

# As Engenharias frente a Sociedade, a Economia e o Meio Ambiente 4

Henrique Ajuz Holzmann  
(Organizador)



Henrique Ajuz Holzmann  
(Organizador)

As Engenharias frente a Sociedade, a  
Economia e o Meio Ambiente 4

Atena Editora  
2019

2019 by Atena Editora  
Copyright © Atena Editora  
Copyright do Texto © 2019 Os Autores  
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora  
Editora Executiva: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Antonella Carvalho de Oliveira  
Diagramação: Natália Sandrini  
Edição de Arte: Lorena Prestes  
Revisão: Os Autores

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

### **Conselho Editorial**

#### **Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

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  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

#### **Ciências Biológicas e da Saúde**

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

### **Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Prof.ª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista  
Prof.ª Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof.ª Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
E57	<p>As engenharias frente a sociedade, a economia e o meio ambiente 4 [recurso eletrônico] / Organizador Henrique Ajuz Holzmann. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (As Engenharias Frente a Sociedade, a Economia e o Meio Ambiente; v. 4)</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-433-7 DOI 10.22533/at.ed.337192506</p> <p>1. Engenharia – Aspectos sociais. 2. Engenharia – Aspectos econômicos. 3. Desenvolvimento sustentável. I. Holzmann, Henrique Ajuz. II. Série.</p> <p style="text-align: right;">CDD 658.5</p>
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

Atena Editora  
Ponta Grossa – Paraná - Brasil  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
contato@atenaeditora.com.br

## APRESENTAÇÃO

As obras As Engenharias frente a Sociedade, a Economia e o Meio Ambiente Volume 1, 2, 3 e 4 abordam os mais diversos assuntos sobre métodos e ferramentas nas diversas áreas das engenharias a fim de melhorar a relação do homem com o meio ambiente e seus recursos.

O Volume 1 está disposto em 31 capítulos, com assuntos voltados a engenharia do meio ambiente, apresentando processos de recuperação e reaproveitamento de resíduos e uma melhor aplicação dos recursos disponíveis no ambiente, além do panorama sobre novos métodos de obtenção limpa da energia.

Já o Volume 2, está organizado em 32 capítulos e apresenta uma vertente ligada ao estudo dos solos e águas, com estudos de sua melhor utilização, visando uma menor degradação do ambiente; com aplicações voltadas a construção civil de baixo impacto.

O Volume 3 apresenta estudos de materiais para aplicação eficiente e econômica em projetos, bem como o desenvolvimento de projetos mecânico e eletroeletrônicos voltados a otimização industrial e a redução de impacto ambiental, sendo organizados na forma de 28 capítulos.

No último Volume, são apresentados capítulos com temas referentes a engenharia de alimentos, e a melhoria em processos e produtos.

Desta forma um compendio de temas e abordagens que facilitam as relações entre ensino-aprendizado são apresentados, a fim de se levantar dados e propostas para novas discussões em relação ao ensino nas engenharias, de maneira atual e com a aplicação das tecnologias hoje disponíveis.

Boa leitura

Henrique Ajuz Holzmann

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
VARIAÇÃO ESTACIONAL DA OFERTA E DO PREÇO DE TOMATE LONGA VIDA EM MINAS GERAIS	
Luis Felipe Lima e Silva Douglas Correa de Souza Wilson Roberto Maluf	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3371925061</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>13</b>
ANÁLISE DA CINÉTICA DE SECAGEM DO NABO JAPONES ( <i>Raphanus Sativus Var. Acanthioformis</i> ) E DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DIFUSIVO DE TRANSFERÊNCIA DE MASSA	
Thayná de Lima Costa Keyvlin dos Santos Pais Marcela Felix dos Santos Monique Mendes dos Santos Raquel Manozzo Galante Leandro Osmar Werle	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3371925062</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>22</b>
CINÉTICA DE SECAGEM DE YACON ( <i>Smallanthus sonchifolius</i> ) E AVALIAÇÃO DE MODELOS MATEMÁTICOS	
Luan Gustavo dos Santos Thais de Freitas Brauna Joice Cristina Catache Menezes Rosângela Cacho Ferreira Raquel Manozzo Galante Leandro Osmar Werle	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3371925063</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>31</b>
CINÉTICA DE SECAGEM DA FRUTA DE NONI ( <i>Morinda citrifolia linn</i> ): INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NA DIFUSIVIDADE EFETIVA	
Thayná de Lima Costa Fernanda de Oliveira Coaresma Bruna Martinhago Raquel Manozzo Galante Leandro Osmar Werle	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3371925064</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>40</b>
AVALIAÇÃO DE MODELOS DE SECAGEM E DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DIFUSIVO DE CARÁ ( <i>Dioscorea alata</i> )	
Luan Gustavo dos Santos Cristian Rocha da Silva Marcela Felix dos Santos Raquel Manozzo Galante Leandro Osmar Werle	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3371925065</b>	

**CAPÍTULO 6 ..... 49**

TRATAMENTO DE CASTANHA DE CAJU POR RADIAÇÃO UV-C DE LED PARA REDUÇÃO DE BOLORES

Leticia Cabrera Parra Bortoluzzi  
Iasmim Pereira de Moraes  
Ana Rita Zulim Leite  
Brenda Dall Molin  
Sidnei Macedo Pereira Filho  
Márcia Regina Ferreira Geraldo Perdoncini  
Fabio Henrique Poliseli Scopel  
Roberto Ribeiro Neli  
Roberta de Souza Leone  
Heron Oliveira dos Santos Lima

**DOI 10.22533/at.ed.3371925066**

**CAPÍTULO 7 ..... 58**

AVALIAÇÃO DA AÇÃO ANTIFÚNGICA DOS EXTRATOS BRUTOS DE MUTAMBA E CATUABA CONTRA O FUNGO *Botrytis cinerea*

Amanda Correia Gardenal  
Ana Rita Zulim Leite  
Iasmim Pereira de Moraes  
João Carlos Palazzo de Mello  
Daniela Cristina de Medeiros  
Danielly Chierrito de Oliveira Tolentino  
Mariane Roberta Ritter  
Naiara Cássia Gancedo  
Sharize Betoni Galende  
André Oliveira Fernandes da Silva  
Leila Larisa Medeiros Marques  
Márcia Regina Ferreira Geraldo Perdoncini

**DOI 10.22533/at.ed.3371925067**

**CAPÍTULO 8 ..... 67**

COMPARAÇÃO DE LEVEDURAS CERVEJEIRAS SECA E ÚMIDA

Camila A. Carazzato  
Mário L. Lopes  
Sandra H. da Cruz

**DOI 10.22533/at.ed.3371925068**

**CAPÍTULO 9 ..... 76**

INFLUÊNCIA DO USO DE TRAÇADOR COLORIDO NO CULTIVO EM ESTADO SÓLIDO

Marianny Silva Canedo  
Lucas Portilho da Cunha  
João Paulo Henrique  
João Cláudio Thoméo

