



ENGENHARIAS:

Metodologias e Práticas de
Caráter Multidisciplinar

4

João Dallamuta
Henrique Ajuz Holzmann
Rennan Otavio Kanashiro
(Organizadores)



ENGENHARIAS:

Metodologias e Práticas de
Caráter Multidisciplinar

4

João Dallamuta
Henrique Ajuz Holzmann
Rennan Otavio Kanashiro
(Organizadores)

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

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.



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 Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense
Prof^ª Dr^ª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof^ª Dr^ª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Prof^ª Dr^ª Ivone Goulart Lopes – Instituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof^ª Dr^ª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Prof^ª Dr^ª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof^ª Dr^ª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^ª Dr^ª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof^ª Dr^ª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof^ª Dr^ª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^ª Dr^ª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof^ª Dr^ª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Prof^ª Dr^ª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof^ª Dr^ª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Prof^ª Dr^ª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof^ª Dr^ª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido

Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília

Prof^ª Dr^ª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás

Prof^ª Dr^ª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Prof^ª Dr^ª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina

Prof^ª Dr^ª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília

Prof^ª Dr^ª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina

Prof^ª Dr^ª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira

Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra

Prof^ª Dr^ª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras

Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria

Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia

Prof^ª Dr^ª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco

Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará

Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí

Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas

Prof^ª Dr^ª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof^ª Dr^ª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará

Prof^ª Dr^ª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma

Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá

Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados

Prof^ª Dr^ª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino

Prof^ª Dr^ª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof^ª Dr^ª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa

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

Prof^ª Dr^ª 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
Prof^ª Dr^ª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof^ª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Prof^ª Dr^ª 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
Prof^ª Dr^ª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof^ª Dr^ª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

Prof^ª Dr^ª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Prof^ª Dr^ª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Prof^ª Dr^ª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof^ª Dr^ª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof^ª Dr^ª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Prof^ª Dr^ª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Prof^ª Dr^ª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Prof^ª Dr^ª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais
Prof. Me. Aleksandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Prof^ª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof^ª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Prof^ª Dr^ª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof^ª Dr^ª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Prof^ª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Prof^ª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco
Prof^ª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar

Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Me. Fabiano Eloy Atilio Batista – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR

Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^ª Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Prof^ª Ma. Lilians Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Prof^ª Dr^ª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Prof^ª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz
Prof^ª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^ª Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior
Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
Prof^ª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará
Prof^ª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Prof^ª Dr^ª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa
Prof^ª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba
Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco
Prof^ª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão
Prof^ª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
Prof^ª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
Prof^ª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí
Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Flávia Roberta Barão
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizador: João Dallamuta
Henrique Ajuz Holzmann
Rennan Otavio Kanashiro

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E57 Engenharia: metodologias e práticas de caráter multidisciplinar 4 / Organizadores João Dallamuta, Henrique Ajuz Holzmann, Rennan Otavio Kanashiro. - Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-889-2

DOI 10.22533/at.ed.892211003

1. Engenharia. I. I. Dallamuta, João (Organizador). II. Holzmann, Henrique Ajuz (Organizador). III. Kanashiro, Rennan Otavio (Organizador). IV. Título.

CDD 620

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.

APRESENTAÇÃO

Caro(a) leitor(a)

Como definir a engenharia? Por uma ótica puramente etimológica, ela é derivada do latim *ingenium*, cujo significado é “inteligência” e *ingeniare*, que significa “inventar, conceber”.

A inteligência de conceber define o engenheiro. Fácil perceber que aqueles cujo ofício está associado a inteligência de conceber, dependem umbilicalmente da tecnologia e a multidisciplinaridade.

Nela reunimos várias contribuições de trabalhos em áreas variadas da engenharia e tecnologia. Ligados sobretudo a indústria petroquímica com potencial de impacto nas engenharias. Aos autores dos diversos trabalhos que compõe esta obra, expressamos o nosso agradecimento pela submissão de suas pesquisas junto a Atena Editora. Aos leitores, desejamos que esta obra possa colaborar no constante aprendizado que a profissão nos impõe.

Boa leitura!

