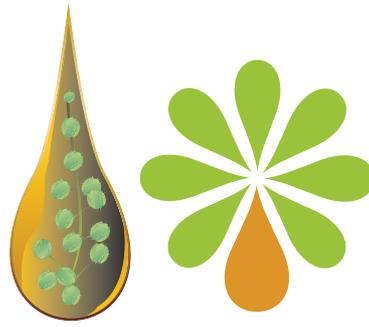


ISBN 978-85-65615-02-0



6° Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel  
9° Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel

**BIODIESEL:  
10 ANOS DE PESQUISA,  
DESENVOLVIMENTO  
E INOVAÇÃO NO BRASIL**



**VOLUME 2**  
ANAIS - ARTIGOS CIENTÍFICOS  
2016



6° Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel  
9° Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel

**BIODIESEL:**  
**10 ANOS DE PESQUISA, DESENVOLVIMENTO E INOVAÇÃO NO BRASIL**  
**Anais - Trabalhos Científicos**

**Editores:**

**Pedro Castro Neto**

**Antônio Carlos Fraga**

**Rafael Silva Menezes**

**Gustavo de Lima Ramos**

**Natal, 22 a 25 de Novembro de 2016**

**Rio Grande do Norte - Brasil**

**Ficha Catalográfica Elaborada pela Divisão de Processos Técnicos da  
Biblioteca da UFLA**

Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel  
(6. : 2016 : Natal, RN).

Anais do 6. Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia  
de Biodiesel, 9. Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas,  
Óleos, Gorduras e Biodiesel, Natal, RN, 22 a 25 de novembro  
de 2016 / Editores: Pedro Castro Neto ... [et al.]. – Lavras :  
UFLA, 2016.

1432 p.

Bibliografias

ISBN 978-85-65615-02-0

1. Biodiesel. 2. Plantas oleaginosas. 3. óleos vegetais. I

Castro Neto, Pedro et al. II. Congresso Brasileiro de Plantas  
Oleaginosas, óleos, Gorduras e Biodiesel.

CDD – 633.85

## APRESENTAÇÃO

O Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) possui papel fundamental no processo de aprimoramento tecnológico do biodiesel brasileiro. No âmbito do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB), o módulo de Desenvolvimento Tecnológico é coordenado pelo MCTIC e objetiva organizar e fomentar a base tecnológica existente no País e norteá-la a gerar resultados que atendam às demandas do PNPB.

Nesse sentido, foi implantada a Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel (RBTB), que articula os diversos atores envolvidos, permitindo a convergência de esforços e a otimização de investimentos públicos na busca por soluções para os desafios tecnológicos da cadeia produtiva, levando em consideração aspectos de sustentabilidade, geração de empregos e desenvolvimento regional.

Como ferramenta de avaliação e divulgação dos resultados dos projetos fomentados, o MCTIC promove, desde 2006, o Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel e a Universidade Federal de Lavras promove, desde 2004, o Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel. Eventos que em suas edições anteriores foram um sucesso, tanto em termos de público, como na divulgação do conhecimento gerado por pesquisadores de inúmeras universidades e institutos de pesquisa de todo o país. A partir de 2010 esses dois eventos foram realizados simultaneamente constituindo o maior evento técnico científico em biodiesel do mundo. Este evento é referência para as áreas de produção de plantas oleaginosas, óleos, gorduras e biodiesel.

## APRESENTAÇÃO

É estratégico para o setor de biodiesel possuir fóruns de discussão para se debater temas ligados à pesquisa, desenvolvimento e inovação em Biodiesel, como também promover encontros entre especialistas, estudantes, empresários e a sociedade civil para discutir meios para o desenvolvimento desse novo combustível.

Para o evento deste ano os organizadores receberam 884 trabalhos, dos quais 715 foram aprovados e serão expostos nas sessões de apresentação de pôster. Foram destacados trabalhos que também serão apresentados oralmente nas sessões temáticas. Busca-se atingir com a divulgação dos Anais do evento a difusão do conhecimento gerado, servindo como base para a continuidade das ações e como motivação para que a inovação tecnológica contribua de forma efetiva para os objetivos do PNPB.

