

COLEÇÃO
DESAFIOS
DAS
ENGENHARIAS:

ENGENHARIA QUÍMICA 2



CLEISEANO EMANUEL DA SILVA PANIAGUA
(ORGANIZADOR)

Atena
Editora
Ano 2021

COLEÇÃO
DESAFIOS
DAS
ENGENHARIAS:

ENGENHARIA QUÍMICA 2



CLEISEANO EMANUEL DA SILVA PANIAGUA
(ORGANIZADOR)

Atena
Editora
Ano 2021

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2021 Os autores

Copyright da edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. 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.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Mariane Aparecida Freitas
Indexação: Gabriel Motomu Teshima
Revisão: Os autores
Organizador: Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C691 Coleção desafios das engenharias: engenharia química 2 /
Organizador Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua. -
Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-536-2

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.362212610>

1. Engenharia química. I. Paniagua, Cleiseano Emanuel
da Silva (Organizador). II. Título.

CDD 660

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos - CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa - Paraná - Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, desta forma não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

APRESENTAÇÃO

O e-book intitulado: “Coleção Desafios das Engenharias: Engenharia Química 2” é constituído por dezoito capítulos de livros que foram organizados em quatro áreas temáticas: *i*) utilização de adsorventes para remoção de Contaminantes de Interesse Emergente (CIE) em diferentes matrizes aquosas; *ii*) produção de biodiesel e bio-óleo a partir de biomassa ou reutilização de óleo de fritura; *iii*) análise de recuperação avançada de petróleo por injeção de gás carbônico ou polímeros e práticas de gestão para exploração de petróleo e gás natural e *iv*) aplicações diversas.

O primeiro tema é composto por 50% dos capítulos de livros presente no e-book, apresentando trabalhos utilizando biomassas de origem vegetal para remoção da turbidez presente em efluentes oleosos e metais em águas residuárias e industriais; remoção de nitrogênio amoniacal e o fármaco ivermectina utilizando o carvão ativado, respectivamente, *in natura* e funcionalizado com grafeno; aplicação de surfactantes não-iônicos para reduzir a dissolução de carbonatos e a redução do consumo de água em processo de bradagem; a apresentação de um método analítico para quantificar a presença de Bisfenol A em águas superficiais, um estudo de revisão da literatura que mostra a qualidade dos recursos hídricos em vários países e a presença da diversidade e quantidade dos CIEs nas matrizes aquosas e a caracterização físico-química da farinha de Inhame obtida pelo processo de atomização. A segunda temática apresenta dois estudos que investigaram a produção de biodiesel e bio-óleo a partir, respectivamente, do aproveitamento do óleo de soja/fritura e da pirólise proveniente de biomassa.

Os capítulos de 12 a 14 apresentam trabalhos que buscaram avaliar a eficiência da injeção de gás carbônico ou solução de polímero para avaliar a recuperação avançada do petróleo. Além disso, apresenta um estudo de práticas de gestão operacional de exploração e produção de petróleo e gás natural exigido para atender normas da ABNT e certificações ISO e regulamentos técnicos estabelecidos pela Agência Nacional do Petróleo (ANP). Já os trabalhos presentes nos capítulos de 15 a 18 tratam de temas que variam da utilização da garrafa PET como dispositivo para determinar a densidade aparente de materiais em forma de pó; análise da geometria, diluição e qualidade de revestimentos de aço AISI 317L aplicado pelo processo de GTAW; estudo teórico visando aumentar a eficiência de uma coluna cromatográfica utilizando sílica na forma de nanopartículas e; apresenta uma aplicação na indústria de alimentos que utilizou a mistura de bebida fermentada de camomila com o cogumelo da espécie *Agaricus Brasiliensis*.

Diante desta variedade de estudos, provenientes de pesquisadores (as) de diferentes partes do Brasil, a Atena Editora selecionou e reuniu estes trabalhos neste e-book que depois de publicado, estará acessível de forma gratuita em seu *site* e em outras plataformas digitais, contribuindo para a divulgação do conhecimento científico gerado nas

instituições de ensino de todo o país. Assim, a Atena Editora vem trabalhando, buscando, estimulando e incentivando cada vez mais os pesquisadores do Brasil e de outros países a publicarem seus trabalhos com garantia de qualidade e excelência em forma de livros ou capítulos de livros.

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

ESTUDO DA EFICIÊNCIA DA CASCA DE MARACUJÁ NA REMOÇÃO DE TURBIDEZ DE EFLUENTE OLEOSO

Cinthia Silva Almeida
Antonia Vitória Grangeiro Diógenes
Macilene Maria Monteiro Maia
Daianni Ariane da Costa Ferreira
Francisco Wilton Miranda da Silva
Zilvam Melo dos Santos
Manoel Reginaldo Fernandes
Regina Celia de Oliveira Brasil Delgado

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3622126101>

CAPÍTULO 2..... 9

AMMONIA NITROGEN REMOVAL FROM FISH PROCESSING WASTEWATER BY ADSORPTION USING ACTIVATED CARBON

Davi Vieira Gomes
Maria Alice Prado Cechinel

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3622126102>

CAPÍTULO 3..... 18

CINÉTICA DE ADSORÇÃO DE IVERMECTINA EM CARVÃO ATIVADO FUNCIONALIZADO COM GRAFENO

Eduardo Possebon
Marcelo Fernandes Vieira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3622126103>

CAPÍTULO 4..... 34

APLICAÇÃO DE SURFATANTES NÃO IÔNICOS NO CONTROLE DA TAXA DE DISSOLUÇÃO DE CARBONATOS NA ACIDIFICAÇÃO DE MATRIZ

Alcides de Oliveira Wanderley Neto
Guilherme Mentges Arruda
Dennys Correia da Silva
Luiz Felipe da Hora
Jefferson David Coutinho de Araújo
Marcos Allyson Felipe Rodrigues

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3622126104>

CAPÍTULO 5..... 45

UM ESTUDO PARA OTIMIZAÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA E REDUÇÃO DA PEGADA DE CARBONO EM PROCESSO DE BRASAGEM

Caline Nunes de Carvalho
Tereza Neuma de Castro Dantas
Afonso Avelino Dantas Neto
Herbert Senzano Lopes

Andréa Oliveira Nunes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3622126105>

CAPÍTULO 6..... 57

PROPOSTA DE MÉTODO ANALÍTICO PARA QUANTIFICAÇÃO DE BISFENOL A EM ÁGUAS SUPERFICIAIS

Cristiano Gonçalves Alano
Paula Roberta Perondi Furtado
Marcia Luciane Lange Silveira
Jamile Rosa Rampinelli
Elisabeth Wisbeck
Mariane Bonatti Chaves
Sandra Aparecida Furlan

