, B. (2000). The effects of wet sorghum distillers' grains inclusion on napiergrass silage quality. Journal of the Science of Food and Agriculture,

80(8), 1199-1205. [https://doi.org/10.1002/1097-0010\(200006\)80:8<1199::AID-JSFA620>3.0.CO;2-R](https://doi.org/10.1002/1097-0010(200006)80:8<1199::AID-JSFA620>3.0.CO;2-R)

CONAB. Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar - Safra 2020/2021. (2020). Brasília, 7(2), 1-64.

David, F. M. (2001). 110f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós Graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001. http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/11044/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O_Composi%C3%A7%C3%A3o%20bromatol%C3%B3gica%20e%20degradabilidade%20atrav%C3%A9s%20da%20t%C3%A9cnica%20de%20produ%C3%A7%C3%A3o%20de%20g%C3%A1s%20de%20quatro%20gram%C3%ADneas%20tropicais%20submetidas%20a%20corte%20em%20diferentes%20idades.pdf

Ferrari Junior, E.; Paulino, V. T.; Possenti, R.A. & Lucenas, T.L. (2009). Aditivos em silagem de capim-elefante Paraíso (*Pennisetum hybridum* cv. Paraíso). Archivos de Zootecnia, 58(222), 185-194. <https://doi.org/10.21071/az.v58i222.5276>

Ferreira, J. C. V. (2001). Mato Grosso e seus municípios. Cuiabá: Buriti, 660p.

Guerra, D. G. F. (2015). Composição químico-bromatológica e avaliação sensorial de silagens de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum) com diferentes níveis de subprodutos da agroindústria. 58f. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) – Programa de Pós-Graduação em Produção Animal, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2015. https://repositorio.ufersa.edu.br/bitstream/tede/793/1/DanilloGFG_DISSERT.pdf

Igarasi, M. S. (2002). Controle de perdas na ensilagem de capim Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia) sob os efeitos do teor de matéria seca, do tamanho de partícula, da estação do ano e da presença do inoculante bacteriano. 151f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), ESALQ/USP, Piracicaba, 2002. <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11139/tede-12082002-151258/publico/mauricio.pdf>

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

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. https://www.nutritime.com.br/arquivos_internos/artigosBK/2774.pdf

Kaiser, E.; Weissbach, K. & Polip, L.V. (2002). A new concept for the estimation of the ensiling potential of forages. In: 13th The International Silage Conference. **Proceedings...** Auchincruive: SAC, 344-360. <https://www.tib.eu/en/search/id/BLCP:CN060455167/A-new-concept-for-the-estimation-of-the-ensiling?cHash=2c35ba2ceb61249bb01e2551fd7ac391>

Kung Junior, L. (1996). Preparation of silage water extracts for chemical analyses. Standard operating procedure. Delaware: University of Delaware - Ruminant Nutrition Lab., 32p.

Licitra, G.; Hernandez, T. M. & Van Soest, P. J. (1996). Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology*, 57 (4), 347-358. [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(95\)00837-3](https://doi.org/10.1016/0377-8401(95)00837-3)

Lima, P. G. C. (2002). Silagem de capim-elefante com adição de casca de soja. 65f. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, Universidade Federal do Paraná, Maringá, 2002. <https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/28509/D%20-%20PAULO%20GUATACARA%20DA%20COSTA%20LIMA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Lima Júnior, D. M., Rangel, A. H. N, Mooreno, G. M. B., Silva, M. J. S. & Ribeiro, J. S. (2014). Silagem de gramíneas tropicais não-graníferas. *Agropecuária Científica no Semiárido*, 10(2), 01-11. <http://dx.doi.org/10.30969/acsa.v10i2.284>

Lobo, J. R. (2006). Avaliação da idade de corte e do uso de polpa cítrica sobre a qualidade fermentativa e estabilidade aeróbica da silagem de capim-elefante. 106fls. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Programa de Pós-Graduação em Nutrição Animal,

Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2006.
https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/10/10135/tde-22032007-181810/publico/Jose_R_Lobo.PDF

Mari, L. J. (2003). Intervalo entre cortes em capim-marandu (*Brachiaria brizantha* (Hochst ex. A. Rich.) Stapf cv. Marandu): produção, valor nutritivo e perdas associadas à fermentação da silagem. 159f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), ESALQ/USP, Piracicaba, 2003.
<https://teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11139/tde-20102003-164240/publico/lucas.pdf>

Marinho, A. F. (2016). Etanol de milho: vantagens e desvantagens. Canal – Jornal da Bioenergia. <http://www.canalbioenergia.com.br/aproveitamento-maximo-do-milho>.

McDonald, P. (1981). The biochemistry of silage. New York: John Willey & Sons, 226p.

Melo, M. J. A. F.; Backes, A. A.; Fagundes, J. L.; Melo, M. T.; Silva, G. P. & Freire, A. P. L. (2016). Características fermentativas e composição química da silagem de Capim Tanzânia com aditivos. Nova Odessa: Boletim de Indústria Animal, 73(3), 189-197.
<http://dx.doi.org/10.17523/bia.v73n3p189>

Mello, R.; Nörnberg, J. L. & Rocha, M. G. (2004). Potencial produtivo e qualitativo de híbridos de milho, sorgo e girassol para ensilagem. Revista Brasileira de Agrociência, 10(1), 87-95. <https://www.ufsm.br/app/uploads/sites/519/2020/08/Mello-et-al.-2004-RBA-POTENCIAL-PRODUTIVO-E-QUALITATIVO-DE-HIBRIDOS-DE-MILHO-SORGO-E-GIRASSOL-PARA-ENSILAGEM.pdf>

Mizubuti, I. Y.; Pinto, A. P.; Ramos, B. M. O. & Pereira, E. S. (2009). Métodos laboratoriais de avaliação de alimentos para animais. Londrina: EDUEL, 228p.

NRC. Nutrient requirements of the dairy cattle. (2001). Washington: National Academy of Science, 7, 363p.

Nussio, L. G. Controle do processo de fermentação. Em: Primeiro curso de tecnologia de produção de silagem de gramínea tropical. 1, 2000, Piracicaba. Anais... Piracicaba, ESALQ, p.121-138, 2000.

Passos, L. P. (1996). Métodos analíticos e laboratoriais em fisiologia vegetal. Coronel Pacheco: Embrapa-CNPGL.

Pires, A. J. V.; Carvalho, G. G. P.; Garcia, R.; Carvalho Junior, J. N.; Ribeiro, L. S. O. & Chagas, D. M. T. (2009). Capim-elefante ensilado com casca de café, farelo de cacau ou farelo de mandioca. Viçosa: Revista Brasileira de Zootecnia, 38(1), 34-39.
<https://doi.org/10.1590/S1516-35982009000100005>

Rêgo, A. C.; Paiva, P. C. A.; Muniz, J. A.; Van Cleef, E. H. C. B.; Machado Neto, O. R. & Mata Junior, J. I. (2013). Mesquite pod meal in elephant grass silages. Maringá: Acta Scientiarum Animal Sciences, 35(3), 251-258.
<https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v35i3.12506>

Rezende, A. V.; Gastaldello Junior, A. L.; Valeriano, A. R.; Casali, A. O.; Medeiros, L. T. & Rodrigues, R. M. (2008). Uso De diferentes aditivos em silagem de capim-elefante. Lavras: Ciência e Agrotecnologia, 32(1), 281-287.
https://www.researchgate.net/publication/250050158_Uso_de_diferentes_aditivos_em_silage_m_de_capim-elefante

Santos, F. A. P. & Pedroso, A. M. Suplementação proteica e energética para bovinos de corte em confinamento. In: Pires, A. V. Bovinocultura de corte. Piracicaba: FEALQ, p.257-280, 2010.