João Dallamuta
Henrique Ajuz Holzmann
Rennan Otavio Kanashiro

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DE FLEXÃO DE VIGAS DE CONCRETO SIMPLES

Vinícius Borges de Moura Aquino

Marco Donisete de Campos

DOI 10.22533/at.ed.8922110031

CAPÍTULO 2..... 18

SIMULAÇÃO NUMÉRICA DE FLEXÃO DE VIGAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO ARMADO

Afonso Henrique de Campos Rodrigues

Marco Donisete de Campos

DOI 10.22533/at.ed.8922110032

CAPÍTULO 3..... 34

THE USE OF BABASSU COCONUT FIBERS IN THE PRODUCTION OF CONCRETE

Wilson Alves Oliveira Junior

Maria Elayne Rodrigues Alves

Bruna Leal Melo de Oliveira

João Batista de Oliveira Libório Dourado

Aluska do Nascimento Simões Braga

Valdeci Bosco dos Santos

DOI 10.22533/at.ed.8922110033

CAPÍTULO 4..... 40

RECICLAGEM DO POLIPROPILENO PARA OBTENÇÃO DO COMPÓSITO POLIMÉRICO REFORÇADO COM PÓ DE OSTRA

Terezinha Jocelen Masson

Rafael dos Santos Lima

DOI 10.22533/at.ed.8922110034

CAPÍTULO 5..... 58

DESMITIFICANDO A RADIOATIVIDADE

Leandro Soares da Silva

Déborah Vitória de Souza Silva

Eduardo Mendonça Pereira Cavalcanti

Kauã Felipe Santiago

José Allan da Silva

DOI 10.22533/at.ed.8922110035

CAPÍTULO 6..... 66

PROPOSTA DE SILO GRANELEIRO TEMPORÁRIO PARA FAZENDAS DA FRONTEIRA AGRÍCOLA DO BRASIL

José Roberto Rasi

Jorge Augusto Serafim

Jonathan Figueiredo Broetto

DOI 10.22533/at.ed.8922110036

CAPÍTULO 7.....84

USO DE METANOL E ETANOL NO DIAGNÓSTICO DE FALHAS TÉRMICAS ENVOLVENDO PAPEL KRAFT ISOLANTE

Helena Maria Wilhelm
Paulo Oliveira Fernandes
Geovana Carolina dos Santos
Maria Letícia Gomes dos Santos
Thatiane Tamyris Kuczera Pereira
Laís Pastre Dill
Daniel da Conceição Aroucha Filho
Marcelo Luiz de Carvalho Ribeiro
Arley de Paula Mar
Pedro José dos Santos Junior

DOI 10.22533/at.ed.8922110037

CAPÍTULO 8.....97

SÍNTESE E AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE UM COMPÓSITO CERÂMICO ZIRCÔNIA E ALUMINA PARA APLICAÇÃO EM PRÓTESE CRANIOMAXILOFACIAL

José Victor Passos Santiago
Viviane Silva Gomide

DOI 10.22533/at.ed.8922110038

CAPÍTULO 9.....108

SUITABILITY OF INTERNAL TANK COATINGS FOR AROMATIC HYDROCARBONS STORAGE

Ulysses Ramos
Aldo Ramos Santos
Joaquim Pereira Quintela
Carlos Rene Klotz Rabello
Cleber Gonçalves Ferreira
Emmanuelle Sá Freitas

DOI 10.22533/at.ed.8922110039

CAPÍTULO 10.....120

DISEÑO DE UN FALDÓN ESTRUCTURAL CIRCULAR DE APOYO PARA UN SILO METÁLICO CON CAPACIDAD DE ALMACENAR 300 M³ DE CLINKER

Luis Orlando Cotaquispe Zevallos

DOI 10.22533/at.ed.89221100310

CAPÍTULO 11.....136

DETERMINAÇÃO DE DESCARGAS DE LODO DE REATORES UASB COM PÓS-TRATAMENTO AERADO ATRAVÉS DA ANÁLISE DE SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS DO EFLUENTE

