

# Impactos das Tecnologias nas Engenharias 5

**Franciele Bonatto  
João Dallamuta  
Rennan Otavio Kanashiro  
(Organizadores)**

**Franciele Bonatto**  
**João Dallamuta**  
**Rennan Otavio Kanashiro**  
(Organizadores)

# **Impactos das Tecnologias nas Engenharias**

## **5**

Atena Editora  
2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Diagramação e Edição de Arte:** Lorena Prestes e Geraldo Alves

**Revisão:** Os autores

### Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)**

I34 Impactos das tecnologias nas engenharias 5 [recurso eletrônico] / Organizadores Franciele Bonatto, João Dallamuta, Rennan Otavio Kanashiro. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (Impactos das Tecnologias nas Engenharias; v. 5)

Formato: PDF  
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader  
Modo de acesso: World Wide Web  
Inclui bibliografia  
ISBN 978-85-7247-195-4  
DOI 10.22533/at.ed.954191503

1. Engenharia. 2. Inovações tecnológicas. 3. Tecnologia.  
I. Bonatto, Franciele. II. Dallamuta, João. III. Kanashiro, Rennan Otavio.

CDD 658.5

**Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422**

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

## APRESENTAÇÃO

Caro leitor(a)

A engenharia, em um aspecto etimológico é derivada do latim ingenium , cujo significado é "inteligência" e ingeniare , que significa "inventar, conceber". A inteligência de conceber define o engenheiro.

Fácil perceber que aqueles cujo ofício está associado a inteligência de conceber, dependem umbilicalmente da tecnologia. Mostrar parte desta ligação é o principal propósito desta obra.

Nela reunimos várias contribuições de trabalhos, ligados sobretudo a indústria petroquímica com potencial de impacto nas engenharias. São apresentados vários trabalhos de cunho tecnológico associados a temas como Biodiesel, Offshore, técnicas e ensaios associados a manutenção e segurança, processos químicos, entre outras temáticas. Todos com resultados e discussões enriquecedoras.

Aos autores dos diversos trabalhos que compõe esta obra, expressamos o nosso agradecimento pela submissão de suas pesquisas junto a Editora Atena. Aos leitores, desejamos que esta obra possa colaborar com suas carreiras e gerar uma reflexão mais aprofundada sobre a relação entre a tecnologia e a engenharia.

Boa leitura!

Franciele Bonatto  
João Dallamuta  
Rennan Otavio Kanashiro

# SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
PRODUÇÃO DE BIODIESEL ATRAVÉS DA REAÇÃO DE TRANSESTERIFICAÇÃO COM ÓLEO RESIDUAL E CATALISADOR DO TIPO ZS/MCM-41	
<i>Heloísa do Nascimento Souza</i>	
<i>Mateus Andrade Santos da Silva</i>	
<i>Carlos Eduardo Pereira</i>	
<i>José Jailson Nicacio Alves</i>	
<i>Bianca Viana de Sousa Barbosa</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9541915031</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>12</b>
DESENVOLVIMENTO DE METODOLOGIA PARA A DETERMINAÇÃO DE ADULTERANTES NO DIESEL S10 COM ÓLEOS VEGETAIS	
<i>Anne Beatriz Figueira Câmara</i>	
<i>Fernanda Maria de Oliveira</i>	
<i>Heloise Oliveira Medeiros de Araújo Moura</i>	
<i>Leila Maria Aguilera Campos</i>	
<i>Clenildo de Longe</i>	
<i>Luciene da Silva Santos</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9541915032</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>24</b>
BENTONITA CÁLCICA TRATADA QUIMICAMENTE VIA ACIDIFICAÇÃO E IMPREGNADA COM ÓXIDO METÁLICO COMO CATALISADOR NA OBTENÇÃO DE BIODIESEL	
<i>Renan Pires de Araújo</i>	
<i>Yasmin Maria da Silva Menezes</i>	
<i>Erivaldo Genuino Lima</i>	
<i>Adriana Almeida Cutrim</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9541915033</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>32</b>
REDUÇÃO DO TEOR DE ÓLEOS E GRAXAS DA ÁGUA PRODUZIDA UTILIZANDO MICROEMULSÃO COM TENSOATIVO VEGETAL	
<i>Jôsy Suyane de Brito Souza</i>	
<i>Luiz Mário Nelson de Góis</i>	
<i>José Roberto de Souza</i>	
<i>George Simonelli</i>	
<i>Luiz Carlos Lobato dos Santos</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9541915034</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>45</b>
REUTILIZAÇÃO DO CATALISADOR DO TIPO MOO <sub>3</sub> /MCM-41 NA REAÇÃO DE TRANSESTERIFICAÇÃO DO ÓLEO DE SOJA	
<i>Heloísa do Nascimento Souza</i>	
<i>André Miranda da Silva</i>	
<i>José Jailson Nicacio Alves</i>	
<i>Bianca Viana de Sousa Barbosa</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9541915035</b>	

**CAPÍTULO 6 ..... 53**

AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DO DIESEL APÓS ADIÇÃO DO BIODIESEL EM DIFERENTES PROPORÇÕES

*Lorena Silva Querino da Costa*  
*Tatyane Medeiros Gomes da Silva*  
*Rafael Viana Sales*  
*Anne Beatriz Figueira Câmara*  
*Leila Maria Aguilera Campos*  
*Luciene Santos de Carvalho*

**DOI 10.22533/at.ed.9541915036**

**CAPÍTULO 7 ..... 61**

DIFERENTES MÉTODOS DE EXTRAÇÃO DO MATERIAL LIPÍDICO PRESENTE NO CHORUME: UM POSSÍVEL CAMINHO PARA PRODUÇÃO DE BODIESEL

*Tamara Miranda de Moura*  
*Miguel Martins dos Santos Neto*  
*Daniele da Silva Oliveira*  
*Rafael Oliveira Batista*  
*Anne Gabriella Dias Santos*  
*Luiz di Souza*

**DOI 10.22533/at.ed.9541915037**

**CAPÍTULO 8 ..... 78**

AVALIAÇÃO DO COMPLEXO OXALATO MISTO DE NIÓBIO E TÂNTALO COMO CATALISADOR NA PRODUÇÃO DE BODIESEL VIA ESTERIFICAÇÃO METÍLICA

*Tiago Fernandes de Oliveira*  
*Maria Veronilda Macedo Souto*  
*Angelinne Costa Alexandrino*  
*Carlson Pereira de Souza*  
*Rayane Ricardo da Silva*

**DOI 10.22533/at.ed.9541915038**

**CAPÍTULO 9 ..... 87**

SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DE ZNMCM-41 E NIMCM-41 APLICADOS NA DESSULFURIZAÇÃO ADSORTIVA DO DIESEL CÔMBUSTÍVEL

*Rafael Viana Sales*  
*José Alberto Batista da Silva*  
*Tatiana de Campos Bicudo*  
*Maritza Montoya Urbina*  
*Leila Maria Aguilera Campos*  
*Luciene da Silva Santos*