**DOI 10.22533/at.ed.3371925069**

**CAPÍTULO 10 ..... 85**

AVALIAÇÃO SENSORIAL DE DIFERENTES FORMULAÇÕES DE CUPCAKES COM FARINHA DE TARO (*Colocasia esculenta*) COMO ALTERNATIVA NO DESENVOLVIMENTO DE NOVOS PRODUTOS PARA PORTADORES DE DOENÇA CELÍACA

Pedro Garcia Pereira da Silva  
Aline Rodrigues Pontes  
Gisele Fernanda Alves da Silva  
Marcello Lima Bertuci  
Tuany Yuri Kuboyama Nogueira

**DOI 10.22533/at.ed.33719250610**

**CAPÍTULO 11 ..... 91**

OTIMIZAÇÃO DE FORMULAÇÃO DE BISCOITO TIPO COOKIE ISENTO DE GLÚTEN UTILIZANDO FARINHA DE ARROZ, TEFF E SORGO

Geovana Teixeira de Castro  
Luiza Pelinson Tridapalli  
Angélica Maria Delovo Fernandes  
Flávia Aparecida Reitz Cardoso  
Leila Larisa Medeiros Marques  
Renata Hernandez Barros Fuchs  
Adriana Aparecida Droval  
Hellen Fernanda da Silva Paulino  
Lucas de Souza Nespeca  
Beatriz Musi Sarris Gomes Lourenço  
Leonardo Vasconcelos Jacovassi  
Pamela da Silva Souza

**DOI 10.22533/at.ed.33719250611**

**CAPÍTULO 12 ..... 100**

AVALIAÇÃO SENSORIAL DE TRÊS MARCAS DE BACON COMERCIAL

Bruna Grassetti Fonseca  
Bianca Guimarães  
Maria Julia Neves Martins  
Ana Carolina Conti e Silva

**DOI 10.22533/at.ed.33719250612**

**CAPÍTULO 13 ..... 108**

DESENVOLVIMENTO DE LOMBO DEFUMADO PRODUZIDO COM CARNE DE JAVALI

Lucas de Souza Nespeca  
Camila da Silva Venancio  
Ana Claudia Montuan de Sousa  
Adriana Aparecida Droval  
Leila Larisa Medeiros Marques  
Renata Hernandez Barros Fuchs  
Flávia Aparecida Reitz Cardoso  
Natália da Silva Leitão Peres  
Angélica Maria Delovo Fernandes  
Lucas Shinti Iwamura  
Larissa Correa

**DOI 10.22533/at.ed.33719250613**

**CAPÍTULO 14 ..... 118**

**OTIMIZAÇÃO DE MORTADELA COM APLICAÇÃO DE MACA PERUANA**

Natália da Silva Leitão Peres  
Letícia Cabrera Parra Bortoluzzi  
Adriana Aparecida Droval  
Leila Larisa Medeiros Marques  
Flávia Aparecida Reitz Cardoso  
Renata Hernandez BarrosFuchs  
Camila da Silva Venancio  
Lucas de Souza Nespeca  
Luiza Pelinson Tridapalli  
Lucas Shinti Iwamura  
Larissa Correa  
Angélica Maria Delovo Fernandes

**DOI 10.22533/at.ed.33719250614**

**CAPÍTULO 15 ..... 127**

**CARACTERIZAÇÃO DA GELATINA OBTIDA DA PELE DE TILÁPIA DO NILO (*Oreochromis niloticus*)**

Bárbara de Sena Nunes Menezes  
Beatriz Helena Paschoalinotto  
Camila da Silva Venancio  
Flávia Aparecida Reitz Cardoso  
Adriana Aparecida Droval  
Renata Hernandez Barros Fuchs  
Pâmela da Silva Souza  
Natália da Silva Leitão Peres  
Maria Gabriella Felipe Silva  
Leila Larisa Medeiros Marques  
Larissa Correa  
Lucas Shinti Iwamura

**DOI 10.22533/at.ed.33719250615**

**CAPÍTULO 16 ..... 137**

**PREPARAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE MICROCÁPSULAS POLI (UREIA-FORMALDEÍDO) PREENCHIDAS COM ÓLEO DE SILICONE COMO INIBIDOR DE CORROSAO PARA APLICAÇÃO EM TINTAS**

Renata França Palhano  
Rogério Gomes de Araújo

**DOI 10.22533/at.ed.33719250616**

**CAPÍTULO 17 ..... 152**

**REMOÇÃO DE Cu(II) POR ADSORÇÃO EMPREGANDO CASCA DE COCO MODIFICADA COM FORMALDEÍDO POLIMERIZADO**

José Eduardo da Silva  
Francisco Idelbrando Lima Rodrigues  
Sara Nóbrega Pacífico  
Aline Sales Ferreira  
Leonardo Félix Santiago  
Luisa Celia Melo Pacheco  
Francisco André Andrade Aguiar  
Vicente Oliveira de Sousa Neto

**DOI 10.22533/at.ed.33719250617**

**CAPÍTULO 18 ..... 163**

ENTALPIA E ENTROPIA DE SORÇÃO DE ÁGUA DA FARINHA DE CAÑIHUA (*Chenopodium pallidicaule Aellen*)

Julles Mitoura dos Santos Junior  
Mona Mellissa Oliveira Cruz  
Augusto Pumacahua Ramos  
Diana Maria Cano Higueta  
Romildo Martins Sampaio  
Harvey Alexander Villa Vélez

**DOI 10.22533/at.ed.33719250618**

**CAPÍTULO 19 ..... 178**

NANOTECNOLOGIA E MEDICINA: NOVAS PERSPECTIVAS PARA O FUTURO

Gustavo Marquezi Borges  
Douglas Daniel Dalle Corte  
Iago Bissani Pesavento  
Odirlei Antônio Magnagnagno

**DOI 10.22533/at.ed.33719250619**

**CAPÍTULO 20 ..... 186**

RISCO E DOLO EVENTUAL NA INTERFACE ENTRE ENGENHARIA E DIREITO

Antonio Maria Claret-Gouveia  
Alberto Frederico Vieira de Sousa-Gouveia  
Miguel Paganin Neto

**DOI 10.22533/at.ed.33719250620**

**CAPÍTULO 21 ..... 199**

AVALIAÇÃO ANTROPOMÉTRICA EM POSTOS DE TRABALHO DE MARCENARIAS NA CIDADE DE MOSSORÓ – RN

Bruno Ítalo Franco de Oliveira  
Fabrícia Nascimento de Oliveira  
Carolina Mendes Lemos  
João Márcio Rebouças Araújo  
Thaynon Brendon Pinto Noronha  
Wandick Nascimento Dantas  
Pedro Renato Moraes Salgado  
Anderson Nunes Silva  
Ana Victoria Carlos Almeida  
Luara Karoliny Machado de Oliveira  
Jerfson Moura Lima