Cordialmente,

Professor Pedro Castro Neto  
**Presidente do Congresso**

Professor Antônio Carlos Fraga  
**Presidente da Comissão Técnico-Científica**

Rafael Silva Menezes  
**Coordenador de ações de  
desenvolvimento  
energético RBTB-MCTIC**

## COMISSÃO ORGANIZADORA

Pedro Castro Neto  
**Presidente do Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas,  
Óleos, Gorduras e Biodiesel**

Rafael Silva Menezes  
**Presidente do Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia  
de Biodiesel**

Gustavo de Lima Ramos  
**Secretário-Geral**

Antônio Carlos Fraga  
**Presidente da Comissão Técnico-Científica**

Juliana Espada Lichston  
**Presidente da Comissão Local da UFRN**

Rafael Peron Castro  
Anderson Lopes Fontes  
**Secretários Comissão Local da UFRN**

## COMISSÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

Antônio Carlos Fraga (UFLA) - Presidente

Pedro Castro Neto (UFLA) - Vice-Presidente

Lucas Ambrosano (UEM) - Secretário

Geovani Marques Laurindo (G-Óleo/UFLA) - Secretário

Douglas Pelegrini Vaz-Tostes (G-Óleo/UFLA) - Secretário

### MEMBROS DAS ÁREAS TEMÁTICAS

Aristeu Gomes Tininis (IFSP)

Bill Jorge Costa (TECPAR)

Bruno Galvêas Laviola (EMBRAPA)

Cláudio José de Araujo Mota (UFRJ)

Danilo Luiz Flumignan (IFSP)

Donato Alexandre Gomes Aranda (UFRJ)

Eduardo Homem de Siqueira Cavalcanti (INT)

Fátima Menezes Bento (UFRGS)

Gustavo Lima Ramos (SETEC/MCTIC)

Iêda Maria Garcia dos Santos (UFPB)

Luiz Pereira Ramos (UFPR)

Maria Aparecida Ferreira César-Oliveira (UFPR)

Nelson Roberto Antoniosi Filho (UFG)

Paulo Anselmo Ziani Suarez (UnB)

Rafael Silva Menezes (SETEC/MCTIC)

Roberto Bianchini Derner (UFSC)

Rosenira Serpa da Cruz (UESC)

Sérgio Peres Ramos da Silva (UPE)

Simoni Margaretta Plentz Meneghetti (UFAL)

## COMISSÃO EXECUTORA

Associação dos  
Pesquisadores em Plantas Oleaginosas,  
Óleos, Gorduras e Biodiesel



Rede Brasileira de  
Tecnologia de Biodiesel

SECRETARIA DE  
DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO  
E INOVAÇÃO

MINISTÉRIO DA  
CIÊNCIA, TECNOLOGIA,  
INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES



## REVISÃO E EDITORAÇÃO

Pedro Castro Neto (UFLA)  
Antônio Carlos Fraga (UFLA)  
Lucas Ambrosano (UEM)  
Douglas Pelegrini Vaz-Tostes (G-Óleo/UFLA)  
Geovani Marques Laurindo (G-Óleo/UFLA)

## COMISSÃO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO

Pedro Castro Neto (UFLA) - Presidente  
Antônio Carlos Fraga (UFLA)  
Gilson Miranda Júnior (BCC/UFLA)  
Jaime Daniel Corrêa Mendes (BCC/UFLA)  
João Paulo de Araújo (BCC / G-Óleo/UFLA)  
Ferguson Antônio Gomes Peres de Souza (G-Óleo/UFLA)  
Henrique Fidencio (G-Óleo/UFLA)  
Arnon de Castro Oliveira (G-Óleo/UFLA)  
Saulo Kirchmaier Teixeira (G-Óleo/UFLA)

## AGRADECIMENTOS

Apoiadores, Autores, Congressistas, Expositores e Palestrantes.

## MEMBROS DA G-ÓLEO

Associação dos Pesquisadores em Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel

Pedro Castro Neto (Presidente)  
Lucas Ambrosano (Vice-Presidente)  
Douglas Pelegrini Vaz-Tostes (Tesoureiro)  
Vinícius Reis Bastos Martins (Secretário)  
Antônio Carlos Fraga  
Arnon de Castro oliveira  
Bárbara Lemes  
Camilla Freitas Maia  
Camilo José Rodrigues Dal Bó  
Carlos Henrique Santos Fonseca  
Carlúcio Queiroz Santos  
Clara de Almeida Filippo  
Daniel Augusto de Souza Borges  
Danilo da Silva Souza  
Diego Flausino Brasileiro  
Erika Tokuda  
Ferguson Antonio Gomes Peres de Souza  
Gabriel Dlouhy Alcon  
Gabriele de Faria Castro  
Geovani Marques Laurindo  
Gilson Miranda Júnior  
Guilherme de Oliveira Martins  
Gustavo de Almeida Adolpho  
Hamilton Olinto Pimenta Lima Junior  
Henrique Fidencio  
Jaime Daniel Corrêa Mendes  
Janice Alvarenga Santos Fraga  
João Paulo de Araújo  
Julia Andrade de Ávila  
Juliana de Xisto Silva  
Maraiza Assis Mattar Silva  
Marcela Santos Moreira  
Matheus Sterzo Nilsson  
Paulo Rogério Ribeiro Pereira  
Pedro Henrique Barcelos Mota  
Pedro Rodolfo Bianchim de Oliveira  
Rafael Peron Castro  
Rodrigo Martins Santos  
Sandra Regina Peron Castro  
Sandro Freire de Araújo  
Saulo Kirchmaier Teixeira  
Stênio Carvalho  
Thalita Caroline Azevedo Gonçalves  
Thiago Matiulli  
Vitor Favareto Silva

## REALIZAÇÃO

O Núcleo de Estudos em Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biocombustíveis (G-Óleo) idealizado

pelos professores Antônio Carlos Fraga

do Departamento de Agricultura

e Pedro Castro Neto do

Departamento de Engenharia

da Universidade Federal de

Lavras, desde 2006 promove a



**G-ÓLEO**

produção científica e realiza eventos acadêmicos voltados a estudantes, pesquisadores e empreendedores que atuam nas diversas etapas da cadeia produtiva do biodiesel, transferindo ao produtor rural por meio de eventos de extensão, onde inovações da pesquisa e indústria são levadas e apresentadas à comunidade.

A diversidade das áreas de atuação do grupo torna os projetos amplamente diversificados, englobando atividades em fitotecnia, química, projetos e manutenção de máquinas agrícolas e industriais, gerência e tecnologia de informação, administração, extração e purificação de óleos e gorduras, gestão de coprodutos e resíduos, todas associadas à produção científica visando inovação para a indústria e melhoria na produção rural.

## REALIZAÇÃO

Com o objetivo de impulsionar o desenvolvimento tecnológico e a inovação do biodiesel no Brasil, o Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) promove diversas ações, principalmente por meio da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel (RBTB), que envolve diversos atores da cadeia produtiva. Isso permite a convergência de esforços e a otimização de investimentos públicos, buscando soluções para os desafios tecnológicos do setor. Desde 2006, a Secretaria de Desenvolvimento Tecnológico e Inovação (SETEC/MCTIC) promove o Congresso da RBTB com objetivo de disseminar os conhecimentos tecnológicos gerados, a divulgação das potencialidades da Rede, as competências e os trabalhos em andamento. A realização do evento envolve a comunidade científica e empresarial e abrange sete diferentes áreas temáticas: Matéria Prima; Armazenamento, Estabilidade e Problemas Associados; Caracterização e Controle da Qualidade; Co-Produtos; Produção do Biocombustível; Uso de Biodiesel; e Políticas Públicas e Desenvolvimento Sustentável.



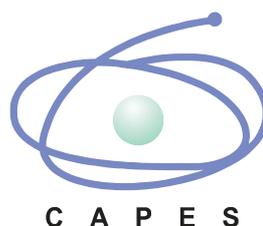
REALIZAÇÃO

SECRETARIA DE  
**DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO  
E INOVAÇÃO**

MINISTÉRIO DA  
**CIÊNCIA, TECNOLOGIA,  
INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES**



## APOIO





6° Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel  
9° Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel

**TRABALHOS  
CIENTÍFICOS  
APROVADOS**

## Geração e caracterização do gás de síntese proveniente da gaseificação da torta da polpa de macaúba (*Acrocomia aculeata*)

Saulo José Lagioia Cavalcanti (PPTE/UPE, saulo.lagioia@gmail.com) Tulio Amaral Gois (PPTE/UPE, tuliogois20@gmail.com), Pedro de França Santos (PPTE/UPE, francaps@gmail.com), Adalberto Freire do Nascimento Júnior (POLICOM/UPE, adalbertofreire2@gmail.com), Yuji Fujiwara (PPTE/UPE, yujif85@gmail.com) Ana Rita Fraga Drummond (POLICOM/UPE, anaritadrummond@gmail.com), Sérgio Peres (POLICOM/UPE, sergperes@gmail.br).