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3622126106>

CAPÍTULO 7..... 74

CONTAMINANTES DE INTERESSE EMERGENTE PRESENTES EM DIFERENTES MATRIZES AQUOSAS: O QUE VOCÊ NÃO VÊ, MAS AFETA E COMPROMETE A QUALIDADE DOS DIFERENTES ECOSSISTEMAS E A SAÚDE DE TODOS OS ORGANISMOS VIVOS

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
Valdinei de Oliveira Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3622126107>

CAPÍTULO 8..... 87

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E TECNOLÓGICA DE FARINHA DE INHAME OBTIDA POR ATOMIZAÇÃO

Edison Paulo de Ros Triboli
Letícia Giuliani Yashiki

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3622126108>

CAPÍTULO 9..... 93

PRODUÇÃO DE BIODIESEL UTILIZANDO ÓLEO DE FRITURA E ÓLEO DE SOJA

Rafael Melo dos Santos Costa
Juan Medeiros Sousa
Dyenny Ellen Lima Lhamas

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3622126109>

CAPÍTULO 10..... 101

PRODUÇÃO DO BIO-ÓLEO A PARTIR DA PIRÓLISE RÁPIDA DA BIOMASSA

Janaína Santos Matos
Leila Maria Aguilera Campos
Maria Luiza Andrade da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.36221261010>

CAPÍTULO 11..... 114

UMA REVISÃO SOBRE A OBTENÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEIS A PARTIR DE EFLUENTES DO PROCESSAMENTO DA MANDIOCA GERADOS NO BRASIL

Renata Carvalho Costa

Márcio Daniel Nicodemos Ramos

André Aguiar

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.36221261011>

CAPÍTULO 12..... 126

ANÁLISE DE RECUPERAÇÃO AVANÇADA DE PETRÓLEO ATRAVÉS DA INJEÇÃO MISCÍVEIS DE CO₂ POR MEIO DE SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DO CASO UNISIM-II-H

Ana Paula Pereira Santos

Paulo Couto

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.36221261012>

CAPÍTULO 13..... 145

INJEÇÃO DE POLÍMEROS ACIMA DA PRESSÃO DE FRATURA DA FORMAÇÃO COMO MÉTODO DE RECUPERAÇÃO AVANÇADA DE PETRÓLEO

Maria do Socorro Bezerra da Silva

Edney Rafael Viana Pinheiro Galvão

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.36221261013>

CAPÍTULO 14..... 157

PRÁTICAS DE GESTÃO OPERACIONAL NA EXPLORAÇÃO E PRODUÇÃO (E&P) DE PETRÓLEO E GÁS NATURAL NO BRASIL, PARA ATENDER REQUISITOS DE NORMAS ABNT NBR ISO DE SGI E DE REGULAMENTOS TÉCNICOS DA AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO (ANP)

Raymundo Jorge de Sousa Mançú

Luís Borges Gouveia

Silvério dos Santos Brunhoso Cordeiro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.36221261014>

CAPÍTULO 15..... 196

MELHORIA DA DETERMINAÇÃO DE DENSIDADE APARENTE DE PÓS COM AUXÍLIO DE DISPOSITIVO FEITO COM GARRAFA DE REFRIGERANTE

Edison Paulo de Ros Triboli

Marina Piasentini Oliva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.36221261015>

CAPÍTULO 16..... 202

ANÁLISES DA GEOMETRIA, DILUIÇÃO E QUALIDADE DE REVESTIMENTOS DE AÇO AISI 317L APLICADOS PELO PROCESSO GTAW COM ADIÇÃO DE ARAME FRIO

Rafael Barbosa Carneiro dos Santos

João Pedro Inácio Varela

Mathews Lima dos Santos

Marcos Mesquita da Silva

Renato Alexandre Costa de Santana

Raimundo Nonato Calazans Duarte

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.36221261016>

CAPÍTULO 17.....215

**ESTUDO TEÓRICO: AUMENTO DA EFICIÊNCIA DE COLUNAS CROMATOGRÁFICAS
POR APLICAÇÃO DE NANOPARTÍCULAS**

Afonso Poli Neto

Herbert Duchatsch Johansen

Marcelo Telascrêa

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.36221261017>

CAPÍTULO 18.....229

BEBIDA FERMENTADA DE CAMOMILA COM COGUMELO *AGARICUS BRASILIENSIS*

Joseane Martins de Oliveira

Édipo Gulogurski Ribeiro

Meakaythacher Massayumi Takayanagui

Ana Carolina Dobrychtop

Camila Kaminski

Herta Stutz

Sueli Pércio Quináia

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.36221261018>

SOBRE O ORGANIZADOR.....238

ÍNDICE REMISSIVO.....239

ANÁLISES DA GEOMETRIA, DILUIÇÃO E QUALIDADE DE REVESTIMENTOS DE AÇO AISI 317L APLICADOS PELO PROCESSO GTAW COM ADIÇÃO DE ARAME FRIO

Data de aceite: 27/09/2021

Data de submissão: 04/08/2021

Rafael Barbosa Carneiro dos Santos

Universidade Federal de Campina Grande
Campina Grande - Paraíba
<https://orcid.org/0000-0002-7641-4846>

João Pedro Inácio Varela

Universidade Federal de Campina Grande
Campina Grande - Paraíba
<https://orcid.org/0000-0003-1386-3430>

Mathews Lima dos Santos

Universidade Federal de Campina Grande
Campina Grande - Paraíba
<https://orcid.org/0000-0002-4478-1887>

Marcos Mesquita da Silva

Instituto Técnico Federal da Paraíba
Campina Grande - Paraíba
<https://orcid.org/0000-0001-9942-2964>

Renato Alexandre Costa de Santana

Universidade Federal de Campina Grande
Campina Grande - Paraíba
<https://orcid.org/0000-0002-7075-7709>

Raimundo Nonato Calazans Duarte

Universidade Federal de Campina Grande
Campina Grande - Paraíba
<http://lattes.cnpq.br/6888984510203323>

