



<http://pev-proex.uergs.edu.br/index.php/xsiepex/index>

ISSN do Livro de Resumos: 2448-0010

## VALORIZAÇÃO DA PALMA FORRAGEIRA COMO MATÉRIA-PRIMA PARA PRODUÇÃO DE BIOENERGIA EM REGIÕES SEMIÁRIDAS

Laura Aparecida Melo VITT<sup>1</sup>, Bárbara Ribeiro Alves ALENCAR<sup>2</sup>; Emmanuel Damilano DUTRA<sup>2</sup>;  
Lúcia Allebrandt da Silva RIES<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS); <sup>2</sup>Universidade Federal de Pernambuco (UFPE);

E-mails: laura-vitt@uergs.edu.br; barbara.alencar@ufpe.br; emmanuel.dutra@ufpe.br; lucia-ries@uergs.edu.br

### Resumo

As regiões semiáridas ao redor do mundo apresentam alternativas limitadas de biomassa agrícola como matéria-prima para produção de biocombustíveis e de bioprodutos, devido à grande escassez de água. Uma das soluções encontradas para esse problema é a utilização de plantas com mecanismo MAC (Metabolismo Ácido das Crassuláceas), capazes de absorver e armazenar água com maior eficiência tornando-se mais resistentes a esse clima. Dessa forma, o objetivo deste trabalho é analisar a valorização da biomassa da palma forrageira (*Opuntia* spp.) em rotas termoquímicas e bioquímicas, avaliando o potencial e a relevância dessa matéria-prima para sua conversão em biocombustíveis e bioprodutos de maior valor agregado. Para isso, foi estudada a caracterização química dessa biomassa, bem como seu processamento em uma biorrefinaria nas rotas citadas e os bioprodutos gerados. O trabalho desenvolvido é um estudo exploratório, realizado por meio de revisão da literatura de manuscritos científicos nas áreas de bioenergia e biotecnologia.

### INTRODUÇÃO

As regiões secas (áridas, semiáridas e sub úmidas) ocupam cerca de 41% da superfície terrestre do globo, produzem mais de 40% das culturas agrícolas, abrigam metade do rebanho pecuário e cerca de 2 bilhões de habitantes (UNCCD, 2017). Essas regiões, devido à limitação hídrica, são frequentemente consideradas terras marginais, de baixo valor, e o desenvolvimento econômico e a qualidade de vida de suas populações são em geral inferiores aos das populações das regiões úmidas vizinhas. Essas condições ambientais e socioeconômicas imprimem forte influência sobre os recursos naturais, e provocam pobreza tanto nessas regiões, quanto nas grandes cidades mais próximas, devido às migrações que ocorrem.

Como consequência da limitação hídrica e dos problemas climáticos, as biomassas agrícolas destinadas à produção de biocombustíveis e de bioprodutos acabam disputando espaço com as cultivadas para a alimentação humana e animal. Este problema, contudo, vem sendo atenuado com a descoberta das plantas de mecanismo morfofisiológico MAC (do português Metabolismo Ácido das Crassuláceas).

As plantas com esse mecanismo, em geral, são altamente tolerantes a elevadas temperaturas, radiação UV-B e condições de seca, em virtude de sua capacidade de absorver e armazenar água rapidamente nos tecidos suculentos acima do solo, e de tolerar grandes perdas de água (YANG et al., 2015).

Apesar da *Opuntia* (Cactaceae) ser originária do continente americano, sendo encontrada desde a Patagônia até os Estados Unidos, diversas espécies foram introduzidas em muitas outras áreas do globo, podendo ser encontrada em abundância no México, e em outros países como Argélia, África do Sul, Itália, Israel, EUA, Argentina, Bolívia, Chile e Brasil (COMPARETTI et al., 2017). No Brasil, os principais gêneros cultivados são *Opuntia* e *Nopalea*, com destaque para a *Opuntia ficus-indica* (variedades gigante, redonda e clone IPA-20) e *Nopalea cochenillifera* (genótipo doce) (EDVAN et al., 2020). Segundo MARQUES et al. (2017) apud LOPES et al. (2012), região Nordeste do Brasil corresponde à área de maior cultivo de palma forrageira do mundo (estimada em 600.000 ha), sendo uma importante alternativa para a alimentação animal.

