

Características da biomassa e da silagem de genótipos de capim-elefante visando à produção de biogás

Felipe Ferreira Coelho^{(1) (5)}, Guilherme Henrique da Silva⁽²⁾, Marcelo Henrique Otenio⁽³⁾, Jailton da Costa Carneiro⁽³⁾, Inácio de Barros⁽³⁾ e Juarez Campolina Machado^(3,4)

⁽¹⁾ Bolsista (Pibic/Fapemig), Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora. ⁽²⁾ Estudante de pós-graduação, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. ⁽³⁾ Pesquisador, Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, MG. ⁽⁴⁾ Orientador. ⁽⁵⁾ E-mail: ferreira.felipe@engenharia.ufjf.br.

Resumo — O capim-elefante é uma forrageira promissora para a produção de bioenergia, pelo seu rápido crescimento e elevada produção de biomassa, sendo rico em celulose, hemicelulose e lignina. Técnicas de ensilagem estão sendo aplicadas como estratégia para sua conservação, proporcionando uma fermentação adequada e utilização do material para a digestão anaeróbia. Neste contexto, o presente estudo avaliou a biomassa fresca e ensilada de sete genótipos de capim-elefante visando à produção de biogás. Foram realizadas análise de componentes principais e análise discriminante para avaliar as características da biomassa e da silagem no universo multivariado. A ensilagem resultou em baixa degradação das biomassas, com valores de pH e matéria seca próximos aos padrões recomendados, indicando o potencial da silagem de capim-elefante como substrato para a produção de biogás por meio da codigestão anaeróbia.

Termos para indexação: digestibilidade lignocelulósica, bioenergia, *cenchrus purpureus*, fermentação anaeróbia, tecnologia de ensilagem.

Characteristics of biomass and silage of elephant grass genotypes aimed at biogas production

Abstract — Elephant grass is promising forage for bioenergy production due to its rapid growth and high biomass yield, being rich in cellulose, hemicellulose, and lignin. Silage techniques are being applied as a strategy for its preservation, ensuring adequate fermentation and subsequent application of the material for anaerobic digestion. In this context, the present study evaluated the fresh and ensiled biomass of seven genotypes of elephant grass with the aim of biogas production. Principal component analysis and discriminant analysis were conducted to assess the characteristics of the biomass and silage in a multivariate context. The results showed that silage resulted in low degradation of the biomass, with pH and dry matter values close to the recommended standards, indicating the potential of elephant grass silage as a substrate for biogas production through anaerobic co-digestion.

Index terms: lignocellulosic digestibility, bioenergy, *cenchrus purpureus*, anaerobic fermentation, ensiling technology.

Introdução

A silagem é uma técnica de armazenamento de materiais vegetais frescos em condições anaeróbias que proporciona a preservação das características físico-químicas da biomassa ao longo do tempo, minimizando perdas e conservando nutrientes e energia do material (Queiroz et al., 2018). A ensilagem de culturas vegetais é uma estratégia eficaz e prática, amplamente explorada por produtores rurais, o que facilita as operações no campo e permite o armazenamento do material com boa qualidade por um longo período de tempo, além de assegurar sua disponibilidade em diferentes épocas e condições climáticas. A biomassa ensilada pode ser utilizada para produção de bioenergia, servindo como substrato em processos de digestão anaeróbia. Vale destacar que a digestão anaeróbia de culturas energéticas é uma abordagem promissora para a produção de biogás, visando geração de energia limpa, que contribui para reduzir os impactos causados pelo uso de combustíveis fósseis (Song et al., 2023).

Entre as diferentes biomassas vegetais, o capim-elefante se destaca por apresentar alta produtividade de massas verde e seca e elevado teor energético, tornando-o proeminente para a produção de biogás, com resultados de rendimento metanogênico entre 218 L.kgSV⁻¹ e 311 L.kgSV⁻¹ (Song et al., 2023). A produtividade de biogás e metano é influenciada por diversos fatores, como a biodegradabilidade do substrato, a época do ano em que é feita a coleta e a idade da planta (Martins et al., 2020). Além disso, a composição físico-química da silagem pode variar significativamente entre diferentes genótipos de capim-elefante, influenciando diretamente o potencial de produção de biogás.