**DOI 10.22533/at.ed.9541915039**

**CAPÍTULO 10 ..... 99**

INFLUÊNCIA DO FRACIONAMENTO DE PETRÓLEO POR SISTEMA PRESSURIZADO PARA A DETERMINAÇÃO DE ÁCIDOS NAFTÊNICOS POR GC/MS E GC×GC/TOF-MS

*Juciara dos Santos Nascimento*  
*Roberta Menezes Santos*  
*Flaviana Cardoso Damasceno*  
*Silvia Maria Silvia Egues*  
*Elton Franceschi*  
*Lisiane dos Santos Freitas*

**DOI 10.22533/at.ed.95419150310**

**CAPÍTULO 11 ..... 112**

DESENVOLVIMENTO DE METODOLOGIA PARA DETERMINAÇÃO DE ENXOFRE TOTAL EM PETRÓLEO PESADO POR CROMATOGRAFIA DE ÍONS

*Álvaro Gustavo Paulo Galvão*  
*Jildimara de Jesus Santana*  
*Izabel Kaline da Silva Oliveira*  
*Emily Cintia Tossi de Araújo Costa*  
*Djalma Ribeiro da Silva*

**DOI 10.22533/at.ed.95419150311**

**CAPÍTULO 12 ..... 121**

OTIMIZAÇÃO DO MÉTODO DE SEPARAÇÃO SARA E USO DE CORRELAÇÕES MATEMÁTICAS NA AVALIAÇÃO COMPOSICIONAL DE ÓLEOS CRUS

*Keverson Gomes de Oliveira*  
*Heloise Oliveira Medeiros de Araújo Moura*  
*José Alberto Batista da Silva*  
*Valdic Luiz da Silva*  
*Ramoni Renan Silva de Lima*  
*Luciene da Silva Santos*

**DOI 10.22533/at.ed.95419150312**

**CAPÍTULO 13 ..... 131**

TÉCNICA DE INSPEÇÃO ULTRASSÔNICA PARA O MONITORAMENTO DO MECANISMO DE DANO EM DUTOS DE TRANSPORTE DE PETRÓLEO

*David Domingos Soares da Silva*  
*Genilton da França Barros Filho*

**DOI 10.22533/at.ed.95419150313**

**CAPÍTULO 14 ..... 138**

USO DE ENSAIO NÃO DESTRUTIVO BASEADO EM PARÂMETROS MAGNÉTICOS COMO TÉCNICAS AVANÇADAS DE MANUTENÇÃO PARA O MONITORAMENTO DA INTEGRIDADE ESTRUTURAL DE EQUIPAMENTOS OFFSHORE

*David Domingos Soares da Silva*  
*Genilton da França Barros Filho*

**DOI 10.22533/at.ed.95419150314**

**CAPÍTULO 15 ..... 144**

SIMULAÇÃO FLUIDODINÂMICA (CFD) DE VAZAMENTO DE GASES INFLAMÁVEIS EM PLATAFORMAS OFFSHORE

*Davith da Silva Campos*  
*Anaximandro Anderson Pereira Melo de Souza*  
*Paulo Emanuel Medeiros Paula*  
*Lígia Maria dos Santos Barros Rodrigues*  
*Luís Jorge Mesquita de Jesus*

**DOI 10.22533/at.ed.95419150315**

**CAPÍTULO 16 ..... 153**

CONCEPTUAL DEVELOPMENT OF AN UNDERGROUND EXCAVATION TECHNIQUE

*Lidiani Cristina Pierri*  
*Rafael Pacheco dos Santos*  
*Jair José dos Passos Junior*  
*Anderson Moacir Pains*  
*Marcos Aurélio Marques Noronha*

**DOI 10.22533/at.ed.95419150316**

<b>CAPÍTULO 17</b> .....	<b>164</b>
ANÁLISE DE UM TESTE DE FORMAÇÃO A POÇO REVESTIDO DA BACIA POTIGUAR	
<i>Marcio Murinelly Josino Filho</i>	
<i>João Luiz Porfirio da Silva</i>	
<i>Regina Celia de Oliveira Brasil Delgado</i>	
<i>Jardel Dantas da Cunha</i>	
<i>Antônio Robson Gurgel</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.95419150317</b>	
<b>CAPÍTULO 18</b> .....	<b>172</b>
REMOÇÃO DE ÓLEOS E TURBIDEZ DA ÁGUA PRODUZIDA DO PETRÓLEO UTILIZANDO POLIELETROLITOS COMERCIAIS	
<i>Valécia Dantas de Souza</i>	
<i>João Luiz Porfirio da Silva</i>	
<i>Márcio Murinelly Josino Filho</i>	
<i>Andrea Francisca Fernandes Barbosa</i>	
<i>Rafael Oliveira Batista</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.95419150318</b>	
<b>CAPÍTULO 19</b> .....	<b>180</b>
OBTENÇÃO DE ALUMINATO DE ZINCO ATRAVÉS DO MÉTODO HIDROTÉRMICO ASSISTIDO POR MICRO-ONDAS E APLICAÇÃO COMO CATALISADOR NA OBTENÇÃO DO BIODIESEL	
<i>Erivane Oliveira da Silva</i>	
<i>Guilherme Leocárdio Lucena</i>	
<i>Max Rocha Quirino</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.95419150319</b>	
<b>CAPÍTULO 20</b> .....	<b>191</b>
ESTUDO DA LUMINOSIDADE EM SOLUÇÃO DE NITRATO DE PRATA PARA DETERMINAÇÃO DE SULFETO EM ÁGUA POR POTENCIOMETRIA	
<i>Larissa Sobral Hilário</i>	
<i>Letícia Gracyelle Alexandre Costa</i>	
<i>Ana Gabriela Soares da Silva</i>	
<i>Henrique Borges de Moraes Juviano</i>	
<i>Djalma Ribeiro da Silva</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.95419150320</b>	
<b>SOBRE OS ORGANIZADORES</b> .....	<b>199</b>

## DIFERENTES MÉTODOS DE EXTRAÇÃO DO MATERIAL LIPÍDICO PRESENTE NO CHORUME: UM POSSIVEL CAMINHO PARA PRODUÇÃO DE BIODIESEL

### **Tamara Miranda de Moura**

Discentes do curso de licenciatura em química da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN) - tamaramiranda.uern@gmail.com, miguelmartins378@gmail.com

### **Miguel Martins dos Santos Neto**

Discentes do curso de licenciatura em química da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN) - tamaramiranda.uern@gmail.com, miguelmartins378@gmail.com

### **Daniele da Silva Oliveira**

Doutoranda da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) -danielequimica@hotmail.com

### **Rafael Oliveira Batista**

Docente da Universidade Federal do Semi-Árido (UFERSA)- rafaelbatista@ufersa.edu.br

### **Anne Gabriella Dias Santos**

Docentes da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN) - gabriella.uern@gmail.com, souzaluizdi@gmail.com

