REVISTA
afluente

A REVISTA DO JPS
VINCULADA À ABES-RS

Ano IV / Nº 7 – AGOSTO/2020

7ª EDIÇÃO
Revista Afluente

CELULOSE QUIMICAMENTE MODIFICADA COMO POTENCIAL **ADSORVENTE DE ÓLEOS DE ECOSSISTEMAS MARINHOS CONTAMINADOS**

DESEMPENHO DO RESÍDUO DE PNEU DE BICICLETA NO **ISOLAMENTO TÉRMICO EM SISTEMA FRIO**

ENTREVISTA COM NATÁLIA PIETZSCH, *ENGENHEIRA E EMPREENDORA NA ÁREA AMBIENTAL*

FICHA TÉCNICA

Autor:
ABES-RS

Título:
Revista Afluente - A revista do JPS

Conselho Editorial:
Renata Oliveira
Jussara Kalil Pires

Edição:
Ano IV / Nº 7 – AGOSTO/2020

Local:
Porto Alegre - RS

Ano da publicação:
2020

Diretor responsável:
Jussara Kalil Pires

Editor:
ABES-RS

ISSN **2594-732X**
https://www.abes-rs.org.br/site/jps.php

O conteúdo dos artigos e resumos de TCC é de responsabilidade dos autores.

Projeto gráfico e editoração:
Eduardo Riter - ER Design

Sobre o JPS:
Jovens Profissionais do Saneamento
https://www.abes-rs.org.br/site/jps.php

Sobre a ABES-RS:
Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental - Seção RS
www.abes-rs.org.br

CONTEÚDO

EDITORIAL 04

PALAVRA DA PRESIDENTE 05

ARTIGOS

DESEMPENHO DO RESÍDUO DE PNEU DE BICICLETA NO ISOLAMENTO TÉRMICO EM SISTEMA FRIO 06

CELULOSE QUIMICAMENTE MODIFICADA COMO POTENCIAL ADSORVENTE DE ÓLEOS DE ECOSSISTEMAS MARINHOS CONTAMINADOS 21

RESUMO DE TCC 40

PROJETO DE ESGOTAMENTO SANTÁRIO PARA VILA PRINCESA-RS 41

AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE CAVITAÇÃO HIDRODINÂMICA PARA A DESINFECÇÃO DE ÁGUAS CONTAMINADAS POR PROTOZOÁRIOS 42

ADSORÇÃO DE AMÔNIA PRESENTE EM EFLUENTE DE REFINARIA DE PETRÓLEO A PARTIR DO BIOSSORVENTE NABO FORRAGEIRO 43

ENTREVISTA

ENTREVISTA COM NATÁLIA PIETZSCH

EDITORIAL

NESTA SÉTIMA EDIÇÃO DA REVISTA AFLUENTE trazemos temas bastante variados. O fim da vida útil dos diferentes produtos que consumimos coloca-nos frente ao desafio de encontrar um destino adequado para os mesmos. O destino mais nobre é o reaproveitamento dos materiais que os constituem, economizando matérias primas e a energia gasta para seu processamento. Com esse objetivo, o aproveitamento de um resíduo presente em todas as regiões, o pneu inservível de bicicleta, é tema do primeiro artigo. Os impactos dos derramamentos de óleo nos oceanos e o desenvolvimento de novas tecnologias para a proteção dos ecossistemas marinhos são tema do segundo trabalho. Mas o Brasil ainda enfrenta enormes desafios para o oferecimento de água segura para a população. Esse ainda é um campo de estudo que exige criatividade e esforço na busca de conhecimento. Da mesma forma, garantir que comunidades isoladas ou populações rurais tenham seu esgoto tratado em condições efetivas e sustentáveis vem sendo objeto de muitos estudos. Assim, dos três resumos de TCC, dois tratam do saneamento básico: a desinfecção de águas contaminadas por protozoários e o tratamento de efluentes domésticos em vilas isoladas. Um terceiro TCC volta-se para o tratamento de efluentes de uma refinaria. São exemplos da multiplicidade das áreas de atuação da engenharia sanitária e ambiental e, portanto, do campo de trabalho para os jovens profissionais do saneamento. Na entrevista, podemos ver como uma dessas profissionais buscou seu espaço e faz a diferença, criando condições de um gerenciamento eficaz de resíduos sólidos, evitando o encaminhamento aos aterros sanitários. •

Boa leitura!

CONSELHO EDITORIAL/REVISTA AFLUENTE

PALAVRA DA PRESIDENTE

O ANO DE 2020 CHEGOU COMO UMA AVALANCHE sobre os indivíduos, as organizações, os países e as empresas. Todos fomos obrigados a nos confrontarmos com os efeitos de um mundo globalizado em que a circulação de pessoas entre países e regiões se dá de forma muito intensa. O surgimento de mais um coronavírus com capacidade de transmissão entre pessoas aponta para o efeito de uma economia destruidora do ambiente. Por outro lado, a pandemia de COVID 19 trouxe um desafio para as relações interpessoais e uma oportunidade de revalorização da ciência e do Sistema Único de Saúde brasileiro. O saneamento foi lembrado como uma das grandes chagas desse país desigual. Nunca falamos tanto de saneamento. Nesse mesmo ano, foram alteradas as regras para a prestação dos serviços no setor. A ABES permaneceu mobilizada tanto nas discussões sobre o PL e, posteriormente, sobre os vetos presidenciais como na compreensão da Lei Federal 14.026. É fundamental conhecermos o que diz a lei e suas implicações na organização dos serviços de saneamento no país e, em especial, em cada um dos estados e regiões. A ABES mostra, mais uma vez, sua capacidade de contribuir para a qualificação do setor, oferecendo diferentes oportunidades de atualização dos profissionais. Mas a pandemia, e o distanciamento social forçado, resultaram também num impacto importante sobre a economia e, por via de consequência, no mercado de trabalho. Os empregos estão restritos, as relações de trabalho mais precárias e os negócios foram dificultados. Os Jovens Profissionais do Saneamento, certamente, estão sentindo esses impactos. É hora de focar na ampliação da sua rede de contatos e na qualificação profissional. Para isso, o mundo virtual é de grande ajuda. A participação em câmaras técnicas e outros espaços de discussão oferece alternativas pra que o JPS se apresente para o mercado de trabalho. Da mesma maneira, a colaboração com a revista Afluente é um cartão de visita para os profissionais. Esperamos que os jovens profissionais gaúchos aproveitem as oportunidades que vêm mesmo durante as grandes crises.•

Jussara Kalil Pires, presidente da ABES-RS.

DESEMPENHO DO RESÍDUO DE PNEU DE BICICLETA NO ISOLAMENTO TÉRMICO EM SISTEMA FRIO

Iury Dias De Oliveira

Graduado no curso Superior de Tecnologia em Gestão Ambiental pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense, campus Pelotas (RS), Brasil.

Marcelo Peske Hartwig

Engenheiro Agrícola, Professor Dr. em Ciências em concentração, irrigação e drenagem - Departamento de Tecnologia em Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense, campus Pelotas (RS), Brasil.

Flavio Edney Macuglia Spanemberg

Engenheiro Químico, Professor Ms. em Engenharia de produção – Departamento de Engenharia Química do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense, campus Pelotas (RS), Brasil.

RESUMO

A discussão acerca da preservação ambiental levanta questionamentos sobre soluções sustentáveis visando um descarte adequado de pneus inservíveis. Existem várias alternativas para aproveitamento de pneus inservíveis como o coprocessamento, laminação, granulação e pirólise. O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho do resíduo de pneu de bicicleta como isolante térmico em uma tubulação no sistema de resfriamento de uma cervejaria na cidade de Pelotas-RS. Foram realizados experimentos com e sem o resíduo de pneu para avaliar as diferenças entre suas temperaturas e as taxas de transferência de calor. Os resultados mostraram uma diferença de 1,7 °C entre a camada mais externa de cada experimento. Não houve diferença significativa entre as taxas de transferência de calor com relação aos experimentos com e sem a utilização do resíduo de pneu. Em futuros estudos, o aumento da camada de pneus ou a utilização conjunta com outros materiais isolantes deve ser avaliada.

Palavras-chave: transferência de calor, pneu de bicicleta, sistema frio, isolamento térmico.

INTRODUÇÃO

Há uma tendência mundial em buscar alternativas para os materiais tradicionais em todos os setores da economia. Neste contexto, tem crescido os estudos direcionados à utilização racional dos recursos naturais e o aproveitamento de resíduos despejados na natureza (FORD et al. 2011). Dentro disto, a humanidade enfrenta problemas com relação a destinação final de resíduos. Quantidades relevantes de borracha usada na confecção de pneu para aviões, caminhões, carros e bicicletas são descartados quando se tornam inservíveis, isto é, quando não tem mais condições

Iury Dias De Oliveira

Flavio Edney Macuglia Spanemberg

Marcelo Peske Hartwig

de serem utilizados. A destinação inadequada de pneus inservíveis ocorre em sua grande parte em arroios, canais de escoamento, mananciais, entre outros. Se tornando assim, um passivo ambiental, devido ao não aproveitamento em uma forma de destinação adequada. Com isto, o aproveitamento dos pneus inservíveis torna-se uma opção relevante para a conservação do meio ambiente e dos recursos naturais, pois o aproveitamento de materiais reciclados constitui uma ação imprescindível tanto para a preservação de recursos naturais quanto para viabilização de produtos alternativos com custo mais reduzido (OLIVEIRA, 2018).

A resolução 416/09 do CONAMA determina aos fabricantes e importadores de pneus novos com peso unitário superior a dois quilos, a coletarem e destinarem adequadamente os pneus inservíveis existentes no território nacional (IBAMA, 2017). Segundo IBAMA (2017), os pneus inservíveis são destinados de várias formas no Brasil: coprocessamento, laminação, granulação e pirólise. O coprocessamento é a maior forma de destinação. O pneu é utilizado em fornos de clínquer para substituir combustíveis em fábricas de cimento, por exemplo. No processo de laminação são produzidos artefatos de borracha. A granulação é o processo de moagem da borracha para utilização na construção civil e a pirólise é a decomposição térmica da borracha na ausência de oxigênio ou concentrações muito baixas do mesmo para que não ocorra a combustão, onde pode-se gerar óleos, aço e negro de fumo. De acordo com o último relatório do IBAMA (2017), no Brasil foram destinados adequadamente 493.399,13 toneladas de pneus inservíveis, sendo destes 129.927,79 (26,33%) na região sul do país e 13.891,58 toneladas no Rio Grande do Sul, representando 2,78% do total no Brasil. O estado do RS possui 153 pontos de coletas declarados em 2016, na cidade de Pelotas, que possui mais 100.000 habitantes, contemplando a resolução (n° 416/09) do CONAMA no que se refere a destinação ambientalmente adequada de pneus inservíveis, possui 5 pontos de coleta, totalizando uma capacidade de recebimento de 4.140 unidades de pneus inservíveis de acordo com o relatório do IBAMA (2017).

DESEMPENHO DO RESÍDUO DE PNEU DE BICICLETA NO ISOLAMENTO TÉRMICO EM SISTEMA FRIO

Iury Dias De Oliveira

Flavio Edney Macuglia Spanemberg

Marcelo Peske Hartwig

Os resíduos de pneu têm sido utilizados em diversas aplicações como em argamassas na construção civil (LIMA, et al. 2016), em asfaltos, como, por exemplo, o asfalto-borracha produzido pela Petrobrás Distribuidora que é o Capflex-AB, a pirólise que consiste na separação de materiais que podem servir de matéria prima para outros processos industriais como óleo, aço, negro de fumo, entre outros (LAGARINHOS; TENÓRIO, 2008). A utilização de resíduo de pneu como isolamento térmico foi estudada por Pessette e Pelisser (2012), sendo aplicado na construção de paredes de concreto. A grande maioria das aplicações de isolamento térmico em sistemas domésticos, comerciais e industriais é feita principalmente utilizando-se materiais agressivos à natureza tais como: lã de vidro, lã de rocha, poliuretano, poliestireno, entre outros. Tais materiais, apesar da eficácia na retenção do fluxo de energia térmica possuem um custo considerável e quando descartados demoram anos para serem absorvidos pela natureza (FORD et al. 2011).

Neste contexto, este estudo pretende responder a seguinte pergunta de pesquisa: É viável a utilização do resíduo de pneu de bicicleta como isolamento térmico de uma tubulação de frio? Para responder a esta pergunta serão realizados experimentos em uma tubulação do sistema frio de uma cervejaria na cidade de Pelotas – RS. Os experimentos serão realizados num segmento da tubulação, com e sem a utilização do pneu como isolante. A comparação entre as duas condições será avaliada por meio das médias de temperatura e quantificação da taxa de transferência de calor. Considerando isto, o objetivo deste estudo é avaliar o desempenho do resíduo de pneu de bicicleta como isolamento térmico, em uma tubulação no sistema de resfriamento de uma cervejaria na cidade de Pelotas-RS, constituindo assim uma nova alternativa para destinação ambientalmente adequada deste resíduo.

DESEMPENHO DO RESÍDUO DE PNEU DE BICICLETA NO ISOLAMENTO TÉRMICO EM SISTEMA FRIO

Iury Dias De Oliveira

Flavio Edney Macuglia Spanemberg

Marcelo Peske Hartwig

METODOLOGIA

Os testes para validar a utilização dos resíduos de pneu como isolamento térmico em sistema frio foram realizados na cervejaria artesanal Katz na cidade de Pelotas-RS. As etapas seguidas para o desenvolvimento deste estudo estão apresentadas na Figura 1.

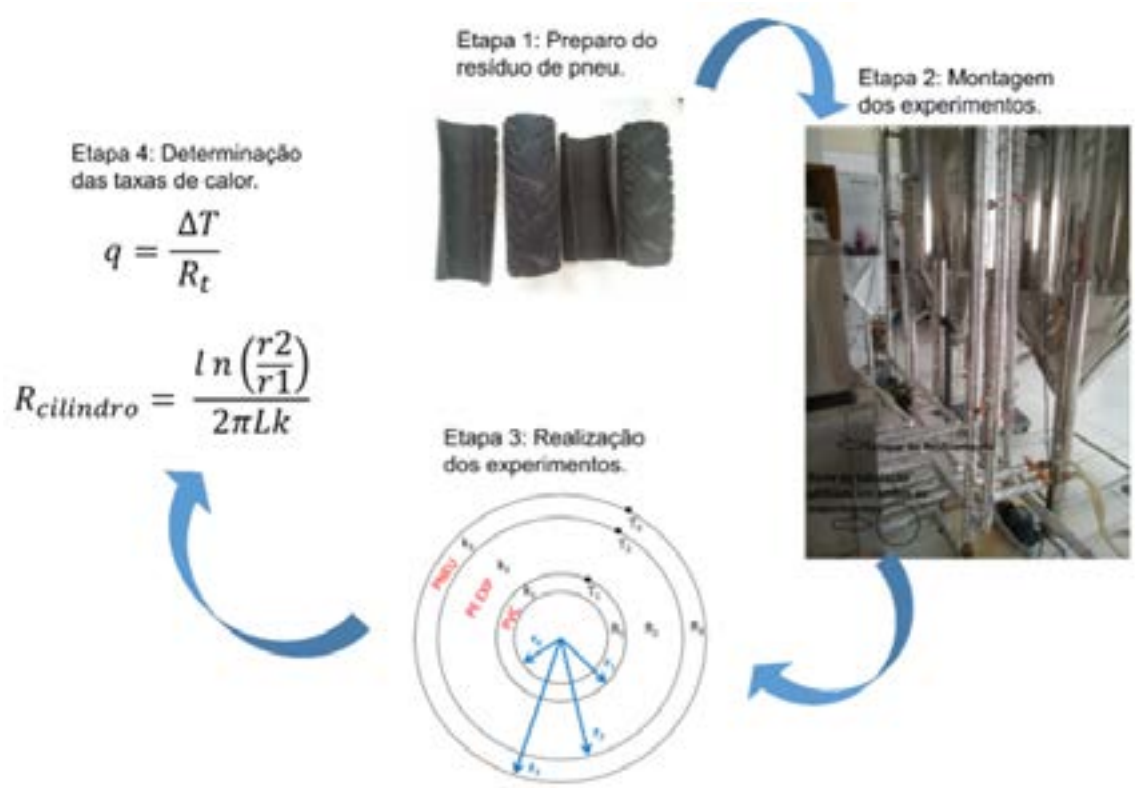


Figura 1: Fluxograma do processo aplicado neste trabalho.