O objetivo do presente estudo foi avaliar a biomassa e a silagem de sete genótipos de capim-elefante (T_HE10, T_47.1, T_23.2, T_41.2, T_51.5, T_23.1 e BRS Capiaçú) quanto às características físico-químicas, com foco na utilização dos genótipos para a produção de biogás.

O conteúdo desse documento vai ao encontro dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) contidos na Agenda 2030, proposta pela Organização das Nações Unidas, da qual o Brasil é signatário, contribuindo para o alcance do ODS 7 – “Energias renováveis: Garantir acesso à energia barata, confiável, sustentável e renovável para todos”.

Material e métodos

O experimento foi conduzido no Campo Experimental José Henrique Bruschi, em Coronel Pacheco, MG. Foram avaliados sete genótipos do Programa de Melhoramento de Capim-elefante da Embrapa, que foram coletados aos 110 dias após o plantio. O material foi pesado, determinado a produtividade de matéria verde (PMV) de cada genótipo, e depois, picado em um picador forrageiro em pedaços de cerca de 2 cm para montagem dos silos. O delineamento experimental utilizado foi blocos casualizados, com três repetições.

Foram preparadas amostras de capim picado, levadas à pré-secagem em estufa a 55 °C. Em seguida, as amostras foram moídas em moinho tipo Willey e encaminhadas para análises laboratoriais para estimar os teores de matéria seca (MS), teores de sólidos totais (ASE), de cinzas (CZ), energia bruta (EB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e digestibilidade in vitro da matéria seca (DIVMS) pelo método da Espectroscopia do Infravermelho Próximo (“*NIRS - Near Infrared Spectroscopy*”). Os teores de celulose e hemicelulose foram calculados pela subtração entre FDA e lignina, e entre FDN e FDA, respectivamente. A produtividade de matéria seca (PMS) foi calculada com base na PMV e nos teores de matéria seca.

Cada mini silo de PVC, com 10 cm de diâmetro e 30 cm de altura, foi preenchido com aproximadamente 1400 g de capim picado. Os mini silos foram preparados em triplicata para cada uma das 21 parcelas de campo. Foram feitas as pesagens das amostras, dos silos vazios e, em seguida, dos silos cheios usando-se uma balança digital. Os mini silos foram abertos 163 dias após a ensilagem. Antes da abertura, foram pesados para determinar a diferença entre o peso inicial e o peso final, e calcularam-se as perdas devido à fermentação da silagem. Após a abertura dos silos, a silagem foi prensada em uma prensa mecânica. O caldo extraído passou por análises de pH e Brix, para determinar a concentração de açúcares fermentáveis. Amostras de silagem foram levadas à secagem em estufa a 55 °C para determinar a matéria seca (MS).

Os dados foram submetidos à análise de componentes principais, pelo método de Pearson e Hotteling ($p < 0,05$) e à análise discriminante ($p < 0,10$).

Resultados e discussão

Inicialmente, foi realizada a caracterização da biomassa dos genótipos de capim-elefante. Os teores médios de hemicelulose, celulose e lignina foram de 29,5%, 39,4% e 7,79%, respectivamente. A FDN, FDA e DIVMS e os teores de cinzas apresentaram médias de 76,7%, 47,2%, 42,4% e 6,36%, respectivamente. Esses resultados se assemelham aos obtidos por Martins et al. (2020) para o capim-elefante colhido aos 112 dias de crescimento. Os valores de EB dos genótipos estudados foram, em média, de 4.224,71 Kcal.kg⁻¹, representando potencial para produção de energia via combustão direta. Valores semelhantes também foram relatados por Marafon et al. (2016), que encontraram EB entre 4.209 Kcal.kg⁻¹ e 4.400 Kcal.kg⁻¹ na avaliação de 18 genótipos de capim-elefante. A PMS média dos genótipos de capim-elefante analisados foi estimada em 39,0 t.ha⁻¹.ano⁻¹, valores próximos aos relatados por Marafon et al. (2016), comprovando a alta produtividade de biomassa seca da espécie.