**Palavras Chave:** Macaúba, gaseificação, biomassa, syngas, gás de síntese.

### 1 - Introdução

O desenvolvimento econômico e social de um país depende necessariamente da geração e oferta de energia. A perspectiva de esgotamento das fontes de energia não renováveis, como os combustíveis fósseis, somada à poluição gerada pela utilização dessas fontes, gerou um esforço de desenvolvimento de fontes de energia renováveis e limpas, que permitam vislumbrar um futuro com menor emissão de gases de efeito estufa sem abrir mão da segurança energética.

O Brasil é um exemplo da boa utilização de energias renováveis, sendo essas fontes responsáveis por 41,22% da energia gerada. Entre as fontes renováveis, destaca-se a biomassa, que representa mais de 25% de toda a energia do país<sup>1</sup>. Além de ser uma fonte de energia renovável, a biomassa apresenta outras vantagens, como sua grande versatilidade, pois pode ser utilizada de diversas maneiras: pode ser queimada de forma direta, como o bagaço de cana-de-açúcar e lenha, ou pode ser convertida em combustíveis líquidos (biodiesel, etanol, etc), gasosos (gás de síntese, biometano) ou sólidos (pellets e briquettes), possibilitando ser utilizada em diferentes processos, de geração de energia, aquecimento ou transporte, a depender da forma para qual foi convertida.

A macaúba, nome *Acrocomia aculeata*, é uma dessas novas fontes estudadas. O óleo da macaúba, que pode ser extraído de sua polpa e também da amêndoa, apresenta grande potencialidade para a produção de biodiesel e também para a indústria de cosméticos<sup>2</sup>. Todavia não há estudos dos possíveis usos energéticos do resíduo do processo de extração do óleo, a torta da macaúba.

Este trabalho estudou a potencialidade de geração de gás de síntese, comumente chamado de syngas ( $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}_2$  and  $\text{H}_2$ ) a partir da gaseificação da torta da macaúba, em um gaseificador de leito fixo de escala de bancada, e sua viabilidade para uso como combustível.

### 2 - Material e Métodos

A macaúba foi autoclavada por 30 min, e depois foi despulpada. A seguir, a polpa da macaúba foi submetida a 3 toneladas-força.cm<sup>-2</sup> (294,2 MPa) em uma prensa hidráulica para retirada de seu óleo. O óleo foi utilizado para caracterização e produção de biodiesel, enquanto que a torta foi seca à temperatura ambiente, triturada e submetida à gaseificação.

Para a gaseificação foi utilizado um gaseificador de leito fixo aquecido indiretamente por duas resistências de mil watts cada (Figura 1) construído pelo POLICOM. Os processos foram efetuados em duplicata em três temperaturas distintas (700°C, 800°C e 900°C) com um tempo de residência de 4 minutos.

O gás formado foi coletado em “sample bags” e levados para análise cromatográfica. As análises foram feitas em dois cromatógrafos a gás equipados com TCD (Thermo GC-Trace Ultra e Dani GC Master). No primeiro GC analisou-se os teores de  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{O}_2$  e hidrocarbonetos de cadeia curta ( $\text{C}_n\text{H}_n$ ) utilizando o hidrogênio como gás de arraste; e, no Dani, determinou-se o percentual de hidrogênio utilizando argônio como gás de arraste.



Figura 1. Gaseificador de leito fixo utilizado nos experimentos

### 3 - Resultados e Discussão

O gás obtido através da gaseificação é conhecido como gás de síntese (syngas), que pode ser utilizado como combustível em diversas aplicações como turbinas a gás, motores de combustão interna, obtenção de combustíveis líquidos, entre outros<sup>3</sup>.

O syngas é composto basicamente por hidrogênio, dióxido de carbono, monóxido de carbono, e hidrocarbonetos de cadeia curta. Na Tabela 1 estão ilustrados os resultados da cromatografia, com os teores dos gases obtidos no processo de gaseificação da torta da macaúba para as temperaturas estudadas.