ETAPA 1: PREPARO DO RESÍDUO DE PNEU

O pneu de bicicleta utilizado neste estudo foi o modelo do tipo praieiro aro 26 da marca Levorin. Foi obtido de uma oficina de manutenção de bicicletas. O pneu foi cortado em uma oficina mecânica por um esmeril para retirada do arco de metal e acabamento. Após isto o pneu foi lavado, para eliminar possíveis contaminantes e deixado a temperatura ambiente para secar por evaporação. O pneu foi dobrado de fora para dentro, ou seja, com a banda de rodagem dobrada para dentro e a parte de

DESEMPENHO DO RESÍDUO DE PNEU DE BICICLETA NO ISOLAMENTO TÉRMICO EM SISTEMA FRIO

Iury Dias De Oliveira

Flavio Edney Macuglia Spanemberg

Marcelo Peske Hartwig

dentro do pneu ficando para fora, assim facilitando o seu encaixe na tubulação, após seu corte.

ETAPA 2: MONTAGEM DOS EXPERIMENTOS

Para avaliar a viabilidade da utilização do pneu como isolamento térmico foi realizado um experimento sem pneu (Figura 2a) e com pneu (Figura 2b). Ambos os experimentos foram instalados em paralelo na tubulação de saída do tanque de resfriamento (Figura 3).

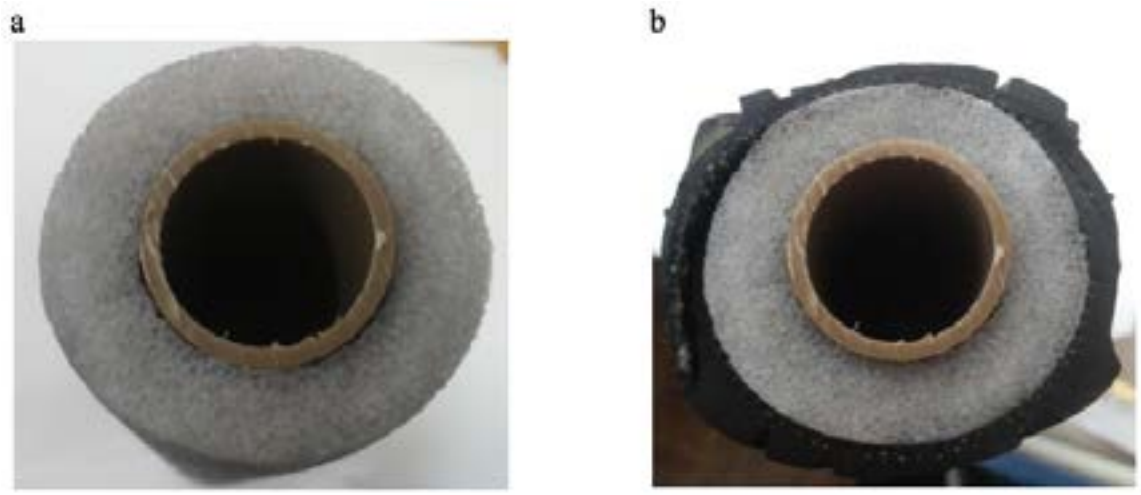


Figura 2: Experimento 1 e 2: sem (a) utilização do pneu e com (b) o pneu.

A Instalação foi feita utilizando o método de Moldagem em Linha Reta (MLR) desenvolvido neste trabalho especificamente para instalar o resíduo de pneu na tubulação, onde consistiu a partir do dobramento do pneu inversamente à sua banda de rodagem (etapa 1), a sua colocação em posição reta alinhada ao tubo, e de acordo com seu alinhamento o pneu foi moldado ao mesmo, tornando a sua instalação eficiente e eficaz, devido a rapidez e facilidade na sua instalação.

O resíduo de pneu foi instalado no segmento da saída do fluido do

DESEMPENHO DO RESÍDUO DE PNEU DE BICICLETA NO ISOLAMENTO TÉRMICO EM SISTEMA FRIO

Iury Dias De Oliveira

Flavio Edney Macuglia Spanemberg

Marcelo Peske Hartwig

tanque de refrigeração em um percurso de 13,5 cm de comprimento em um tubo que alcança 27 cm antes da sua curva (joelho), após a sua instalação foi fixado por uma fita aluminada em espiral, como mostra Figura 3.

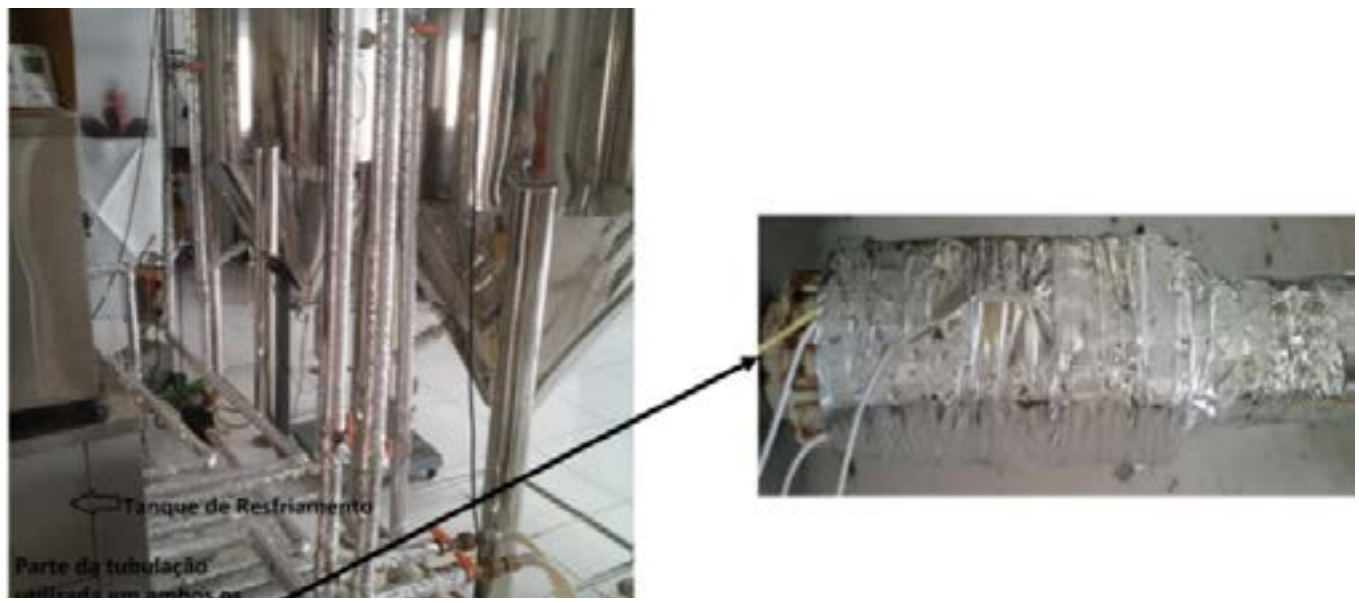


Figura 3: Detalhe dos experimentos na tubulação de frio

ETAPA 3: REALIZAÇÃO DOS EXPERIMENTOS

Para a medida da temperatura foram utilizados sensores de temperatura modelo 7427, marca Incoterm. Os sensores de temperatura para o experimento 1 foram instalados em dois pontos conforme Figura 4a:

1º Sensor (T1a): Na superfície externa do PVC
2° Sensor (T2a): Na superfície externa do Polietileno Expandido (PE Exp.).

Para o experimento 2, os sensores de temperatura foram instalados em três pontos conforme Figura 4b.

1º Sensor (T1): Na superfície externa do PVC
2° Sensor (T2): Na superfície externa do Polietileno Expandido (PE Exp.).
3° Sensor (T3):

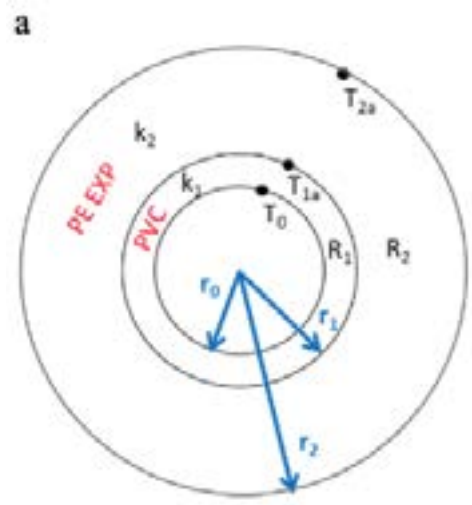


Figura 4a: Sensores instalados nos experimentos sem pneu.

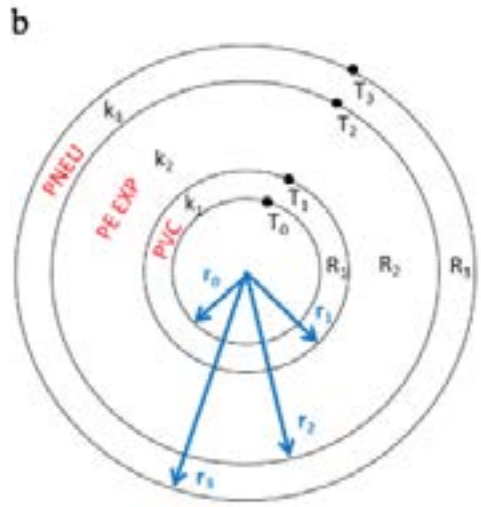


Figura 4b: Sensores instalados nos experimentos com pneu.

DESEMPENHO DO RESÍDUO DE PNEU DE BICICLETA NO ISOLAMENTO TÉRMICO EM SISTEMA FRIO

Iury Dias De Oliveira

Flavio Edney Macuglia Spanemberg

Marcelo Peske Hartwig

Na superfície externa do resíduo de pneu.

Para verificar a ocorrência de variações na temperatura devido as irregularidades na superfície externa do pneu foi realizado um terceiro experimento com os sensores T_{3a} T_{3b} T_{3c} e T_{3d} dispostos conforme Figura 5.

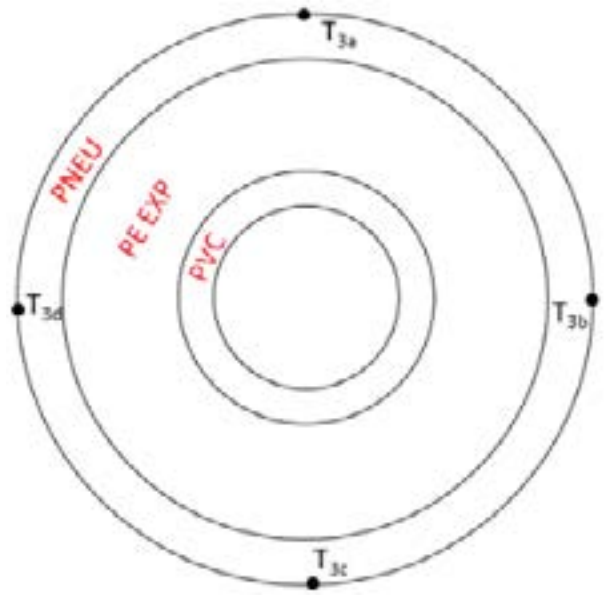


Figura 5:
Experimento 3 - temperatura na superfície externa do pneu

ETAPA 4: CÁLCULO DA TAXA DE CALOR

Transferência de calor por condução

A termodinâmica trabalha com estados termodinâmicos em equilíbrio e transformações de um estado de equilíbrio para outro. A transferência de calor, por sua vez, trabalha com sistemas que não estão em equilíbrio térmico, pois são fenômenos de não equilíbrio termodinâmico (WELTY et al., 2017). De acordo com Çengel et al., (2012), a condutividade térmica de um material pode ser definida como a taxa de transferência de calor por meio de uma unidade de comprimento de um material por unidade de área por unidade de diferença de temperatura. A condutividade de um material é a medida da capacidade de o material conduzir calor. Um alto valor de condutividade indica que o material é bom condutor de calor, enquanto um valor baixo indica que o material é mau condutor de calor ou isolante térmico. Os mecanismos pelos quais pode haver transferência

Iury Dias De Oliveira

Flavio Edney Macuglia Spanemberg

Marcelo Peske Hartwig

de calor acham-se classificados, de forma muito geral, em três espécies, a saber: condução, convecção e radiação (WELTY et al., 2017). Embora se trate de modos distintos de transferência de calor, usualmente ocorre à operação de mais de um mecanismo. No caso geral, porém predomina um destes mecanismos.

Para analisar problemas são considerados dois tipos de transferência de calor: em regime permanente e em regime transiente. No estado estacionário (regime permanente), a temperatura em qualquer lugar do sistema não varia com o tempo, e a transferência de calor é constante, porque não há variação na energia interna do sistema (BERGMAN et al., 2014).

Condução de calor em regime permanente em cilindros longos

A condução de calor caracteriza-se como a transferência de energia por meio das partículas mais energizadas da substância para as partículas menos energizadas, o que resulta em uma interação entre as partículas, a qual pode ocorrer em sólidos, líquidos e gases (WELTY et al., 2017). A condução de calor em cilindros ocorre de maneira permanente quando as temperaturas dentro e fora do tubo permanecem constantes. A consideração para cilindros longos é que não ocorre transferência de calor de maneira significativa em outras direções além da direção normal da superfície do tubo. A temperatura do tubo com o tempo não se altera no regime permanente, por isso, a taxa de transferência de calor para dentro do tubo deve ser igual à taxa de transferência para fora dele (ÇENGEL et al., 2012). A lei de Fourier da condução de calor para transferência de calor através da camada cilíndrica pode ser expressa como:

Equação (1)

$$q = \frac{-kAdT}{dr}$$

Onde:

q = taxa de transferência de calor (W);
$A = 2\pi rL$ é a área de transferência de calor na posição r (m^2);
k = condutividade térmica ($W.m^{-1}.K^{-1}$);
dT/dr = gradiente de temperatura na direção radial.