**DOI 10.22533/at.ed.33719250621**

**CAPÍTULO 22 ..... 216**

COMO A DISSEMINAÇÃO EFICIENTE DAS POLÍTICAS DE TI PODE INFLUENCIAR NA MELHORIA DOS SERVIÇOS PRESTADOS À CIDADE

Luiz Fernando Rocha Pombo  
Ana Paula Guzela Bertolin

**DOI 10.22533/at.ed.33719250622**

**CAPÍTULO 23 ..... 228**

ESTUDO COMPARATIVO DE DESEMPENHO DE EXECUÇÃO DE ALGORITMOS NO CUDA E NO OPENCL

Antonio Raian de Lima Mendes

Angelo Amâncio Duarte

**DOI 10.22533/at.ed.33719250623**

**SOBRE O ORGANIZADOR..... 234**

## PREPARAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE MICROCÁPSULAS POLI (UREIA-FORMALDEÍDO) PREENCHIDAS COM ÓLEO DE SILICONE COMO INIBIDOR DE CORROSAO PARA APLICAÇÃO EM TINTAS

**Renata França Palhano**

Centro Universitário Sociesc, Departamento de Engenharia Química  
Joinville, Santa Catarina

**Rogério Gomes de Araújo**

Centro Universitário Sociesc, Departamento de Engenharia Química  
Joinville, Santa Catarina

**RESUMO:** As microcápsulas poliméricas que contêm agentes inibidores de corrosão, têm sido exploradas por vários grupos de pesquisa visando a incorporação em tintas protetivas para torná-las auto-regenerativas. O uso de microcápsulas em tintas proporciona aumento da vida útil de máquinas e utensílios metálicos, além de contribuir para diminuir o número de manutenções em processos industriais, o que reflete em uma redução de gastos não planejados. Este trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de microcápsulas de poli(ureia-formaldeído), PUF, contendo dimetilsiloxano (óleo de silicone) como agente inibidor de corrosão para aplicação como aditivo auto-reparador em tintas protetivas à base de solvente, por meio do método de polimerização in situ. Diversas bateladas do processo foram realizadas utilizando diferentes parâmetros de processo incluindo a velocidade de agitação, o teor de agente emulsificante e

do óleo de silicone, como também a realização de uma lavagem das microcápsulas, para retirar o óleo da parte externa da mesma. A integridade das microcápsulas foi avaliada por microscopia eletrônica de varredura (MEV) e o teor de óleo encapsulado foi determinado por análise termogravimétrica (TG). Os resultados mostraram que foi possível encapsular o dimetilsiloxano, óleo de silicone, já que a análise térmica apresentou uma perda de massa de 55% de silicone, assim como foi possível observar que os parâmetros do processo afetam diretamente na quantidade de microcápsulas produzidas.

**PALAVRA-CHAVE:** Microencapsulas. Óleo de Silicone. Auto-reparação.

### PREPARATION AND CHARACTERIZATION OF MICROCAPSULES POLY (UREIA-FORMALDEHYDE) FILLED WITH SILICONE OIL AS CORROSION INHIBITOR FOR APPLICATION IN PAINTINGS

**ABSTRACT:** Polymeric microcapsules contains corrosion inhibitors agents have been exploited by various research groups and incorporated into prototypes to render them self-regenerating. The use of microcapsules in paints increases the useful life of metallic machines and utensils,

and contributes to reduce the number of maintenance in industrial processes, which reflects in a reduction of unplanned expenses. This work aims at the development of microcapsules of poly (urea-formaldehyde), PUF, containing dimethylsiloxane (silicone oil) as a corrosion inhibiting agent for application as a self-repairing additive in solvent-based protective paints by means of the method of in situ polymerization. Various process batches were carried out using different process parameters including the stirring speed, the emulsifying agent content and the silicone oil, as well as performing a washing of the microcapsules, to remove the oil from the outside of the same. The integrity of the microcapsules was evaluated by scanning electron microscopy (SEM) and the encapsulated oil content was determined by thermogravimetric (TG) analysis. The results showed that it was possible to encapsulate dimethylsiloxane, silicone oil, since the thermal analysis presented a mass loss of 55% of silicon, as well as it was possible to observe that the process parameters affect directly the amount of microcapsules produced.

## 1 | INTRODUÇÃO

A corrosão é um processo espontâneo, que provoca a deterioração de um material, geralmente metálico, o que representa alterações prejudiciais indesejáveis sofridas pelo objeto, tornando-o inadequado para o uso <sup>(09)</sup>.

Diante disso, os prejuízos decorrentes da corrosão atingem o mundo, nota-se que os custos da corrosão podem atingir de 3 a 4% do PIB (Produto Interno Bruto) do nosso país, e que mais de 20% destes custos possam ser evitados através da inserção de medidas e tecnologias de prevenção anticorrosiva <sup>(13)</sup>.

Os problemas que existem na aplicação da tinta em materiais metálicos e a forma com que através de um esforço mecânico a mesma, pode acabar expondo o material ao oxigênio vêm sendo uma preocupação recorrente, dessa forma, o desenvolvimento de um material polimérico que apresenta um grande potencial para prolongar o efeito de proteção contra a corrosão, pode ser incorporado em tintas <sup>(4)</sup>.

O método de polimerização in situ de uma emulsão água em óleo de poli(ureia-formaldeído), PUF, apresenta elevados rendimentos, como também facilidade de preparação <sup>(3)</sup>. A seleção apropriada de parâmetros no processo de síntese de microcápsulas como o pH, temperatura, tipo e concentração de surfactante e velocidade de agitação, podem influenciar nas características e propriedades da autorreparação da matriz epoxídica <sup>(16)</sup>.

Embora os trabalhos expostos por diferentes autores abordarem separadamente algumas variáveis no processo de preparação das microcápsulas, não há um estudo sistemático dos efeitos da alteração de parâmetros na preparação de microcápsulas preenchidas com dimetilsiloxano, óleo de silicone, bem como a lavagem das microcápsulas depois de produzidas, com o intuito de retirar o óleo que fica na parte externa das microcápsulas.

Sendo assim, este trabalho teve como objetivo analisar a combinação dos seguintes parâmetros de síntese de microcápsulas de PUF: Determinação da temperatura, tempo reacional, teor de agentes emulsificantes e teor do óleo de silicone. Assim como, a verificação da distribuição granulométrica das microcápsulas, quantidade de óleo encapsulado e a avaliação da integridade das mesmas, através da sua caracterização após o processo de lavagem.

## 2 | REVISÃO TEÓRICA

### 2.1 Corrosão

Segundo Gentil (2001) a corrosão pode ser definida como a degradação de um material, por ação química ou eletroquímica do meio ambiente aliada ou não a esforços mecânicos.

Existem diversos métodos para combater a corrosão, o método considerado um dos melhores é a utilização de inibidores, os quais podem reduzir ou até eliminar a corrosão <sup>(10)</sup>.

Inibidores podem ser classificados em anódicos, catódicos e de adsorção. Desse modo, os inibidores de adsorção que foram utilizados neste trabalho, funcionam como películas protetoras, as quais, são afetadas por diversos fatores como a velocidade, volume e concentração, temperatura do sistema, tipo do inibidor, superfície e a composição do fluido do sistema <sup>(09)</sup>.