RESUMO: O presente trabalho objetiva apresentar técnicas operacionais, bem como os resultados obtidos, na aplicação de

revestimentos em substrato de aço de carbono, a fim de obter melhorias no processo de soldagem GTAW mecanizada com adição de arame frio. As soldagens foram realizadas com o metal de adição AISI 317L, com diâmetro de 1,2mm e um aço de baixo carbono como substrato. Ademais, algumas técnicas e parâmetros de soldagem provenientes de um trabalho anterior, com os melhores resultados, foram empregados. As análises se basearam em exame visual, geometria dos revestimentos e ensaios eletroquímicos de corrosão. Verificou-se que os revestimentos feitos com os parâmetros da técnica 3 não prosseguiram para as análises seguintes à inspeção visual pela forte presença de falha de preenchimento entre os cordões. Já na análise geométrica, alguns revestimentos com e sem pré-aquecimento apresentaram resultados satisfatórios, mas alguns que não receberam pré-aquecimento também mostraram falhas de preenchimento e não foram estudados nos ensaios eletroquímicos de corrosão. Baseado em todas essas análises, viu-se que o pré-aquecimento diminuiu a incidência de defeitos, que a sinergia entre a velocidade de alimentação e a corrente foi fundamental para a obtenção de altura e largura satisfatória, bem como uma boa diluição e que o revestimento 3 apresentou bons resultados nos ensaios de corrosão, mas a necessidade de realizar correção de geometria nos cordões tornou sua aplicação inviável e assim, o revestimento 2 com pré-aquecimento mostrou-se o mais apropriado pelas falhas mínimas, parâmetros geométricos aceitáveis e resultados de impedância e resistência à polarização satisfatórios.

PALAVRAS-CHAVE: Soldagem GTAW, Arame frio, Revestimento, Corrosão.

GEOMETRY, DILUTION AND QUALITY ANALYSIS OF AISI 317L STEEL COATINGS APPLIED BY THE GTAW PROCESS WITH ADDITION OF COLD WIRE

ABSTRACT: The present work aims to present some operational techniques, as well as the results obtained, in the application of coatings on carbon steel substrate, in order to obtain improvements in the mechanized GTAW welding process with the addition of cold wire. The welds were performed with AISI 317L filler metal, 1.2mm in diameter and a low carbon steel as substrate. Furthermore, some welding techniques and parameters from a previous work, with the best results, were used. The analyzes were based on visual examination, coating geometry and electrochemical corrosion tests. It was found that the coatings made with the parameters of technique 3 did not continue for the analyzes following the visual inspection due to the strong presence of filling failure between the cords. In the geometric analysis, some coatings with and without preheating showed satisfactory results, but some that did not receive preheating also showed filling failures and were not studied in the electrochemical corrosion tests. Based on all these analyses, it was seen that preheating reduced the incidence of defects, that the synergy between feed speed and current was essential to obtain satisfactory height and width, as well as good dilution and that the coating 3 showed good results in corrosion tests, but the need to perform geometry correction on the beads made its application unfeasible and thus, coating 2 with preheating proved to be the most appropriate due to its minimal flaws, acceptable geometric parameters and results of satisfactory impedance and polarization resistance.

KEYWORDS: GTAW Welding, Cold Wire, Coating, Corrosion.

1 | INTRODUÇÃO

O petróleo e o gás são responsáveis por 56% da matriz energética mundial, suprimindo mais de 96% da necessidade energética do setor de transporte. Esses dois recursos atendem a 64% da necessidade energética do setor industrial e respondem por 25% da geração elétrica mundial. Além disso, grande parcela dos produtos manufaturados do mundo contemporâneo decorre dos derivados de petróleo e petroquímicos (MENDES, 2017).

Arelado a grande escala de utilização, surge a preocupação com o transporte desses produtos. Visando garantir a confiabilidade dos dutos de transporte, permitindo que eles operem com total segurança ao longo do tempo, torna-se necessário protegê-los contra a corrosão proveniente da agressividade desses fluidos transportados. Por esse motivo, torna-se necessário uma série de cuidados para evitar que problemas de corrosão interfiram nessas operações de transporte (MENEZES, 2016).

Uma solução para esse problema seria o uso de materiais resistentes à corrosão na fabricação dessas tubulações para transporte de petróleo e gás. Todavia, devido a questões econômicas (alto custo), torna-se inviável a produção de dutos 100% constituídos de

metais nobres. Logo, são realizadas deposições desses metais nobres (aços inoxidáveis, ligas de níquel, etc.) na forma de camadas protetoras (revestimentos), atendendo assim a necessidade de proteção, a um custo mais baixo.

Dentre as alternativas para deposição desses revestimentos anticorrosivos, normalmente se faz uso de processos de soldagem. Além da utilização visando deposição de revestimentos, a soldagem tem destaque como o principal processo de união devido à grande integridade e eficiência das juntas, diversidade nos materiais aplicáveis, custo relativamente baixo e rápida velocidade para execução. Exatamente por apresentar essas e outras vantagens, o processo de soldagem vem sendo amplamente utilizado, como por exemplo, nas atividades de exploração e produção de petróleo naval e offshore (BAEK et al., 2021; DE SOUZA et al., 2014; SATHISH et al., 2021).

Um desses processos que vem sendo empregado com sucesso é o GTAW (Gas-Shielded Tungsten Arc Welding), pela qualidade e aplicabilidade que esse proporciona. Essa técnica de soldagem pode ser realizada tanto de forma manual quanto de maneira mecanizada. O problema de ser manual, além da baixa produtividade, é a sujeição do processo a erros humanos (falta de constância durante a realização) e riscos ao operador. Já o processo mecanizado utilizando o arame frio como metal depositante (GTAW-MAF), segundo Miranda et al. (2011, apud HOBOLD, 2018), apresenta uma melhor estabilidade do arco, maior produtividade e qualidade na soldagem.

Ademais, o processo GTAW-MAF possibilita o controle dos parâmetros envolvidos e assim, é possível obter revestimentos no mínimo aceitáveis para serem aplicados nas tubulações de oleodutos e gasodutos. Dessa forma, o objetivo desse trabalho é apresentar algumas técnicas operacionais usadas, bem como os resultados obtidos, na aplicação de revestimentos de aço inoxidável E317L em substrato de aço de baixo carbono.

Assim, o presente trabalho tem como objetivo apresentar técnicas operacionais na aplicação de revestimentos em substrato de aço de carbono, a fim de obter melhorias no processo de soldagem GTAW mecanizada com adição de arame frio.

2 | METODOLOGIA

No estudo em questão, foi utilizado como substrato um aço de baixo carbono. Com relação ao revestimento, foi utilizado o aço inoxidável E317L como metal de adição. As Figuras 1 e 2 mostram suas composições químicas, respectivamente. Ademais, utilizou-se o Argônio com 25% de CO₂ como gás de proteção (com vazão de 15L/min), um eletrodo de tungstênio com diâmetro de 3,2mm e uma bobina de arame do metal de adição com diâmetro de 1,2mm.

