



ESTUDO COMPARATIVO PARA PRODUÇÃO DE BIOQUEROSENE E SUA PURIFICAÇÃO PARA USO EM TURBINAS A GÁS

Shirlene Tamires Oliveira dos Santos¹; Clériston Moura Vieira Júnior¹; Humberto Silva Santos¹; Lorena Barros Guimarães¹; Adalberto Freire do N. Junior²; Ana Rita Fraga Drummond¹; Sérgio Peres Ramos da Silva¹

¹Universidade de Pernambuco, Escola Politécnica de Pernambuco, Recife, PE, 50720-001, Brasil.

²Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Energia Nuclear, Recife, PE, 50740-540, Brasil.

*S T O Santos (shirlene.tamires@hotmail.com), C M Vieira Júnior (cleristonvieirajr@gmail.com), H S Santos (humberto.s.santos@hotmail.com), L B Guimarães (lorena.bguiamaraz@gmail.com), A F Nascimento Junior (adalbertofreire2@gmail.com), A R F Drummond (anaritadrummond@gmail.com), S P R da Silva (sergperes@gmail.com)

RESUMO

O século XXI está marcado com preocupações ambientais decorrentes das poluições ao longo dos anos. De todas as emissões dos gases de efeito estufa gerados e lançados na atmosfera a aviação é responsável por 2% desse total. Quando se trata do setor de transporte aéreo além dessas questões de impacto ambiental ainda temos a dependência e o preço do petróleo. Assim os combustíveis renováveis surgem como alternativa para o querosene (QAV) e gasolina de aviação. O bioquerosene para ser competitivo com os combustíveis convencionais devem apresentar características físico-químicas que se enquadrem nas resoluções da ANP e principalmente que não seja necessário a modificação mecânica dos aviões. Essa pesquisa mostra a comparação de teor de óleo de algumas biomassas: Pinhão-manso (*Jatropha curcas*); Mamona (*Ricinus communis*); Babaçu (*Attalea speciosa*), Girassol (*Helianthus annuus*); Milho (*Zea mays*); Soja (*Glycine max*) e Microalgas com a finalidade de encontrar uma solução para a produção de bioquerosenes através da rota química de transesterificação e posterior purificação para uso em turbinas a gás.

Palavras-chaves: Oleaginosa, Microalgas, Transesterificação, Teor de óleo, Bioquerosene.

1. INTRODUÇÃO



O setor aéreo brasileiro registrou no ano de 2017 um crescimento de 2,33% na movimentação dos voos comerciais (BRASIL, 2018) em consequência houve um aumento nas emissões de gases do efeito estufa (GEE). No início do presente ano entrou em vigor a Resolução nº 496 aprovada pela ANAC que visa a mitigação das emissões de CO₂ da aviação nacional; o volume anual de emissões deve ser enviado a Organização da Aviação Civil Internacional (OACI) onde será realizado o controle para manter estabilizadas as emissões de CO₂ da aviação (ANAC, 2018). Para atender esse propósito sem frear o desenvolvimento e o crescimento do setor de transporte aéreo, o Brasil deverá adotar medidas sustentáveis preservando a qualidade dos combustíveis convencionais e por consequência a segurança das aeronaves.

Os biocombustíveis são uma alternativa tecnológica de geração de combustível limpo e não exauridos quando comparados com os derivados de petróleo. Além disso, sua não dependência do mercado internacional com o preço do barril de petróleo torna-se uma solução bastante agradável aos consumidores. Assim os estudos envolvendo os desenvolvimentos de rotas tecnológicas para a produção de um biocombustível que seja capaz de substituir parcial ou total o QAV tem ganho muito destaque. As pesquisas em busca de um substituto para o QAV não é novidade, no início da década de 80 foi realizado voos testes em uma aeronave nacional duplo hélice da marca Bandeirante, alimentada unicamente com biocombustível provenientes de oleaginosas, na época denominado de Prosene (PARENTE, 2003), comprovando assim que seria possível o uso de biomassas em transportes aéreos.