DESEMPENHO DO RESÍDUO DE PNEU DE BICICLETA NO ISOLAMENTO TÉRMICO EM SISTEMA FRIO

Iury Dias De Oliveira

Flavio Edney Macuglia Spanemberg

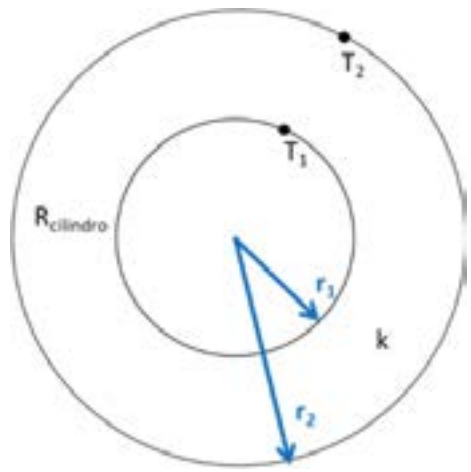
Marcelo Peske Hartwig

Aplicando a equação 1, ao cilindro da Figura 6 obtemos a equação:

$$q = \frac{2\pi LkT1-T2}{ln(r2r1)}$$ Equação (2)

Figura 6: Representação de um cilindro sujeito à condução de calor.

Fonte: Adaptado de Çengel e Ghajar (2012).



Onde,

k PE EXP = condutividade térmica do PE Exp. (W.m-1.K-1);
r2 = raio externo do polietileno (m);
r1 = raio interno do PE Exp. (m);
r0= raio interno do PVC. (m);
T= Temperatura média na superfície externa do PVC (°C);
T2a = Temperatura média na superfície externa do PE Exp. (°C).
R1= Resistência térmica do PVC;
R2= Resistência térmica do PE Exp.

$$q = \frac{T1-T2}{R_{cilindro}}$$ Equação (3)

Onde,

$$R_{cilindro} \quad \frac{ln\,(r2r1)}{2\pi Lk}$$ Equação (4)

Sendo R a resistência de condução da camada cilíndrica.

Determinação da taxa de transferência calor para o experimento 1

Aplicando a equação 3 para o experimento sem o pneu (Figura 4a), a taxa de calor por metro de tubo foi obtida pela expressão:

$$qL= (T0-T2a)R_1+R_2$$ Equação (5)

DESEMPENHO DO RESÍDUO DE PNEU DE BICICLETA NO ISOLAMENTO TÉRMICO EM SISTEMA FRIO

Iury Dias De Oliveira

Flavio Edney Macuglia Spanemberg

Marcelo Peske Hartwig

As resistências foram determinadas utilizando a equação 4:

Equação (6)

$$R1 = \frac{lnn(r1/r0)}{2\pi kpvc}$$

k PE EXP = condutividade térmica do PE Exp. (W.m-1.K-1);
r2 = raio externo do polietileno (m);
r1 = raio interno do PE Exp. (m);
r0= raio interno do PVC. (m);
T= Temperatura média na superfície externa do PVC (°C);
T2a = Temperatura média na superfície externa do PE Exp. (°C).
qL = Taxa de transferência calor por metro de tubo (sem o pneu).

Equação (7)

$$R2 = \frac{lnn(r2/r1)}{2\pi kPE\ EXP}$$

A medida dos raios foi obtida utilizando um paquímetro digital de 150 milímetros da marca Stainless Hardened.

Determinação da taxa de transferência de calor para o experimento 2

Aplicando a equação 3 para o experimento com o pneu (Figura 4b), teremos:

Equação (8)

$$R3 = \frac{ln(r3/r2)}{2\pi kpneu}$$

Desta forma, teremos para a taxa de calor com o pneu a seguinte equação:

$$qL = \frac{(T0-T3)}{R1+R2+R3}$$

Onde,

Equação (9)

kpneu= Condutividade térmica do pneu (W.m-1.K-1);
qL= Taxa de calor com o pneu (J.s-1.m-1);
T3= Temperatura média na superfície do pneu (°C);
T0= Temperatura média do fluido (°C);
r3 = raio externo do pneu (m);
R3=Resistência térmica do pneu (°C.m-1.W)

DESEMPENHO DO RESÍDUO DE PNEU DE BICICLETA NO ISOLAMENTO TÉRMICO EM SISTEMA FRIO

Iury Dias De Oliveira

Flavio Edney Macuglia Spanemberg

Marcelo Peske Hartwig

RESULTADOS E DISCUSSÕES

VALORES DOS RAIOS E CONDUTIVIDADE TÉRMICA DOS MATERIAIS

Os valores das condutividades térmicas dos materiais e os raios das tubulações estão apresentados nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1: Dados da condutividade térmica dos materiais utilizados

Material	Condutividade térmica, k ($W.m^{-1}.K^{-1}$)	Fonte
PVC	0,200	TIGRE (2017)
PE EXP	0,038	POLIPEX (2017)
Pneu	0,130	Çengel e Ghajar (2012)

Tabela 2: Valores das medições dos raios das camadas

Descrição	Raio (mm)
r_0 = raio interno do PVC	10,5
r_1= raio interno do PE Exp.	12,5
r_2= raio externo do PE Exp.	20,2
r_3= raio externo do Pneu	22,5

RESULTADOS DAS MEDIDAS DE TEMPERATURA

A partir dos dados obtidos, foi avaliado o desempenho do resíduo de pneu no sistema, através da verificação das temperaturas médias utilizadas nos cálculos da taxa de calor e resistência térmica (Equações 8 e 9). Na Tabela 3, podemos observar os resultados das medições. As variações de temperatura são normais ao sistema de controle de temperatura do sistema de refrigeração. Por este motivo os valores médios das temperaturas foram utilizados para os cálculos. Analisando os dados da Tabela 3 é possível verificar uma diferença de 1,7 ºC entre as superfícies externas dos experimentos com pneu (19,3 ºC) e sem pneu (17,6ºC).

DESEMPENHO DO RESÍDUO DE PNEU DE BICICLETA NO ISOLAMENTO TÉRMICO EM SISTEMA FRIO

Iury Dias De Oliveira

Flavio Edney Macuglia Spanemberg

Marcelo Peske Hartwig

Horário (hora/min)	T_0 (°C)	T_1 (°C)	T_2 (°C)	T_{2a} (°C)	T_3 (°C)	T_{4a} (°C)	T_{4b} (°C)	T_{4c} (°C)	T_{4d} (°C)
10:10	-7,7	9,5	16,2	17,6	19,1	27,4	27,8	27,8	27,9
10:20	-8,4	9,4	16,5	17,9	19,4	27,7	28,1	28,2	28,2
10:30	-8,8	9,4	16,5	17,8	19,4	28,0	28,3	28,4	28,4
10:40	-9,1	9,2	16,5	17,7	19,4	28,0	28,3	28,3	28,4
10:50	-9,0	9,0	16,4	17,6	19,2	28,0	28,3	28,4	28,4
11:00	-9,5	8,8	16,2	17,6	19,2	28,4	28,7	28,8	28,8
11:10	-10,0	8,7	16,2	17,3	19,3	29,0	29,2	29,6	29,6
11:20	-9,8	10,0	16,3	17,1	19,2	29,2	29,5	29,7	29,7
11:30	-9,5	10,9	16,7	17,9	19,7	29,5	29,9	29,9	30,1
11:40	-9,0	10,6	16,8	18,3	19,6	29,5	29,8	29,8	30,0
11:50	-8,9	10,6	16,6	17,1	19,4	29,4	29,7	29,7	29,9
12:00	-8,7	10,7	16,6	16,9	19,2	29,4	29,7	29,7	29,9
12:10	-8,5	10,9	16,6	17,3	19,2	29,3	29,6	29,6	29,8
12:20	-8,3	11,0	16,6	17,7	19,2	29,3	29,6	29,6	29,9
12:30	-8,6	9,5	16,5	17,9	19,5	29,4	29,6	29,7	29,9
Média	-8,9	9,9	16,5	17,6	19,3	28,7	29,1	29,1	29,3

Tabela 3: Dados obtidos através das medições realizadas.

RESULTADOS PARA OS EXPERIMENTOS 1 E 2

As resistências à condução de calor e a taxa de transferência de calor por metro de tubo foram calculadas utilizando as equações 5, 6, 7, 8 e 9. Os valores das resistências térmicas dos materiais e as taxas de transferência de calor por metro de tubo estão resumidos na Tabela 4.

DESEMPENHO DO RESÍDUO DE PNEU DE BICICLETA NO ISOLAMENTO TÉRMICO EM SISTEMA FRIO

Iury Dias De Oliveira

Flavio Edney Macuglia Spanemberg

Marcelo Peske Hartwig

Descrição	Experimento 1 (Sem Pneu)	Experimento 2 (Com Pneu)
Resistência PVC, R1 (°C.m-1W-1)	0,14	0,14
Resistência PE Exp, R2 (°C.m-1.W-1)	2,37	2,37
Resistência Pneu, R3 (°C.m-1W-1)	-	0,16
Resistência total (°C.m-1.W-1)	2,51	2,67
Taxa de transferência de calor por metro de tubo, qL (W.s-1.m-1)	10,57	10,61

Tabela 4: Valores das resistências térmicas dos materiais e as taxas de transferência de calor por metro de tubo

A resistência total do experimento 2, com pneu, foi de 2,67 °C.m--1.W-1 e para o experimento 1, sem pneu, foi de 2,51 °C.m-1.W-1. Ou seja, um aumento de aproximadamente 6%. A taxa de transferência de calor do experimento 2, com pneu, foi de 10,61 W.s-1.m-1 e para o experimento 1, sem pneu, foi de 10,57 W.s-1.m-1. Neste caso, não houve diferença relevante entre os experimentos.

RESULTADOS EXPERIMENTO 3

No terceiro experimento, verificou-se uma similaridade entre as temperaturas nos quatro pontos medidos na superfície externa do resíduo de pneu. De acordo com a Figura 7, se observa o comportamento nas variações das temperaturas em quatro pontos de medição realizados no terceiro experimento para avaliar o comportamento do pneu nas diferentes superfícies. Houve, neste caso, uma similaridade entre as temperaturas.

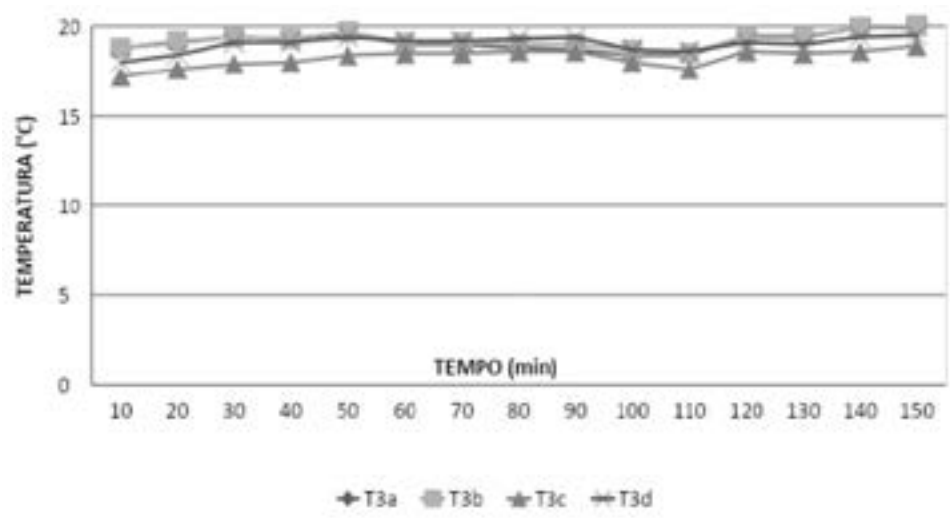


Figura 7: Avaliação das temperaturas em quatro diferentes pontos na superfície externa do pneu.

Iury Dias De Oliveira

Flavio Edney Macuglia Spanemberg

Marcelo Peske Hartwig

CONCLUSÕES

Este trabalho buscou dar uma destinação adequada ao resíduo de pneu de bicicleta desenvolvendo uma alternativa viável, avaliando seu desempenho térmico em uma tubulação de sistema frio, determinando através de experimentos a viabilidade técnica da aplicação deste resíduo. Os resultados mostraram uma diferença de 1,7 ºC entre as superfícies externas dos experimentos com pneu (19,3 ºC) e sem pneu (17,6 ºC). Entretanto não foi observada uma diferença significativa na taxa de calor para os experimentos com e sem o resíduo de pneu. O resíduo de pneu de bicicleta mostrou baixa resistência térmica, permitindo também uma taxa de transferência de calor um pouco maior em comparação com a taxa sem o pneu. Esta diferença pode ter sido causada devido a não consideração da troca de calor por convecção entre as superfícies externas e o ar ambiente, o que poderia ser considerado como um futuro estudo. Outra sugestão para trabalhos futuros é o aumento da camada de pneus ou até mesmo a aplicação conjunta com outros tipos de isolamentos.

REFERÊNCIAS

BERGMAN, T.L.; LAVINE, A.S.; INCROPERA, F.P.; DEWITT, D.P. Fundamento de Transferência de Calor e de Massa. Rio de Janeiro, RJ, Brasil: Livros Técnicos e Científicos Editora, 2014, 645 p.

ÇENGEL Y.A.; GHAJAR, A.J. Transferência de Calor e Massa: uma abordagem prática., 4 ed. São Paulo, AMGH Editorial Ltda., 2012, 902 p.

FORD, E.T.L.C.; MENDES, J.U.L.; NASCIMENTO, R.M.; LIMA, R.S.; SOUZA, E.M. Desenvolvimento e analise de material compósito a base de raspa de pneu e látex para isolamento térmico. 2011, 19f, Tese (Programa de pós-graduação em engenharia mecânica) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2011.

DESEMPENHO DO RESÍDUO DE PNEU DE BICICLETA NO ISOLAMENTO TÉRMICO EM SISTEMA FRIO

Iury Dias De Oliveira

Flavio Edney Macuglia Spanemberg

Marcelo Peske Hartwig

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS, Resolução Conama 416/09: Relatório de Pneumáticos, 2017.

LAGARINHOS, C.A.F.; TENÓRIO, J.A. Tecnologias utilizadas para a reutilização, reciclagem e valorização energética de pneus no Brasil. Polímeros: Ciência e Tecnologia. São Paulo, v. 18, n 2, p. 106-118. 2008. Disponível em:<http://www.producão.usp.br/handle/BDPI/4571>. Acesso em: 12 mar. 2019.

LIMA, J.M.; PACHA, J.R.S.; WESTMAAS, W.S.; RANIERES, E.L.C.; SOUZA, L.P.S. Aplicação de resíduos inservíveis de pneus em concretos e argamassas. In: Anais da VII Mostra de Pesquisa em Ciencia e Tecnologia DeVry Brasil, 2016.