C	Fe	Mn	Si	S	P	As	B	Bi	Ca	Ce	Co	Pb
0,166	99,100	0,550	0,027	0,005	0,019	0,009	0,000	<0,002	0,001	<0,003	0,007	<0,003
Cr	Cu	Zr	La	Mo	Nb	Ni	Al	Sn	Ti	V	W	Zn
0,012	0,008	<0,001	0,001	<0,002	<0,003	0,027	0,044	0,005	<0,001	<0,001	0,016	0,003

Figura 1: Composição química do aço carbono (substrato).

FONTE: autoria própria.

Metal de adição	Composição (% em peso)														
	C	Cr	Ni	Mo	Mn	Si	Co	Ti	P	Cu	Al	S	N	B	Fe
E317L	0,018	18,84	13,66	3,56	1,34	0,42	0,18	0,003	0,021	0,11	0,003	0,013	0,058	0,0012	Bal.

Figura 2: Composição química do metal de adição E 317L.

Fonte: Sandvik (2010).

Para a realização dos revestimentos, algumas técnicas foram empregadas:

- *Limpeza mecânica*: limpeza da chapa com escova de aço, essa ação auxilia no preenchimento dos revestimentos e ajuda a diminuir a falta de fusão entre os cordões;
- *Afiação do eletrodo*: mantém a regularidade do arco elétrico;
- *Pré-aquecimento do substrato*: muito importante para diminuir as falhas de preenchimento (facilita a fusão). Foi realizado com valor de 150°C;
- *Sentido de soldagem “empurrando” nas técnicas 2 e 3*: realizar soldagens no sentido “empurrando” teoricamente promove menores penetrações e diluições o que seria apropriado para soldagens de revestimentos.
- *Sentido de soldagem “puxando” na técnica 3*: realizar a soldagem no sentido contrário ao convencional, pois aumenta a penetração (diluição) e pode promover redução de descontinuidades.

Atrelado ao uso dessas técnicas, fez-se três revestimentos para cada uma delas, com os parâmetros dos três ensaios que apresentaram os melhores resultados. Esses ensaios são provenientes de um trabalho anterior, no qual foi desenvolvido todo um planejamento experimental para estabelecimento e avaliação de parâmetros de soldagem (SANTOS *et al.*, 2020). A Tabela 1 apresenta os parâmetros utilizados nos revestimentos e a Tabela 2 as características de cada técnica utilizada.

Logo, a fim de estabelecer um padrão para as nomenclaturas dadas a cada revestimento, essas ficaram na forma apresentada na Figura 3.

Parâmetros do ensaio 1 (R1)	Parâmetros do ensaio 2 (R2)	Parâmetros do ensaio 3 (R3)
<ul style="list-style-type: none"> • Corrente (I) = 200A; • Distância do eletrodo à peça (DEP) = 10mm; • Velocidade de alimentação (Va) = 3m/min. 	<ul style="list-style-type: none"> • Corrente (I) = 240A; • Distância do eletrodo à peça (DEP) = 10mm; • Velocidade de alimentação (Va) = 5m/min. 	<ul style="list-style-type: none"> • Corrente (I) = 220A; • Distância do eletrodo à peça (DEP) = 12,5mm; • Velocidade de alimentação (Va) = 4m/min.

Tabela 1: Parâmetros utilizados nos revestimentos.

FONTE: autoria própria.

Primeira técnica (P1)	Segunda técnica (P2)	Terceira técnica (P3)
<p>Todos os cordões foram realizados no sentido “empurrando”, com limpeza mecânica e sem a realização de um pré-aquecimento do substrato.</p>	<p>Foi feito um procedimento semelhante ao primeiro. A diferença foi a inclusão do pré-aquecimento de 150°C no substrato.</p>	<p>Apenas o primeiro cordão foi feito no sentido “empurrando” (os demais foram no sentido convencional), com realização tanto da limpeza mecânica quanto do pré-aquecimento.</p>

Tabela 2: Técnicas utilizadas nos revestimentos.

FONTE: autoria própria.

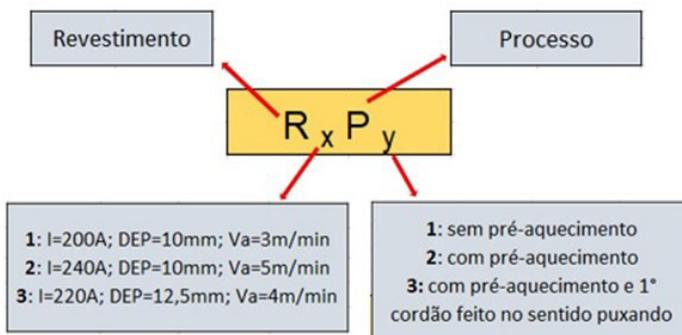


Figura 3: Nomenclatura dada aos revestimentos.

FONTE: autoria própria.

Para as análises dos revestimentos, primeiramente foi realizada uma análise visual, tanto na região superficial como interna (seção transversal), a fim de identificar falhas grosseiras como falta de preenchimento/fusão entre os cordões. A segunda análise foi baseada na geometria dos revestimentos, de onde se tirou medidas importantes ao estudo, como altura máxima, altura mínima (importante que se tenha um valor minimamente aceitável para garantir a proteção do substrato), largura (diretamente ligada ao nível de espalhamento e assim, a questões como economia de material e tempo) e diluição (porcentagem do substrato que participa do revestimento. Todas essas medições foram realizadas através de um programa computacional CAD (*Computer Aided Design*). As Figuras 5a e 5b apresentam a metodologia para realizar as medições desses parâmetros.

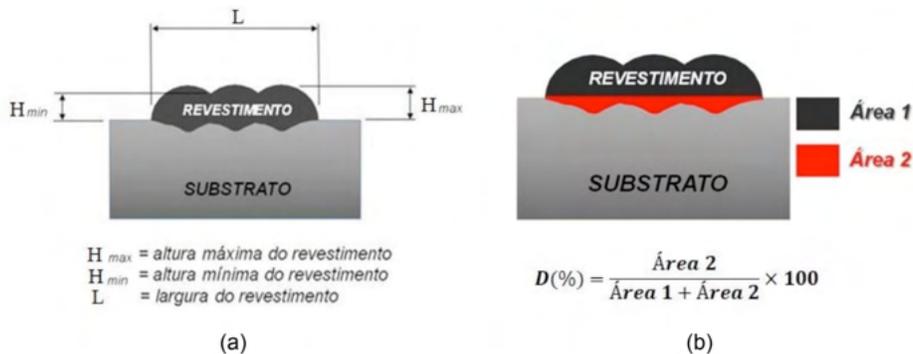


Figura 5: (a) método de medição da altura máxima, altura mínima e largura. (b) método de medição e cálculo da diluição.