De acordo com CUSHMAN et al. (2015), sob condições de boa irrigação, produtividades médias anuais de matéria seca na faixa de 40-50 Mg ha<sup>-1</sup> ano vêm sendo relatadas. Essas taxas de produção de biomassa são comparáveis às de outras matérias-primas de bioenergia, como milho, cana-de-açúcar, sorgo e álamo (YANG et al., 2015). Além disso, cabe salientar que a produção dessa biomassa não compete com culturas agrícolas destinadas à produção de alimentos. Plantas com o Metabolismo Ácido das Crassuláceas necessitam cerca de dez vezes menos água por unidade de massa seca do que as culturas C3 e C4 (MASON et al., 2015). Tal fato permite que essas plantas sobrevivam em áreas onde a agricultura tradicional encontra dificuldades em se tornar uma atividade lucrativa. Seu potencial como matéria-prima para diversas aplicações vem sendo demonstrado por alguns autores (CROSS et al., 2018; ELHLELI et al., 2020; KRÜMPEL et al., 2020; SANTOS et al., 2016.), e evidenciado a partir de pesquisas voltadas para a produção sustentável de biocombustíveis e bioprodutos. Espera-se, portanto, que o uso dessa biomassa, em um sistema de biorrefinaria, apresente grande potencial técnico e econômico.

Dentro desse contexto, o presente trabalho tem como objetivo realizar uma revisão bibliográfica sobre o emprego da biomassa de palma forrageira como matéria-prima para bioenergia em regiões semiáridas, bem como analisar os desafios a serem enfrentados e suas perspectivas futuras.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

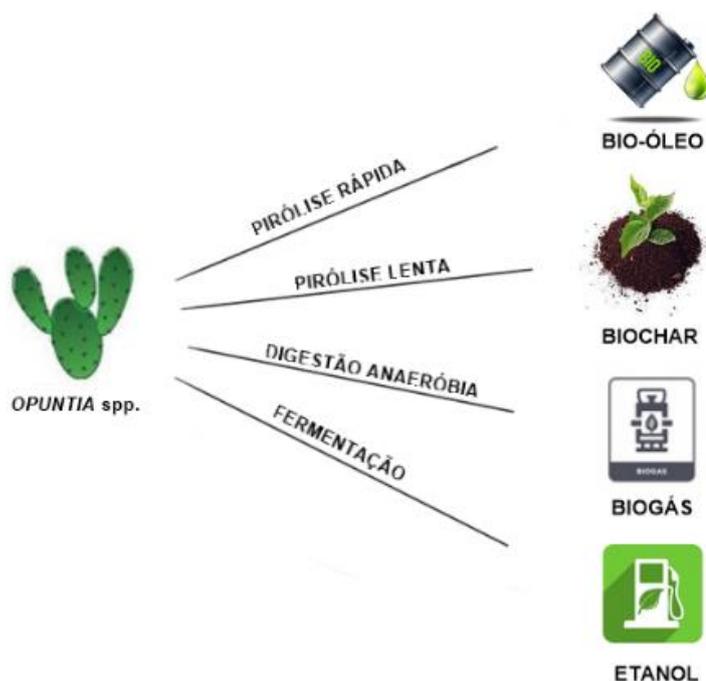
Este estudo é de natureza descritivo-exploratória, tendo como objetivo a análise do potencial de biomassa de palma forrageira para produzir biocombustíveis e bioprodutos. A pesquisa bibliográfica foi realizada com base em manuscritos científicos utilizando a base de dados Science Direct. Empregou-se uma busca com as seguintes palavras: Opuntia and biofuel. A busca foi realizada nos meses de junho a setembro de 2021 e 13 artigos foram selecionados a partir de periódicos com Qualis A, referentes ao recorte temporal de 2015 a 2021.