### **Luiz di Souza**

Docentes da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN) - gabriella.uern@gmail.com, souzaluizdi@gmail.com

**RESUMO:** Material lipídico presentes no lodo de esgoto, percolado de aterros sanitários e óleos e gorduras residuais podem ser reaproveitados e tem bom potencial para serem usados na produção de biocombustível, devido a grande

disponibilidade e baixo custo. Uma nova alternativa que vêm sendo estudada é o uso do percolado (chorume), que é um líquido escuro, de cheiro forte, gerado pela degradação física, química e microbiológica dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) dos aterros sanitários para a produção de biodiesel. Atualmente o processo de tratamento do chorume tem sofrido diversos estudos, sendo a produção de biodiesel uma inovação mundial que necessita de estudos para aprofundamento e domínio da técnica. Assim, nesse trabalho avaliou-se os diferentes métodos de extração do material lipídico presente no chorume identificando os mais eficientes. Também avaliou-se as características físico-químicas do material lipídico obtido e sua aplicação na produção de biodiesel via transesterificação ácida. Os resultados da extração do ML, nos diferentes métodos, resultaram na extração de aproximadamente 2 a 2,5 %. A transesterificação produziu biodiesel de acordo com os resultados de análise térmica. Assim o reaproveitamento do ML presente no chorume para produção de biodiesel pode ser visto como uma saída para a problemática ambiental do seu descarte, pois têm teor de óleos e graxas e características físico-químicas propícias para serem destinados para produção de biodiesel, podendo passar de um problema para um produto tecnicamente viável e economicamente rentável e ecologicamente

correto.

**PALAVRAS-CHAVE:** Energia Renovável, Biodiesel, Chorume, Viabilidade.

**ABSTRACT:** Lipid material present in sewage sludge, percolating of landfills and waste oils and fats can be reused and has good potential to be used in the production of biofuel due to high availability and low cost. A new alternative that has been studied is the use of leachate, which is a dark, smelling liquid generated by the physical, chemical and microbiological degradation of Urban Solid Waste (RSU) from landfills for the production of biodiesel. Currently, the slurry treatment process has undergone several studies, and biodiesel production is a worldwide innovation that requires studies to deepen and master the technique. Thus, in this work the different methods of extraction of the lipid material present in the slurry were evaluated, identifying the most efficient ones. The physico-chemical characteristics of the lipid material obtained and its application in the biodiesel production were also evaluated through acid transesterification. The results of ML extraction, in the different methods, resulted in the extraction of approximately 2 to 2.5%. Transesterification produced biodiesel according to the results of thermal analysis. Thus the reuse of ML present in the manure for biodiesel production can be seen as an outlet for the environmental problem of its disposal, since they have oil and grease content and physico-chemical characteristics conducive to being destined for biodiesel production, a problem for a technically viable and economically profitable and environmentally sound product.

**KEYWORDS:** Renewable Energy, Biodiesel, Slurry, Feasibility.

## 1 | INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a busca por combustíveis renováveis mostrou um crescimento rápido e global, motivado, principalmente, por políticas energéticas incentivadoras [REDDY, 2014] Esse processo se deve a necessidade que os países sentiram de diminuir a dependência e o consumo dos combustíveis fósseis, tal como: aumentar a diversificação das matrizes energéticas e conseqüentemente, minimizar os impactos negativos ao meio ambiente, como a destruição da camada de ozônio e o aquecimento global [BARROS; MAIA; SOUZA, 2013; OLIVEIRA, 2012].

A partir de então, passou-se a estudar a produção de fontes alternativas de energia, entre elas a produção do Biodiesel [CORTEZ, LORA e GOMEZ, 2008; LEUNG, 2010].

O biodiesel, quimicamente, é uma mistura de ésteres monoalquílicos de ácidos graxos de cadeia longa, derivados de lipídeos ou gorduras. Este pode ser produzido, juntamente com a glicerina, pela reação de transesterificação de triacilgliceróis (ou triglicerídeos) com álcool como etanol (éster etílico) ou metanol (éster metílico), na presença de um catalisador (ácido, básico, ou enzimático) homogêneo ou heterogêneo [LEIVA-CANDIA, 2014, RAMOS et al., 2003; JANAUN, e ELLIS, 2010 LEÓN, 2014;

AZEREDO, 2014]. O biodiesel pode ser produzido de uma imensa variedade de matérias-primas, desde óleos vegetais de oleaginosas e algas, gorduras de origem animal, bem como óleos provenientes de reaproveitamento como o lodo de esgoto e os óleos e gorduras residuais [GIRISHA et al., 2014, GRACE, 2010; AZEREDO, 2014].

Uma nova alternativa que vêm sendo estudada é o percolado que é um líquido escuro, com forte odor, gerado pela degradação física, química e microbiológica proveniente dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) dos aterros sanitários. O percolado de aterro sanitário se destaca pela grande disponibilidade imediata e seu baixo custo, isto, devido à imensa quantidade de resíduos sólidos urbanos produzidos diariamente. Como exemplo, na cidade de Mossoró-RN, a produção de RSU é de aproximadamente 150 toneladas por dia, resultando em um valor per capita de 0,62 kg habitante<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>. No trabalho de Coelho [2013] relata-se que no aterro sanitário de Mossoró-RN é produzida uma vazão de 50 L por hora de percolado [ABRELPE, 2012; COELHO, 2013; BARROS, 2013; BARROS et al., 2015; SANEPAV, 2012].

Assim esta pesquisa é ampla e complexa, pois busca uma possível solução para dois grandes problemas: a questão energética e a ambiental, já que o manuseio correto dos resíduos é uma importante estratégia de preservação do meio ambiente, bem como, também, a promoção e proteção da saúde. O que ocorre por que estes resíduos podem comprometer a qualidade do solo, da água e do ar, por serem fontes de compostos orgânicos xenobióticos, macro componentes inorgânicos e metais potencialmente tóxicos, entre outros [MORAIS et al., 2006; RAGHAB, MEGUID e HEGAZI, 2013; GIUSTI, 2009; MENEZES, 2015]. Sendo assim, o seu reaproveitamento poderá ser uma alternativa que resolverá um problema ambiental grave, sendo portanto eticamente correta e, possivelmente, técnica e economicamente viável.

Atualmente o processo de tratamento de RSU e efluentes têm sofrido diversos estudos e nessa busca por alternativas existem diversas vertentes, desde biogás produzido nos aterros sanitários, créditos de carbono, como também, o uso dos resíduos para agricultura ou indústrias onde o lodo sedimentado pode ser utilizado para fertilização, e a água pode ser encaminhada para reúso [SOUSA, 2015]. Porém, segundo Oliveira [2004] a produção de biodiesel de esgoto é uma inovação possível, e que necessita de estudos aprofundados para se tornar realidade.