No entanto, esses inibidores podem ser encapsulados em micropartículas poliméricas e serem empregados de diversas formas, dentre elas em tintas protetivas sem afetar composição da mesma <sup>(09)</sup>.

Os inibidores de corrosão aplicados em tintas funcionam como uma barreira física entre o metal e o meio corrosivo em que ajuda a prevenir e/ou evitar a corrosão das peças. Assim os revestimentos vêm se tornando indispensáveis à proteção dos metais, que devem passar a ser considerada parte da composição da superfície do metal, e não um detalhe final do acabamento <sup>(10) (06)</sup>.

#### 2.1.1 Óleo de Silicone como inibidor de corrosão

O Silicone foi identificado como um polímero de alto desempenho o qual atualmente correspondem aos polidialquilsiloxanos, de acordo com a fórmula representada na Figura 1 <sup>(08)</sup>.

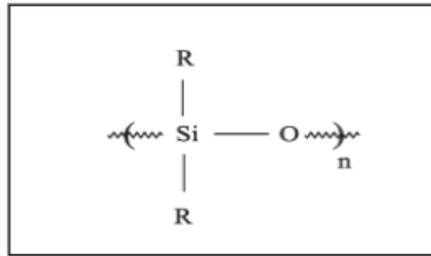


Figura 1: Apresenta a estrutura do polidialquilsiloxanos

Fonte: (GARCIA, 2004).

A estrutura mostra que, o R é o radical metila, em que é conhecido como polidimetilsiloxano. Diante disso, os radicais metilas da cadeia podem ser substituídos por vários outros grupos (por exemplo, fenil ou vinil) <sup>(08)</sup>.

A presença simultânea de grupos “orgânicos” ligados a uma coluna “inorgânica” proporciona aos silicões uma combinação única de propriedades e permite a sua utilização em campos tão diferentes como aeroespacial (desempenho sob-baixas e altas temperaturas) <sup>(08)</sup>.

Entretanto, com os grupos metilas mostrados para fora, a película de silicone é bastante hidrofóbica e proporciona uma superfície com boas propriedades de libertação, em particular, se a película for curada após a aplicação <sup>(11)</sup>.

Os silicões são utilizados na indústria da construção para acabamentos que proporcionam uma película protetora. Seu sucesso está conectado à sua excelente resistência ao intemperismo: baixa reatividade dos grupos funcionais frente ao ar poluído ou água e a natureza hidrofóbica <sup>(07)</sup>.

## 2.2 Microcápsulas poliméricas

A tecnologia da microencapsulação é utilizada em diversas indústrias. Na indústria química sua maior aplicação é no desenvolvimento de materiais autorregeneráveis que oferecem um enorme potencial para reparação de danos, por proporcionar a capacidade de cura autônoma <sup>(14)</sup>.

Segundo Silva et al (2003) as micropartículas são pequenas partículas sólidas e esféricas com tamanho que varia entre 1 e 1000  $\mu\text{m}$ . Subdividem-se em microcápsulas e em microesferas.

Esses materiais segundo Nesterova et al (2012), agem da seguinte forma, quando se rompem, devido a tensão interna ou danos físicos, propagados através do revestimento, liberam agentes inibidores ou de cura, que seguem o plano de fratura devido as forças capilares. Os agentes quando em contato com superfície metálica reagem (no caso dos agentes de cura) criam uma camada na espécie de filme, que protege a área danificada contra corrosão.

O esquema de rompimento das cápsulas e vazamento de agentes inibidores ou de cura pode ser visualizado na Figura 2 demonstrada a seguir.

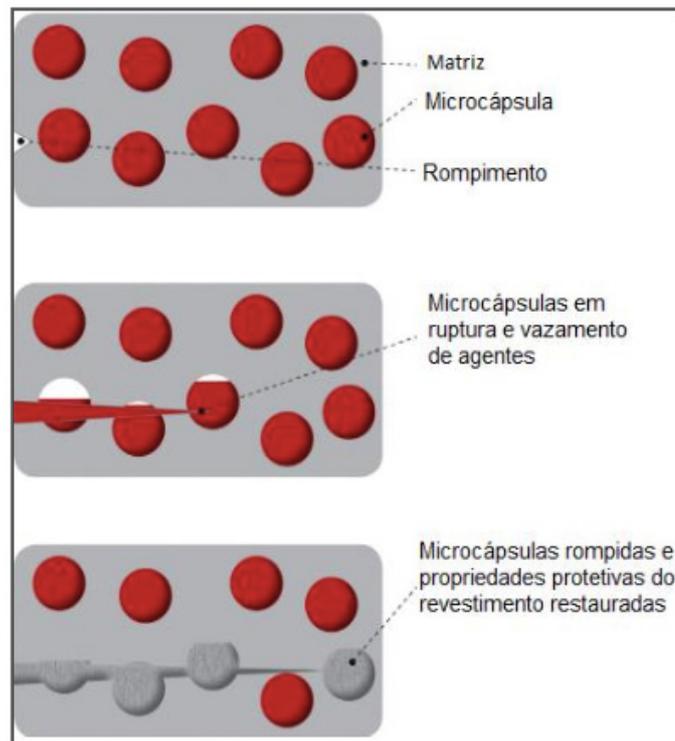
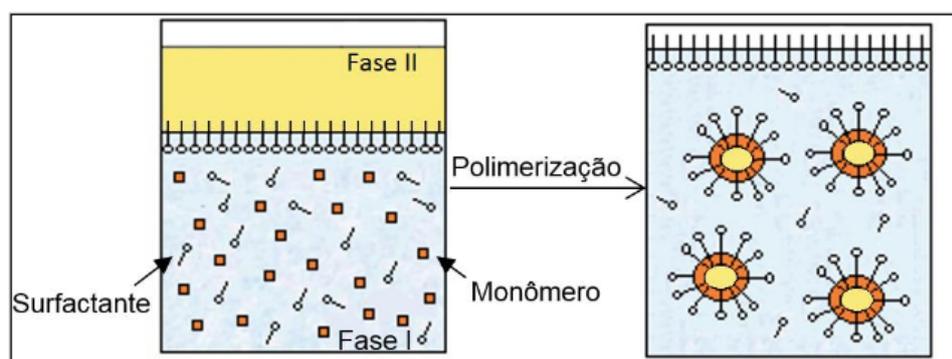


Figura 2: Demonstração da ação das microcápsulas poliméricas quando rompidas

Fonte: Adaptado de Di Credico et al, 2013.

O processo de microencapsulação pode ocorrer por duas maneiras. A primeira trata do processo onde reações químicas ocorrem entre os constituintes da emulsão para dar origem a microesfera, e a segunda em que apenas fenômenos físicos são os responsáveis pela formação das microcápsulas, sem existir reação química.