Silva, A. M.; Oliveira, R. L.; Ribeiro, O. L.; Bagaldo, A. R.; Bezerra, L. R.; Carvalho, S. T.; Abreu, C. L. & Leão, A. G. (2014). Valor nutricional de resíduos da agroindústria para alimentação de ruminantes. Bom Jesus: Comunicata Scientiae, 5(4), 370-379.
<https://core.ac.uk/download/pdf/327127836.pdf>

Silva, D. J. & Queiroz, A. C. (2002). Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos. Viçosa: UFV, 235p.

Silveira, H. V. L. (2017). Torta de macaúba como aditivo em silagem de capim-elefante. 46p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia,

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2017.
http://acervo.ufvjm.edu.br/jspui/bitstream/1/1783/1/hugo_vinicius_lelis_silveira.pdf

Sniffen, C. J.; O'Connor, D. J.; Van Soest, P. J.; Fox, D. G. & Russell, J. B. (1992). A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: carbohydrate and protein availability. *Journal of Animal Science*, 70(11), 3562-3577. DOI: [10.2527/1992.70113562x](https://doi.org/10.2527/1992.70113562x)

Souza, A. L.; Bernardino, F. S.; Garcia, R.; Pereira, O. G.; Rocha, F. C. & Pires, A. J. V. (2003). Valor nutritivo de silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) com diferentes níveis de casca de café. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 32(4), 828-833. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982003000400007>.

Tcacenco, F. A. & Botrel, M. A. (1997). Identificação e avaliação de acessos e cultivares de capim-elefante. In: Carvalho, M. M., Alvim, M. J., Xavier, D. F.; Carvalho, L. A. (Ed.). *Capim-elefante: produção e utilização*, 2ªed., Brasília: Embrapa-SPI e Juiz de Fora: EMBRAPA – Gado de leite, p.1-30.

Van Soest, P. J. & Mason, V. C. (1991). The influence of Mallard reaction upon the nutritive value of fibrous feeds. *Amsterdam: Animal Feed Science and Technology*, 32, 45-53. [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(91\)90008-G](https://doi.org/10.1016/0377-8401(91)90008-G)

Van Soest, P. J. (1994). *Nutritional ecology of the ruminant*. Ithaca and London: Cornell, 2nd ed., 476p.

Vilela, D. (1998). Aditivos para silagem de plantas de clima tropical. In: *Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. Anais...* Botucatu: Sociedade Brasileira de Zootecnia, p.73-111.

Weissbach, F. L. & Schmidt, E. H. (1974). Method of anticipation of the run of fermentation in silage making based on the chemical composition of the green fodder. 1974. In: *XII International Grassland Congress, Moscou*, 663–673.

Weissbach, F. (2011). The future of forage conservation. In: *Proceedings of the 2nd International Symposium on Forage Quality and Conservation*. In: João Luiz Pratti Daniel,

Maity Zopollatto e Luiz Gustavo Nussio (Ed.). Piracicaba, FEALQ, p. 319-363.
<https://www.isfqcbrazil.com.br/proceedings/2011/the-future-of-forage-conservation--67.pdf>

Zanine, A. M., Santos, E. M.; Ferreira, D. J.; Oliveira, J. S.; Almeida, J. C. C. & Pereira, O. G. (2006). Avaliação da silagem de capim-elefante com adição de farelo de trigo. *Archivos de Zootecnia*, 55(209), 75-84. <https://www.researchgate.net/publication/275340769>

Zanine, A. M.; Santos, E. M.; Ferreira, D. J.; Pinto, F. B. & Pereira, O. G. (2007). Características fermentativas e composição químico-bromatológica de silagens de capim-elefante com ou sem *Lactobacillus plantarum* e farelo de trigo isoladamente ou em combinação. *Ciência Animal Brasileira*, 8(4), 621-628.
<https://www.researchgate.net/publication/275341087>

Zierenberg, B.; Friedel, K.; Glatzle, A. & Chudy, A. (2001). Assessment of ensilability of six tropical grasses using three different approaches. In: XIX International Grassland Congress. Proceedings... São Pedro: FEALQ, 786-788.