Portanto, nesse trabalho avaliaram-se as características do percolado de aterro sanitário, os diferentes métodos de extração na recuperação do material lipídico (ML) deste resíduo líquido, realizou-se a caracterização físico-química e a transesterificação do ML para a produção de biodiesel e fez a sua identificação via análise termogravimétrica.

## 2 | METODOLOGIA

### 2.1 Obtenção do Percolado de Aterro Sanitário

O percolado foi cedido pela empresa SANEPAV- que na ocasião administrava o aterro sanitário de Mossoró, situado às margens da BR-110 sentido Mossoró - Areia Branca/RN, sem nenhum tipo de tratamento, precaução necessária para que este não interferisse nos resultados.

### 2.2 Obtenção do Material Lipídico (ML)

Para obtenção do material lipídico (ML) seguiu-se os procedimentos propostos por Barros [2015] com adaptações, sendo realizada a extração por métodos que se diferenciavam pela técnica empregada (a frio, centrífuga, ultrasson) como também pelo uso de diferentes solventes padrões P.A (hexano, etanol e mistura de solventes (etanol, água e clorofórmio no processo de Bligh & Dyer). O procedimento detalhado de cada método é descrito nos itens 2.2.1 a 2.2.4.

#### *2.2.1 Método de extração a frio com solventes (hexano e etanol)*

Foram pesadas 100 g do percolado de aterro sanitário puro. Esta massa foi colocada em um becker de 500 mL e em seguida adicionou-se 300 mL de solvente hexano. Agitou-se manualmente com bastão de vidro por aproximadamente cinco minutos e deixou-se em repouso por 24 horas em temperatura ambiente. Em seguida a mistura foi colocada em estufa à 70 °C, durante 120 horas, para evaporação da água e solvente residuais, obtendo apenas o ML. O mesmo procedimento foi feito com o solvente etanol.

#### *2.2.2 Método de extração a frio com mistura de solventes, processo Bligh & Dyer*

Para este processo foram pesadas 25 g da amostra do percolado de aterro sanitário puro em um bécker de 400 mL. Em seguida foram adicionados os solventes: 62,5 mL de clorofórmio, 125 mL de etanol e 25 mL de água destilada, sendo agitada por 30 minutos por um agitador mecânico. Após a mistura foi colocada em estufa à 70 °C, durante 120 horas, para eliminação da água e solvente residuais, obtendo-se o ML.

#### *2.2.3 Método de extração com hexano e auxílio da centrífuga*

Foram pesadas 10 g da amostra e adicionado 30 mL de solvente (hexano) em seguida deixou-se sob agitação mecânica por 20 minutos. Após esse tempo o material ficou em repouso por 5 minutos e em seguida foi agitado novamente por cinco minutos. Logo após, acondicionou-se a amostra em um tubo de ensaio apropriado e centrifugou-se por cinco minutos a uma rotação de 1300 rpm. A seguir removeu-se a parte líquida da amostra colocou-se em uma estufa na temperatura de 70 °C, durante

48 horas, para eliminação da água e solvente residuais, obtendo-se o ML puro.

### 2.2.4 Método de extração com auxílio de banho de ultrassom

Em um erlenmeyer pesou-se 3 g da amostra, em seguida adicionou-se 100 mL de hexano e submeteu a mistura ao ultrassom por 120 minutos. Posteriormente, as amostras foram transferidas para estufa, a uma temperatura de 70 °C, durante 48 horas, para eliminar a água e solvente residuais, obtendo apenas o ML.

## 2.3 Caracterização físico-química

Foram realizadas as análises físico-químicas no percolado de aterro sanitário bruto (pH, TOG, índice de acidez e alcalinidade) e no material lipídico (índices de acidez, de ácidos graxos livres, de saponificação e de iodo) com a finalidade de caracterizá-los e partir dos resultados escolher as condições de síntese, que facilitassem o desenvolvimento da pesquisa. O procedimento detalhado de cada análise é descrito a seguir.

### 2.3.1 Índice de acidez – (IA)

Pesou-se em um erlenmeyer de 125 mL dois gramas da amostra, adicionou 25 mL da solução de éter com álcool etílico (2:1) e submeteu a agitação magnética, em seguida acrescentou duas gotas de fenolftaleína e titulou com a solução de hidróxido de sódio até a cor levemente rosa persistir por cerca de 10 segundos. A partir do resultado calculou-se o IA com a equação 1.

$$IA \% = \frac{V \times E \cdot 5,6}{P} \quad \text{Eq. 1}$$

Onde,

V = N° de mL da solução de hidróxido de sódio 0,1 N gasto na titulação menos o branco.

FC = fator de correção da solução de NaOH 0,1 N

P = N° de gramas da amostra usado na titulação.

5.61 = Fator estequiométrico

### 2.3.2 Índice de ácidos graxos livres – (IAGL)

Pesou-se 5 g da amostra em um erlenmeyer 250 mL, em seguida adiciona-se 50 mL da solução álcool etílico 95%, posteriormente submeteu-se a aquecimento até ocorrer a ebulição, após adicionou-se 3 gotas de fenolftaleína, e titulou-se com NaOH, até a coloração rósea persistir por 15 segundos. A partir do resultado calculou-se o IAGL com a equação 2.

$$IAGL = \frac{V \times E \cdot 8}{P} \quad \text{Eq. 2}$$

Onde,

V = diferença (em ml) de NaOH 0,1N gastos nas duas titulações (a titulação da amostra menos o branco)

FC = fator de correção do NaOH 0,1N

P = massa em gramas da amostra.

28 = Fator estequiométrico

### 2.3.3 Índice de saponificação – (IS)

Pesou-se em um erlenmeyer 2 g da amostra, em seguida adicionou-se 20 mL da solução alcoólica de hidróxido de potássio a 4%, posteriormente adaptou-se o erlenmeyer no sistema de refluxo, e deixou fervendo durante 30 minutos, após esse período a mistura foi retirada do sistema, adicionou-se 2 gotas de indicador fenolftaleína e titulou-se com HCl até desaparece a cor rósea.

A partir do resultado calculou-se o IS com a equação 3.

$$S = \frac{V \times E \cdot 28}{P} \quad \text{Eq. 3}$$

Onde,

V = diferença (em ml) de HCl, gastos nas duas titulações (a titulação da amostra menos o branco)

FC = fator de correção do HCl 0,5N

P = massa em gramas da amostra.

28 = Fator estequiométrico

### 2.3.4 Índice de Iodo – (II)

Pesou-se 1 g da amostra em um erlenmeyer (500 ou 250 mL) e adicionou-se 10 mL de clorofórmio P.A. Após adicionou-se 25 mL de solução Wijs, agitou-se cuidadosamente e em seguida deixou em repouso por 30 minutos no escuro a temperatura ambiente. Após esse tempo adicionou-se 10 mL de solução de iodeto de potássio a 15 % e 100 mL da água destilada (previamente fervida e resfriada) e procedeu a titulação com o tiosulfato de sódio 0,1N, sobre agitação constante até uma fraca coloração amarela. Após adicionou 1 ou 2 mL de solução saturada de amido e a mistura adquiri uma coloração azul, continuando-se a titulação até que a cor azul desapareça.