Os líquidos podem ser encapsulados através de polimerização por separação de fase, onde os monômeros e o líquido a ser encapsulado formam uma mesma mistura e são emulsionados em água. Conforme demonstrado pela Figura 3, em que a fase II é agente inibidor de corrosão e a fase I é onde se localiza o monômero disperso na água, onde posterior a polimerização, o polímero obtido, que é imiscível com a fase dispersa, separa-se da fase aquosa depositando-se na superfície da gotícula de óleo, encapsulando-a <sup>(15)</sup>.



Brown et al., 2003, abordaram a obtenção de microcápsulas a partir do método químico de polimerização de ureia-formaldeído para construir as paredes das cápsulas.

O diâmetro médio da microcápsula é controlado pela velocidade de agitação. À medida que a velocidade de agitação é aumentada, uma emulsão mais fina é obtida e o diâmetro médio da microcápsula diminui. Microcápsulas com diâmetro médio por volta de 10-1000 nm são obtidos ajustando velocidade de agitação entre 200-2000 rpm. O desvio padrão é menos do que 35% do valor médio do diâmetro das microcápsulas produzidas <sup>(1)</sup>.

### 2.3 Poli (Ureia-formaldeído)

As resinas de Ureia-formaldeído são polímeros termofixos, insolúveis, infusíveis obtidos a partir da reação de apenas dois monômeros (ureia e formaldeído). As características básicas da PUF podem ser explicadas no nível molecular por sua alta reatividade, solubilidade em água, susceptibilidade à hidrólise das ligações aminometileno, especialmente em altas temperaturas <sup>(5)</sup>.

As resinas de ureia-formaldeído são comumente preparadas por duas etapas reacionais. Sendo a primeira etapa envolvendo a reação da ureia com o formaldeído sob condições neutras ou levemente alcalinas, levando a produção de mono e dimetilol ureias. A razão entre o composto mono e dimetilol dependerá da proporção de ureia para formaldeído <sup>(15)</sup>.

Sendo assim, se o produto do primeiro estágio contém ureia e formaldeído não reagidos, é submetido a condições ácidas em temperaturas elevadas seguindo a sequência de eventos durante o segundo estágio:

- a. A solução é produzida a partir da qual, foi resfriada, e um precipitado branco seria obtido.
- b. Como processo de aquecimento, a temperatura em que ocorre a precipitação decresce progressivamente até que a estabilização é alcançada e os produtos da condensação permanecem em solução a temperatura ambiente.
- c. Com um aquecimento adicional, há um aumento na viscosidade da calda, para um gel insolúvel e irreversível, que, eventualmente, se converte a uma massa dura, incolor, transparente e infusível <sup>(2)</sup>.

Depois de reticulada, a resina de ureia-formaldeído resulta em uma rede tridimensional que não pode ser mais solubilizada em água <sup>(5)</sup>. A reação de formação de poli (ureia-formaldeído) é demonstrada na Figura 8.

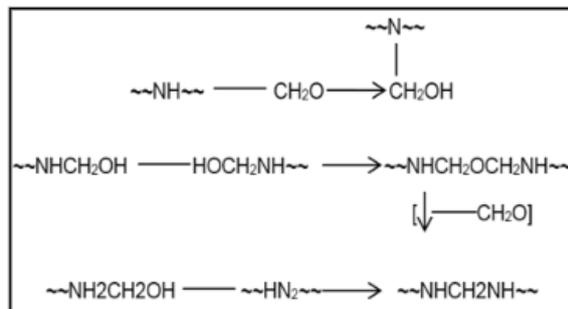


Figura 8 - Demonstração da reação de Poli (ureia-formaldeído)

Fonte: BRYDSON, (2000).

Contudo, a ureia é uma substância que possui um baixo custo, assim como o formaldeído. Dessa forma, oferecem uma resina relativamente barata e de alto desempenho <sup>(5)</sup>.

### 3 | EXPERIMENTAL

#### 3.1 Materiais

Para a realização dos experimentos foram utilizados como reagentes: Uréia (Dinâmica), formalina - 37% de formaldeído em água (Dinâmica), cloreto de amônio (Dinâmica), Resorcinol (Dinâmica) e Surfactante Tween 80 (Vetec).

O óleo de silicone utilizado foi fornecido pela Bluestar Silicones de nome comercial Mirasil® DM 350 Silicone, o qual apresenta uma viscosidade cinemática de 350 mm<sup>2</sup>/s a 25°C.

#### 3.2 Método

A técnica utilizada para preparação de microcápsulas por polimerização in situ de uma emulsão de água e óleo foi baseada nos trabalhos de BROWN e colaboradores <sup>(1)</sup>.

##### 3.2.1 Processo de polimerização

As reações foram realizadas em um balão de três bocas com fundo redondo de 500 mL, no qual foi adicionado 250 mL de água deionizada e misturado um volume que varia entre 1,5 e 2,0 mL de agente emulsificante, Tween 80.

O balão de fundo redondo foi suspenso em um banho-maria com temperatura entre 20-24 °C. Logo após isso, a solução foi submetida à agitação com o auxílio de um agitador mecânico, modelo MA039 com velocidade de agitação de aproximadamente 550 rpm, e nessa solução foram adicionados 5,00 g de ureia, 0,50 g de cloreto de amônio (catalisador) e 0,50 g de resorcinol. Sendo que, ambos foram dissolvidos

na solução. O pH foi corrigido para 2,5 adicionando uma gota de ácido clorídrico concentrado, este foi controlado por um pHmetro.

Após a estabilização do meio reacional, foi acrescentado lentamente o inibidor de corrosão, sendo ele o óleo de silicone (dimetilsiloxano), variando o volume entre 10 e 25 mL, este foi acrescido para formar uma emulsão e após 10 minutos de agitação para estabilização, 11,5 mL de solução aquosa a 37% de formaldeído foram adicionadas para obter uma relação molar de uréia:formaldeído de 1:1,9. Diante disso, a emulsão foi aquecida a uma taxa de aquecimento de 1°C.min<sup>-1</sup> até atingir uma temperatura próxima de 55 °C.

Após 4 horas de agitação contínua, o misturador e o aquecimento foram desligados. A solução contendo as microcápsulas foi resfriada até atingir a temperatura ambiente e filtrada a vácuo com papel filtro faixa azul, para separação das microcápsulas do meio líquido. As microcápsulas foram lavadas com água deionizada e secas em estufa durante 48 h a 40 °C.

O rendimento do processo foi calculado, levando em consideração a razão entre a massa (g) das microcápsulas e massa total (g) de todos os reagentes envolvidos no processo exceto a água deionizada.

Foram preparadas três bateladas de microcápsulas sem a incorporação do óleo de silicone e dezesseis reações com o agente, em que oito dessas são duplicatas (quatro bateladas com 1,5 mL de Tween 80 e as outras quatro com 2,0 mL de Tween 80).

Durante a síntese das microcápsulas variou-se alguns parâmetros, sendo estes o teor de Tween 80 e o teor de dimetilsiloxano (óleo de silicone), porém conservou-se a velocidade de agitação, como apresenta a Tabela 2 a seguir.