A partir da identificação dos componentes principais das características físico-químicas da silagem, foram analisadas as variáveis mais representativas, conforme a Figura 1, em anexo. Observou-se que o pH e a densidade de matéria natural apresentaram correlação positiva significativa entre si, porém negativa significativa com o Brix do caldo da silagem dos genótipos de capim-elefante. O pH dos genótipos variou de 3,8 a 4,7, enquanto o Brix, de 3,2 a 3,5. A densidade da matéria natural também se apresentou inversamente proporcional aos teores de MS do capim-elefante antes da ensilagem. Isso pode estar relacionado ao fato de que genótipos com maiores teores de MS estão associados à dificuldade no processo de compactação. De acordo com Tomich et al. (2003), os valores de MS recomendados para uma boa fermentação da silagem variam entre 25 e 35%, sendo que valores abaixo dessa faixa podem representar altos teores de umidade, o que dificulta a queda do pH durante o processo fermentativo e favorece o crescimento de microrganismos indesejados, como os clostrídios.

A faixa de pH ideal para obtenção de uma silagem de boa qualidade é entre 3,8 e 4,2, favorecendo a fermentação e a conservação das características físico-químicas da biomassa. O pH é um parâmetro decisivo para o bom desempenho de processos anaeróbios. Nesse contexto, surge como alternativa o uso da silagem como substrato em codigestão para melhorar a estabilidade do processo. A codigestão com dejetos bovinos, por exemplo, possibilita que o material alcance valores de pH dentro da faixa recomendada (6,5 a 7,5) e o equilíbrio da relação C/N para a digestão anaeróbia adequada (Kunz et al., 2019).

A partir da análise discriminante dos genótipos de capim-elefante, realizada com base na Figura 2, em anexo, observou-se que alguns genótipos de capim-elefante apresentaram

características semelhantes, como é o caso dos genótipos T_23.1 e T_41.2, e entre os T_51.5 e T_47.1. Sob uma perspectiva mais abrangente, o genótipo T_HE10 se destacou como o mais distinto em relação aos demais, especialmente quando comparado ao T_23.2. O T_HE10 destaca-se por apresentar teores de MS mais elevados do que os demais, tanto antes de ensilar, quanto na abertura dos silos, além de apresentar um alto valor médio de quantidade de MS ensilada. O genótipo T_23.2 apresentou baixos teores de MS, em ambos os momentos analisados, assim como de pH e Brix. Embora o T_HE10 tenha apresentado teores de MS mais elevados que os demais, fator que favorece a ensilagem por reduzir a umidade e a perda de efluentes, o valor médio de pH de 4,75 encontrou-se acima do recomendado por Tomich et al. (2003) para uma silagem de qualidade. Os demais genótipos apresentaram-se dentro dos padrões qualitativos estabelecidos, indicando a viabilidade da utilização de suas silagens para a produção de biogás, em processos de digestão anaeróbia.

Conclusões

Os genótipos de capim-elefante analisados apresentaram características de biomassa e silagem propícias à aplicação para a produção de biogás, especialmente em processos de co-digestão anaeróbia, em associação a outros substratos de interesse, como dejetos de bovinos ou de suínos, que são co-substratos que fornecem características elementares complementares, proporcionando o equilíbrio da biomassa e a estabilidade da biodigestão anaeróbia.

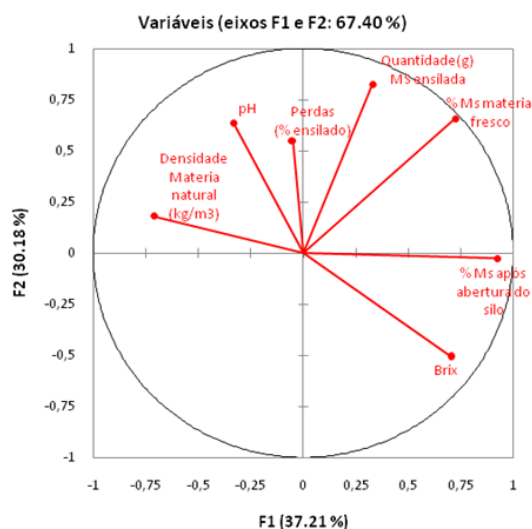


Figura 1. Análise de componentes principais para características físico-químicas da silagem de genótipos de capim-elefante.