FONTE: adaptado de SILVA (2013).

E por fim, foram feitos dois ensaios eletroquímicos de corrosão. Um foi a Espectroscopia de Impedância Eletroquímica (EIE) que baseia-se na imposição de pequenas perturbações de corrente alternada numa faixa de frequências determinadas, sendo então efetuada a medição da corrente de resposta do sistema como função da frequência e calculando a frequência da impedância (DOS SANTOS, 2016 apud MÁRQUEZ, 2016). Uma das principais vantagens da técnica de impedância é a baixa intensidade de excitação do sinal, permitindo assim, melhores aquisições nas medições, além de também ser considerada como uma técnica não destrutiva (FERNANDÉZ, 2014 apud MÁRQUEZ, 2016). O outro ensaio foi a Polarização Potenciodinâmica Linear (PPL), através da qual aplica-se um potencial faz com que o eletrodo de trabalho tenha seu potencial alterado em relação ao seu potencial inicial (potencial de corrosão). Ele gera curvas que correspondem a um registro do potencial aplicado e da corrente resultante e quantifica a resistência de polarização de um material, sendo capaz de fornecer informações de dados cinéticos relativos às reações de oxidação que ocorrem na superfície metálica (ALMEIDA, 2019).

A partir dessas análises, foi possível selecionar o revestimento que apresentou os melhores resultados no estudo em questão, para aplicação em uma situação real, além de outras conclusões acerca dos processos realizados durante a pesquisa e questões relacionadas.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 6 apresenta os revestimentos, feitos de acordo com os parâmetros de soldagem e técnicas escolhidas.

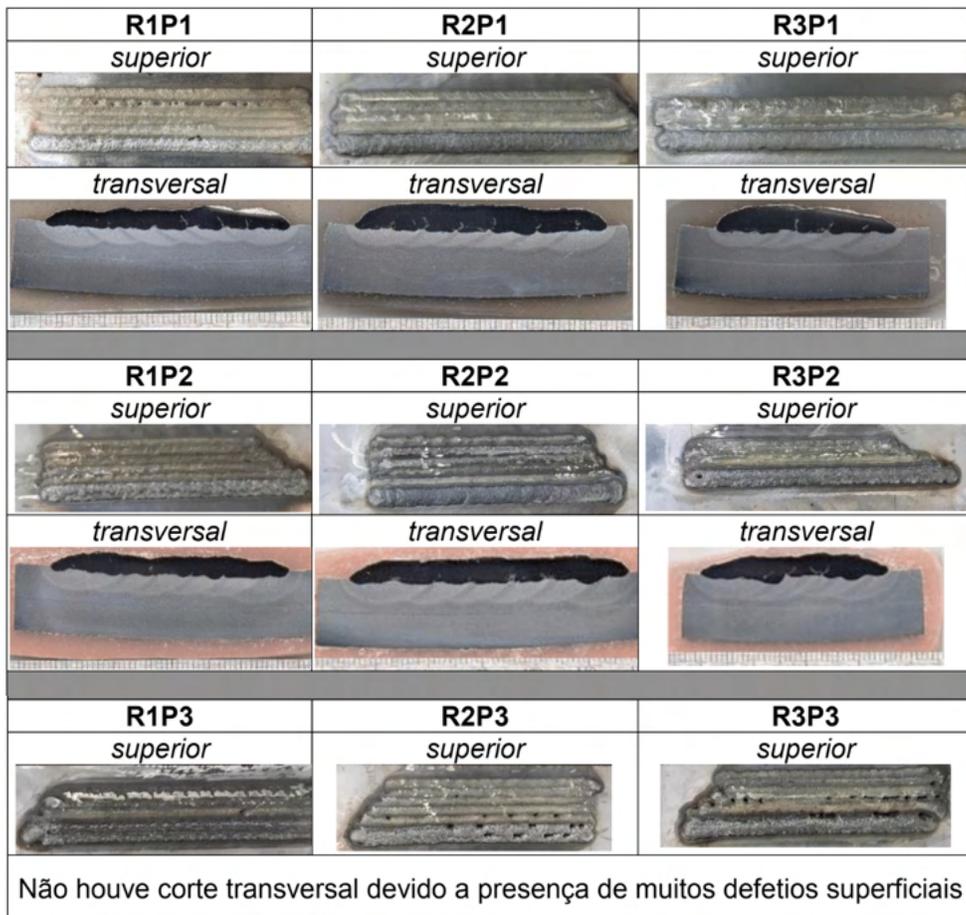


Figura 6: revestimentos aplicados.

FONTE: autoria própria.

Analisando as imagens de cada revestimento, percebe-se uma forte presença de falha de preenchimento entre os cordões, a partir da vista superior, nos revestimentos R2P3 e R3P3. Não se sabe ao certo até onde essas falhas se estendem, mas a sua presença já acarreta em riscos como o contato direto entre o produto que seria transportado no duto e o substrato utilizado para a fabricação dele, algo que essencialmente se deseja evitar. Devido a isso, os revestimentos feitos com os parâmetros da técnica 3 não prosseguiram para as análises seguintes do estudo.

Partindo para a análise da geometria dos revestimentos, os que seguiram no estudo tiveram suas imagens da seção transversal investigados a partir de um software CAD. Se tratando da análise da altura máxima (Figura 7a), percebe-se que os revestimentos com os parâmetros do ensaio R1 apresentaram menores alturas (devido ao fato da corrente e da velocidade de alimentação utilizadas serem menores do que os parâmetros dos ensaios R2

e R3) e ainda, que o uso do pré-aquecimento fez com que os valores das alturas máximas caíssem.

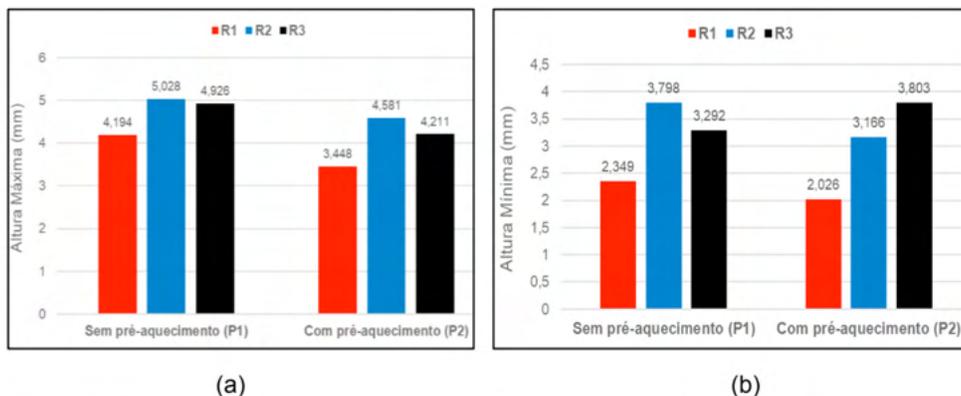


Figura 7: (a) análise das alturas máximas e das (b) alturas mínimas dos revestimentos.