Volume do óleo de silicone (mL)	Volume de Tween 80 (mL)	Velocidade de agitação (rpm)
10	1,5	550
15	1,5	550
20	1,5	550
25	1,5	550
10	2,0	550
15	2,0	550
20	2,0	550
25	2,0	550

Tabela 2: Variação de parâmetros durante a síntese das microcápsulas poliméricas

Fonte: Dos autores (2017)

### 3.2.2 *Proceso de lavagem das microcápsulas*

Após a preparação das microcápsulas poliméricas, oito das amostras foram lavadas com o uma solução 2% de Tween 80. As oito bateladas foram identificadas

e colocadas em béqueres separadamente para serem submetidas a uma agitação constante com o auxílio de um agitador magnético, durante 1 hora, em seguida as mesmas foram filtradas com papel filtro de faixa azul e lavadas com água deionizada, após isso foram secas em estufa a vácuo durante 48h a 50 °C.

### *3.2.3 Caracterização das microcápsulas*

A análise térmica de Termogravimetria (TG) foi realizada para determinar o teor de agentes inibidores contidos nas microcápsulas e a temperatura de degradação do polímero. A análise foi realizada em um equipamento da TA Instruments (modelo Q50), em que as amostras foram aquecidas da temperatura ambiente até 700°C com uma taxa de aquecimento de 10°C/min sob atmosfera de nitrogênio (40mL/min).

Por outro lado, foi realizada a análise de Microscopia eletrônica de varredura (MEV) para avaliar o aspecto, o diâmetro e a integridade das microcápsulas obtidas. Para realização das análises, amostras de microcápsulas foram previamente metalizadas com ouro e observadas em um microscópio eletrônico MEV-FEG modelo JSM-6701F, fabricado pela Jeol, pertencente ao laboratório de Microscopia Eletrônica da UDESC-Joinville.

## **4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1 Análise termogravimétrica**

Inicialmente realizou-se análise termogravimétrica de amostras de óleo de silicone de PUF de forma isolada. A Figura 9 apresenta o resultado da análise termogravimétrica do óleo de silicone, em que se observa que o silicone tem uma perda de massa entre 288 e 603 °C, resultante da degradação térmica do material. Observa-se também que a degradação foi completa, não restando nenhum resíduo ao final da análise.

Por sua vez, microcápsulas de PUF sem a presença de óleo de silicone encapsulado apresentaram duas perdas de massa na análise termogravimétrica, conforme mostrado na Figura 10.

A primeira perda de massa, entre a temperatura ambiente e 100°C é relativa à evaporação de substâncias voláteis como monômeros não reagidos e umidade. Já a segunda perda de massa, entre 198 e 405°C, é resultante da degradação térmica do polímero. Observa-se ainda a presença de um resíduo ao final da análise que pode ser atribuído a um material carbonáceo oriundo da degradação e a substâncias inorgânicas utilizadas na polimerização.

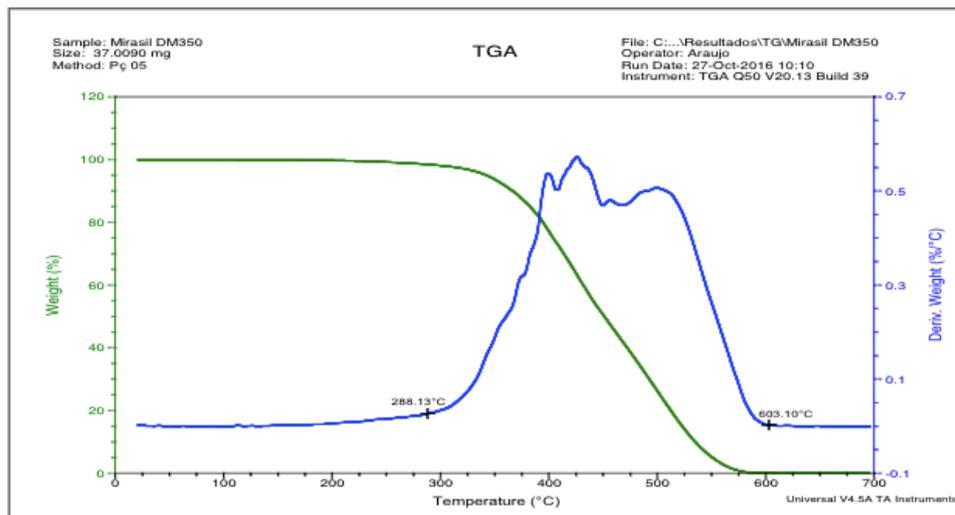


Figura 9- Análise de Termogravimetria (TG) do óleo de silicone

Fonte: Dos autores (2017)

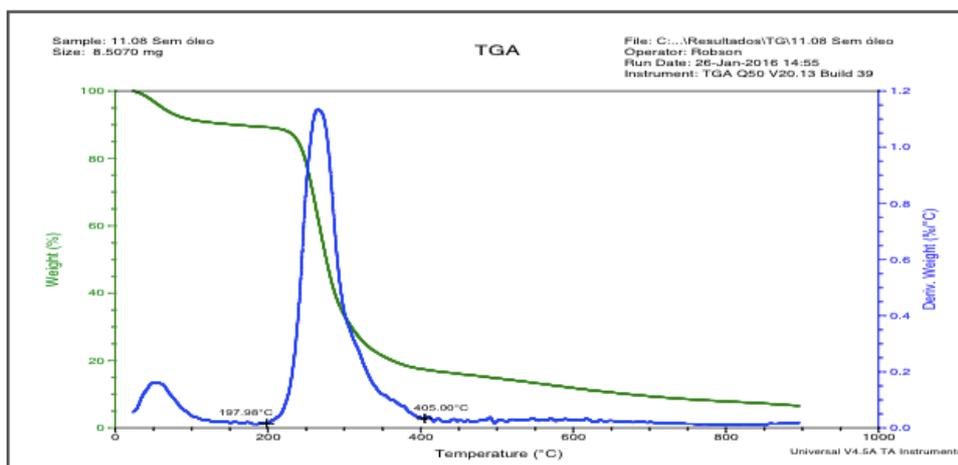


Figura 10- Análise de Termogravimetria (TG) do PUF sem o agente encapsulado

Fonte: Dos autores (2017)

A Figura 11 apresenta o resultado à análise de TG de microcápsulas obtidas na presença de 10 mL de óleo de silicone e com 2,0 mL de emulsificante. Observam-se três intervalos de perda de massa durante a análise: a primeira abaixo de 100°C atribuída aos voláteis, à segunda entre 200 e 330°C atribuída à degradação do PUF e a terceira entre 330 e 650°C atribuída ao óleo de silicone, no qual refletiu em uma perda massa de aproximadamente 55%.

A perda de massa dos componentes em intervalos distintos de temperatura possibilitou a determinação do teor de óleo presente nas amostras de microcápsulas.