A partir do resultado calculou-se o II com a equação 4.

$$I = \frac{V \times E \cdot 1,2}{P} \quad \text{Eq. 4}$$

Onde:

V = diferença (em ml) de tiosulfato de sódio 0,1N gastos nas duas titulações (branco e amostra).

FC = fator de correção da solução de tiosulfato de sódio 0,1N.

P = massa em gramas da amostra.

1,27 = Fator estequiométrico

### 2.3.5 pH

Realizou-se a calibração do aparelho com as soluções tampões, indicadas pelo fabricante, dentro da faixa desejada (4-7). Após colocou aproximadamente 30 mL da amostra em um bécker, imergiu o eletrodo na e aguardou o aparecimento do resultado no visor do aparelho, anotou-se o valor registrado e em seguida lavou-se com água destilada o eletrodo.

### 2.3.6 Teor total de óleos e graxas – TOG

Colocou-se 100 mL da amostra em um funil de decantação, em seguida adicionou-se 10 mL de hexano e agitou manualmente e deixou-se em repouso para a separação de óleos e graxas. Após a decantação observou-se a formação de duas fases, a superior que continha o hexano junto com as graxas e o óleo foi separado e posta em um bécker (previamente pesado) e colocado na estufa a 60 °C para secagem, após esse tempo realizou se a pesagem do conjunto e obteve-se o valor do TOG pela equação 5.

$$TOG = (m1 - m2) \cdot 1000 \quad \text{Eq. 5}$$

Onde:

m1 = Massa inicial

m2 = Massa final

### 2.3.7 Alcalinidade

Primeiramente foi diluído o chorume até o percentual de 20 % de chorume em Água destilada, para facilitar a leitura. Após isso foi medido 100 mL da amostra já diluída com uma pipeta volumétrica e adicionada em um erlenmeyer de 250 mL, em seguida colocou se 3 gotas da solução indicadora de fenolftaleína a 1%, (como ficou rósea) titulou-se com a e ácido sulfúrico 0,02N até desaparecer a coloração. Após adiciona-se 3 gotas da solução indicadora metilorange e continue a titulação até o ponto de viragem. A partir do resultado calculou-se a alcalinidade com a equação 6 e 7.

Para mg/L de alcalinidade parcial

$$CaCO_3 = \frac{V_1 \times M}{V_a} \times 10000 \quad \text{Eq. 6}$$

Onde,

V<sub>1</sub> = Volume em mL de ácido gasto na titulação até pH 5,75

M= Molaridade  $H_2SO_4$

Va= Volume da amostra

Para mg/L de alcalinidade total

$$CaCO_3 = \frac{V_2 \times M}{V_a} \times 10000 \quad \text{Eq.7}$$

$V_2$ = Volume em mL de ácido gasto na titulação até pH 4,3.

M= Molaridade  $H_2SO_4$

Va= Volume da amostra

Todas as análises foram realizadas em triplicada, sendo a média das medidas considerada o seu resultado final.

## 2.4 Síntese do biodiesel

O biodiesel foi obtido a partir da reação de esterificação ácida realizada com o material lipídico extraído através do método a frio com hexano. A reação foi feita utilizando excesso de álcool no meio reacional, para favorecer o deslocamento da reação para a formação dos produtos, fator relevante para obter um bom rendimento na reação (OLIVEIRA, 2013). Foi adicionado, também, 75 mL de hexano para favorecer a solubilidade do ML (BARROS, 2015) e 5 % m/m de catalisador (ácido sulfúrico) em relação amassa do ML. Desta forma foram utilizadas: 15 g de material lipídico, 52,2 mL de metanol, 75 mL de hexano e 0,39 mL de  $H_2SO_4$ . Após a síntese o biodiesel foi separado e purificado pelos métodos usuais (citar referencias) e caracterizado por análise térmica.

## 2.5 Caracterização térmica do biodiesel

Para verificar se houve a formação dos ésteres alquílicos foi feita a análise termogravimétrica (TGA) do biodiesel, do chorume e do ML.

As análises foram feitas num analisador térmico da Shimadzu modelo TGA 50, usando 5 mg de amostras, razão de aquecimento de 10 °C/min da temperatura ambiente até 900 °C usando como gás de arraste  $N_2$  numa vazão de 100 mL/min.

# 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

## 3.1 Caracterização do chorume

A composição físico-química do percolato de aterro sanitário é muito variável devido a diversas condições, como as ambientais, o tempo de disposição, o tempo de armazenamento até as próprias características físicas dos RSU do qual foi produzido.

As características físico-químicas do percolato de aterro sanitário analisado são

mostradas na Tabela 1.

Análises	Resultados
TOG	3,9 ppm
pH	8,81
IA	0,98 mg KOH/g
Alcalinidade	260 ppm

Tabela 1: Propriedades físico-químicas do Chorume analisado.

O resultado do TOG comprova que no percolado de aterro sanitário existe uma quantidade significativa de material lipídico que pode ser extraído e reutilizado para produção de biodiesel.

A alcalinidade representa a capacidade que um sistema aquoso tem para neutralizar ácidos sem perturbar de forma extrema as atividades biológicas que nele decorrem. Valores elevados de alcalinidade estão associados com processos de decomposição do material orgânico ainda presente [MORAES, 2008]. Neste caso o resultado obtido de 260 ppm mostra um valor muito baixo, quando comparado ao resultado obtido por Menezes [2015] de 5500 ppm. Menezes (2015) afirma que valores altos de alcalinidade é característica de percolado recente. Neste caso, o valor obtido é extremamente baixo o que indica que o percolado é mais antigo, ou seja, está na fase metanogênica [GIORDANO, 2011]. O pH, está correlacionado com a alcalinidade, pois é relativo a concentração do ácido carbônico e seus sais (carbonatos e bicarbonatos), desta forma o resultado é alcalino e está dentro do esperado [GIORDANO, 2011]. Este também pode ser explicado pela ocorrência dos mecanismos de degradação microbiológicos envolvidos na degradação dos resíduos orgânicos, oxidação de carboidratos e gorduras no início do processo e, hidrólise de proteínas na sequência. [NETO, 2006 e GIORDANO, 2011].

O índice de acidez, mostra um valor muito baixo o que se relaciona com o resultado obtido na verificação da alcalinidade e do pH, podendo-se constatar que está de acordo com as melhores condições para se trabalhar esse material, tendo em vista que um alto índice de acidez poderia dificultar o processo da reação de transesterificação direta do percolado, pela escolha incorreta do catalisador [BARROS, 2015].