FONTE: autoria própria.

Com relação a altura mínima (Figura 7b), vê-se que ocorreram comportamentos semelhantes aos da análise anterior, exceto no revestimento R3P2. Isso aconteceu porque sempre houve problema na molhabilidade (ângulo formado entre a extremidade do cordão e o substrato) dos cordões que se sobrepunham ao cordão anterior, como pode ser visto na Figura 8. Em (1) há uma falta de contato entre a borda do 2º cordão e o substrato e para resolver isso, foram feitas usinagens nessas bordas que apresentaram esse problema. A linha tracejada em (2) mostra o método utilizado para amenizar esse problema. E por fim, em (3) observa-se a nova molhabilidade após a correção com a usinagem. Logo, a realização desse procedimento de ajuste implicou em influências nos resultados geométricos de altura mínima no revestimento R3P2.

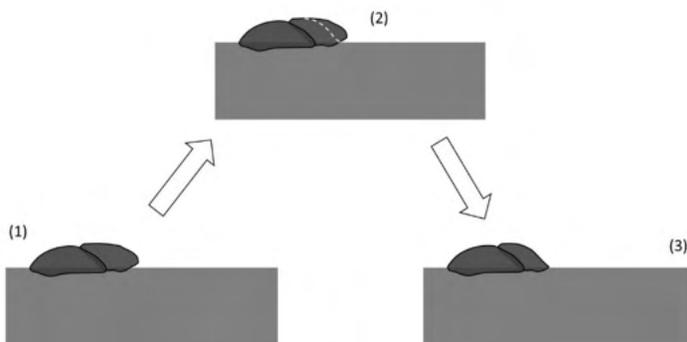


Figura 8: procedimento realizado para correção da molhabilidade dos cordões.

FONTE: autoria própria.

Quanto a largura (Figura 9a), nota-se que os revestimentos feitos com os parâmetros do ensaio 2 apresentaram maiores larguras em relação aos feitos com os do ensaio 1 devido ao aumento da corrente utilizada e que o revestimento R2P2 tem a maior largura pois o pré-aquecimento também influencia no aumento desse parâmetro geométrico. Se tratando dos revestimentos feitos com os parâmetros do ensaio 3, percebe-se um valor bem inferior em relação aos demais devido aos procedimentos de correção da molhabilidade citados anteriormente.

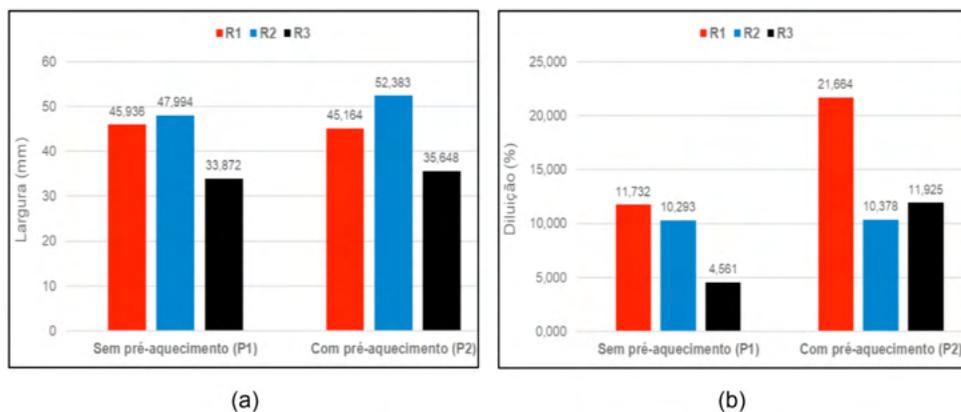


Figura 9: (a) análise das larguras e das (b) diluições dos revestimentos.

FONTE: autoria própria.

E por fim, analisando os resultados de diluição obtidos (Figura 9b), verifica-se um aumento um pouco maior nos revestimentos R1P2 e R3P2 devido ao pré-aquecimento (e uma menor velocidade de alimentação no caso de R1P2). Ademais, os revestimentos feitos com os parâmetros do ensaio 2 mostraram bons resultados de diluição e não apresentou aumento considerável.

Baseado nas medições obtidas, constata-se que alguns revestimentos com e sem pré-aquecimento apresentaram resultados satisfatórios para uma aplicação real em tubulações. Todavia, investigando novamente as imagens da parte superior e dos cortes transversais dos revestimentos, é possível enxergar que as seções dos que não receberam pré-aquecimento mostram falhas de preenchimento (sendo ela extremamente prejudicial para um material utilizado como proteção anticorrosiva), atributo este não presente nos que tiveram pré-aquecimento. Logo, escolheu-se para a aplicação dos ensaios eletroquímicos de corrosão o grupo de revestimentos que foi feito com a segunda técnica estabelecida nesse estudo.

A partir de um software utilizado para essas análises de corrosão, obteve-se resultados importantes para essa parte da pesquisa (Tabela 3). Um deles é o potencial de corrosão (E_{corr}), que é o potencial onde a velocidade das reações catódicas é igual ao

das reações anódicas (ou seja, que as de redução são iguais às de oxidação). Outro é a corrente de corrosão (I_{corr}), que está diretamente relacionada com a taxa de corrosão do eletrodo. E por fim, a resistência à polarização (R_p), que é inversamente proporcional a corrente de corrosão, sendo o valor da resistência que um material oferece quando exposto a um determinado meio oxidante.

Material	E_{corr} (V)	I_{corr} (A)	R_p (Ohm)
Metal de base	-0,741	$1,07 \times 10^{-4}$	439,67
Revestimento 1	-0,475	$3,43 \times 10^{-5}$	1281,00
Revestimento 2	-0,450	$9,85 \times 10^{-5}$	1144,40
Revestimento 3	-0,444	$2,18 \times 10^{-4}$	1028,70

Tabela 3: resultados obtidos a partir dos ensaios eletroquímicos de corrosão.

FONTE: autoria própria.

O ensaio de Espectroscopia de Impedância Eletroquímica (Figura 10) mostrou uma tendência real de as resistências à polarização dos revestimentos ultrapassarem 1000 ohms (ressaltando que os valores ficaram bem próximos), enquanto a do metal de base se apresentou bem baixa em relação à deles, como era esperado. O revestimento 1 foi o que apresentou o maior valor de R_p .