OLIVEIRA, E.P.Concreto de uso não estrutural através da reutilização de pneus inservíveis. 2018. 00f. Trabalho de conclusão de curso graduação em Engenharia civil – Anhanguera, Campo Grande, 2018. Disponível em: <http://www.repositório.pgsskroton.com.br>. Acesso em 19 mar. 2019

POLIPEX INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA, Polietileno expandido. Manual técnico, jan. 2017. Disponível em: < http://polipex.com.br/site/pt/>. Acesso em: 20 fev 2019

PESSETTE, J.B.; PELISSER, F.Efeito da borracha reciclada de pneus na condutividade térmica de paredes de concreto. 2012. Trabalho de conclusão de curso graduação em Engenharia Civil – UNESC, 2012. Disponível em: <http://repositorio.unesc.net/bitstream/1/1538/1/Janice%20Biz%20Pessette.pdf>. Acesso em: 28 mai. 2019.

TIGRE S/A, Pvc-u industrial sch. 80; Ficha técnica, jul. 2017. Disponível em: <https://www.tigre.com.br/catalogos-tecnicos>. Acesso em: 15 jun 2019

WELTY, J.R.; RORRER, G.L.; FOSTER, D.G. Fundamentos de transferência de momento, de calor e de massa, 6 ed. Rio de Janeiro, Livros técnicos e científicos Ltda. –LTC, 2017, 703 p. •

CELULOSE QUIMICAMENTE MODIFICADA COMO POTENCIAL ADSORVENTE DE ÓLEOS DE ECOSSISTEMAS MARINHOS CONTAMINADOS

Aline Amaral Madeira
Engenheira Química e Técnica em Química Industrial. PUC-MG

Brenda Martins Dias
Engenheira Química PUC-MG

Raphael Victor Costa Oliveira
Engenheiro Químico PUC-MG

Ana Luiza Coimbra Silva
Engenheira Química PUC-MG

Camila Andrade Pena
Engenheira Química PUC-MG

RESUMO:

A exploração de petróleo, bem como os impactos ambientais decorrentes de contaminações aquáticas envolvendo derramamentos de óleo do mar, fomenta o desenvolvimento de novas tecnologias de proteção dos ecossistemas marinhos. Reconhecida como o polímero mais abundante atualmente disponível no mundo, a celulose é um 1,4-β-glucano linear, composto por unidades de D-anidroglucopiranose, ligadas entre si por ligações β-(l→4)-glicosídicas. Neste estudo, uma rota de modificação química do polímero de celulose foi realizada usando metacrilato de glicidila e estearina para avaliar sua capacidade de adsorção oleosa de óleos de soja, diesel e residual. Análises de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) e Espectroscopia no Infravermelho por Transformada de Fourier (FT-IR) foram aplicadas na caracterização da estrutura morfológica e funcional da celulose microcristalina. Os resultados obtidos comprovaram o alcance de um grau de hidrofobicidade médio de (78,3±0,9)% e de um ganho de massa de GM = 2,89%, sugerindo a possível inserção de grupos hidrofóbicos na molécula de celulose e corroborando a hipótese de um enxerto bem sucedido de metacrilato de glicidila e estearina no polímero. Os testes de adsorção oleosa mostraram uma capacidade satisfatória da celulose modificada para adsorver pequenas quantidades de óleos viscosos, como o óleo residual.

Palavras-chave: Ecossistemas marinhos. Derramamento de óleo. Celulose. Modificação química. Adsorção.

INTRODUÇÃO

A escassez de recursos hídricos associada à ocorrência de contaminações aquáticas acidentais de óleo e seus derivados, causadas principalmente pela exploração de petróleo no século XXI, são temas que merecem investigação e substanciam os esforços contínuos de pesquisa na promoção do estudo e desenvolvimento de novas técnicas e/ou melho-

CELULOSE QUIMICAMENTE MODIFICADA COMO POTENCIAL ADSORVENTE DE ÓLEOS DE ECOSSISTEMAS MARINHOS CONTAMINADOS

Aline Amaral Madeira

Ana Luiza Coimbra Silva

Brenda Martins Dias

Camila Andrade Pena

Raphael Victor Costa Oliveira

rias tecnológicas a favor da proteção ambiental dos ecossistemas marinhos.

No Brasil, um dos acidentes mais graves envolvendo derramamento de petróleo ocorreu em 2011, na Bacia de Campos, onde 588 mil litros de óleo foram derramados no mar. No cenário internacional, o acidente da plataforma Deepwater Horizon, considerado por muitos especialistas como o pior desastre ambiental, ocorreu na Costa do Golfo e resultou em um derramamento de 780 milhões de litros de óleo no mar (BISCEGLIA, 2016; CANTAGALLO, MILANELLI, DIAS-BRITO, 2007; LANZA, 2005).

Todos os anos, 600 mil toneladas de petróleo são derramadas no mar. Os derramamentos de petróleo e seus derivados são considerados catástrofes ambientais que afetam todo o ecossistema marinho (Fig. 1). Os peixes morrem por asfixia quando entram em contato com os hidrocarbonetos e as aves sofrem de intoxicação (Fig. 2). Além disso, essas tragédias afetam as comunidades costeiras que sobrevivem da pesca, entre outros efeitos deletérios para os ecossistemas marinhos (CARNEIRO & NAIDIN, 2012; CRAIG et al., 2012; GREENPEACE, 2015).

Figura 1 – Vazamento de petróleo na Bacia de Campos (RJ), em 2012. Fonte: Romanzoti, 2012

Figura 2 – Ave marinha atingida por derramamento de petróleo. Fonte: Miranda, 2006.

CELULOSE QUIMICAMENTE MODIFICADA COMO POTENCIAL ADSORVENTE DE ÓLEOS DE ECOSSISTEMAS MARINHOS CONTAMINADOS

Aline Amaral Madeira

Ana Luiza Coimbra Silva

Brenda Martins Dias

Camila Andrade Pena

Raphael Victor Costa Oliveira

Os recursos hídricos marinhos são uma das grandes riquezas do mundo. No Brasil, a proteção ambiental das águas marinhas está enredada na Constituição Federal, no Código Civil e nas leis de crimes ambientais, que tratam das medidas preventivas, de controle e fiscalização inerentes à contaminação de óleo no mar (HUFF, 2016). A legislação brasileira atual é mais punitiva do que preventiva. Ademais, só entrou em vigor após os impactos causados por acidentes ambientais que ocorreram ao longo do tempo com a exploração de petróleo, tais como a Resolução 265/2000 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), criada após o derramamento de óleo na Baía de Guanabara em 2000 (CARNEIRO & NAIDIN, 2012; FONSECA, 2017).

A seleção do método mais apropriado para conter derramamentos de óleo no mar é de importância crucial para minimizar os impactos ambientais aos ecossistemas marinhos. Entre as técnicas utilizadas estão a combustão controlada, o uso de barreiras de contenção, a tecnologia de skimmers, dispersantes químicos e/ou aplicação de materiais absorventes e adsorventes.

A queima controlada é uma das práticas mais eficientes quando se trata de remover óleo do mar. Todavia, o método é ecologicamente inviável porque, além da liberação de dióxido de carbono, os resíduos da combustão de petróleo são altamente viscosos. E, se atingirem profundidades maiores no fundo do oceano, podem causar danos ambientais ainda maiores à qualidade da água e às espécies aquáticas.

O uso de barreiras de contenção e da tecnologia de skimmers são exemplos de métodos empregados que evitam espalhar o óleo além da origem do derramamento. Consiste em concentrar e direcionar a mancha de óleo para uma região onde é coletada, preferencialmente longe das regiões costeiras. Os skimmers funcionam como uma membrana filtrante que coleta e separa a mistura de óleo e água, com subsequente recuperação de óleo (CRAIG et al., 2012; FONSECA, 2017; SZEWCZYK, 2006).

Outra técnica que pode ser usada para auxiliar na remoção de óleo do mar é o uso de dispersantes químicos e de materiais absorventes. Os dispersantes consistem na aplicação de produtos químicos (surfactantes e solventes) que auxiliam na fragmentação das cadeias de hidrocarbonetos em moléculas menores. Este processo facilita a formação de gotículas que são então

CELULOSE QUIMICAMENTE MODIFICADA COMO POTENCIAL ADSORVENTE DE ÓLEOS DE ECOSSISTEMAS MARINHOS CONTAMINADOS

Aline Amaral Madeira

Ana Luiza Coimbra Silva

Brenda Martins Dias

Camila Andrade Pena

Raphael Victor Costa Oliveira

consumidas por bactérias que ocorrem naturalmente no ambiente aquático. No entanto, este é um processo que não fornece recuperação de óleo. Os absorventes são indicados para coletar todo tipo de óleo e derivados. Podem ser encontrados de várias formas e absorvem até 25 vezes o seu próprio peso (CRAIG et al., 2012).

O processo de adsorção tem sido amplamente utilizado nos últimos anos no tratamento de efluentes industriais contaminados por óleos, metais pesados, corantes e outros poluentes. É caracterizado pela capacidade de um componente específico (adsorvido), disperso ou dissolvido em uma mistura, se aderir à superfície de uma substância, chamada adsorvente. Existem dois tipos de adsorção. A adsorção física, também chamada de fisissorção, e a adsorção química, chamada quimisorção. A primeira ocorre quando o adsorvente e o adsorvido realizam interações intermoleculares do tipo Van der Waals. Devido à baixa força dessas interações, o processo é reversível. No entanto, a quimisorção é um processo irreversível, uma vez que a substância adsorvida faz ligações químicas com o adsorvente em níveis atômicos (ALBERTINI, CARMO, PRADO FILHO, 2007; ALMAGRO et al., 2015; PIMENTEL et al., 2006; SANTOS et al., 2002).

A celulose, um 1,4-β-glucano linear, é o polímero mais abundante disponível no mundo atualmente. É um homopolímero sindiotático linear composto por unidades de D-anidroglucopiranose, que são ligadas entre si por ligações β-(l→4)-glicosídicas. A celulose pode ser considerada como um polímero isotático do dímero celobiose, sua unidade básica (Fig. 3) (KLEMM et al., 1998). A estrutura da celulose é formada por ligações de hidrogênio entre seus grupos hidroxila. Como resultado da estrutura supramolecular, a celulose apresenta regiões altamente ordenadas, regiões cristalinas, intermediadas por regiões menos ordenadas, chamadas regiões amorfas. Devido à menor estabilidade, as regiões amorfas são mais acessíveis ao ataque de reagentes e enzimas (LENGOWSKI et al., 2013).

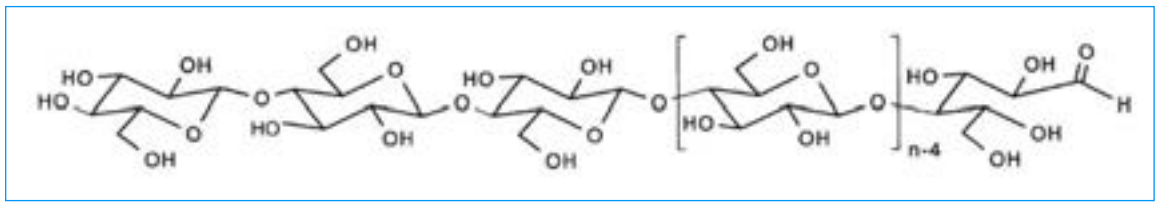


Figura 3 – Estrutura molecular do polímero celulose.
Fonte: Adaptado de Klemm et al., 1998.

CELULOSE QUIMICAMENTE MODIFICADA COMO POTENCIAL ADSORVENTE DE ÓLEOS DE ECOSSISTEMAS MARINHOS CONTAMINADOS

Aline Amaral Madeira

Ana Luiza Coimbra Silva

Brenda Martins Dias

Camila Andrade Pena

Raphael Victor Costa Oliveira

No campo da microbiologia, a celulose bacteriana tem sido aplicada na forma de esponjas na área de mineração e refino para coletar vazamentos de óleo e absorção de toxinas (OLIVEIRA & CARMINATTI, 2016). Na medicina, a celulose tem sido aplicada no desenvolvimento de novas fibras híbridas que podem ter propriedades anti-inflamatórias, bactericidas, antifúngicas e cicatrizantes (COSTA et al., 2008). No campo da nanotecnologia, a celulose nanofibrilada obtida pela desintegração do polímero destaca-se por possuir propriedades físicas e mecânicas singulares, como alta densidade e alta resistência à tração e à ruptura (PIMENTEL et al., 2006).

Atualmente, várias linhas de pesquisa estão sendo desenvolvidas com ênfase no estudo de novas tecnologias visando o uso de matérias-primas biodegradáveis e a obtenção de produtos com diferentes propriedades para diversos potenciais de aplicação. Cientistas vêm desenvolvendo pesquisas na área de síntese orgânica, estudando diferentes rotas de modificação química da molécula de celulose com foco no aumento de sua capacidade de adsorção e no desenvolvimento de novas propriedades e funcionalidades (BRUM et al., 2012; FERREIRA et al., 2017; KALASHNIKOVA et al., 2012; MACEDO et al., 2014; MOHAMED et al., 2015; OLIVEIRA et al., 2012; ZIMMERMANN, ZATTERA e SANTANA, 2014; POTULSKI et al., 2016; PRACELLA, HAQUE e ALVAREZ, 2010).

Entre eles, Brum et al. (2012) sintetizaram acetato de celulose a partir de palha de feijão usando anidrido acético, bem como piridina (PY) e N-bromossuccinimida (NBS) como catalisadores. Os pesquisadores conseguiram alcançar modificações químicas bem sucedidas, atingindo uma porcentagem de hidrofobicidade de 93,5% para celulose acetilada com PY e 98,7% para celulose acetilada com NBS. Macedo et al. (2014) propuseram a hidrofobização de fibras de polpa de madeira de Pinus elliotti em um estudo sobre a influência da sorção de óleo usando ácido acético e trietoxivinilsilano (TEVS) como reagentes. Os autores obtiveram sorção física de mais de vinte gramas de óleo para cada grama de celulose modificada.

CELULOSE QUIMICAMENTE MODIFICADA COMO POTENCIAL ADSORVENTE DE ÓLEOS DE ECOSSISTEMAS MARINHOS CONTAMINADOS

Aline Amaral Madeira

Ana Luiza Coimbra Silva

Brenda Martins Dias

Camila Andrade Pena

Raphael Victor Costa Oliveira

Oliveira et al. (2012) estudaram o desenvolvimento de materiais adsorventes de óleo por modificação química de resíduos do processamento do café, compostos por altos teores de fibras (celulose, hemiceluloses e lignina). Para tanto, os autores usaram anidrido acético e diferentes concentrações de N-bromossuccinimida, alcançando adsorção de cerca de dois gramas de óleo por grama de material modificado. Zimmermann, Zattera e Santana (2014) funcionalizaram celulose microcristalina usando metacrilato de glicidila (GMA) e trietilamina para uso como adsorvente de óleo, obtendo um material modificado com um grau de hidrofobicidade de (87 ± 3)%.