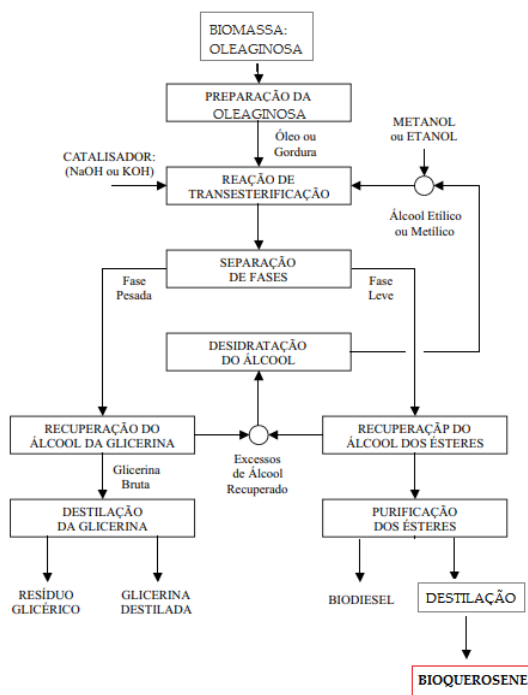
O produto da transesterificação de ácidos graxos de origem animal e vegetal após processos de purificação e adequações as normas podem ser utilizados como bioquerosenes. No Brasil essa rota de produção é muito utilizada para o processamento de biodiesel. Segundo o Balanço Energético Nacional (2018), no ano de 2017 foram processados 4.291.294 m³ de biodiesel sendo 65% oriundos da soja e 12% do sebo bovino, assim consideradas como as principais matérias-primas no processamento de transesterificação.

De acordo com a Agência Nacional de Petróleo, gás natural e biocombustíveis-ANP (2016) o SPK (synthesized paraffinic kerosine), ou bioquerosenes, oriundos de ésteres e ácidos graxos hidroprocessados podem ser incluídos ao querosene de avião em até 50% em volume.



A Figura 1 representa um esquema resumido da rota química de transesterificação de ésteres e ácidos graxos para obter um possível produto substituto do QAV

Figura 1: Rota química de produção de bioquerosene a partir da transesterificação de oleaginosa



Fonte: PARENTE, 2003 (adaptado)

O bioquerosene puro ou sua mistura com o QAV em qualquer proporção devem atender a norma regulamentadora ANP N^o 37, DE 1^o.12.2009 se enquadrando em testes como viscosidade, ponto de fluidez, acidez e estabilidade oxidativa que são as principais características que impedem a utilização do óleo vegetal puro direto nas turbinas à gás. Esses problemas limitam a 20% em volume o uso dos ésteres nas misturas com o QAV (CREMONEZ *et al.*, 2015).

Em vista disso, por fundamento das especificações físico-químicas exigidas, é preciso que após a etapa de transesterificações dos ésteres e ácido graxos haja uma destilação e purificação dos produtos obtendo frações mais satisfatórias no uso da aviação evitando danos nas tubulações e motores (XU *et al.*, 2019).

O pinhão-Manso (*Jatropha curcas*) é uma planta nativa que cresce em climas secos e quentes e não necessitam de constante irrigação, sua semente é composta por substâncias tóxicas



(Kandaramath et al., 2015) assim torna-se boa alternativa para a produção de biocombustíveis visto que sua competição com a área alimentar humana e animal é inexistente (MOUAHID, 2017).

A Mamona (*Ricinus communis*) é uma planta que não cresce uniformemente, suas características dependem de onde foi cultivada fazendo com que haja uma variedade na cor das folhas e frutos, haste, comprimento e teor de óleo. Semelhante ao Pinhão-Manso também não compete no setor alimentício. O óleo dessa biomassa é o único, quando comparado com demais oleaginosas, que possui grandes quantidades de ácidos hidroxil presentes em sua composição por consequência torna o óleo mais solúvel em etanol do que em hexano (SBIHI, 2018). O custo de produção é relativamente mais baixo que outras oleaginosas mais conhecidas como a soja, e podem ser colhidas três vezes ao ano tornando-se uma biomassa atrativa para a produção de biocombustíveis (PALCONITE, 2018).

A palmeira Babaçu (*Attalea speciosa*) é típica de florestas densas e úmidas. Estudos recentes mostram a importância desse fruto na indústria de bioenergia (PROTÁSIO, 2014). Embora seja um óleo comestível ele não é tão amplamente utilizado como o óleo de soja. Seu uso é direcionado a produção de cosméticos.