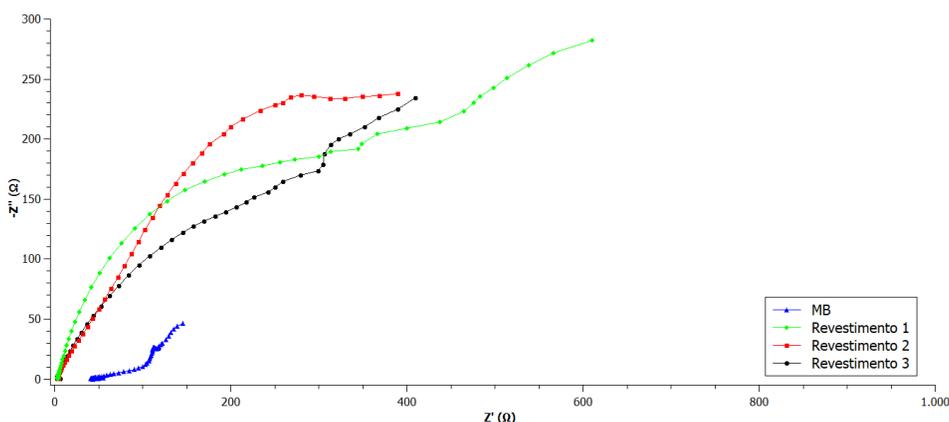


Figura 10: diagrama de Nyquist obtido no ensaio de EIE.

FONTE: autoria própria.

Com relação ao ensaio de Polarização Potenciodinâmica Linear (Figura 11), observou-se que tanto os potenciais de corrosão como as correntes de corrosão dos revestimentos também se mantiveram bem próximas, enquanto os do metal de base apresentou mais rapidamente o início do processo corrosivo. Nesse ensaio, entre os

revestimentos, o número 3 apresentou o maior E_{corr} , mas o menor I_{corr} foi visto no número 2.

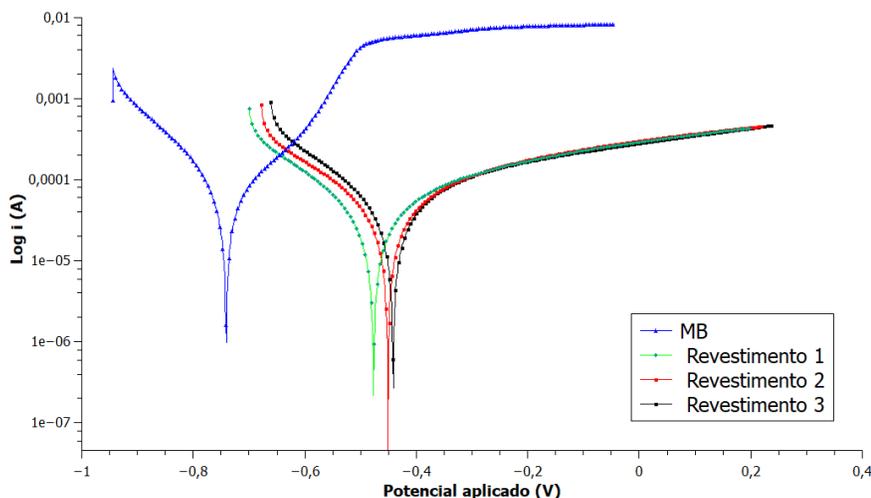


Figura 11: curvas de polarização obtidas no ensaio PPL.

FONTE: autoria própria.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo desse trabalho foi apresentar algumas técnicas operacionais usadas, bem como os resultados obtidos, na aplicação de revestimentos de aço inox E317L em substrato de aço de baixo carbono, a fim de obter melhorias no processo de soldagem mecanizada. Sendo assim, viu-se que o pré-aquecimento diminuiu a incidência de defeitos, principalmente no revestimento 1, bem como reduziu as discontinuidades no revestimento 2 e ainda, que a sinergia entre a velocidade de alimentação e a corrente foi fundamental para a obtenção de altura e largura satisfatória, bem como uma boa diluição. Ademais, o revestimento 3 apresentou bons resultados nos ensaios de corrosão, mas a necessidade de realizar correção de geometria nos cordões (provavelmente devido ao aumento da DEP, que gerou um arco instável) tornou sua aplicação inviável e devido a isso, o revestimento 2 com pré-aquecimento mostrou-se o mais “completo” em termos de falhas mínimas, parâmetros geométricos aceitáveis e resultados de impedância e resistência à polarização satisfatórios. E por fim, concluiu-se que o planejamento experimental aplicado nesse estudo mostrou ter sido determinante para dispor e propiciar a seleção dos parâmetros mais eficientes para a realização dos revestimentos e que a segunda técnica estabelecida proporcionou revestimentos aplicáveis a situações reais na área de proteção de dutos de transporte de óleo, gás e demais derivados do petróleo.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal da Paraíba (IFPB), Campus Campina Grande, pela disponibilização de recursos através de edital Interconecta Edital 01/2019, e ao grupo PET e à Pós-Graduação do curso de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Campina Grande pelo apoio a esta pesquisa.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Arthur Filgueira de. **O estudo da eletrodeposição de ligas de Ni-Mo utilizando gluconato de sódio como complexante**. 2019. 67 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Química, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2019.

BAEK, Jong-hyun; JANG, Yun-chan; KIM, Ik-joong; YOO, Jung-soo; KIM, Cheol-man; KIM, Young-pyo. **Influence of welding processes and weld configuration on fatigue failure of natural gas branch pipe**. *International Journal of Pressure Vessels and Piping*, [S. l.], v. 193, p. 104474, 2021.

DE SOUZA, Guttemberg Chagas; DA SILVA, Adriana Loureiro; MAIOR TAVARES, Sergio Souto; PARDAL, Juan Manuel; RIBEIRO FERREIRA, Miguel Luiz; CARDOTE FILHO, Ismael. **Mechanical Properties and Corrosion Resistance Evaluation of a Superduplex Stainless Steel UNS S32760 Repaired by GTAW Process**. *SOLDAGEM & INSPECAO*, [S. l.], v. 19, n. 4, p. 302–313, 2014.

HOBOLD, Eduardo. **Desenvolvimento de uma concepção mecânica de um manipulador linear para soldagem de revestimentos TIG alimentado**. 2018. 62 f. Monografia (Especialização) - Curso de Tecnólogo em Fabricação Mecânica, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, Jaraguá do Sul, 2018.

