



Biomassa BR

Energias Renováveis

Vol. 06 - Nº 60 - Mar/Abr 2022

www.revistabiomassabr.com

BIOMASSA FLORESTAL: produção e produtividade

BIOGÁS é protagonista em
grandes marcos no Brasil

Cultivo dedicado de capim-elefante
para uso energético da biomassa

ISSN-2525-7129



Cultivo dedicado de capim-elefante para uso energético da biomassa

Eng. Agr. Dr. Anderson Carlos Marafon
Pesquisador da Embrapa Tabuleiros Costeiros
Unidade de Execução de Pesquisa de Rio Largo/AL

As cadeias de suprimento de biomassa para produção de bioenergia envolvem elementos críticos que influenciam a viabilidade dos investimentos e devem ser organizadas e otimizadas de maneira a melhorar sua competitividade. Os cultivos dedicados de biomassa são excelentes estratégias de descentralização da produção de energia, possibilitando a produção de eletricidade e biocombustíveis em locais onde não há oferta de matérias-primas residuais ou de cultivo de biomassas tradicionais.

A carência e a sazonalidade na oferta de fontes de matéria-prima para uso na produção de energia em unidades industriais é um dos fatores mais importantes, especialmente, ao se falar de plantas para a geração de eletricidade e a produção de biocombustíveis, onde o estabelecimento de estratégias adequadas de suprimento de biomassa é fundamental para garantir a sustentabilidade e a viabilidade econômica da indústria. Assim, a logística de processos compreendidos na cadeia de produção e a configuração do sistema de produção de biomassa são essenciais.

O cultivo dedicado de gramíneas energéticas como o sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] e o capim-elefante [*Cenchrus purpureus* (Schumacher.) Morrone] é uma opção de fornecimento ou de suplementação de biomassa como matéria-prima, es-

pecialmente em regiões onde a oferta ou a disponibilidade de biomassa residual é nula ou bastante limitada. O capim-elefante se apresenta como uma das alternativas mais promissoras como fonte incremental de oferta de biomassa energética por se trata de uma espécie perene de propagação vegetativa, que apresenta ciclo curto (4 a 6 meses), alto perfilhamento, rápida expansão foliar nos primeiros meses após o plantio ou corte, com alta produção de matéria seca ($\approx 40 \text{ t ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$) resultante da otimização do uso da água do solo e da energia solar (Samson et al., 2005). Suas rebrotas são capazes de se manterem viáveis por mais de 5 anos, dependendo do manejo agrônomico e das condições edafoclimáticas de cada região (Lira et al., 2010).

O clima tropical favorece o desenvolvimento do capim-elefante, uma gramínea de elevada estatura (até 7m) e baixa sensibilidade ao fotoperíodo, permitindo que a planta permaneça no seu estágio vegetativo por mais tempo, com baixos índices de florescimento (Anderson et al., 2016). A espécie desenvolve-se melhor em áreas com precipitações acima de 1000 mm anuais e temperaturas entre 30 e 35 °C (Hanna et al. 2004). Por tais razões, o capim-elefante tem sido apontado como uma alternativa sustentável para uso como insumo energético em diferentes aplicações como a geração de energia termelétrica, a produção de pellets e briquetes, de biogás, de

O capim-elefante se apresenta como uma das alternativas mais promissoras como fonte incremental de oferta de biomassa energética por se trata de uma espécie perene de propagação vegetativa...

etanol celulósico, de biocarvão e bio-óleo (Rocha et al., 2017; Fontoura et al., 2015).

A economia da produção do capim-elefante é favorecida pela longevidade das capineiras e a possibilidade da realização de múltiplos cortes anuais em diferentes idades (Figura 1). Além disso, evidências sugerem que espécies perenes sejam mais eficientes no consumo de água e menos propícias às perdas de solo e nutrientes do que os sistemas anuais de cultivos (Bopehmel et al., 2008).

No Brasil, o capim-elefante é cultivado em todo o território nacional, com boa adaptação às condições de clima e solo do país, sendo tradicionalmente explorado para fins de alimentação animal. Tendo em vista a sazonalidade de produção associada ao déficit hídrico, o uso eficiente da irrigação pode aumentar consideravelmente a produção de biomassa, além de ampliar a longevidade e a persistência das rebrotas. Em cultivos não irrigados, a frequência e as épocas de corte devem ser definidas em função do regime de chuvas da região, visando garantir elevadas produções de biomassa e a longevidade das socarias, sem perda de vigor das rebrotas (Marafon et al., 2019).