Jane Mary Targino Moreira
Ruam Magalhães da Silva
Renata Carlos Freire

DOI 10.22533/at.ed.89221100311

CAPÍTULO 12.....	147
AVALIAÇÃO DE ÓLEO VEGETAL ISOLANTE OBTIDO DE UMA NOVA FONTE DE MATÉRIA-PRIMA: AS MICROALGAS	
Helena Maria Wilhelm Giorgi Dal Pont Claudio Aparecido Galdeano Eduardo João de Palma Luiz A. Ravaglia	
DOI 10.22533/at.ed.89221100312	
CAPÍTULO 13.....	158
ANÁLISE ESTRUTURAL DO COMPORTAMENTO SÍSMICO DE BARRAGENS DE REJEITO	
Antonio Nilson Zamunér Filho Gabriel Gomes Silva Wellington Andrade da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.89221100313	
CAPÍTULO 14.....	171
ANÁLISE DE TENSÃO E COMPARAÇÃO DE PROCESSO DE FABRICAÇÃO EM ROD END	
Jói da Silva Theis Luiz Carlos Gertz André Cervieri Antonio Flavio Aires Rodrigues Gustavo Pizarro Meneghello	
DOI 10.22533/at.ed.89221100314	
CAPÍTULO 15.....	179
INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA DE TRATAMENTO TÉRMICO NO DESEMPENHO FOTOCATALÍTICO DE FIBRAS DE TiO₂	
Luana Góes Soares da Silva Annelise Kopp Alves	
DOI 10.22533/at.ed.89221100315	
CAPÍTULO 16.....	189
EFEITOS DA PIRÓLISE SUAVE EM PELLETS DE <i>Pinus</i>	
Nathalia Heloisa Dullius Anderson Rodrigo Heydt Adriana Ferla de Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.89221100316	
CAPÍTULO 17.....	197
ESTUDO DE SISTEMAS ISOLANTES DE REFERÊNCIA USADOS NA DETERMINAÇÃO DA CLASSE TÉRMICA DE NOVOS SISTEMAS ISOLANTES SEGUNDO A NORMA IEEE C57.100	
Helena Maria Wilhelm Paulo Oliveira Fernandes	

Leandro Gonçalves Feitosa
Geovana Carolina dos Santos
Laís Pastre Dill
Leonardo Galhardo
Richard Marek

DOI 10.22533/at.ed.89221100317

CAPÍTULO 18.....209

**DESENVOLVIMENTO DE MADEIRA PLÁSTICA: COMPÓSITOS HÍBRIDOS
POLIPROPILENO/PÓ DE MADEIRA/FIBRA NATURAL**

Terezinha Jocelen Masson
Leila Figueiredo de Miranda
Antonio Hotêncio Munhoz Junior

DOI 10.22533/at.ed.89221100318

CAPÍTULO 19.....220

**AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DE EXTRATO DE LIGNINA OBTIDO A
PARTIR DA HIDRÓLISE ALCALINA DA CASCA DE CAFÉ**

Beatriz Leite
Daniel Vieira Mendes
Matheus de Souza Santos
Thiago Wilker Souza do Carmo
Renata Carolina Zanetti Lofrano
Boutros Sarrouh

DOI 10.22533/at.ed.89221100319

CAPÍTULO 20.....233

**ANÁLISE DA PERCEPÇÃO DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL COM PROFESSORES E
ALUNOS, NA ZONA RURAL DO MUNICÍPIO BREU BRANCO-PA**

Beatriz Souza da Silveira
Enayle Maria de Freitas Silva
Marcelo Melo dos Santos

DOI 10.22533/at.ed.89221100320

CAPÍTULO 21.....245

**O BISCOITO ARTESANAL DE VITÓRIA DA CONQUISTA E O SEU POTENCIAL PARA
REGISTRO COMO UMA INDICAÇÃO GEOGRÁFICA**

Valdir Silva da Conceição
Dayana Ferraz Silva
Angela Machado Rocha
Marcelo Santana Silva

DOI 10.22533/at.ed.89221100321

CAPÍTULO 22.....259

**EXTENSÃO INTERDISCIPLINAR NAS PRÁTICAS DE CUIDADOS – CENOPOESIA E
AQUARELA NA SAÚDE MENTAL**

Midiã Kaddja Nunes de Souza

Maria Aridenise Macena Fontenelle

DOI 10.22533/at.ed.89221100322

SOBRE OS ORGANIZADORES	273
ÍNDICE REMISSIVO.....	274

SUITABILITY OF INTERNAL TANK COATINGS FOR AROMATIC HYDROCARBONS STORAGE

Data de aceite: 01/03/2021

Data de submissão: 08/12/2020

Ulysses Ramos

Universidade Santa Cecília, UNISANTA

Aldo Ramos Santos

Universidade Santa Cecília, UNISANTA

Joaquim Pereira Quintela

Petróleo Brasileiro S.A. (Petrobras)