## **RESULTADOS E DISCUSSÕES**

O estudo da composição química de uma biomassa é fundamental para o conhecimento de seu comportamento frente aos diferentes processamentos. Em um trabalho realizado por YANG et al. (2015), foi avaliada a composição físico-química da palma forrageira para compreender o seu potencial como matéria-prima na produção de biocombustíveis. Uma das conclusões a que chegaram é que ela apresenta elevado teor de celulose amorfa e para-cristalina (> 80%) e baixo teor de lignina (< 13%), sugerindo que essa biomassa é menos recalcitrante à desconstrução celular do que as tradicionais biomassas lignocelulósicas. Essa importante característica gera um menor número de operações ou de etapas envolvidas no processamento de sacarificação, dispensando os convencionais pré-tratamentos - o que é muito interessante, pois acarreta uma redução dos custos envolvidos. Ademais, MASON et al. (2015) argumentam que o baixo conteúdo de lignina apresentado torna as plantas MAC matérias-primas muito favoráveis para a digestão anaeróbia.

Apesar dessa biomassa ser ainda pouco estudada quanto à sua caracterização e aplicação, observa-se, através de alguns estudos na literatura, a possibilidade de produção de biocombustíveis e bioprodutos de maior valor agregado. A Figura 1 apresenta um esquema das rotas de processamento e dos biocombustíveis e bioprodutos produzidos a partir da biomassa da palma forrageira.

Figura 1 – Rotas de processamento e biocombustíveis e bioprodutos obtidos a partir da biomassa de palma forrageira



Fonte: Elaborado pelos autores

Entre os estudos mais recentes, CROSS et al. (2018), a fim de determinar a eficiência da palma em processos de pirólise rápida, aqueceram a biomassa a temperaturas entre 450 °C e 650 °C. Em 450 °C o rendimento de biochar chegou a 38%, variando até 18,4% - quando aquecida até 650 °C. Por outro lado, o bio-óleo alcançou 62,8% de rendimento a uma temperatura de 650 °C, contrapondo seu rendimento de 36% quando submetida à temperatura de 450 °C. ELHLELI et al. (2020), produzindo biochar a partir da *Opuntia ficus-indica*, para a remoção de p-nitrofenol, concluíram que a biomassa pode ser considerada uma fonte interessante e promissora para a produção de bioadsorventes de baixo custo. Para chegar nessa conclusão, os autores, inicialmente submeteram a *Opuntia ficus-indica* a uma pirólise a 450 °C, seguida de uma segunda etapa envolvendo ativação e uma nova pirólise, obtendo um material com área superficial específica de 332 m<sup>2</sup>/g, um valor comparável ao apresentado pelo carvão ativado comercial. Em relação ao biogás, KRÜMPEL et al. (2020) avaliaram a viabilidade de produção a partir da palma forrageira da variedade Gigante. Os dados obtidos apontam que a biomassa se provou adequada para ser utilizada como matéria-prima, visto que os rendimentos específicos e estimados para metano chegaram a 0.295 m<sup>3</sup> kg/matéria orgânica seca e 1860 m<sup>3</sup>/ha, respectivamente. Além disso, SANTOS et al. (2016) também estudaram o potencial da palma para produzir etanol e biogás, utilizando variedades cultivadas no nordeste brasileiro. Os rendimentos obtidos para o etanol e o biogás foram em torno de 1490-1875 L/ha/ano e de 3717 m<sup>3</sup>/ha/ano, respectivamente. Os autores concluíram que a produção de etanol foi baixa comparada às de biomassas mais utilizadas, como cana-de-açúcar e beterraba; por outro lado a produção de metano se assemelhou a de fontes tradicionais de biogás.

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme observado neste trabalho, a biomassa de palma forrageira (*Opuntia spp.*) se mostra uma importante matéria-prima para a produção de biocombustíveis e de bioprodutos de maior valor agregado. Pesquisas envolvendo a caracterização da palma forrageira, assim como sua valorização através de rotas termoquímicas e bioquímicas ainda são recentes, porém, demonstram a importância dessa biomassa como uma alternativa sustentável para as regiões semiáridas, onde as condições climáticas são desfavoráveis, e sua importância tende a aumentar à medida que mais estudos voltados à sua caracterização e aplicações forem realizados.