Biomassa para produção de biogás

O interesse atual no uso de tecnologias para digestão anaeróbica vem crescendo no Brasil, principalmente pela possibilidade do tratamento de resíduos associada com a geração de renda extra e a redução do consumo de combustíveis fósseis (Piñas et al., 2019). A gestão adequada e a valorização de resíduos agrícolas e agroindustriais com através do uso de biodigestores representam uma possibilidade relevante para combinar o tratamento destes resíduos com a produção de energia renovável.

A tecnologia para produção de biogás por meio do uso combinado de mais de um substrato é uma excelente oportunidade de investimento para produtores rurais e agroindustriais. A codigestão anaeróbia de substra-

tos oferece a possibilidade de se obter uma relação C/N dentro dos limites favoráveis ao processo, trazendo benefícios econômicos, ambientais e tecnológicos. Os processos que utilizam mais de um substrato potencializam a produção de biogás e podem ser mais vantajosos do que aqueles que utilizam apenas um substrato devido ao menor tamanho dos equipamentos necessários, ao menor consumo de calor e de eletricidade (Piñas et al., 2018). A utilização de um substrato único apresenta desvantagens como desfavoráveis razões carbono-nitrogênio (C/N), baixos valores de pH e altas concentrações de amônia em alguns substratos (Wang et al., 2014;

Zhang et al., 2013; Prochazka et al., 2012). Se a relação C/N estiver muito baixa, o processo pode ser inibido pela acumulação de NH_3 produzido a partir de degradação de proteínas, enquanto que, se esta relação C/N for maior que a faixa ideal o processo pode ser inibido pela falta de fontes de nitrogênio para o crescimento de bactérias metanogênicas. Outros fatores também desempenham papéis importantes neste processo, como o pH inicial e a temperatura (Angelidaki & Sanders, 2014).

Em plantas de produção de biogás, o capim-elefante pode ser utilizado in natura, como forragem fresca



Figura 1. Cultivo dedicado de capim-elefante 'BRS Capiacu' para uso energético da biomassa. (Foto: Sykué Geração de Energia - São Desidério/BA).



Figura 2. Ensilagem de capim-elefante 'Packhong 1' para uso em biodigestores anaeróbios. (Fonte: Zorg Biogás - Tailândia).

Nas condições atuais de uma agricultura cada vez mais voltada para o mercado e alinhada com uma cadeia de produção, a sobrevivência e o crescimento das empresas rurais dependem, em grande parte, da capacidade empresarial...

e/ou na forma de silagem conservada (Figura 2).

A silagem é produto de uma fermentação realizada por bactérias lácticas e esse processo é praticado na agricultura brasileira para a conservação e o armazenamento de forragem verde picada. Mantendo as condições anaeróbias, a silagem pode ser conservada por meses, que pode variar dependendo da composição. A silagem de gramíneas pode ser usada, principalmente, como cosubstrato na produção de biogás, melhorando a eficiência do processo de biodigestão de resíduos agropecuários (dejetos bovinos, suínos ou avícolas) ou agroindustriais (vinhaça), devido à sua alta inadequação quanto aos teores de nitrogênio, em torno de 14% do total de sólidos, com forte influência da amônia em termos de inibição de reações do processo de digestão anaeróbias (Rodríguez et al., 2005). Dussadee et al. (2016) demonstraram que gramíneas, como o capim-elefante, podem ser convertidas em silagem para uso como matéria-prima na digestão anaeróbia, com eficiente produção de biogás através de diferentes métodos, incluindo processos de fermentação por via seca e via úmida, em mono e, principalmente, em codigestão. Estudos relatam que a relação C/N ótima para a produção de biogás está entre 20 e 30, sendo que relações fora desta faixa podem resultar em efeitos adversos no processo de produção de

metano (Neshat et al., 2017; Sawatdeenarunat et al., 2016). Em 2012, na Alemanha, de 30 a 40% das plantas à biogás operavam utilizando silagem de milho, de gramíneas e cereais como cosubstratos para processos de digestão anaeróbia em reatores específicos (Herrmann, 2013).

O material ensilado com maior porcentagem de matéria seca proporciona uma fermentação mais adequada e, conseqüentemente, uma silagem de melhor qualidade. Ao contrário, o baixo teor de matéria seca da forragem promove a baixa pressão osmótica, favorecendo o desenvolvimento de bactérias do gênero *Clostridium*, as quais desdobram açúcares, ácido lático, proteínas e aminoácidos à ácido butírico, acético, amônia e gás carbônico, ocorrendo perdas na qualidade da silagem (McDonald, 1981). Por apresentar elevados teores de fibras, que atuam como barreiras físicas de impedimento para a atuação das bactérias metanogênicas, a adoção de pré-tratamentos (térmico, químico e/ou biológico) podem ser opções para reduzir este impedimento estrutural, visto que expõe as cadeias poliméricas destas fibras em compostos de mais fácil decomposição pelos microrganismos (Huang et al., 2019; Carvalho et al., 2016).