Carlos Rene Klotz Rabello

Petróleo Brasileiro S.A. (Petrobras)

Cleber Gonçalves Ferreira

Petróleo Brasileiro S.A. (Petrobras)

Emmanuelle Sá Freitas

Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará
UNIFESSPA

<http://lattes.cnpq.br/8640583652640865>

<https://orcid.org/0000-0002-6526-3878>

ABSTRACT: A variety of epoxy coatings with different characteristics is used inside petroleum product tanks. Taking into consideration the specifications and performance importance of epoxy resins applied in tanks storing benzene, toluene and xylenes, the present study investigated the cause of interaction between coatings and aromatic hydrocarbons (or aromatics), detected by acid wash color test. For the investigation, test specimens with different coating formulations were prepared, in addition to their original formulation, so as to simulate

the contact by means of immersion in aromatics, whereby the color test is done to certify these products. After immersion of painted specimens using a coating formulation containing furfuryl alcohol, the results showed occurrence of acid wash color in the aromatics. Consequently, in order to adjust the epoxy coating and prevent the event of acid wash color in aromatics, the proposed formulation should be free of furfuryl alcohol in its composition.

KEYWORDS: Epoxy resin; coating; petroleum products, aromatic hydrocarbons; furfuryl alcohol.

ADEQUAÇÃO DE REVESTIMENTOS INTERNOS DE TANQUES PARA ARMAZENAMENTO DE HIDROCARBONETOS AROMÁTICOS

RESUMO: Uma variedade de revestimentos de epóxi com características diferentes é usada dentro de tanques de produtos de petróleo. Levando em consideração as especificações e a importância do desempenho das resinas epóxi aplicadas em tanques de armazenamento de benzeno, tolueno e xilenos, o presente estudo investigou a causa da interação entre revestimentos e hidrocarbonetos aromáticos (ou aromáticos), detectada por teste de cor por ácido de lavagem. Para a investigação, foram preparados corpos de prova com diferentes formulações de revestimento, além de sua formulação original, de modo a simular o contato por meio de imersão em aromáticos, sendo feito o teste de cor para certificar esses produtos. Após imersão dos corpos de prova pintados com formulação de revestimento contendo álcool furfúrico, os resultados mostraram a ocorrência

de coloração nos aromáticos. Consequentemente, a fim de ajustar o revestimento epóxi e evitar a ocorrência de cor de lavagem ácida em aromáticos, a formulação proposta deve ser isenta de álcool furfúrico em sua composição.

1 | INTRODUCTION

When formulating an epoxy resin for a specific use, it is necessary to know how each of these components contributes to the physical and mechanical performance of a part during and after manufacture. The main reasons for the occurrence of substrate corrosion are usually poor surface preparation or insufficient coating thickness.

Storage tanks for petroleum products used in refineries, distribution bases, land and sea terminals in Brazil use specific epoxy coatings defined in specifications adopted nationwide. One of them is Petrobras Specification N-2913 - Anti-corrosion coatings for carbon steel tanks, such as liquefied gas tanks and storage cylinders (CONTEC, 2015) - which defines how corrosion protection coatings should be applied internally and externally to atmospheric tanks, liquefied gas tanks and cylinders in inland facilities. For aromatic solvents (benzene, toluene and xylenes), Specification N-2913 indicates Specification N-2912 - Novolac Epoxy Paint use - Type II, solvent-free, cure at ambient temperature (CONTEC, 2016) - which establishes the coating quality parameters and their respective limits. Brazilian epoxy paint manufacturers adopt both Specification N-2913 and N-2912.

In the case of epoxy resin use inside storage tanks for chemical products, it is necessary to consider the possibility of interaction between the stored product and the epoxy (Shchukin et al., 2006; He et al., 2008; Baghdachi, 2009; Sørensen et al., 2009; Calle et al., 2010; Hamdy, 2010; Ganesh et al., 2011; Mathiazhagan et al., 2011; Choi et al., 2013; Makhoulf, 2014; Popoola et al., 2014; Ulaeto et al., 2017), from a chemical point of view (reaction between the coating and the stored product), and from a physical point of view (solubilization of some epoxy components or product penetration into its crystalline structure). Thus, taking into account the influence of each component from the epoxy coating and its interaction with aromatic hydrocarbons (benzene, toluene and xylenes) and using specific techniques to investigate the cause of interaction, the present study was carried out in order to adjust the epoxy coating formulation, resulting in experimental data that add significantly to the literature.