## REFERENCIAS

- COMPARETTI, A.; FEBO, P.; GRECO, C.; MAMMANO, M.M.; ORLANDO, S. (2017).** Potential production of biogas from prickly pear (*Opuntia ficus-indica* L.) in Sicilian Uncultivated Areas. *Chemical Engineering Transactions*. 58, 559-564. <https://doi.org/10.3303/CET1758094>.
- CROSS, P.; MUKARAKATE, C.; NIMLOS, M.; CARPENTER, D.; DONOHOE, B.S.; MAYER, J.A.; CUSHMAN, J.C.; NEUPANE, B.; MILLER, G.C.; ADHIKARI, S. (2018).** Fast Pyrolysis of *Opuntia ficus-indica* (Prickly Pear) and *Grindelia squarrosa* (Gumweed). *Energy & Fuels*. 32 (3). <https://doi.org/10.1021/acs.energyfuels.7b03752>.
- CUSHMAN, J.C.; DAVIS, S.C.; YANG, X.; BORLAND, A.M. (2015).** Development and use of bioenergy feedstocks for semi-arid and arid lands. *Journal of Experimental Botany*. 66 (14), 4177-4193. <https://doi.org/10.1093/jxb/erv087>.
- DHYANI, V.; BHASKAR, T. (2017).** A comprehensive review on the pyrolysis of lignocellulosic biomass. *Renewable Energy*. 129, 695-716. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2017.04.035>.
- EDVAN, R.L.; MOTA, R. R.M.; DIAS-SILVA, T.P.; DO NASCIMENTO, R.R.; DE SOUSA, S.V.; DA SILVA, A.L.; DE ARAÚJO, M.J.; ARAÚJO, J.S. (2020).** Resilience of cactus pear genotypes in a tropical semi-arid region subject to climatic cultivation restriction. *Sci Rep*. 10. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-66972-0>.
- EICHLER, P.; SANTOS, F.A. (2015).** Biomethanol production via gasification of lignocellulosic biomass. *Quím. Nova*. 38 (6). <http://dx.doi.org/10.5935/0100-4042.20150088>.
- ELHLELI, H.; MANNAI, F.; MOSBAH, M.B.; KHIARI, R.; MOUSSAOUI, Y. (2020).** Biocarbon derived from *Opuntia ficus indica* for p-Nitrophenol Retention. *Processes*. 8 (10), 1242. <https://doi.org/10.3390/pr8101242>.
- KRÜMPPEL, J.; GEORGE, T.; GASSTON, B.; FRANCIS, G.; LEMMER, A. (2020).** Suitability of *Opuntia ficus-indica* (L) Mill. and *Euphorbia tirucalli* L. as energy crops for anaerobic digestion. *Journal of Arid Environments*. 174. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2019.104047>.
- MARQUES, O.F.C.; GOMES, L.S.P.; MOURTHÉ, M.H.F.; BRAZ, T.G.S.; NETO, O.S.P. (2017).** Palma forrageira: cultivo e utilização na alimentação de bovinos. *Caderno de Ciências Agrárias*. 9 (1), 75-93. <https://periodicos.ufmg.br/index.php/ccaufmg/article/view/2940>.
- MASON, P.M.; GLOVER, K.; SMITH, J.A.C.; WILLIS, K.J.; WOODS, J.; THOMPSON, I.P. (2015).** The potential of cam crops as a globally significant bioenergy resource: moving from fuel or food to fuel and more food. *Energy & Environmental Science*. 8, 2320-2329. <https://doi.org/10.1039/C5EE00242G>.
- SANTOS, T.N.; DUTRA, E.D.; PRADO, A.G.; LEITE, F.C.B.; DE SOUZA, R.F.R.; DOS SANTOS, D.C.; DE ABREU, C.A.M.; SIMÕES, D.A.; JR, M.A.M.; MENEZES, R.S.C. (2016).** Potential for biofuels from the biomass of prickly pear cladodes: Challenges for bioethanol and biogas production in dry áreas. *Biomass and Bioenergy*. 85, 215-222. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2015.12.005>.
- UNCCD. (2017).** Drylands. *Global Land Outlooks*. Germany. 12 (1), 246-270.
- YAASHIKAA, P.R.; KUMAR, P.S.; VARJANI, S.; SARAVANAN, A. (2020).** A critical review on the biochar production techniques, characterization, stability and applications for circular bioeconomy. *Biotechnology Reports*. 28. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2215017X20300023>.
- YANG, L.; LU, M.; CARL, S.; MAYER, J.A.; CUSHMAN, J.C.; TIAN, E.; LIN, H. (2015).** Biomass characterization of *Agave* and *Opuntia* as potential biofuel feedstocks. *Biomass And Bioenergy*. 76, 43-53. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2015.03.004>.