### 3.2 Extração do material lipídico

Nessa etapa, foi analisada a eficiência dos métodos de extração com o intuito de se conhecer as melhores condições para extrair o material lipídico (ML). Os resultados obtidos mostram a extração de 2 a 2,5 g a cada 100 mL do chorume bruto de acordo com o método usado (Tabela 2), ou seja, em percentagem o valor de 2 a 2.5 %. Esses valores são superiores ao que é encontrado na literatura em materiais úmidos obtidos de lagoas de tratamento de esgotos, que não passa de 1,2%. [BARROS, et al.,

2015].

Método de Extração	% de extração
A frio com Hexano	2,0%
A frio com Etanol	1,9%
Bligh & Dyer	2,1%
A frio com Hexano e auxílio centrifuga	2,5%
Extração com auxílio ultrasom	2,2%

Tabela 2: % do material lipídico extraído do chorume com diferentes métodos.

Observando os percentuais de extração obtidos em cada um dos métodos é notável que os procedimentos que utilizaram hexano obtiveram melhores percentuais, sendo o método a frio com auxílio de centrifuga o mais eficiente. Porém ao se analisar o custo-benefício o método a frio com hexano é o mais viável, pois mesmo sendo 20 % menos eficiente, é um método que dinamiza o procedimento, já que diminui os custos por não necessitar de equipamentos de auxílio para se obter o material lipídico nem gastar energia para fazer a separação. Assim, no caso de uma síntese *in situ* que é um processo simplificado de produção que descarta uma das etapas do processo, a extração do óleo, resultaria em uma redução significativa no custo final [BARROS, 2015].

Assim o percolado (chorume) têm muitas vantagens, pois existe uma elevada produção diária por pessoa de aproximadamente 1 Kg de RSU. A produção de RSU em Mossoró, por ex. é de aproximadamente 150 toneladas por dia, que segundo Coelho [2013] geram a produção 50 L/h de percolado, ou seja, 1200 L por dia. [ABRELPE, 2012; COELHO, 2013; BARROS, 2013; BARROS et al., 2015; SANEPAV, 2012].

Este material que hoje é um problema ambiental pode ser reutilizado para a produção de biodiesel sem concorrer com matérias primas alimentícias, por se tratar de um resíduo. Outra questão que se destaca é o baixo custo quando comparado aos óleos vegetais que são responsáveis por 70-85% do custo total na produção do biodiesel o que influencia diretamente no seu valor comercial final [KARGBO, 2010, SANTOS, 2010 e PINTO, 2015]. Neste sentido o chorume no momento tem custo zero e tem até casos em que aterros sanitários pagam para serem retirados do local e tratados.

Desta forma é extremamente viável quando se pensa no país inteiro, principalmente, nos grandes centros, pois se trata de um resíduo para o qual ainda não se descreveu nenhum tratamento que permita seu reuso com viabilidade, técnica, econômica e socioambiental.

### 3.3 Caracterização do material lipídico

O material lipídico obtido com os diferentes métodos de extração é um material de cor escura (preta), com odor característico, com a aparência variando de uma pasta grossa a um sólido seco. Essas características podem variar ligeiramente de acordo com a técnica de extração utilizada e a temperatura em que o ML é armazenado.

A tabela 3 mostra os resultados das análises de índice de acidez, ácidos graxos livres, saponificação e iodo, nos ML obtidos nos métodos a frio usando hexano e etanol, Estes materiais foram escolhidos por serem os que são mais simples de serem obtidos, usam solventes menos tóxicos e não dependem do uso de aparelhos, produzindo, praticamente, a mesma eficiência de extração que os outros métodos sem o uso de aparelhos.

O índice de acidez é uma das propriedades mais relevantes para se escolher a matéria prima, de acordo com Santos [2013] o valor para o índice de acidez deve ser menor que 5 mg KOH/g do óleo ou gordura para que a reação de transesterificação básica seja eficiente. Nesse material, tanto para o método com hexano, como com etanol obteve-se valores menores que este e que se correlacionam bem com a caracterização prévia do material bruto, onde a acidez era baixa e com o fato do percolado ser velho.

O índice de ácidos graxos confirmam essas medidas de acidez, já que o aumento de ácidos graxos livres no meio resulta em aumento de acidez da mistura.

Analises	Hexano	Etanol	Unidades
IA	0,24	0,47	mg KOH/g
IAGL	0,96	4,72	mg KOH/g
IS	122,62	131,48	mg KOH/g
II	1,23	2,12	gl <sub>2</sub> /100g

Tabela 3: Propriedades físico-químicas do (ML) analisado.

O índice de saponificação é definido como a quantidade em mg de hidróxido de potássio necessária para saponificar totalmente 1 g de óleo ou gordura e indica indiretamente a quantidade em peso de ácidos graxos e a distribuição de tamanho de cadeias destes, pois é inversamente proporcional ao peso molecular médio dos ácidos graxos presentes na matéria prima [ALMEIDA, 2011; PINTO, 2012]. Assim os resultados indicam que o ML extraído com hexano tem cadeias maiores e menos polares que os extraídos com etanol.

Já o índice de iodo está relacionado com o total de insaturações presentes no material lipídico, ou seja, quanto maior, maior a presença de duplas ligações e mais susceptível a degradação é o material [SANTOS, 2010; MOURA, 2015]. Segundo Giordano [2011], encontra-se na composição da matéria orgânica do chorume ácidos graxos como ácido linoleico, ácido oleico, ácido esteárico, ácido araquídico,

ácido palmítico, entre outros, sendo assim formado por uma mistura de compostos insaturados e saturados que justificam os valores encontrados. O valor maior para o ML extraído com etanol indica que os materiais polares extraídos, tem maior quantidade de duplas ligações que os extraídos com o Hexano. No entanto, os resultados obtidos são relativamente baixos, evidenciando assim que a o material é formado por uma quantidade maior de compostos saturados, fato que se correlaciona bem com o aspecto de graxa e até mesmo solido em que o MI se apresenta, já que quanto maior a presença de compostos saturados numa mistura, maior a sua possibilidade de se solidificar.

O baixo índice de iodo demonstra que o número de insaturações presentes não terá apenas efeito nos valores de densidade e de viscosidade do biodiesel, mas também na estabilidade oxidativa, sendo o valor obtido tecnicamente melhor, por ser relativamente baixo não ultrapassando o limite de 120 g I<sub>2</sub>/100 g determinado pela norma EN 14214 [LÔBO, FERREIRA, CRUZ, 2009].

Desse modo, todos os resultados se correlacionam sendo possível verificar que o material lipídico obtido tem características herdadas do chorume, sua fonte primária. Tecnicamente ele possui características que viabilizam a produção do biodiesel como baixa acidez, índice de saponificação, teor de ácido graxos livres e índice de iodo que indica um material com boa estabilidade oxidativa.

Assim como se trata de um resíduo, porém com significativo teor de óleos e graxas que são possíveis de serem reaproveitados, através da extração por diferentes métodos, o material extraído com hexano, que foi o que apresentou as melhores propriedades (IA, IS, IAGL e II) para este tipo de reação foi transesterificado e caracterizado.