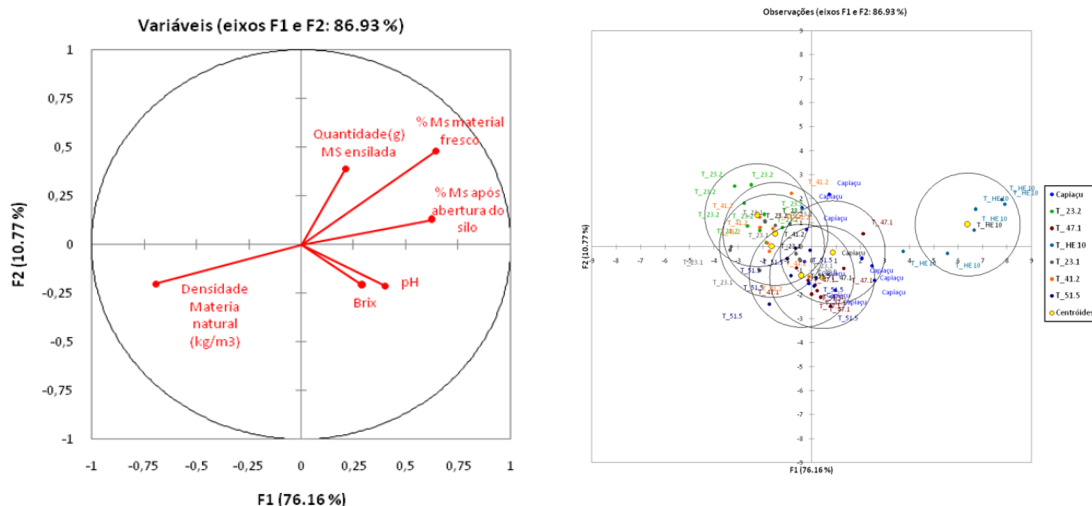


Figura 2. Análise Discriminante pelo método do centróide de características físico-químicas das silagens de genótipos de capim-elefante.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), e aos órgãos de fomento: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) - Brasil e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig).

Referências

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 24th ed. Washington, 2022.

KUNZ, A.; STEINMETZ, R. L. R.; AMARAL, A. C. do. (ed.). **Fundamentos da digestão anaeróbia, purificação do biogás, uso e tratamento do digestato**. Concórdia: Sbera: Embrapa Suínos e Aves, 2019. 209 p.

QUEIROZ, O. C. M.; OGUNADE, I. M.; WEINBERG, Z. Silage review: foodborne pathogens in silage and their mitigation by silage additives. **Journal of Dairy Science**, v. 101, n. 5, p. 4132-4142, 2018. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13901>.

MARAFON, A. C.; SANTIAGO, A. D.; AMARAL, A. F. C.; BIERHALS, A. N.; PAIVA, H. L.; GUIMARÃES, V. dos S. **Poder calorífico do capim-elefante para a geração de energia térmica**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2016. 28 p. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 115).

MARTINS, L. F.; PRADO, D. M. B.; GOMES, G. R.; TEIXEIRA, A. M.; OLIVEIRA, L. N.; GONÇALVES, L. C.; OLIVEIRA, F. S. Valor nutricional do capim-elefante verde colhido em diferentes idades de rebrota. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 72, n. 5, p. 935-942, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-4162-11329>.

TOMICH, T. R.; PEREIRA, L. G. R.; GONÇALVES, L. C.; TOMICH, R. G. P.; BORGES, I. **Características químicas para avaliação do processo fermentativo de silagens**: uma proposta para qualificação da fermentação. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2003. 20 p. (Embrapa Pantanal. Documentos, 57).

WILLIAMS, P.; NORRIS, K. (ed.). **Near-infrared technology in the agricultural and food industries**. 2nd ed. Saint Paul: American Association of Cereal Chemists, 2001.

SONG, Y.; PEI, L.; CHEN, G.; MU, L.; YAN, B.; LI, H.; ZHOU, T. Recent advancements in strategies to improve anaerobic digestion of perennial energy grasses for enhanced methane production. **Science of the Total Environment**, v. 861, 160552, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.160552>.