Nesse contexto, tendo como motivação o histórico de contaminações aquáticas envolvendo derramamentos de óleo no mar e seus impactos ambientais aos ecossistemas marinhos, o presente artigo tem como objetivo investigar o potencial de adsorção oleosa da celulose microcristalina quimicamente modificada como possível alternativa de aplicação como adsorvente hidrofóbico na remediação ambiental de ecossistemas marinhos contaminados por óleos.

METODOLOGIA

A presente pesquisa mobilizou o desenvolvimento das seguintes etapas: (1) Caracterização de uma amostra de celulose microcristalina através de análises de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) e Espectroscopia no Infravermelho por Transformada de Fourier (FT-IR); (2) Modificação química de uma amostra de celulose microcristalina; (3) Análise FT-IR da celulose quimicamente modificada; (4) Testes de hidrofobicidade e ganho de massa da celulose quimicamente modificada; (5) Testes de adsorção oleosa com óleos de soja, diesel e residual da celulose quimicamente modificada.

CARACTERIZAÇÃO PRÉ-MODIFICAÇÃO VIA MEV E FT-IR

Inicialmente, uma amostra de celulose microcristalina (Synth) foi atomizada usando ouro (Au) e fixada ao amostrador do equipamento usando fita de carbono. A análise MEV foi realizada em um

CELULOSE QUIMICAMENTE MODIFICADA COMO POTENCIAL ADSORVENTE DE ÓLEOS DE ECOSSISTEMAS MARINHOS CONTAMINADOS

Aline Amaral Madeira

Ana Luiza Coimbra Silva

Brenda Martins Dias

Camila Andrade Pena

Raphael Victor Costa Oliveira

microscópio eletrônico de varredura (Joel, modelo JSM-IT300). Com o auxílio de almofariz, pistilo e prensa manual (Shimadzu, modelo 200-64175) uma pastilha de celulose microcristalina (Synth) foi preparada usando brometo de potássio (KBr). A análise FT-IR foi realizada em um espectrômetro com resolução de 2 cm-1 e 10 varreduras por amostra (Shimadzu, modelo IRAffinity-1).

MODIFICAÇÃO QUÍMICA

Celulose microcristalina foi funcionalizada usando metacrilato de glicidila (GMA) e estearina em triplicata, com base na metodologia citada por Pracella, Haque e Alvarez (2010). Os reagentes analíticos utilizados foram: propanona (Neon); etanol (Synth); estearina (Synth); GMA (Aldrich Chemistry); hexano (Neon), trietilamina (Anidrol) e água destilada. A montagem da modificação química foi elaborada com o auxílio de suporte universal, placa de aquecimento, condensador de esferas, balão de fundo redondo e termômetro. Uma solução de trietilamina/GMA (7:3 v/v) foi preparada em um balão volumétrico de 250,0 mL. 60,0 mL desta solução e 12,0 g de celulose microcristalina seca, previamente pesada em balança analítica (Shimadzu, modelo AW220), foram adicionados a um balão de fundo redondo. A reação química foi mantida sob agitação constante a 90ºC (363,15K) por um período de 4 horas. No final do período de agitação e aquecimento, o material foi filtrado e lavado com etanol e propanona. Em seguida, o material foi transferido para um béquer e armazenado a temperatura ambiente por 24 horas. Posteriormente, o mesmo foi seco em estufa (Infinit, modelo EMT-200) e mantido a 100ºC (373,15K) por um período de 4 horas. Uma solução de etanol/estearina (95:5 mL/g) foi preparada em um balão volumétrico de 250,0 mL. 100,0 mL desta solução foram adicionados à celulose funcionalizada. Em seguida, a montagem de modificação foi elaborada novamente e a reação foi mantida a 50ºC (323,15K) por 4 horas. Após as etapas de modificação, o material modificado foi filtrado novamente. A Figura 4 (etapa I) mostra o esquema de reação para o enxerto de GMA em celulose (Celu-

CELULOSE QUIMICAMENTE MODIFICADA COMO POTENCIAL ADSORVENTE DE ÓLEOS DE ECOSSISTEMAS MARINHOS CONTAMINADOS

Aline Amaral Madeira

Ana Luiza Coimbra Silva

Brenda Martins Dias

Camila Andrade Pena

Raphael Victor Costa Oliveira

lose-GMA) e a Figura 5 (etapa II) mostra o esquema de reação para o enxerto de estearina em Celulose-GMA (Celulose-GMA-Estearina).

Figura 4 – Esquema reacional de modificação química (etapa I).

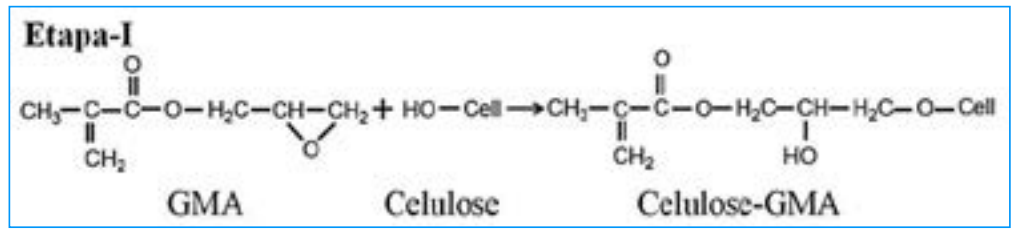
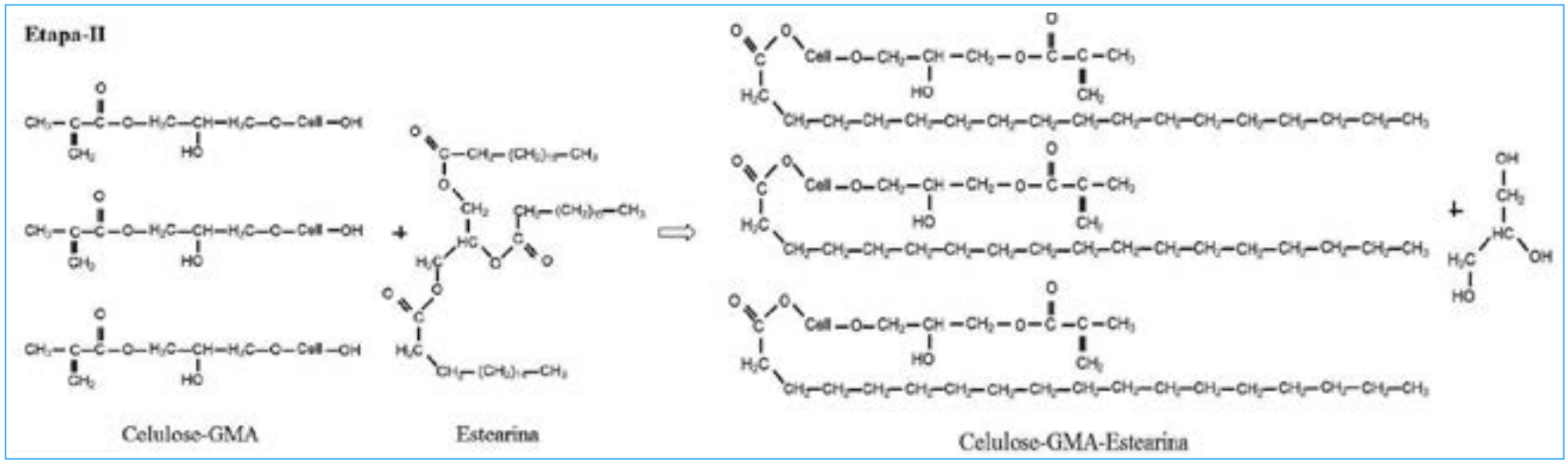


Figura 5 – Esquema reacional de modificação química (etapa II).



CELULOSE QUIMICAMENTE MODIFICADA COMO POTENCIAL ADSORVENTE DE ÓLEOS DE ECOSSISTEMAS MARINHOS CONTAMINADOS

Aline Amaral Madeira

Ana Luiza Coimbra Silva

Brenda Martins Dias

Camila Andrade Pena

Raphael Victor Costa Oliveira

CARACTERIZAÇÃO PÓS-MODIFICAÇÃO VIA ANÁLISE FT-IR

Com o auxílio de almofariz, pistilo e prensa manual (Shimadzu, modelo 200-64175) uma pastilha de celulose microcristalina (Synth) foi preparada usando brometo de potássio (KBr). O espectro de FT-IR foi obtido do Software IRSolution no mesmo espectrômetro usado na fase de caracterização pré-modificação (Shimadzu, modelo IRAffinity-1).

TESTES DE HIDROFOBICIDADE E GANHO DE MASSA

A porcentagem de hidrofobicidade da celulose antes e após a modificação química foi estimada de acordo com a metodologia proposta por Brum et al. (2012). Em um funil de separação foram adicionados 20,0 mL de água destilada e 1.000 g de celulose microcristalina, previamente pesada em balança analítica (Shimadzu, modelo AW220). Em seguida, foram adicionados 20,0 mL de hexano. A mistura contida no funil foi mantida sob agitação constante por 3 minutos e em seguida, deixada em repouso por 5 minutos. A fase aquosa foi removida e o material seco foi pesado em balança analítica. O teste foi realizado em triplicata. O percentual de hidrofobicidade (H%) de ambos os materiais, bem como o de ganho de massa (GM%) obtido na funcionalização polimérica, foram avaliados pela metodologia descrita por Brum et al. (2012). A Equação 1 foi usada no cálculo H% e a Equação 2 foi usada no cálculo GM%.

TESTES DE ADSORÇÃO OLEOSA

Testes de adsorção oleosa de

Equação 1

$$H\% = \left(\frac{\text{massa final de material (g)}}{\text{massa inicial de material(g)}} \right) \times 100$$

Equação 2

$$GM\% = \left(\frac{\text{massa de material modificado g- massa de material microcristalino (g)}}{\text{massa de material microcristalino (g)}} \right) \times 100$$

CELULOSE QUIMICAMENTE MODIFICADA COMO POTENCIAL ADSORVENTE DE ÓLEOS DE ECOSSISTEMAS MARINHOS CONTAMINADOS

Aline Amaral Madeira

Ana Luiza Coimbra Silva

Brenda Martins Dias

Camila Andrade Pena

Raphael Victor Costa Oliveira

celulose microcristalina e celulose modificada foram realizados de acordo com as metodologias propostas por Zimmermann, Zattera, Santana (2014) e Brum et al. (2012). Ambos os materiais foram testados quanto à sua capacidade de adsorver três tipos de óleo: óleo de soja, óleo diesel e óleo residual. Uma alíquota resultante do restante de óleo de fritura usado na lanchonete central da PUC Minas foi utilizada como óleo residual. A capacidade de adsorção foi testada para volumes de 20,0 mL, 40,0 mL e 60,0 mL de óleo, individual e separadamente, em uma proveta contendo 100,0 mL de água e 1.000 g de material. Para tanto, cada volume de óleo foi previamente pesado em balança analítica. A adsorção foi promovida sob agitação constante por 10 minutos a temperatura ambiente (25ºC), em triplicata. Posteriormente, os materiais foram deixados em repouso para drenar o excesso de óleo e pesados analiticamente. A eficiência de adsorção foi calculada com o auxílio da Equação 3.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Equação 3

$$\text{Adsorption efficiency \%} = \left(\frac{\textit{massa final adsorvido+adsorvente g- massa de adsorvente (g)}}{\textit{massa de óleo (g)}} \right) \text{x } 100$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A morfologia e a estrutura da celulose microcristalina foram analisadas por meio das análises de MEV e FT-IR. A Figura 3 representa as micrografias eletrônicas de varredura de celulose microcristalina, referentes à ampliação de 100, 500, 1.000 e 3.000 vezes. A análise MEV permitiu analisar a estrutura morfológica do polímero. Observou-se uma superfície característica de material lignocelulósico regular, fibroso, com alongamento do tipo haste. Verificou-se uma aparência aglomerada da amostra,

CELULOSE QUIMICAMENTE MODIFICADA COMO POTENCIAL ADSORVENTE DE ÓLEOS DE ECOSSISTEMAS MARINHOS CONTAMINADOS

Aline Amaral Madeira

Ana Luiza Coimbra Silva

Brenda Martins Dias

Camila Andrade Pena

Raphael Victor Costa Oliveira

que pode ter sido ocasionada pela sua fixação em fita de carbono, durante a preparação para análise no microscópio eletrônico de varredura (Figura 6b e d).

A análise FT-IR permitiu estudar a estrutura do polímero antes e após

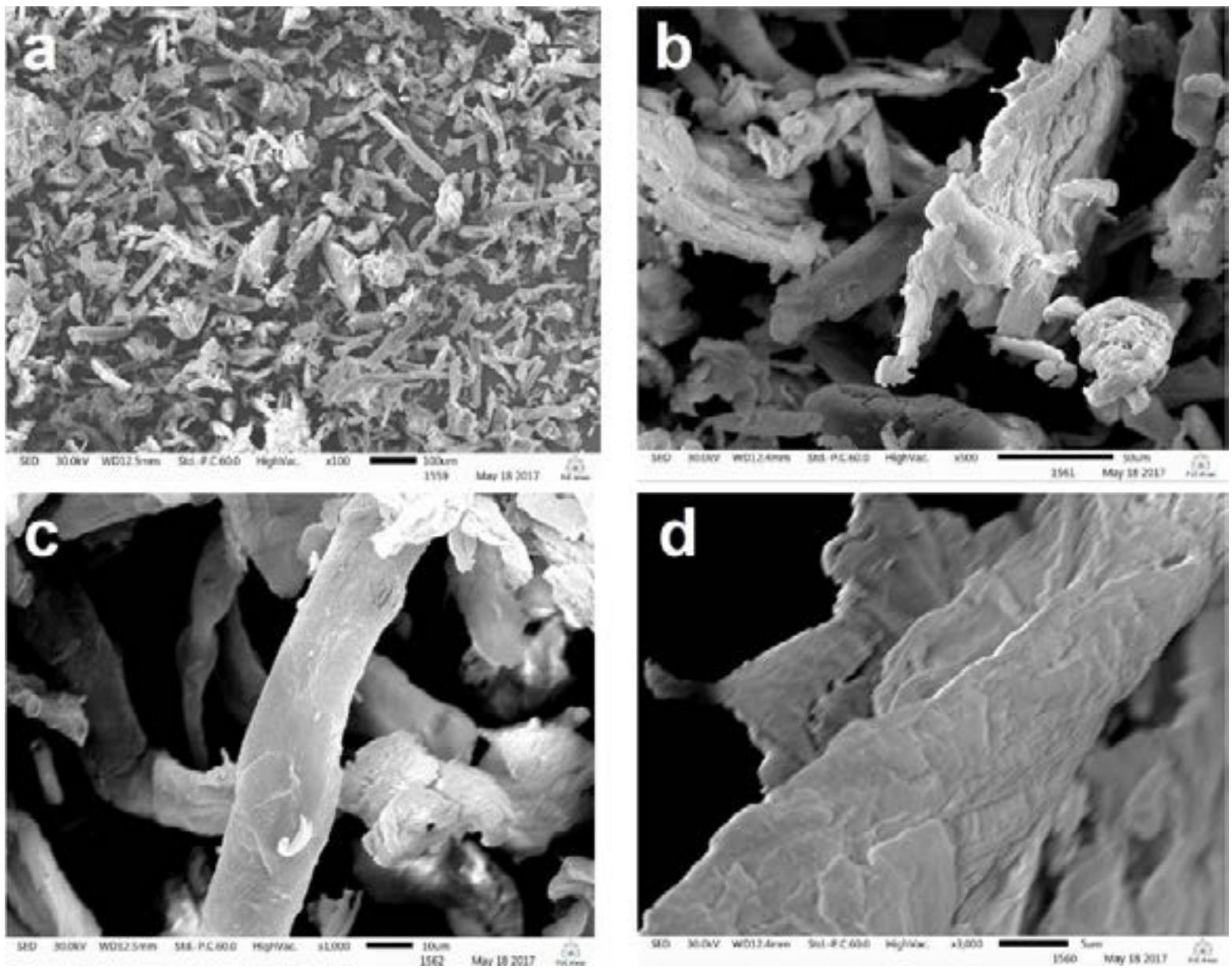


Figura 6 – Micrografias eletrônicas de varredura de celulose microcristalina:
a) ampliação de 100x, b) ampliação de 500x,
c) ampliação de 1.000x e d) ampliação de 3.000x.