Levando-se em conta o alto teor de umidade da biomassa do capim-elefante, uma possibilidade de me-

lhorar a eficiência dos processos de conversão energética da biomassa é a extração do caldo dos colmos para uso como substrato no processo de produção de biogás e biofertilizante. Na Tabela 1 abaixo são apresentados os rendimentos de caldo extraídos dos colmos de seis variedades elite de capim-elefante, com seis meses de idade e altamente produtoras de biomassa (Tabela 1).

Nas condições atuais de uma agricultura cada vez mais voltada para o mercado e alinhada com uma cadeia de produção, a sobrevivência e o crescimento das empresas rurais dependem, em grande parte, da capacidade empresarial, cujas decisões devem ser serem tomadas com base em conhecimentos técnico-administrativos atualizados sobre as condições de produção e comercialização de insumos e produtos relevantes. A despeito do potencial de uso do capim-elefante em projeto de bioenergia ainda faltam resultados de pesquisa para validação do potencial produtivo nas diferentes regiões do país para a consolidação da produção comercial desta biomassa para uso energético. Neste sentido, o desenvolvimento de novas cultivares e de tecnologias dos processos de colheita, secagem, transporte, estocagem e pré-tratamento da biomassa são elementos críticos para se assegurar o suprimento de matéria-prima para uso para produção de bioenergia. Entre as características que dificultam o mane-

VARIETADE	Rendimento (L/t)	pH	C org (g L ⁻¹)	N tot (g L ⁻¹)	P ₂ O ₅ (g L ⁻¹)	K ₂ O (g L ⁻¹)	Ca (g L ⁻¹)	Mg (g L ⁻¹)
Madeira	188,5	5,26	13,4	1,72	0,55	4,13	1,26	0,89
Panamá	232,0	5,22	8,49	1,11	0,16	2,78	1,28	0,39
King Grass	197,9	5,05	12,1	1,09	0,13	4,41	0,63	0,39
BRS Capiacu	189,3	5,12	9,93	0,73	0,16	3,26	0,72	0,58
T_HE1	229,0	5,05	10,5	1,32	0,27	3,17	0,81	0,58
T_HE7	233,3	5,17	6,91	0,61	0,12	2,20	0,88	0,34

Tabela 1. Rendimento e características químicas do caldo de variedades de capim-elefante (Marafon & Machado, 2021).

jo pós-colheita do capim-elefante podemos citar a resistência (lignificação) da planta no momento da colheita, o elevado teor de água e a baixa densidade da forragem.

REFERÊNCIAS

ANDERSON, W.F.; SARATH, G.; EDME, S. Dedicated Herbaceous Biomass Feedstock Genetics and Development. **Bioenergy Research**, v. 9, p. 399-411, 2016.

ANGELIDAKI I, SANDERS W. Assessment of the anaerobic biodegradability of macropollutants. **Rev. Environ. Sci. Biotechnol.**, v. 3, n. 2, p. 117-125, 2014.

BOEHMEL, C. LEWANDOWSKI, I. CLAUPEIN, W. Comparing annual and perennial energy cropping systems with different management intensities. **Agricultural Systems**, v. 96, n. 1-3, p. 224-236, 2008.

CARVALHO, A. R. FRAGOSO; R.; GOMINHO, J.; SARAIVA, A.; COSTA, R.; DUARTE E. Water-energy nexus: Anaerobic co-digestion with elephant grass hydrolyzate. **Journal of Environmental Management**, v. 181, p. 48-53, 2016.

DUSSADEE, N.; UNPAPROM, Y.; RAMARAJ, R. Grass Silage for Biogas Production. In: SILVA, T.; SANTOS, E. **Advances in Silage Production and Utilization**. London: IntechOpen, 2016. p. 153-171.

FONTOURA, C.F.; BRANDÃO, L.E.; GOMES, L.L. Elephant grass biorefineries: towards a cleaner Brazilian energy matrix? **Journal of Cleaner Production**, v. 96, p. 85-93, 2015.

HANNA, W. W.; CHAPARRO, C. J.; MATHEWS, B. W.; BURNS, J. C.; SOLLENBERGER, L. E. Perennial Pennisetums. In: MOSER, L. E.; BURSON, B. L.; SOLLENBERGER, L. E. (Ed.). **Warm-Season (C4) Grasses**. Madison, WI: American Society of Agronomy; Crop Science Society of America; Soil Science Society of America, 2004. p. 503-535.