### 3.4 Síntese do e Caracterização biodiesel

O biodiesel foi obtido via transesterificação do material lipídico utilizando excesso de álcool no meio reacional, para favorecer o deslocamento da reação para formação dos produtos, fator relevante para obter um bom rendimento na reação [OLIVEIRA, 2013]. Foi adicionado, também 50 mL de hexano para solubilizar o material e melhorar a velocidade de reação [BARROS, 2015] e 5 % em massa em relação ao ML de catalisador (ácido sulfúrico). Desta forma foram utilizadas: 15 g de material lipídico, 52,2 mL de metanol, 75 mL de hexano e 0,39 mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. A reação foi feita a temperatura de 65 °C durante 6 h e o biodiesel separado e purificado de acordo com a literatura BARROS [2013] e MONDALA et al. [2009].

Para verificar se houve a formação dos ésteres alquílicos foi feita a análise termogravimétrica (TGA) do biodiesel, do chorume e do ML. A figura 1 e a tabela 4 mostram as curvas de TG obtidas para os diferentes materiais os principais picos e perdas de massas de cada material.

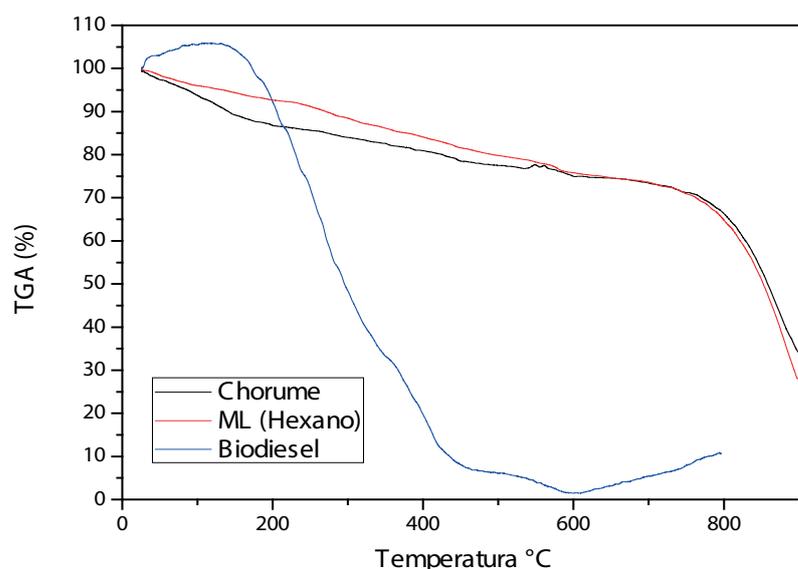


Figura 1: Análise termogravimétrica do chorume, ML e biodiesel.

AMOSTRAS	EVENTOS	T(°C)	Tmáx. (°C)	PERDA DE MASSA (%)	MASSA RESIDUAL (%)
Chorume	1	25 – 217	131	13,58	
	2	217 – 744	581	14,97	64,0
	3	744 – 900	798	37,45	
Material Lipídico	1	25-226	278	7,76	
	2	226- 585	419	15,89	65,5
	3	585-800	579	11,09	
Biodiesel	1	176 – 345	126	64,92	
	2	345- 439	340	25,04	1,5
	3	439- 607	537	8,53	

Tabela 4: Principais picos, perdas de massas e resíduos presentes nos materiais no chorume, no ML e no biodiesel obtido.

Observando as curvas de TG e as perdas de massa da tabela 4 é possível notar que para o ML e o chorume houve uma perda de massa de aproximadamente 35 %. Essa perda de massa é pequena se comparada com a do Biodiesel que é de aproximadamente 98,5%. É importante justificar que ML e o chorume têm em sua composição materiais que não são orgânicos, e esses materiais não sofrem degradação em temperaturas abaixo de 550°C. [PINTO, 2015]. Observa-se também que o método de extração muda pouco o padrão da curva, sendo a diferença uma quantidade maior de materiais de baixo e de alto peso molecular no chorume (pico a 131 e 798 C). O constante decaimento das curvas mostra que existe uma mistura de compostos que apresentam constante aumento da cadeia carbônica, o que é coerente

com a identificação dos compostos existentes no chorume [Giordano, 2011].

No biodiesel a perda de massa inicia-se na faixa de 176 °C e termina em até aproximadamente 430 °C sendo atribuída, principalmente, a presença de ésteres com diferentes tamanhos de cadeias e ou estrutura química, [GOMES, 2013 e PINTO, 2015], embora outros compostos, também, possam estar presentes como ácidos graxos não reagidos. Diferentemente do chorume e do ML praticamente todo o biodiesel se volatiliza nessa faixa de temperatura, confirmando qualitativamente que o material é realmente biodiesel, já que as temperaturas médias de volatilização é muito menor que a do material de origem como pode-se ver na figura 1 e tabela 4.

Além disso, foi constatada uma sensível mudança na viscosidade e na cor do material, o que aliada a grande queda na temperatura de volatilização devido a eliminação das ligações hidrogênio causada pela transformação do ML em ésteres confirmam a produção do biodiesel.

#### **4 | CONCLUSÕES**

Os resultados das extrações do material lipídico por diferentes métodos comprovou sua viabilidade e mostrou que aproximadamente 2 % de óleos e graxos pode ser recuperado do percolado de aterro sanitário. Esse resultado indica que o aproveitamento deste material pode ser visto como uma alternativa para a problemática ambiental de seu descarte, pois pode ser destinados para produção de biodiesel, já que apresenta características propícias à produção de biodiesel como baixo valor de acidez, índice de saponificação e ácidos graxos livres. Os resultados iniciais de transesterificação ácida com ácido sulfúrico e metanol indicaram a obtenção do biodiesel e a sua caracterização por análise térmica comprovou a síntese.

Dessa forma, é necessário continuar os estudos para desenvolver a utilização deste ML como matéria prima para a produção de biodiesel, já que o mesmo se apresenta como alternativa viável para o reaproveitamento deste resíduo de forma técnica, ecológica, e, possivelmente sustentável sendo um possível caminho de inovação, necessário e importante.

#### **5 | AGRADECIMENTOS**

Agradecemos a universidade Estadual do Rio Grande do Norte (UERN), ao Laboratório de Catálise, Ambiente e Materiais – LACAM e a empresa SANEPAV por ter cedido o material.