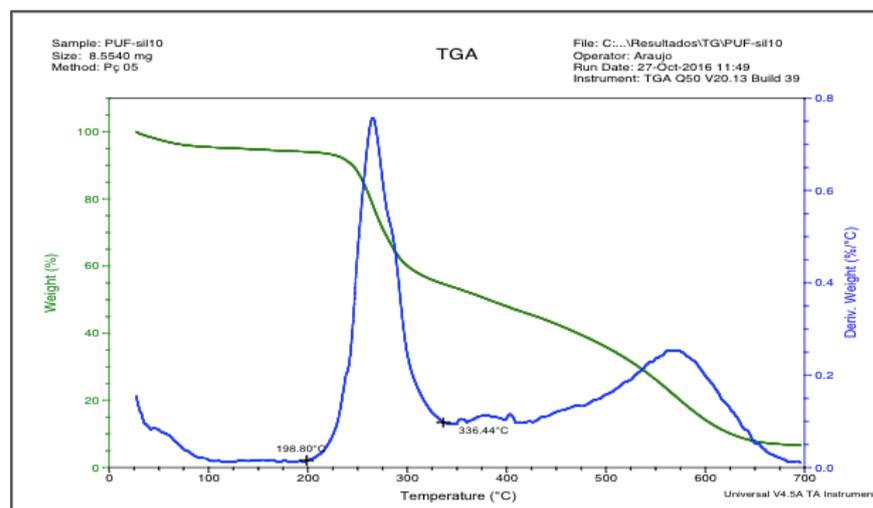


Figura 11- Análise de Termogravimetria (TG) do PUF com 10 mL de óleo de silicone e 2,0 mL de Tween 80

Fonte: Dos autores (2017).

Foram realizadas bateladas utilizando óleo de silicone, Mirasil® DM 350, com uma densidade de 969 kg/m<sup>3</sup> a 25°C, nos volumes de 10 mL, 15 mL, 20 mL e 25 mL variando o volume de Tween 80 entre 1,5 mL e 2,0 mL e três batelada sem agente inibidor.

Na Tabela 3 e 4 é possível verificar o rendimento das microcápsulas obtidas, assim como que conforme o volume de óleo de silicone aumenta conseqüentemente aumenta a quantidade em gramas das microcápsulas e de acordo com os rendimentos as microcápsulas apresentaram um rendimento mais significativo com o volume de Tween 80 de 2,0 mL.

Volume do óleo de silicone (mL)	Massa de microcápsulas obtidas(g)	Volume de Tween 80 (mL)	% Rendimento
10	10,2529	1,5	50,9
15	11,4447	1,5	56,9
20	11,6565	1,5	57,9
25	12,3314	1,5	61,3

Tabela 3 – Variação de dados de quatro bateladas das microcápsulas com 1,5 mL de Tween 80

Fonte: Dos autores (2017).

Volume do óleo de silicone (mL)	Massa de microcápsulas obtidas(g)	Volume de Tween 80 (mL)	% Rendimento
10	9,6331	2,0	46,7%
15	11,6581	2,0	56,5%
20	14,1683	2,0	68,6%
25	15,1236	2,0	73,3%

Tabela 4 – Variação de dados das quatro bateladas das microcápsulas com 2,0 mL de Tween 80

Fonte: Dos autores (2017).

As oito bateladas produzidas passaram pelo processo de lavagem com uma solução de Tween 80 a 2%, com intuito de retirar o óleo da parte externa das microcápsulas.

Primeiramente foi realizada a análise Termogravimétrica (TG) em duas amostras, sendo essas as de 10 mL de óleo de silicone e 1,5 mL de Tween 80 sem passarem pelo processo de lavagem e 10 mL de óleo de silicone e 1,5 mL de Tween 80 com o processo de lavagem, como mostra na Figura 12 e 13, respectivamente.

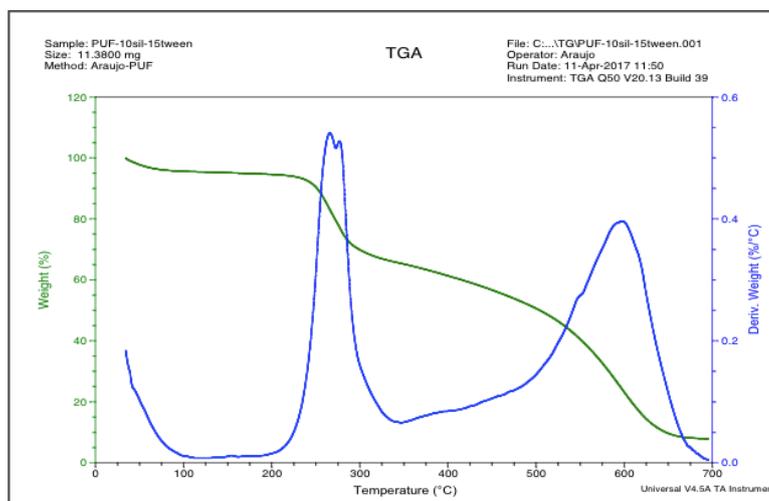


Figura 12- Análise de Termogravimetria (TG) do PUF com 10 mL de óleo de silicone e 1,5 mL de Tween 80 sem a lavagem

Fonte: Dos autores (2017).

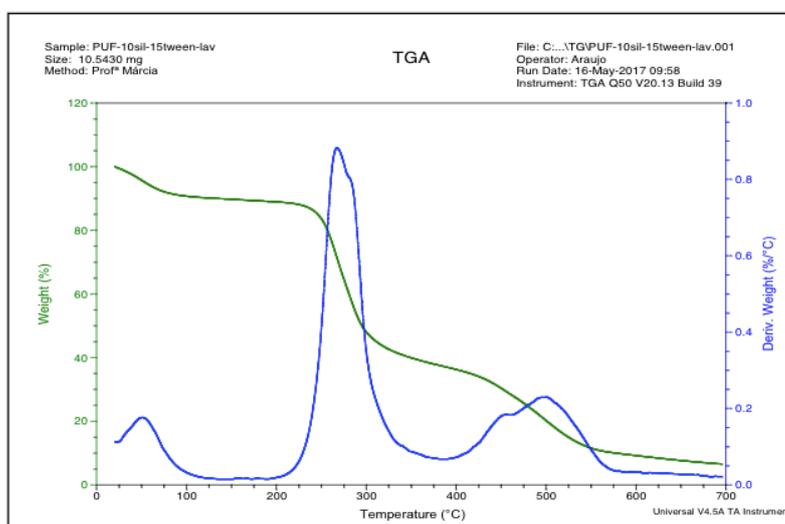


Figura 13- Análise de Termogravimetria (TG) do PUF com 10 mL de óleo de silicone e 1,5 mL de Tween 80 com a lavagem

Fonte: Dos autores (2017).

Diante dos gráficos da Termogravimetria das bateladas que passaram pelo processo de lavagem e sem lavagem, foi possível calcular a porcentagem de perda de massa, apresentadas na Tabela 5.