CELULOSE QUIMICAMENTE MODIFICADA COMO POTENCIAL ADSORVENTE DE ÓLEOS DE ECOSSISTEMAS MARINHOS CONTAMINADOS

Aline Amaral Madeira

Ana Luiza Coimbra Silva

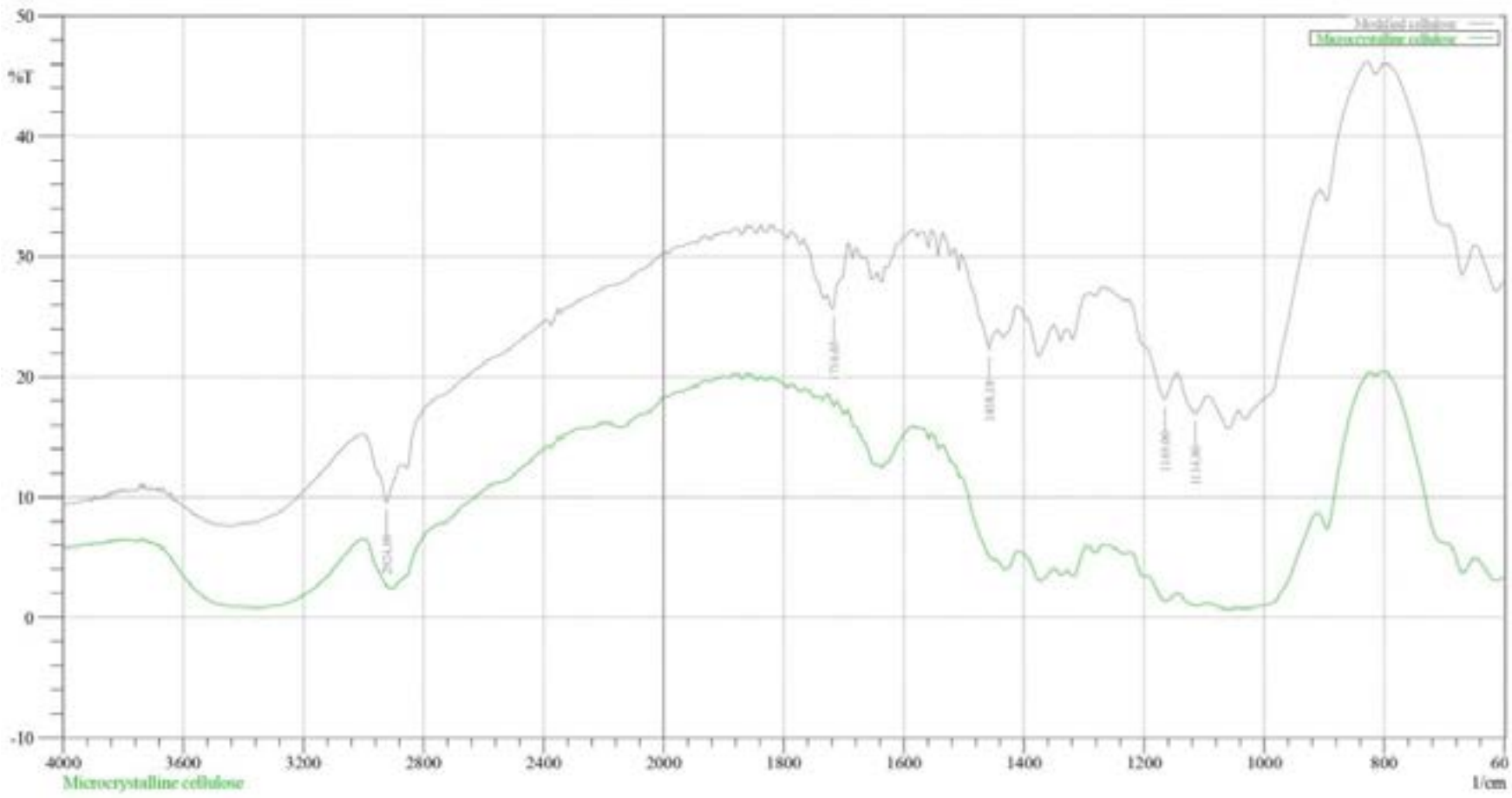
Brenda Martins Dias

Camila Andrade Pena

Raphael Victor Costa Oliveira

a modificação química. A Figura 7 mostra os espectros de FT-IR de celulose microcristalina e celulose modificada. A banda definida existente na região de 3.600 a 3.000 cm-1 mostra os modos vibracionais dos grupos hidroxila (OH) (3.400-3.200 cm-1) e trechos de grupos hidroxila intramoleculares (OH) (3.570-3.450 cm-1) presentes na molécula de celulose microcristalina. Comparando os dois espectros, pôde-se observar: (i) intensificação do pico na região entre 3.000 e 2.800 cm-1, sugerindo a presença de novos grupos de alcanos (CH) na molécula (2.924 cm-1); (ii) um pico intenso de carboxila (CO) centrado em 1.716 cm-1, suportando a formação de ligação entre a porção epóxi de metacrilato de glicidila e a molécula de celulose; (iii) um pico extra em 1.458 cm-1, correspondente aos trechos dos grupos carboxila (COO) (presentes na molécula de estearina), sugerindo a ocorrência de reação entre a estearina e Celulose-GMA; (iv) picos extras no intervalo 1.190-1.070 cm-1 (1.165 cm-1; 1.114 cm-1), apoiando a hipótese de inserção de novos grupos CO na molécula de celulose, provenientes dos reagentes metacrilato de glicidila e estearina. Resultados semelhantes foram evidenciados por Pracella, Haque e Alvarez (2010).

Figura 7 - Pracella, Haque, Alvarez, 2010.



CELULOSE QUIMICAMENTE MODIFICADA COMO POTENCIAL ADSORVENTE DE ÓLEOS DE ECOSSISTEMAS MARINHOS CONTAMINADOS

Aline Amaral Madeira

Ana Luiza Coimbra Silva

Brenda Martins Dias

Camila Andrade Pena

Raphael Victor Costa Oliveira

TESTES DE HIDROFOBICIDADE E GANHO DE MASSA

A Tabela 1 mostra os resultados de hidrofobicidade alcançados. Após o teste de hidrofobicidade, 100% de massa de celulose microcristalina utilizada permaneceu na fase aquosa, apresentando, portanto, 0% de hidrofobicidade. Zimmermann, Zattera, Santana (2014) e Brum et al. (2012) também obtiveram o mesmo grau de hidrofobicidade para a celulose microcristalina. Além disso, verificou-se um aumento da hidrofobicidade do material modificado. A rota de modificação química proposta usando GMA/estearina sugeriu a inserção de grupos alquil na molécula de celulose, aumentando consideravelmente o caráter hidrofóbico do material lignocelulósico. Um grau de hidrofobicidade médio de (78,3±0,9)% foi alcançado, sugerindo a possível substituição de grupos polares, particularmente hidrofílicos, por grupos apolares (hidrofóbicos). Zimmermann, Zattera, Santana (2014) também funcionalizaram a celulose usando GMA/estearina, obtendo um grau de hidrofobicidade semelhante, (87±3)%. O expressivo aumento da hidrofobicidade do material microscristalino viabiliza sua possível aplicação como adsorvente hidrofóbico.

Tabela 1 – Resultados dos testes de hidrofobicidade

Material	Teste	Massa Incial (g)	Massa Final (g)	Hidrofobicidade (%)	Hidrofobicidade média (%)
Celulose Microcristalina	I	1.0	0,001	0,0	0,0±0,0
	II		0,000	0,0	
	III		0,001	0,0	
Celulos Modificada	I		0,794	79,4	78,3±0,9
	II		0,781	78,1	
	III		0,775	77,5	

CELULOSE QUIMICAMENTE MODIFICADA COMO POTENCIAL ADSORVENTE DE ÓLEOS DE ECOSSISTEMAS MARINHOS CONTAMINADOS

Aline Amaral Madeira

Ana Luiza Coimbra Silva

Brenda Martins Dias

Camila Andrade Pena

Raphael Victor Costa Oliveira

Esperava-se que após a reação de funcionalização, o material modificado apresentasse maior massa molecular, devido ao enxerto de metacrilato de glicidila (MM = 142,15 g/mol) e estearina (MM = 891,48 g/mol) na molécula de celulose. Em geral, quanto maior o ganho de massa, maior a taxa de enxerto dos grupos alquil (BRUM et al., 2012). Os resultados obtidos mostraram que um ganho de massa de GM = 2,89% foi alcançado, sugerindo a ocorrência da modificação química e, portanto, a substituição de grupos hidrofílicos por grupos hidrofóbicos. Na Tabela 2 foram apresentados os resultados do teste de ganho de massa.

Tabela 2 – Resultados do teste de ganho de massa

Massa de celulose microcristalina (g)	Massa de celulose modificada (g)	Ganho de massa (%)
36,000	37,041	2,892

TESTES DE ADSORÇÃO OLEOSA

Teste	Óleo	Massa de óleo (g)			*Massa de óleo adsorvida Grama de celulose microcristalina*		
		20,0 mL	40,0 mL	60,0 mL	20,0 mL	40,0 mL	60,0 mL
I	Soja	17,462	31,004	49,628	0,079	0,015	0,024
II		16,989	30,076	49,809	0,081	0,015	0,022
III		17,451	29,200	50,051	0,080	0,016	0,023
I	Diesel	5,313	10,681	15,852	0,028	0,123	0,048
II		5,287	10,879	16,453	0,026	0,124	0,048
III		5,304	10,722	15,986	0,027	0,122	0,047
I	Residual	15,715	30,968	49,679	0,107	0,166	0,238
II		15,609	31,751	50,861	0,105	0,167	0,240
III		15,468	31,156	50,288	0,106	0,169	0,239

Tabela 3 – Resultados obtidos nos testes de adsorção oleosa com celulose microcristalina

As capacidades de adsorção oleosa de celulose microcristalina e celulose modificada foram testadas em presença de água. Óleos de soja, diesel e residual foram utilizados devido à sua fácil obtenção e alta hidrofobicidade. Os resultados obtidos nos testes de adsorção oleosa foram apresentados nas Tabelas 3, 4 e 5.

CELULOSE QUIMICAMENTE MODIFICADA COMO POTENCIAL ADSORVENTE DE ÓLEOS DE ECOSSISTEMAS MARINHOS CONTAMINADOS

Aline Amaral Madeira

Ana Luiza Coimbra Silva

Brenda Martins Dias

Camila Andrade Pena

Raphael Victor Costa Oliveira

Teste	Óleo	Massa de óleo (g)			*Massa de óleo adsorvida/ Grama de celulose microcristalina*		
		20,0 mL	40,0 mL	60,0 mL	20,0 mL	40,0 mL	60,0 mL
I	Soja	17,348	29,078	51,604	10,874	16,697	29,348
II		17,330	30,934	48,171	10,474	19,973	28,141
III		17,598	33,000	49,138	10,976	20,240	33,727
I	Diesel	5,250	10,906	14,778	3,791	4,610	5,003
II		5,245	10,723	16,443	3,807	4,945	7,106
III		5,214	10,721	16,546	3,662	5,131	6,099
I	Residual	15,895	31,742	48,492	14,465	19,754	31,779
II		15,435	31,772	50,354	13,976	19,586	26,505
III		15,772	29,321	51,153	14,282	19,910	32,318

Tabela 4 – Resultados obtidos nos testes de adsorção oleosa com celulose modificada

Óleo	Celulose microcristalina			Celulose modificada		
	20,0 mL	40,0 mL	60,0 mL	20,0 mL	40,0 mL	60,0 mL
Soja	0,46 ± 0,19	0,05 ± 0,64	0,05 ± 0,15	62 ± 1	61 ± 4	61 ± 7
Diesel	0,51 ± 0,01	1,14 ± 0,07	0,30 ± 0,22	84 ± 1	52 ± 3	42 ± 5
Residual	0,01 ± 0,09	0,01 ± 0,29	0,005 ± 0,418	90,7 ± 0.3	64 ± 3	61 ± 7

Tabela 5 – Resultados obtidos de eficiência de adsorção

Quando submetida em contato com o sistema água/óleo, a celulose microcristalina transferiu-se imediatamente para a fase aquosa, confirmando seu caráter hidrofílico majoritário, que torna inapropriada sua utilização para a adsorção de óleo em sistemas aquosos. Esse resultado já era esperado com base nos resultados obtidos pelo teste de hidrofobicidade. Sua capacidade de adsorver os óleos de soja, diesel e residual foi mínima, corroborando seu caráter hidrofílico. Resultados semelhantes foram evidenciados por Brum et al. (2012).

CELULOSE QUIMICAMENTE MODIFICADA COMO POTENCIAL ADSORVENTE DE ÓLEOS DE ECOSSISTEMAS MARINHOS CONTAMINADOS

Aline Amaral Madeira

Ana Luiza Coimbra Silva

Brenda Martins Dias

Camila Andrade Pena

Raphael Victor Costa Oliveira

A modificação da celulose resultou em um aumento substancial da presença de grupos alquil em sua molécula e, consequentemente, em um aumento em sua hidrofobicidade/oleofilicidade. Os resultados demonstraram que a massa de óleo adsorvida por grama de celulose modificada diminuiu na seguinte ordem para os óleos testados: residual > soja > diesel, apresentando comportamento semelhante para os volumes de óleo analisados. Sugerindo uma maior afinidade da celulose modificada para adsorver o óleo residual em detrimento do óleo diesel. A eficiência de adsorção da celulose modificada diminuiu na ordem de 20 mL > 40 mL > 60 mL de volume de óleo, sugerindo que quanto menor a quantidade de óleo em teste, maior a eficácia de adsorção.