## REFERÊNCIAS

- ABRELPE - Associação brasileira de empresas de limpeza pública e resíduos especiais. **Panorama of solid waste in Brazil 2012 Anexos**. São Paulo: Associated Companies ABRELPE, 36p. 2012.
- ALMEIDA, J. K. P.; NUNES, G. P.; TEIXEIRA, C. C. M.; RODRIGUES, D. P.; Mello, J. R. **Caracterizações físico-químicas de óleos vegetais utilizados para produção de biodiesel com metodologias alternativas simples**. XXXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção – Belo Horizonte – MG, 2011.
- AZEREDO, W. A.; **Otimização da produção de biodiesel metílico a partir de óleos de frituras residuais**. 2014, 113p. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Goiás, Instituto de Química.
- BARROS, H.S.; MAIA, C.E.M.; SOUZA, L.Z. **Extração do óleo presente na espuma de esgoto para uso na produção de biodiesel**. Revista Química: Ciência, Tecnologia e Sociedade, v. 2, p. 42-48, 2013.
- BARROS, H. S.; SOUZA L. V.; SANTOS A. P. B.; SOUZA L. D.; SANTOS, A. G. D. **Extração do material lipídico presente na espuma e no lodo de esgoto sanitário através de diferentes métodos**. HOLOS, [S.l.], v. 6, p. 137-145, 2015-a.
- BARROS, H.S. **Uso de resíduos sólidos de uma estação de tratamento de esgoto – ETE, para a produção de biodiesel via catalise ácida *in situ***. 2015, 109p. Dissertação de Mestrado em Ciências Naturais- UERN – Mossoró.
- COELHO, D. C. L. **Atributos químicos de um argissolo e produção de capim elefante decorrentes da aplicação de percolado de aterro sanitário**. 2013, 100p. Dissertação de Mestrado-UFERSA- Mossoró.
- CORTEZ, L. A. B.; LORA, E. E. S.; GOMEZ, E. O. **Biomassa para energia**. Campinas: Editora da UNICAMP, 2008.
- GIORDANO, G.; BARBOSA FILHO, O.; CARVALHO, R. J. **Processos físico-químicos para tratamento do chorume de aterros de resíduos sólidos urbanos**. Rio de Janeiro: COAMB / FEN / UERJ / 2011.
- GIRISHA, S.T. et al. **Lipid extraction for biodiesel production from municipal sewage water sludge**. European Journal of Experimental Biology, v. 4, n. 1 p. 242-249, 2014.
- GIUSTI, L. **A review of waste management practices and their impact on human health**. *Waste Management*, v. 29, p. 2227-2239, 2009.
- GRACE et al, **A multi-criteria approach to screening alternatives for converting sewage sludge to biodiesel**. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries* 23, p. 412 e 420, 2010.
- JANAUN, J.; ELLIS, N. **Perspectives on biodiesel as a sustainable fuel**. *Renewable Sustainable Energy Review*, v. 14, p. 1312–1320, 2010.
- KARGBO, D.M. **Biodiesel production from municipal sewage sludges**. *Energy & Fuels*. v. 24. p. 2791-2794, 2010.
- LEIVA-CANDIA, D. E., et al. **The potential for agro-industrial waste utilization using oleaginous yeast for the production of biodiesel**. *Fuel* 123 p. 33-42, 2014.
- LEON, I. A. A.; **Estudo da produção de biomassa e lipídios no cultivo de *Neochoris oleoabundans* sob diferentes condições de estresse nutricional e físico**. 2014, 107p. Tese de

Doutorado Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo Programa de Pós Graduação em Tecnologia Bioquímico- farmacêutica.

LEUNG, D. Y. C.; WU, X.; LEUNG, M. K. H. **A review on biodiesel production using catalyzed transesterification**. Applied Energy, v. 87, p. 1083 – 1095, 2010.

MENEZES, J. C. S. S. Et al. **Tratamento do chorume de aterro de resíduos sólidos urbanos utilizando um coagulante à base de Tanino, tratamento biológico e ozonização**. Revista de Engenharia Civil IMED, 2(2): 37-42, 2015.

MONDALA, A.; LIANG, K.; TOGHIANI, H.; HERNANDEZ, R.; FRENCH, T. **Biodiesel prodction by in situ transesterication of municipal primary and secondary sludges**. Revista Bioresource Technology. 100, 2009. p. 1203-1210.

MORAES, P. B. – **ST 502- Tratamento biológico de efluentes líquidos e ST 503- Tratamento físico-químico de efluentes líquidos – UNICAMP, 2008.**

MORAIS, J. L. de; SIRTORI, C. and PERALTA-ZAMORA, Patricio G.; **Tratamento de chorume de aterro sanitário por fotocatalise heterogênea integrada a processo biológico convencional**. Química Nova, vol.29, n.1, p. 20-23, 2006.

MOURA, T. M. de; **Obtenção e caracterização de biodiesel e ecodieseis de girassol**, p. 577-587 . In: Anais do V Encontro Regional de Química & IV Encontro Nacional de Química. São Paulo: Blucher, 2015.

LÔBO, I. P.; FERREIRA, S. L. C.; CRUZ, R. S. da. **Biodiesel: parâmetros de qualidade e métodos analíticos**. Quim. Nova, Vol. 32, No. 6, 1596-1608, 2009.

NETO, P.R.C. e REY, M. **alterações das características químicas de chorume gerado em aterro sanitário**. Sociedade Brasileira de Química ( SBQ), Curitiba- PR, 2006.

OLIVEIRA, D. S.; FONSECA, X. D. S. FARIAS, P. N.; BEZERRA, V. S.; PINTO, C. H. C.; SOUZA, L. D; SANTOS A. G. D.; MATIAS, L. G. O. **Obtenção do biodiesel através da transesterificação do óleo de Moringa Oleífera Lam**. Holos, v. 1, p. 14-24, 2012.

OLIVEIRA. L. B. **Potencial de aproveitamento energético de lixo e de biodiesel de insumos residuais no Brasil**. 2004, 237 p. Tese de Doutorado Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE.

PINTO, F.G.H. S. et al. **Uso da espuma de esgoto como matéria prima para produção de biodiesel usando a técnica de micro-ondas**, p. 862-871 . In: Anais do V Encontro Regional de Química & IV Encontro Nacional de Química, São Paulo: Blucher, 2015.

RAGHAB, S. M.; MEGUID A. M. A.; HEGAZI, H.A. **Treatment of leachate from municipal solid waste landfill**. HBRCJ 9(2):187–192, 2013.

RAMOS, L. P.; DOMINGOS, A. K.; KUCEK, K. T.; WILHELM, H. M. **Biodiesel: Um projeto de sustentabilidade econômica e sócio-ambiental para o Brasil**. Biotecnologia: Ciência e Desenvolvimento, 2003.

REDDY, H. K., et al. **Subcritical water extraction of lipids from wet algae for biodiesel production**. Fuel 133 (2014): 73-81.

SANEPAV, Saneamento Ambiental LTDA. 2012. Disponível em <<http://www.sanepav.com.br/>>. Acesso em: 10 fev. 2014.

SANTOS A.G.D. **Valiação da estabilidade térmica e oxidativa do biodiesel de algodão, girassol, dendê e sebo bovino**. 2010, 192p. Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em

Química da Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

SOUSA, M. C. de; ET al.; **Processos de tratamento do chorume e reaproveitamento: Uma revisão**, p. 655-664. In: Anais do V Encontro Regional de Química & IV Encontro Nacional de Química São Paulo: Blucher, 2015.

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-195-4