A semente de Girassol (*Helianthus annuus*) torna-se uma oleaginosa agradável ao consumo humano devido a presença de ácidos graxos, o óleo de girassol é o quinto mais produzido no mundo (Sánchez-Muniz, 2016), porém o girassol não pode ser cultivado em todos os lugares devido a necessidade de grandes quantidades de água em todos os estágios da produção afetando até a composição do óleo (FLAGELLA *et al.*, 2002).

O grão de milho (*Zea mays*) é um vegetal bastante produzido e consumido no mundo todo tanto pelo homem quanto pelos animais. Além do consumo alimentício o milho é uma biomassa bastante promissora para o uso como biocombustíveis, como o girassol isso é uma desvantagem. Contudo a oleaginosa como alternativas de combustível sustentável é muito utilizada nos EUA na forma de etanol e biodiesel. Em 2015, nos EUA, foi transesterificado 479.000 t de óleo de milho para a produção de biodiesel (VELJKOVIĆ, 2018).

Microalgas são microorganismos constituídos de 20 vezes mais óleos que as oleaginosas mais usuais. Estudos afirmam que são alternativas promissoras na produção de biocombustíveis principalmente para ser utilizado em turbinas à gás (YANG, 2016). Crescem naturalmente em



qualquer tipo de ambiente e não competem terreno com a agricultura convencional. Quando seu cultivo é controlado pode fornecer inúmeras quantidades de microalgas para a extração de óleo.

2. METODOLOGIA

Essa pesquisa é de natureza qualitativa já que explana as principais características de oleaginosas com potencial para a produção de bioquerosene de aviação, utilizando mecanismos bibliográficos e documentais. Os procedimentos estratégicos para a coleta de informações foi a pesquisa de dados em artigos e revisões bibliográficas, assim como relatórios e resenhas anuais com dados nacional e internacional.

Os métodos aplicados para a extração de óleo das biomassas foram baseados nas normas e procedimentos descritos nas pesquisas estudadas, podendo ser por rotas químicas ou mecânicas.

3. RESULTADOS E DISCURSÃO

A média das concentrações de teor de óleo por extração utilizando rotas mecânicas e químicas são mostradas na Tabela 1 assim como a produção anual das biomassas, desta forma pode-se estimar qual a biomassa que pode fornecer maior quantidade de óleo levando em consideração a sua colheita otimizando o processo de formação de bioquerosene de aviação. É mais usual a extração dos óleos das biomassas através de técnicas mais simples como a prensa mecânica. Uso de solventes como o hexano e refluxo em Soxhlet otimizam o processo.

A mamona tem um dos índices e óleos mais satisfatórios gerando uma produtividade de 1180 kg de óleo por hectare. Sua desvantagem é a alta viscosidade proveniente das concentrações de ácidos hidroxil presentes nas sementes, enquanto outros óleos possuem cerca de 52,76 mm²/s o óleo de mamona tem 1295 mm²/s (TORRENTES-ESPINOZA, 2017). Alguns estudos e testes já foram realizados obtendo resultados satisfatórios. Para ser utilizado como biocombustível precisa de uma atenção maior no tratamento de purificação do óleo a fim de aumentar a sua fluidez.



Tabela 1: Teor de óleo e produção anual por hectare

| | Teor de óleo (% em massa) | Produção anual (Ton) |
|-----------------|------------------------------|-------------------------|
| Pinhão-manso | 40 | 9.293 |
| Mamona | 50 | 12.658 |
| Babaçu(amêndoa) | 60 | 54.330 |
| Girassol | 42 | 72.194 |
| Milho | 4 | 90.822.485 |
| Microalgas | 60 | - |
| Soja | 18 | 103.739.460 |

Fontes: Andrade *et al.*, 2017; Sbihi, 2018; SOLER, 2007; Sánchez-Muniz, 2016; Barrera-Arellano, 2019; Cardoso *et al.*, 2011, IBGE 2017

As amêndoas do babaçu e as microalgas apresentaram as maiores concentrações de óleo, além disso, são biomassas que não competem diretamente com o setor de alimentação humana e animal. Estima-se a produção anual de 1000 kg de óleo por hectare cultivado de babaçu. Não foi encontrado na literatura a produção anual estimada de microalgas.