Os resultados de adsorção de óleo com celulose modificada mostraram concordância com o relatado por Duong & Burford (2005) sobre a relação entre a viscosidade e a eficiência de adsorção. Segundo os autores, quanto maior a viscosidade do óleo, maiores são a taxa de adsorção e a retenção de óleo no adsorvente. A eficiência de adsorção do óleo residual (mais viscoso) foi a maior entre os óleos testados. Já para os óleos de soja (média viscosidade) e diesel (baixa viscosidade), a eficiência de adsorção foi menor, como esperado. Resultados semelhantes foram evidenciados por Zimmermann, Zattera, Santana (2014).

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos para as análises MEV e FT-IR para celulose microcristalina permitiram reconhecer a estrutura morfológica e os grupos funcionais do polímero estudado. A rota de modificação química da estrutura do polímero via reações GMA/estearina sugeriu a possível inserção de grupos hidrofóbicos na molécula de celulose, corroborada pelo alcance de um grau de hidrofobicidade médio de (78,3±0,9)% e um ganho de massa de

GM = 2,89%. Os resultados da análise FT-IR da celulose modificada permitiram identificar alterações na estrutura química do polímero, reforçando a hipótese de um

enxerto bem-sucedido de GMA/estearina em sua estrutura. Os testes de adsorção oleosa demonstraram uma capacidade satisfatória da celulose modificada para adsorver pequenas quantidades de óleos viscosos, como o óleo residual. Espera-se que o potencial do material adsorvente hidrofóbico desenvolvido possa ser aproveitado no estudo e desenvolvimento de melhorias e soluções para a remediação ambiental de ecossistemas marinhos contaminados por derramamento de óleo.

AGRADECIMENTOS

Nossa equipe de pesquisa gostaria de agradecer a Thaís Munique Sales Leite Hipólito do Laboratório de Análises Instrumentais da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, por sua colaboração e suporte técnico.

REFERÊNCIAS

ALBERTINI, S.; CARMO, L. F.; PRADO FILHO, L. G.. Utilização de serragem e bagaço de cana-de-açúcar para adsorção de cádmio. Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, v. 27, n. 1, p. 113-118, 2007. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612007000100020>. Acesso em: 15 mai. 2020.

ALMAGRO, A. S.; MENEGUELO, A. P.; MENDES, A. N. F.; ROCHA, S. M. S.. Estudo do uso de casca de coco como bioadsorvente para a remoção de óleos e graxas de efluentes, In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS PARTICULADOS, 37., 2015, São Carlos. Anais... São Paulo: BLUCHER, 2015, p. 976-982, v. 2. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5151/ENEMP2015-PS-497>. Acesso em: 15 mai. 2020.

BISCEGLIA, L. Poluição e contaminação ambiental: a extração de petróleo e seus reflexos no meio ambiente. [S.l.]: Jusbrasil, 2016. Disponível em: <http://luisabisceglia.jusbrasil.com.br/artigos/235260394/poluicao-e-contaminacao-ambiental-a-extracao-de-petroleo-e-seus-reflexos-no-meio-ambiente>. Acesso em: 15 mai. 2020.

BRUM, S. S.; OLIVEIRA, L. C. A.; BIANCHI, M. L.; GUERREIRO, M. C.; OLIVEIRA, L. K.; CARVALHO, K. T. G.. Síntese de acetato de celulose a partir da palha de feijão utilizando N-bromossuccinimida (NBS) como catalisador. Polímeros, São Carlos, v. 22, n. 5, p. 447-452, 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-14282012005000061>. Acesso em: 15 mai. 2020.

CANTAGALLO, C.; MILANELLI, J. C. C.; DIAS-BRITO, D.. Limpeza de ambientes costeiros brasileiros contaminados por petróleo: uma revisão. Pan-American Journal of Aquatic Sciences, Rio Claro, v. 2, n. 1, p. 1-12, 2007. Disponível em: <http://panamjas.org/pdf_artigos/PANAMJAS_2(1)_1-12.pdf>. Acesso em: 15 mai. 2020.

CELULOSE QUIMICAMENTE MODIFICADA COMO POTENCIAL ADSORVENTE DE ÓLEOS DE ECOSSISTEMAS MARINHOS CONTAMINADOS

Aline Amaral Madeira

Ana Luiza Coimbra Silva

Brenda Martins Dias

Camila Andrade Pena

Raphael Victor Costa Oliveira

CARNEIRO, L.; NAIDIN, H.. Depois do óleo derramado: legislação é mais punitiva que preventiva. São Paulo: O Globo, 2012. Disponível em: <http://oglobo.globo.com/economia/depois-do-oleo-derramado-legislacao-mais-punitiva-que-preventiva-4369686>. Acesso em: 15 mai. 2020.

COSTA, S. A.; POZZANI, L. S.; COSTA, S. M.; ROGERO, S. O.; CRUZ, S. A.; PESSOA JR., A.. Fibras têxteis híbridas à base de celulose e quitosana para aplicações médicas, In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA E CIÊNCIA DOS MATERIAIS, 18., 2008, Porto de Galinhas. Anais... São Paulo: UFSCar, 2008, p. 9464-9471, v. 1. Disponível em: <http://texcontrol.com.br/wp-content/uploads/2016/02/Fibras-texteis-hibridas-a-base-de-celulose-e-quitosana-para-aplicacoes-medicas-area-hospitalar.pdf>. Acesso em: 15 mai. 2020.

CRAIG, A. P. L.; SENA, E.; MAGALHÃES, L.; KRAUSE, M. C.; NEVES, P. R.; SILVA, M. J.. Técnicas de limpeza de vazamentos de petróleo em alto mar. Cadernos de Graduação - Ciências Exatas e Tecnológicas, Sergipe, v. 1, n. 15, p. 75-86, 2012. Disponível em: <http://periodicos.set.edu.br/index.php/cadernoexatas/article/viewFile/207/127>. Acesso em: 15 mai. 2020.

DUONG, H. T. T.; BURFORD, R. P.. Effect of foam density, oil viscosity, and temperature on oil sorption behavior of polyurethane. Journal of Applied Polymer Science, Sydney, v. 99, n. 1, p. 360-367, 2005. Disponível em: <http://doi.org/10.1002/app.22426>. Acesso em: 15 mai. 2020.

FERREIRA, B. C. S.; GIL, L. F.; GURGEL, L. V. A.; FREITAS, R. P.. Obtenção de um novo derivado carboxilado de celulose microcristalina: uma síntese fácil e sem solvente. Revista Virtual de Química, Belo Horizonte, v. 9, n. 1, p. 431-451, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.21577/1984-6835.20170024>. Acesso em: 15 mai. 2020.

FONSECA, L.. 4 aplicações de microrganismos na indústria do petróleo que você não conhecia. São Paulo: Portal Tratamento de Água, 2017. Disponível em: <http://www.tratamentodeagua.com.br/microrganismos-industria-petroleo/>. Acesso em: 15 mai. 2020.

GREENPEACE. Desastre no Golfo do México completa cinco anos. São Paulo: Greenpeace Brasil, 2015. Disponível em: <http://www.greenpeace.org/brasil/blog/desastre-no-golfo-do-mexico-completa-cinco-anos/>. Acesso em: 15 mai. 2020.

HUFF, V. S. M.. A responsabilidade ambiental no vazamento de petróleo no mar. São Paulo: mbito Jurídico, 2016. Disponível em: <http://www.ambito-juridico.com.br/site/?n_link=revista_artigos_leitura&artigo_id=16866>. Acesso em: 15 mai. 2020.

KALASHNIKOVA, I.; BIZOT, H.; CATHALA, B.; CAPRON, I.. Modulation of cellulose nanocrystals amphiphilic properties to stabilize oil/water interface. Biomacromolecules, Nantes, v. 13, n. 1, p. 267-275, 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1021/bm201599j>. Acesso em: 15 mai. 2020.

KLEMM, D.; PHILIPP, B.; HEINZE, T.; HEINZE, U.; WAGENKNECHT, W.. Comprehensive cellulose chemistry: fundamentals and analytical methods. Weinheim: Wiley□VCH Verlag, 1998. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/3527601929>. Acesso em: 15 mai. 2020.

LANZA, A.. Como a gestão ambiental pode evitar desastres naturais. [S.l.]: IBRACAM, 2005. Disponível em: <http://institutog4.com.br/blog/como-a-gestao-ambiental-pode-evitar-desastres-naturais>. Acesso em: 15 mai. 2020.

LENGOWSKI, E. C.; MUNIZ, G. I. B.; NISGOSKI, S.; MAGALHÃES, W. L. E., Avaliação de métodos de obtenção de celulose com diferentes graus de cristalinidade. Scientia Forestalis, Piracicaba, v. 41, n. 98, p. 185-194, 2013. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/87065/1/Wash-avaliacao-de-metodos-de-obtencao-de-celulose-com-diferentes-graus-de-cristalinidade.pdf>. Acesso em: 15 mai. 2020.

MACEDO, V.; BARROS, A. R.; ZIMMERMANN, M. V. G.; SCIENZA, L.C.. Hidrofobização de fibras de celulose de pinus e sua influência na sorção de óleo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA E CIÊNCIA DOS MATERIAIS, 21., 2014, Cuiabá. Anais... São Paulo: ABCERAM, 2014. p. 7785-7792, v. 1. Disponível em: <http://www.metallum.com.br/21cbecimat/CD/PDF/415-005.pdf>. Acesso em: 15 mai. 2020.

MIRANDA, J.. Consequências do vazamento de petróleo no Golfo do México. [S.l.]: Grupo Escolar, 2006. Disponível em: <https://www.grupoescolar.com/pesquisa/consequencias-do-vazamento-de-petroleo-no-golfo-do-mexico.html/>. Acesso em: 16 mai. 2020.

MOHAMED, M. A.; SALLEH, W. N. W.; JAAFAR, J.; ISMAIL, A. F.; MUTALIB, M. ABD; JAMIL, S. M.. Feasibility of recycled

CELULOSE QUIMICAMENTE MODIFICADA COMO POTENCIAL ADSORVENTE DE ÓLEOS DE ECOSSISTEMAS MARINHOS CONTAMINADOS

Aline Amaral Madeira

Ana Luiza Coimbra Silva

Brenda Martins Dias

Camila Andrade Pena

Raphael Victor Costa Oliveira

newspaper as cellulose source for regenerated cellulose membrane fabrication. Journal of Applied Polymer Science, Skudai, v. 132, n. 43, p. n/a-n/a, 2015. Disponível em: <http://doi.org/10.1002/app.42684>. Acesso em: 15 mai. 2020.

OLIVEIRA, L. K.; CASTRO, S. F.; BERTECHINI, A. G.; LIMA, E. M. C.; ESPÓSITO, M.; BIANCHI, M. L.. Desenvolvimento de materiais adsorventes de óleos a partir de resíduos do beneficiamento do café e sua aplicação na ração para aves. Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal, Salvador, v. 13, n. 4, p. 902-911, 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbspa/v13n4/18.pdf>. Acesso em: 15 mai. 2020.

OLIVEIRA, M.; CARMINATTI, C. A.. Produção de celulose bacteriana em cultura estática utilizando diferentes fontes de carbono. Disponível em: <http://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/171571/UFSC%20-%20CTJ%20-%20TCC_BCT%20-%20Marielle%20de%20Oliveira.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 15 mai. 2020.

PIMENTEL, P. M.; SILVA JR., C. N.; MELO, D. M. A.; MELO, M. A. F.; MALDONADO, G.; HENRIQUE, D. M.. Caracterização e uso de xisto para adsorção de chumbo (II) em solução. Cerâmica, São Paulo, v. 52, n. 323, p. 194-199, 2006. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0366-69132006000300013>. Acesso em: 15 mai. 2020.

POTULSKI, D. C.; VIANA, L. C.; MUNIZ, G. I. B.; ANDRADE, A. S.; KLOCK, U.. Caracterização de nanofilmes de celulose nanofibrilada obtida em diferentes consistências, Scientia Forestalis, Curitiba, v. 44, n. 110, p. 361-372, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.18671/scifor.v44n110.09>. Acesso em: 15 mai. 2020.

PRACELLA, M.; HAQUE, M. M-U.; ALVAREZ, V.. Compatibilization and properties of EVA copolymers containing surface-functionalized cellulose microfiber. Macromolecular Materials and Engineering, Pisa, v. 295, n. 10, p. 949-957, 2010. Disponível em: <http://doi.org/10.1002/mame.201000175>. Acesso em: 15 mai. 2020.

ROMANZOTI, N.. Descuido ou desrespeito ao meio ambiente: Chevron será multada por segundo vazamento de petróleo no Brasil. [S.L.]: Hypescience, 2012. Disponível em: <https://hypescience.com/descuido-ou-desrespeito-ao-meio-ambiente-chevron-sera-multada-por-segundo-vazamento-de-petroleo-no-brasil/>. Acesso em: 16 mai. 2020.

SANTOS, C. P. F.; MELO, D. M. A.; MEL A. F.; SOBRINHO, E. V.. Caracterização e usos de argilas bentonitas e vermiculitas para adsorção de cobre (II) em solução. Cerâmica, Natal, v. 48, n. 308, p. 178-182, 2002. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ce/v48n308/14885.pdf>. Acesso em: 15 mai. 2020.

SZEWCZYK, S. B. O.. Processos envolvidos em um derramamento de óleo no mar. Rio Grande: FURG, 2006. Disponível em: <http://semengo.furg.br/images/2006/36.pdf>. Acesso em: 15 mai. 2020.

ZIMMERMANN, M. V. G.; ZATTERA, A. J.; SANTANA, R. M. C.. Modificação química da celulose para utilização como adsorvente de óleos hidrofóbicos. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIAS PARA O MEIO AMBIENTE, 4., 2014, Bento Gonçalves. Anais... Caxias do Sul: UCS, 2014. p. 1-7, v 1. Disponível em: <http://siambiental.ucs.br/congresso/getArtigo.php?id=186&ano=_quarto>. Acesso em: 15 mai. 2020.

Revista AFLUENTE – A revista do JPS – Ano IV / Nº 7 – Agosto/2020

AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE CAVITAÇÃO HIDRODINÂMICA PARA A DESINFECÇÃO DE ÁGUAS CONTAMINADAS POR PROTOZOÁRIOS

Gustavo Ragasse de Assis Couto

Mestrado em Qualidade Ambiental e Engenharia Ambiental

RESUMO

A cavitação hidrodinâmica é um fenômeno extremamente rápido, no qual ocorre a geração e implosão de microbolhas em escala de centésimos de segundos. Ela possui um elevado potencial para aplicação no tratamento e desinfecção de água, pois proporciona um ambiente de elevadas temperatura, pressão e tensões de cisalhamentos. Assim, é ideal para a inativação e eliminação de microrganismos e ainda tem a possibilidade de combinação com outros meios de tratamento para a desinfecção de água. Nesse contexto, esse trabalho teve o objetivo de avaliar a eficiência do sistema de cavitação hidrodinâmica utilizando uma pressão máxima de 5,4 bar, vazão de 13,8 l/min e um volume de 4,5 litros de meio de cultura contendo protozoários. Foram realizados dois testes com Paramecium spp. e um com Cryptosporidium spp. As amostras foram analisadas antes, durante e após a cavitação utilizando microscópio óptico e câmara de Neubauer. Os testes com Paramecium proporcionaram uma eficiência de inativação do protozoário acima de 90% em apenas 2 minutos de experimento. O teste com Cryptosporidium mostrou redução do número dos oocistos intactos, indicando danificação, rompimento e liberação dos esporozoítos. Portanto, diante dos resultados satisfatórios, novos testes deverão ser realizados para análise quantitativa do desempenho da cavitação hidrodinâmica na desinfecção de água contaminada com os oocistos de Cryptosporidium spp.Palavras-chaves: adsorção, amônia, nabo forrageiro, tratamento de efluente, refinaria de petróleo. •

Palavras-chave: Cavitação hidrodinâmica, desinfecção de água, protozoários.