Pela Tabela 1, observa-se um bom percentual de formação de hidrogênio, que juntamente com os hidrocarbonetos de cadeia curta (metano, etano e propano)

são os gases mais importantes para o valor energético do Syngas.

**Tabela 1.** Representação percentual do gás de síntese resultante da gaseificação da torta residual da macaúba.

| Gás                               | 700 °C | 800 °C | 900 °C |
|-----------------------------------|--------|--------|--------|
| H <sub>2</sub> (%)                | 20,33  | 21,16  | 29,38  |
| Ar (%)                            | 14,42  | 10,10  | 5,25   |
| CO (%)                            | 3,21   | 3,00   | 3,08   |
| CH <sub>4</sub> (%)               | 9,77   | 13,02  | 11,08  |
| C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> (%) | 2,71   | 3,85   | 0,275  |
| C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> (%) | 1,73   | 0,17   | 0,00   |
| CO <sub>2</sub> (%)               | 45,47  | 48,83  | 44,45  |

A Tabela 2 apresenta o poder calorífico inferior (PCI) para o gás de síntese em diferentes temperaturas.

**Tabela 2.** Poder Calorífico Inferior (PCI) do gás de síntese resultante dos processo de gaseificação da macaúba em diferentes temperaturas.

| Produto | PCI (MJ.m <sup>-3</sup> ) |
|---------|---------------------------|
| 700     | 8,63                      |
| 800     | 8,92                      |
| 900     | 6,90                      |

Pela Tabela 2, observa-se que a temperatura no qual o gás de síntese obteve o maior poder calorífico foi de 800°C, devido à maior concentração de hidrocarbonetos de cadeia curta: metano, etano e propano (MEP). Salienta-se que apesar de ter o poder calorífico menor do que os gases oferecidos comercialmente, como por exemplo, o gás natural (PCI = 34, 72 MJ.m<sup>-3</sup>)<sup>4</sup>, o gás de síntese da torta da macaúba pode ser utilizado em processos térmicos. Além disso, o syngas pode ser purificado, reduzindo significativamente (ou eliminando) os teores de ar e de dióxido de carbono, fazendo que o poder calorífico seja quase que duplicado (em cada temperatura específica). Estes valores poderiam chegar a 21,51 MJ.m<sup>-3</sup> (para 700°C e 800°C) e 13,72 MJ.m<sup>-3</sup> (para 900°C), Desta forma, os gases de síntese tornam-se atrativos para produção de combustíveis líquidos e de energia elétrica.

Adicionalmente, o gás de síntese do resíduo da macaúba (torta) é oriundo de uma fonte renovável e limpa. O seu uso energético em áreas remotas, e não supridas por gás natural, poderá ser de grande utilidade como uma alternativa energética sustentável para o suprimento de calor e eletricidade.

#### 4 – Conclusões

A torta da macaúba apresenta uma opção viável para produção de gás de síntese (syngas), devido ao médio poder calorífico obtido nas temperaturas de 700 e 800 °C, respectivamente de 8,63 e 8,92 MJ.m<sup>-3</sup>. Estes médios PCI's foram obtidos pela presença de gases combustíveis com alto poder energético como o metano, etano e propano. Esses gases também podem ser purificados, com obtenção de

combustíveis com 21,51 MJ.m<sup>-3</sup>, produzidos a 700 e a 800 °C, devido ao maior teor de MEP. Logo, a utilização dos coprodutos da produção de óleo e biodiesel da macaúba é bastante viável para a produção de gases combustíveis.

#### 5 – Agradecimentos

SUSTENTE Projetos sustentáveis, pelo apoio financeiro à esta pesquisa.

#### 6 - Bibliografia

- <sup>1</sup>Balanço Energético Nacional, 2016. Ministério de Minas e Energia. Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/BENRelatorio Sintese.aspx?anoColeta=2016&anoFimColeta=2015> ;
- <sup>2</sup>Embrapa. Macaúba no Mercado de bioenergia. Disponível em : <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/1481706/macauba-no-mercado-de-bioenergia---> ;
- <sup>3</sup> CORTEZ, L. LORA, E. GÓMEZ, E. Biomass para energia. Editora Unicamp, 2009;
- <sup>4</sup> Copergás. Produtos. Disponível em : <http://www.copergas.com.br/produtos/#.V9gA5pgrKuk> .