O girassol e o milho já são muito utilizados na produção de biocombustíveis, contudo apresentam uma desvantagem de serem considerados óleos comestíveis assim geram uma disputa na sua produção. Os grãos de milho comportam o mais baixo teor de óleo, contudo sua produção anual é superior a 90 milhões de toneladas tornando-se comparáveis com as demais opções.

4. CONCLUSÕES

A principal oleaginosa utilizada nos processos de transesterificação no Brasil é a soja que contém 18% de teor de óleo no seu grão (MAPA, 2005). Todas as biomassas apresentadas mostraram-se com potencial para a produção de bioquerosene de aviação substituindo ou complementando a soja no papel de oleaginosa. Destacam-se a microalga e o babaçu por apresentarem elevado teor de óleo e não competirem com alimentos; adicionalmente a microalga apresenta rápido crescimento.



5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANAC-AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. RESOLUÇÃO Nº 496, DE 28 DE NOVEMBRO DE 2018.

ANDRADE, Pedro de Sousa I.; Folegatti, M. V.; Almeida Santos, O. N.; Fanaya Júnior, E. D.; Barison, A.; Diego da Conceição Santos, A. (2017). **Fatty acid composition of *Jatropha curcas* seeds under different agronomical conditions by means of ¹H HR-MAS NMR**. *Biomass and Bioenergy*, 101, 30–34. doi:10.1016/j.biombioe.2016.12.006

ANP- Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. (2016). **Biocombustíveis de Aviação**. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/produtos-biocombustiveis/3129-biocombustiveis-de-aviacao>. Acesso em: 20 abril 2019

BARRERA-ARELLANO, D.; Badan-Ribeiro, A. P., & Serna-Saldivar, S. O. (2019). **Corn Oil: Composition, Processing, and Utilization**. *Corn*, 593–613. doi:10.1016/b978-0-12-811971-6.00021-8

BEN-**Balanco Energético Nacional 2018**: Ano base 2017 . EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). Rio de Janeiro, EPE: 2018.

BRASIL. Ministério da Infraestrutura. (2018). Disponível em: <https://transportes.gov.br/ultimas-noticias/6769-setor-a-C3%A9reo-registra-crescimento-de-2,33-na-movimentacao-de-passageiros-e-10,47-nas-cargas.html>. Acesso em: 06 maio 2019.

CARDOSO, Aderlânio da Silva; VIEIRA, Gláucia Eliza Gama; MARQUES, Anelise Kappes. **O uso de microalgas para a obtenção de biocombustíveis**. *Revista Brasileira de Biociências*. Porto Alegre, v. 9, n. 4, p. 542-549, out./dez. 2011 Disponível on-line em <http://www.ufrgs.br/seerbio/ojs/index.php/rbb/article/view/1797>. Acesso em: 04 maio 2019

CREMONEZ, Paulo André. et al. **Biofuels in Brazilian aviation: Current scenario and prospects**. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 43 (2015) 1063–1072. Doi: 10.1016/j.rser.2014.11.097.

FLAGELLA, Z.; Rotunno, T.; Tarantito, E.; Caterina, R.D.; Caro, A.D.; (2002). **Changes in seed yield and oil fatty acid composition of high oleic sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrids in relation to the sowing date and the water regime**. *Eur. J. Agron.* 17, 221–230. Doi: 10.1016/S1161-0301(02)00012-6

GUEDES, M.L.; Ferreira, P.H.G.; Santana, K.N.O.; Pimenta, M.A.S.; Ribeiro, L.M.; (2015). **Fruit morphology and productivity babassu palms in northern Minas Gerais state**. *Brazil. Rev. Árvore* 39, 883–892.

IBGE- **Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura- PEVS**. (2017). Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pevs/quadros/brasil/2017>. Acesso em: 04 maio 2019

IBGE- (2017). Censo Agropecuário 2017. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6615#resultado>. Acesso em: 04 maio 2019

JAIN, Siddharth. (2019). **The production of biodiesel using *Karanja* (*Pongamia pinnata*) and *Jatropha* (*Jatropha curcas*) Oil**. *Biomass, Biopolymer-Based Materials, and Bioenergy*, 397–408. doi:10.1016/b978-0-08-102426-3.00017-5

KANDARAMATH, T.; Yaakob, Z.; Binitha, N.N.; 2015. **Aviation biofuel from renewable resources: Routes, opportunities and challenges**. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 42, 1234–1244. doi:10.1016/j.rser.2014.10.095.