Revista AFLUENTE – A revista do JPS – Ano IV / Nº 7 – Agosto/2020

PROJETO DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO PARA VILA PRINCESA-RS

Josiane Seus - Engenharia Civil

Universidade Católica de Pelotas - UCPel

RESUMO

Ao longo da história, a civilização sempre procurou se estabelecer em locais próximos das fontes de água. Entretanto não houve a mesma preocupação em afastar e tratar os resíduos originados. Com o aumento da população urbana houve a necessidade da implantação de sistemas públicos de abastecimento de água e a consequente necessidade de afastamento e disposição final das águas servidas. A busca por alternativas para a coleta, destinação e tratamento dos esgotos sanitários são de suma importância para a sociedade por gerarem ganhos na qualidade de vida da população e na preservação do meio ambiente. Porém mesmo com vários benefícios, a situação do tratamento de esgoto no cenário nacional continua crítica. O estudo foi realizado na Vila Princesa, comunidade que fica localizada fora da área central da cidade de Pelotas - RS, dificultando o acesso às principais redes de esgoto da cidade. Além disso, a localidade situa-se na Bacia do Arroio Pelotas, tornando indispensável à concepção de uma solução individualizada para atender e melhorar a qualidade de vida da comunidade e a preservação dos recursos hídricos. Para elaborar o projeto de esgoto sanitário e propor um sistema de tratamento de esgotos, foram necessárias a análise dos dados e a pesquisa de soluções para tratamento. Também foram utilizados os programas CEsg, AutoCAD e EXCEL para o traçado da rede, dimensionamento e planilha de resultados. Constatou-se, após a concepção do traçado da rede, que devido à topografia excessivamente plana, é necessária a utilização de três Estações Elevatórias, onde duas elevatórias possuem a finalidade de recuperar as cotas e a terceira deve lançar o efluente para Estação de Tratamento de Esgotos. Por fim foi proposta a conjugação dos tratamentos anaeróbio e aeróbio, a fim de que o tratamento de esgotos possua maior eficiência. •

Palavras-chaves: Esgotamento Sanitário, Estações Elevatórias, Concepção Traçado, CEsg e Conjugação de tratamentos.

ADSORÇÃO DE AMÔNIA PRESENTE EM EFLUENTE DE REFINARIA DE PETRÓLEO A PARTIR DO BIOSSORVENTE NABO FORRAGEIRO

Bruna Dolabella Eustáquio
Engenharia Química PUC-MG

César Ramos Catizane
Engenharia Química PUC-MG

RESUMO

Na atualidade, as grandes indústrias vêm crescendo continuamente, e tal fato traz como consequência uma maior quantidade de efluentes líquidos, que podem ser danosos ao ecossistema devido à sua composição. Dentre esses componentes dos resíduos industriais tem-se a amônia (NH3). Essa é considerada uma substância de grande preocupação para o meio ambiente e para os seres humanos, já que é responsável pela eutrofização e por doenças graves como bronquite e enfisema pulmonar. Visto isso, este trabalho teve como objetivo o estudo do processo de adsorção de amônia presente no efluente da Refinaria Gabriel Passos (REGAP), usando como biossorvente a torta prensada de nabo forrageiro (Raphanussativus L.), esse tratado quimicamente com hidróxido de sódio e ácido nítrico.Obteve-se uma alta eficiência de adsorção com o biossorvente tratado com solução de ácido nítrico a 1 M, conseguindo 77% de remoção e um valor de capacidade de adsorção de 8,346mg.g-1. Tal resultado foi reforçado pelo aumento gradual da porosidade e área superficial, observados a partir de imagens micrográficas, e pela presença de grupos funcionais ácidos na superfície e sua respectiva densidade de carga negativa de acordo com os resultados do método de Boehm e do Ponto de Carga Zero (PCZ).A adsorção seguiu o modelo cinético de pseudo segunda ordem e tempo mínimo de saturação igual a 60 minutos. Além disso, análises de espectroscopia de Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR) indicaram apenas hidróxido de ferro como potencial interferente, mas, devido à eficiência apresentada, este aparentemente não afetou os resultados. Finalmente, após a adsorção, o efluente se enquadrou dentro dos padrões delimitados pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) quanto a presença de nitrogênio amoniacal total, saindo de uma concentração inicial igual a 53,65 ppm e chegando a 11,92 ppm com o tratamento. De maneira geral, pode-se dizer que os objetivos gerais e específicos propostos para esse trabalho foram atingidos, uma vez que houve a remoção de até 83% da amônia presente no efluente da REGAP-MG através do processo de adsorção utilizando o nabo forrageiro como biossorvente. •

Palavras-chaves: adsorção, amônia, nabo forrageiro, tratamento de efluente, refinaria de petróleo

ENTREVISTA COM NATÁLIA PIETZSCH

ENGENHEIRA AMBIENTAL, MESTRA E DOUTORANDA EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO PELA UFRGS. EMPREENDEDORA NA ÁREA AMBIENTAL.

Por favor, te apresenta brevemente: de onde és? qual a tua idade, formação e trajetória profissional?

Meu nome é Natália Pietzsch, sou natural de Porto Alegre e tenho 32 anos. Lá em 2007 escolhi cursar a graduação em Engenharia Ambiental na UFRGS, pois entendi que este seria um bom caminho para deixar o mundo um pouquinho melhor, mesmo sem saber como exatamente eu poderia contribuir. Em 2010 estagiei na Secretaria do Meio Ambiente, justamente no setor que analisava os Resíduos Sólidos nos processos de licenciamento. Foi paixão à primeira vista. No estágio percebi o grande impacto negativo que os resíduos poderiam causar, mas, também, o grande potencial de melhorias existentes. Outro importante estágio que fiz foi na Vonpar, uma indústria de bebidas onde, mais uma vez, tive muito aprendizado com gestão de resíduos, legislações e requisitos legais, mas agora sobre o ponto de visto do gerador de resíduos e não mais do órgão fiscalizador. Os estágios foram muito importantes para a formação da minha base profissional, aplicação de conhecimentos e aprendizados que só a teoria da faculdade não proporciona.

"...resolvi empreender para buscar solucionar o problema pelo qual eu era apaixonada: resíduos."

Quando me formei, entrei direto no mestrado em Engenharia de Produção, também na UFRGS, pois queria me especializar em uma área mais abrangente, que trouxesse embasamento para gestão, análise de qualidade e gerenciamento de projetos, áreas que senti falta no curso de Engenharia Ambiental. Minha dissertação foi sobre sustentabilidade nas empresas e a Filosofia Lixo Zero. Mergulhei mais ainda na temática de Resíduos Sólidos e no fim do mestrado comecei a me questionar sobre os próximos passos a tomar profissionalmente. Entendi que eu não me encaixava nas oportunidades de mercado: trabalhar em uma indústria, consultoria ambiental ou concurso público. Também não quis seguir para o doutorado sem ter mais experiências profissionais. Foi então que resolvi empreender para buscar solucionar o problema pelo qual eu era apaixonada: resíduos. Em 2019, reingressei na academia dando início ao meu doutorado, novamente na Engenharia de Produção da

ENGENHEIRA AMBIENTAL, MESTRA E DOUTORANDA EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO PELA UFRGS. EMPREENDEDORA NA ÁREA AMBIENTAL.

UFRGS, com a tese na temática de Gestão de Resíduos Sólidos e a influência da pandemia do COVID-19.

Como tem sido a experiência como empresária no setor de gerenciamento de resíduos? O que te trouxe de aprendizagem sobre as alternativas para a gestão de resíduos nas cidades?

Abri minha primeira startup logo após a defesa do mestrado, em março de 2016. A Re-ciclo fazia a coleta de resíduos orgânicos na casa dos cidadãos com uma bicicleta, transformava-os em adubo que retornava para as residências que nos contratavam. Ao longo de 2,5 anos na Re-ciclo reconheci um novo gap de mercado: o que as empresas, bares, restaurantes, hotéis faziam com seus resíduos? Não existia em Porto Alegre uma empresa prestadora de serviço de coleta de resíduos, com licença ambiental e preço viável para atender estes estabelecimentos. Iniciei meu processo de saída da sociedade da Re-ciclo, para abrir a ARCO, sigla para Ações para Reciclagem e COmpostagem, que tem como objetivo ressignificar a forma como enxergamos o lixo nas cidades. A ARCO realiza a coleta e melhor destinação de resíduos de estabelecimentos. Nosso serviço transpassa treinamento, entrega de coletores, coleta, triagem, destinação e mensuração de indicadores ambientais. Já recolhemos mais de 700 toneladas de resíduos (recicláveis, orgânicos e rejeitos) dos quais apenas 10% foram destinados a aterros sanitários, o restante cerca de 60% foi compostado e transformado em adubo e os 30% restante foram reciclados e retornaram para a indústria como matéria prima. Possuímos mais de 70 empresas parceiras em Porto Alegre, Canoas e Nova Santa Rita. Atualmente, estamos ingressando no mercado de Logística Reversa de embalagens pós consumo. A Arco operacionaliza a Logística reversa das cápsulas da empresa Três Corações no estado do Rio Grande do Sul. E, por fim, com a chegada da pandemia e necessidade de adaptações, estamos fazendo a gravação de cursos e consultorias digitais para Sustentabilidade e Gestão de Resíduos, com abrangência nacional, já tendo como cliente o Sebrae RS e Dado Bier.

"Ao longo de 2,5 anos na Re-ciclo reconheci um novo gap de mercado: o que as empresas, bares, restaurantes, hotéis faziam com seus resíduos? "

Fala um pouco sobre essa experiência: o que tens feito, que dificuldades enfrentas e que esperanças essa experiência te traz para o teu futuro e o futuro da gestão de resíduos.

Empreender tem sido uma experiência desafiadora, mesmo antes da pandemia. Somos classificados como um Negócio de Impacto Social: somos uma empresa privada, com finalidade lucrativa, mas cujo core business está

ENGENHEIRA AMBIENTAL, MESTRA E DOUTORANDA EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO PELA UFRGS. EMPREENDEDORA NA ÁREA AMBIENTAL.

diretamente relacionado a um benefício social e ambiental. Quanto mais crescemos, mais benefícios causamos. O desafio está em passar a nossa proposta de valor, conseguir se posicionar no mercado e competir com empresas que podem ser mais baratas, mas que simplesmente encaminham resíduos para aterros sanitários. Eu e a minha sócia, a Amália Koefender, somos engenheiras ambientais, mas precisamos lidar com as mais diversas áreas de uma empresa das quais não tivemos qualquer auxílio na faculdade: financeiro, comercial, marketing, RH, operacional e projetos específicos. A maior virtude necessária para empreender é "a arte de resolver problemas e fazer acontecer".

Por outro lado, nos últimos dois anos tivemos avanços legislativos que contribuem para a correta gestão de resíduo e favorecimento de empresas com o nosso propósito: o Decreto dos grandes Geradores, que exige que estabelecimentos que geram acime de 300 litros de resíduos diários utilizem uma coleta privada para desonerar o município desse ônus; e o projeto de Lei para Logística Reversa de embalagens pós consumo de Porto Alegre. Acreditamos que os próximos anos serão de transição cultural e de responsabilização sobre os geradores de resíduos, os quais, na minha percepção irão contribuir para termos melhores resultados na gestão de resíduos municipais.

"Não tenham pressa para se formar, principalmente se precisarem abdicar dos estágios."

Que recados podes deixar para o jovem que sai da faculdade agora, nesse período de incerteza e relações de trabalho e produção precarizadas?

Para os jovens que estão refletindo sobre sua vida profissional, seja entrando ou saindo da faculdade, eu diria para aproveitar ao máximo as experiências de estágio, intercâmbios, empresa júnior e voluntariado. Não tenham pressa para se formar, principalmente se precisarem abdicar dos estágios. Essas são as experiências mais enriquecedoras e que nenhuma teoria pode compensar. Nos estágios se constrói relações profissionais, networking, pode-se errar e descobrir as áreas da sua profissão que mais te inspiram. Busquem autoconhecimento, entendam de que forma seu trabalho pode te tornar mais feliz e tenham coragem para tomar as suas decisões. Acredito que, para mim, empreender foi um ato de coragem, mas que hoje percebo que eu não poderia estar fazendo qualquer outra coisa senão empreender. •

A ABES CONTINUA FIRME DURANTE A PANDEMIA. CONHEÇA OS PRÓXIMOS EVENTOS.

ACOMPANHE OS EVENTOS E TRANSMISSÕES DO ABES CONECTA NO YOUTUBE.

ASSOCIE-SE NA ABES.

A ABES é uma associação nacional de profissionais e empresas dedicada a qualificar o setor de saneamento e meio ambiente no Brasil. Envolva-se você também nas Câmaras Temáticas. Participe dos cursos, encontros, simpósios e congressos. Envie artigos para as revistas. Conviva com os melhores profissionais da área. Desfrute de descontos em eventos, cursos e na livraria virtual da ABES. O programa Jovens Profissionais do Saneamento (JPS) garante uma atenção especial da Diretoria Nacional e das Seccionais para as necessidades dos novos profissionais que ingressam no mercado. Desde a recente reformulação do Estatuto, a ABES garante anuidade diferenciada para os profissionais com até 35 anos. Informe-se.

Encaminhe seu artigo de opinião, estudo de caso ou artigo técnico para a revista Afluente, uma realização do núcleo gaúcho do programa JPS.

Visite os sites da ABES/RS e da Diretoria Nacional

www.abes-rs.org.br

www.abes-dn.org.br

Visite também a página do programa Jovens Profissionais do Saneamento, onde você econtra todas as edições da Revista Afluente e fique por dentro das atividades promovidas especialmente para os profissionais em início de carreira.

https://www.abes-rs.org.br/site/jps.php

Acompanhe também pelo Facebook:

www.facebook.com/abesdn

E siga a ABES-RS no Instagram:

www.instagram.com/abes_rs

Cada uma das seções estaduais realiza diversas atividades a cada ano. Informe-se. Participe!

Realização:

REVISTA afluente
A REVISTA DO JPS VINCULADA À ABES-RS

Parceria institucional:

CORSAN

GOV RS
NOVAS FAÇANHAS
NO MEIO AMBIENTE E INFRAESTRUTURA