HERRMANN, A. Biogas production from maize: Current state, challenges and prospects. 2. Agronomic and en-

vironmental aspects. **Bioenergy Res.** 2013, 6, 372-387.

HUANG, C. XIONG, L.; GUO, H.; LIA, H.; WANG, C.; CHEN, X.; ZHAO, C.; CHEN, X. Anaerobic digestion of elephant grass hydrolysate: Biogas production, substrate metabolism and outlet effluent treatment. **Bioresource technology**, v. 283, p. 191-197, 2019.

LIRA, M. A.; SANTOS, M. V. F.; DUBEUX, J. C. B.; MELLO, J. C. L. MELLO, A. C. L. **Capim-elefante: fundamentos e perspectivas**. Recife: IPA/UFRPE, 2010. 229 p.

MARAFON, A.C.; MACHADO, J.C.; **Secagem solar e extração do caldo do capim-elefante para uso bioenergético da biomassa**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2021. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Circular Técnica, 93).

MARAFON, A.C.; MACHADO, J.C.; AMARAL, A.F.C.; GUIMARÃES, V. S.; SANTOS, J. P. **Frequência de cortes em genótipos de capim-elefante na produção de biomassa para fins energéticos**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2019. 34 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 146).

McDONALD, P. **The Biochemistry of Silage**. New York: John Wiley & Sons. 1981. 226 p.

NESHAT, S.A., MOHAMMADI, M., NAJAFPOUR, G.D., LAHIJANI, P. Anaerobic codigestion of animal manures and lignocellulosic residues as a potent approach for sustainable biogas production. **Renew. Sustain. Energy Rev.**, v. 79, p. 308-322, 2017.

PIÑAS, J. A. V.; VENTURINI, O.J.; LORA, E. E.S.; ROALCABA, O.D.C. Technical assessment of mono-digestion and co-digestion systems for the production of biogas from anaerobic digestion in Brazil. **Renewable Energy**, v. 117, p. 447-458, 2018.

PIÑAS, J.A.V.; VENTURINI, O.J.; LORA, E. E.S.; DEL OLMO, O.A.; ROALCABA, O.D.C. An economic holistic feasibility assessment of centralized and decentralized biogas plants with mono-digestion and co-digestion systems. **Renewable Ener-**

gy, v. 139, 40-51, 2019.

PROCHAZKA J, DOLEJS P, MACA J, DOHANYOS M. Stability and inhibition of anaerobic processes caused by insufficiency or excess of ammonia nitrogen. **Appl. Microbiol. Biotechnol.**, v. 93, p. 439-447, 2012.

PROCHNOW, A.; HEIERMANN, M.; PLÖCHL, M.; AMON, T.; HOBBS, P.J. Bioenergy from permanent grassland - a review: 2. combustion, **Bioresour. Technol.**, v.100, p. 4945e, 2009.

ROCHA, J. R.A.S.C.; MACHADO, J.C.; CARNEIRO, P.C.S.; CARNEIRO, J.C.; RESENDE, M.D.V.; LEDO, F.J.S.; CARNEIRO, J.E.S. Bioenergetic potential and genetic diversity of elephantgrass via morpho-agronomic and biomass quality traits. **Industrial Crops and Products**, v. 95, p. 485-492, 2017.

RODRIGUEZ, G.A.; MANDALUNIZ, N.; FLORES, G.; OREGUI, L.M. A gas production technique as a tool to predict organic matter digestibility of grass and maize silage. **Animal Feed Science and Technology**, v. 123-124, n.1, p.267-276, 2005.

SAMSON, R.; MANI, S.; BODDEY, R.; SOKHANSANJ, S.; QUESADA, D.; URQUIAGA, S.; REIS, V.; HOLEM, C. The potential of C4 perennial grasses for developing a global BIOHEAT industry. **Critical Reviews in Plant Sciences**, Chicago, v. 24, p. 461-495, 2005.

SAWATDEENARUNAT, C. et al. Anaerobic biorefinery: current status, challenges, and opportunities. **Bioresource technology**, v. 215, p. 304-313, 2016.

WANG, X.; LU, X.; LI, F.; YANG, G. Effects of temperature and carbon-nitrogen (C/N) ratio on the performance of anaerobic co-digestion of dairy manure, chicken manure and rice straw: focusing on ammonia inhibition. **PLoS ONE**, 9, e97265, 2014.

ZHANG, T.; LIU, L.; SONG, Z.; REN, G.; FENG, Y. Biogas production by co-digestion of goat manure with three crop residues. **PLoS ONE**, v. 8, p. 8: e66845, 2013.