MÁRQUEZ, Marcy Viviana Chiquillo. **Avaliação da resistência à corrosão do aço carbono ASTM 572 GR50 exposto a óleo cru, água do mar e misturas de óleo/água do mar em condições estáticas e dinâmicas**. 2016. 131 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2016.

MENDES, André Pompeo do Amaral *et al.* **Panoramas setoriais 2030: petróleo e gás**. 2017. Disponível em: https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/14243/2/Panoramas%20Setoriais%202030%20-%20Petr%C3%B3leo%20e%20G%C3%A1s_P.pdf. Acesso em: 26 abr. 2021.

MENEZES, Vanessa Guimarães Soares de. **Estudo comparativo entre técnicas de alimentação de arame no processo TIG**. 2016. 41 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Naval, Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville, 2016.

SANDVIK. **Certificado de qualidade - ER 317L**. Mogi Guaçu: Sandvik, 2010. Metal de adição para soldagem: composição química.

SANTOS, Rafael Carneiro dos *et al.* **Emprego de planejamento experimental no processo de soldagem GTAW mecanizado com adição de arame frio**. Anais do I Congresso Brasileiro Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia. Diamantina (MG), Online, 2020. Disponível em: <<https://www.event3.com.br/anais/icobicit2020/269115-EMPREGO-DE-PLANEJAMENTO-EXPERIMENTAL-NO-PROCESSO-DE-SOLDAGEM-GTAW-MECANIZADO-COM-ADICAO-DE-ARAME-FRIO>>. Acesso em: 07/05/2021 18:33.

SATHISH, S.; KESAVARAJ, K.; GIRISHA, L.; DANIEL DAS, A.; JOHNSON, Pradeep; SUBBIAH, Ram. **Parametric optimization of explosive welding process on nickel-titanium alloys**. Materials Today: Proceedings, [S. l.], 2021.

SILVA, Marcos Mesquita da. **Avaliação da compatibilidade metalúrgica e da resistência à corrosão de revestimentos da liga AWS ER NiCrMo-4 aplicados por soldagem SAW sobre o aço API 51 Gr B**. 2013. 202 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2013.

SOUSA, Mikarla Baía de. **Estudo da caracterização da liga Cu-Zn-Ni obtida pelo processo da eletrodeposição**. 2015. 105 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Química, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2015.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Adsorção 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 18, 19, 20, 21, 22, 24, 30, 31, 32, 72

Adsorvente 3, 4, 5, 6, 8, 20, 21, 61, 63, 64

Afluentes 19

Agência Nacional do Petróleo - ANP 157, 159, 160, 193

Águas subterrâneas 75

Águas superficiais 19, 57, 69, 70, 71, 81

Análise cromatográfica 216

Antibióticos 18, 80, 81

Atomização 87, 88, 89, 90, 91, 197, 201

B

Bioadsorvente 238

Biochemical Oxygen Demand (BOD) 9, 10

Biocombustíveis 8, 93, 96, 98, 99, 101, 102, 105, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 122, 123, 161, 193

Biodiesel 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100

C

Carvão ativado 3, 10, 18, 21, 32, 72

Cascas de maracujá 1, 2, 3, 4, 6, 7

Catalisador 93, 94, 95, 98, 108, 109, 118

Chemical Oxygen Demand (COD) 9, 10

Cinética 18, 20, 21, 24, 26, 28, 41, 106

Colunas cromatográficas 215, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 226

Combustíveis fósseis 94, 102

Compressibilidade 196, 197

Corpos hídricos 19, 57, 59, 60, 70

Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE) 33, 77, 216, 227, 228

D

Densidade 88, 89, 92, 93, 96, 97, 98, 108, 119, 121, 127, 128, 149, 196, 197, 198, 199, 200

Densidade aerada 89, 196, 197, 200

Densidade aparente 92, 196, 198

E

Efeito estufa 45, 46, 49, 94, 102

Efluentes 3, 5, 19, 31, 59, 60, 114, 116, 120, 123, 124, 182, 238

Efluentes domésticos 19

Efluentes industriais 59

Espalhamento de Luz Dinâmico (DLS) 217

Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) 76, 81, 119, 124, 238

F

Fármacos 19, 32, 76, 77, 79, 80, 81, 82, 218, 227

Fraturas induzidas 150

Fraturas naturais 148

Funil 4, 22, 196, 197, 198, 199, 200

G

Garrafa PET 197

Grafeno 18, 21, 31, 218, 227

H

Hidrofobizada 1, 6, 8

Hormônios 18, 60, 77

I

Impacto ambiental 54, 55

Índices de fluidez de *Hausner* e de *Carr* 87

Inhame 87, 88, 89, 90, 91

Injeção de polímeros 145, 146, 147, 148, 149, 150, 154, 155

Ivermectina 18, 19, 21, 31, 32

M

Materiais particulados 196

Matéria-prima 88, 95, 114, 115, 116, 117, 196

Matrizes aquosas 74, 82

Mesh 1, 2, 4, 6, 10, 36

Microplásticos 77

N

Nanopartículas 215, 217, 218, 219, 220, 226, 227, 228

O

Óleo de fritura 93, 94, 95, 97, 98, 99

Óleo de soja 93, 94, 95, 97, 98, 99

Óleo diesel 1, 4

Organic matter 9, 15, 16

P

Pesticidas 18, 77, 79, 80, 81, 82

Petróleo 1, 2, 5, 8, 34, 35, 36, 37, 94, 96, 99, 102, 103, 104, 126, 127, 128, 129, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 173, 174, 176, 177, 178, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 203, 204, 212, 213, 215

Polímero 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 216

Processos convencionais de tratamento de água e esgoto 18, 78

R

Reaproveitamento 123

Recuperação Avançada de Petróleo (EOR) 126, 128, 145, 146, 147

Recursos hídricos 59, 61, 76, 82, 123

Renovável 93, 94, 95, 102, 104, 105

Reservatórios Não-Convencionais (RNC) 147

Resíduos agroindustriais 3, 5, 7, 122

S

Separação granulométrica 1, 4

Sílica 215, 216, 217, 218, 219, 220, 226, 227, 228

Solução polimérica 147, 149, 150, 151, 154

Surfactantes 18, 34, 82

Sustentável 49, 94, 101, 193, 200, 236

T

Transesterificação etílica 93, 98, 99

Turbidez 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8

U

Umidade 60, 88, 89, 90, 103, 107, 108, 109, 232

COLEÇÃO DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA QUÍMICA 2



www.atenaeditora.com.br



contato@atenaeditora.com.br



[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)



www.facebook.com/atenaeditora.com.br

COLEÇÃO DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA QUÍMICA 2



www.atenaeditora.com.br



contato@atenaeditora.com.br



[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)



www.facebook.com/atenaeditora.com.br