MAPA- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento- **Plano Nacional de Agroenergia**, Brasília DF, 2005. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/agroenergia/arquivos/pna-2ed-portugues.pdf>. Acesso em: 20 abril 2019



- MARIOD, A. A.; Saeed Mirghani, M. E., & Hussein, I. (2017). **Jatropha curcas L. Seed Oil**. Unconventional Oilseeds and Oil Sources, 199–207. doi:10.1016/b978-0-12-809435-8.00031-7
- MOUAHID, A., Bouanga, H., Crampon, C., & Badens, E. (2017). **Supercritical CO₂ extraction of oil from Jatropha curcas: An experimental and modelling study**. The Journal of Supercritical Fluids. doi:10.1016/j.supflu.2017.11.014
- PALCONITE, C. L.; Edrolin, A. C.; Lustre, S. N. B.; Manto, A. A.; Caballero, J. R. L.; Tizo, M. S.; Arazo, R. O. (2018). **Optimization and characterization of bio-oil produced from Ricinus communis seeds via ultrasonic-assisted solvent extraction through response surface methodology**. Sustainable Environment Research. doi:10.1016/j.serj.2018.07.006
- PARENTE, Expedito José de Sá. **Biodiesel: Uma Aventura Tecnológica num País Engraçado**. Fortaleza, 2003. Disponível em: <http://www.xitizap.com/Livro-Biodiesel.pdf>. Acesso em: 20 abril 2019
- PROTÁSIO, T.P.; Trugilho, P.F.; César, A.A.S.; Napoli, A.; Melo, I.C.N.A.; Silva, M.G.; (2014). **Babassu nut residues: potential for bioenergy use in the North and Northeast of Brazil**. SpringerPlus 3 (1), 1. <http://dx.doi.org/10.1186/2193-1801-3-124>
- SBIHI, H. M.; Nehdi, I. A.; Mokbli, S.; Romdhani-Younes, M., & Al-Resayes, S. I. (2018). **Hexane and ethanol extracted seed oils and leaf essential compositions from two castor plant (Ricinus communis L.) varieties**. Industrial Crops and Products, 122, 174–181. doi:10.1016/j.indcrop.2018.05.072
- SÁNCHEZ-MUNIZ, F. J., Bastida, S., & Benedí, J. (2016). **Sunflower Oil**. Encyclopedia of Food and Health, 217–226. doi:10.1016/b978-0-12-384947-2.00674-7
- SOLER, M. P.; MUTO, E. F.; VITALI, A. A. (2007). **Tecnologia de quebra do coco babaçu (Orbignya speciosa)**. Ciência e Tecnologia de Alimentos, 27: 717-722. out.-dez. Campinas.
- TEIXEIRA, M.A. **Babassu – A new approach for an ancient Brazilian biomass**. Biomass Bioenergy 32 (2008) 857–864.
- TORRENTES-ESPINOZA, G., Miranda, B. C., Vega-Baudrit, J., & Mata-Segreda, J. F. (2017). **Castor oil (Ricinus communis) supercritical methanolysis**. Energy, 140, 426–435. doi:10.1016/j.energy.2017.08.122
- VELJKOVIĆ, V. B.; Biberdžić, M. O.; Banković-Ilić, I. B.; Djalović, I. G.; Tasić, M. B.; Nježić, Z. B., & Stamenković, O. S. (2018). **Biodiesel production from corn oil: A review**. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 91, 531–548. doi:10.1016/j.rser.2018.04.024
- YANG, Xiaoyi; Guo, Fang; Xue, Song; Wang, Xin. **Carbon distribution of algae-based alternative aviation fuel obtained by different pathways**. Renewable and Sustainable Energy Reviews 54 (2016) 1129–1147. Doi: 10.1016/j.rser.2015.10.045
- XU, J.; Long, F.; Jiang, J.; Li, F., Zhai, Q., Wang, F., ... Li, J. (2019). **Integrated catalytic conversion of waste triglycerides to liquid hydrocarbons for aviation biofuels**. Journal of Cleaner Production. doi:10.1016/j.jclepro.2019.03.094