Componentes	Composição %	
	Sem o processo de lavagem	Com processo de lavagem
Voláteis	05	10
PUF	25	58
Óleo de silicone	60	34,5
Resíduo	10	7,5

Tabela 5 – Variação de dados das quatro bateladas das microcápsulas com 2,0 mL de Tween 80

Fonte: Dos autores (2017).

Diante dos cálculos o óleo de silicone teve uma perda de massa maior na batelada sem o processo de lavagem, em comparação com a batelada que sofreu a lavagem, indicando que o processo de lavagem foi eficiente para remover o óleo aderido externamente nas microcápsulas.

Entretanto, foi realizada a análise de microscopia eletrônica de varredura (MEV) em quatro amostras que passaram pelo processo de lavagem, sendo as amostras com a concentração de 10 mL, 15 mL, 20 mL e 25 mL e o volume de 2,0 mL de Tween 80. A Figura 14 mostra imagens das bateladas do processo de lavagem.

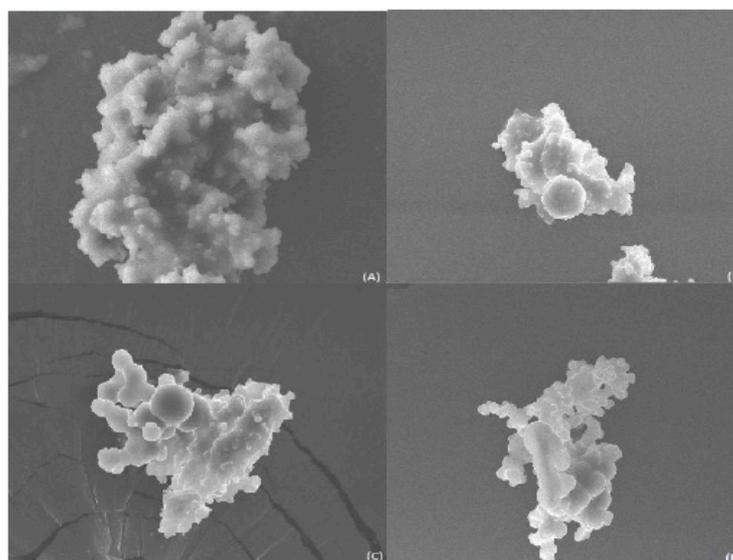


Figura 14- MEV; (a) 10 mL OS e 1,5 mL TW; (b) 15 mL OS e 1,5 mL TW; (c) 20 mL OS e 1,5 mL TW; (d) 25 mL OS e 1,5 mL TW

Fonte: Dos autores (2017).

Foi possível visualizar aglomerados das microcápsulas, PUF, com o tamanho de 10  $\mu\text{m}$  aumentadas em 2000 vezes, de acordo com as imagens o óleo continua

aparecendo nas partes externas das microcápsulas.

## 5 | CONCLUSÃO

O método de obtenção de microcápsulas contendo óleo de silicone (dimetilsiloxano) como agente inibidor de corrosão mostrou-se eficaz nas bateladas realizadas. As microcápsulas contendo 10 mL de óleo de silicone e 2,0 mL apresentaram uma perda de massa de 55% de silicone, indicando que o encapsulamento foi alcançado, o que foi confirmado na análise termogravimétrica.

Foi possível concluir que os parâmetros do processo afetam diretamente na quantidade de microcápsulas produzidas, o volume de óleo de silicone aumentou e conseqüentemente aumentou a quantidade em gramas das microcápsulas obtidas, como também que as microcápsulas apresentaram um rendimento mais significativo com o volume de Tween 80 de 2,0 mL.

O processo de lavagem após a produção de microcápsulas PUF mostrou-se pouco eficaz, já que através da análise de microscopia eletrônica de varredura, as imagens apresentaram a parte externa oleosa.

## REFERÊNCIAS

- [1] BROWN, E. N. et al., "In situ poly(urea-formaldehyde) microencapsulation of dicyclopentadiene", **J. Microencapsulation**, v. 20, n. 20, pp. 719-730, 2003.
- [2] BRYDSON, J. **Plastics Materials**. Oxford: Butterworth Heinemann, 2000. CANEVAROLO, S. V. J. **Ciência dos polímeros**. São Paulo: Artliber Editora Ltda, 2002.
- [3] CHUANJIE, F., XIAODONG, Z., "Preparation and barrier properties of the microcapsules added nanoclays in the wall", **Polymers for Advanced Technologies**, v. 20, n. 12, pp. 934-939, 2009.
- [4] DI CREDICO, B.; LEVI, M.; TURRI, S. An efficient method for the output of new self-repairing materials through a reactive isocyanate encapsulation. **European Polymer Journal**, v. 49, n. 9, p. 2467-2476, 2013.
- [5] DUNKY, M. Urea-formaldehyde (UF) adhesive resins for wood. **International Journal of Adhesion and Adhesives**, v. 18, n. 2, p. 95-107, 1998.
- [6] FURTADO, P. **Pintura anticorrosiva dos metais**. Rio de Janeiro: LTC, 2010.
- [7] F.O. Stark et al., **Silicones, Comprehensive Organometallic Chemistry**, vol. 2, p. 305, Pergamon Press 1982.
- [8] GARCIA, Marcelo H. F.; FARIAS, Simone B.; FERREIRA, Bianca G.. Determinação quantitativa da concentração de silicone em antiespumantes por espectroscopia FT-IR / ATR e calibração multivariada. **Polímeros**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 5, p.1-6, jul. 2004.
- [9] GENTIL, Vicente. **Corrosão**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2001.
- [10] GENTIL, V. **Corrosão**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2003.

[11] M.J. Owen, Chemtech, 11 (1981) 288; esse artigo foi revisado e reeditado em Chimie Nouvelle, 85 (2004) 27.14)

[12] NESTEVORA et al, Microcápsulas poliméricas. **Formação de microcápsulas poliméricas**, 2012.

[13] **REVISTA DA ORDEM DOS engenheiros**. Lisboa, *Dia mundial da sensibilização para a corrosão*. 2010. Mensal. Disponível em: <<http://www.ordemengenheiros.pt/pt/centro-de-informacao/dossiers/apresentacoes/dia-mundial-da-sensibilizacao-para-a-corrosao/>>. Acesso em: 31 ago. 2016.

[14] SILVA, C. *et al*. Administração oral de peptídeos e proteínas: II. Aplicação de métodos de microencapsulação. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 39, n. 1, p. 1–20, 2003.

[15] SAUL, A. C. **Obtenção de microcápsulas aplicadas a “tintas inteligentes” de proteção anticorrosiva**. 2014. 108f. Dissertação (Mestrado em Química) -Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

[16] YUAN, L., GU, A., LIANG, G. “Preparation and properties of poly(urea–formaldehyde) microcapsules filled with epoxy resins”, **Materials Chemistry and Physics**, v. 110, pp. 417–425, 2008.

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-433-7