2 | EXPERIMENTAL

The overall purpose of the present study was to identify the cause of benzene contamination that resulted in the occurrence of off-spec acid wash color during the benzene batch quality certification process. Analyses and evaluations described throughout this chapter were carried out in order to achieve the stated objective.

For proper understanding of the product logistics flow between benzene production at the refinery and its storage at a bulk terminal for maritime loading (shown in Figure 1), the nomenclature adopted for the tanks is given below:

- Tanks D and E: located at the refinery; used for storage, quality certification of the batches produced and benzene logistics flow.
- Tanks A and B: located at the distributor; used for storage and benzene logistics flow.
- Tanks I and II: located at a bulk terminal; used for storage and benzene quality certification prior to shipping.

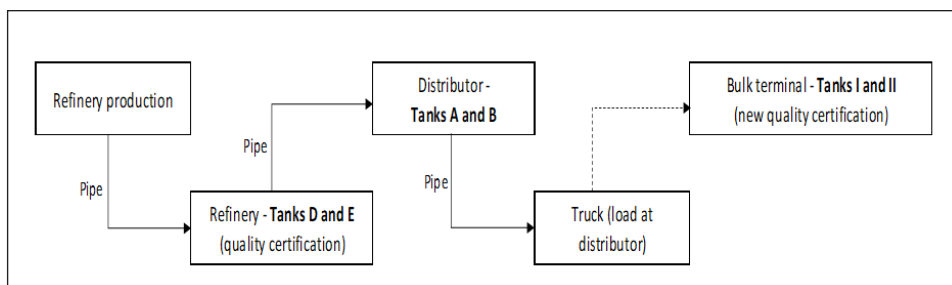


Figure 1. Benzene flow from the refinery to the bulk terminal.

2.1 Characterization techniques of benzene contaminants

Acid wash color is one of the parameters used to quality benzene for sale. To determine acid wash color, also used in the quality certification of toluene and xylenes, the ASTM D848 method was used (ASTM, 2014).

Typically, fourteen color standards are used in the acid wash color determination. After the color test, the sample is compared to the standards shown in Figure 2. The product is considered off-spec if it has a color higher than 1+, which means a hue darker than that of standard 1 and lighter than that of standard 2.

One on-spec benzene sample and two off-spec benzene samples were collected into transparent glass bottles of 500 cm³ for fractional distillation (four volumetric fractions: 30%, 30%, 30% and final 10% v/v) to verify the presence of possible contaminants.

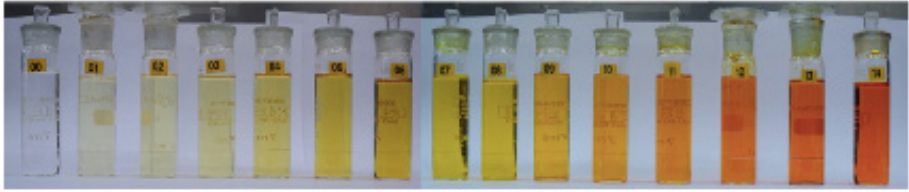


Figure 2. Color standards used to determine acid wash color (ASTM D848).

Finally, a composition evaluation of the two final fractions obtained by off-spec benzene fractional distillation was carried out using gas chromatography coupled with mass spectrometry (Agilent HP-7890 Chromatograph with Agilent Mass Spectrometry Detector MSD-5975C), in accordance with the ASTM D2887-12 method. This was done in the Petrobras Research Center laboratories to allow for the identification and quantification of heavy contaminants in ppm (w/w).

2.2 Simulation of interaction between aromatic hydrocarbons and epoxy coatings

Toluene and xylenes were also evaluated due to the need to verify the extent of their possible contamination. Figure 3 presents a flowchart of different epoxy coatings formulations suggested to simulate interactions between the aromatic hydrocarbons and these formulations.

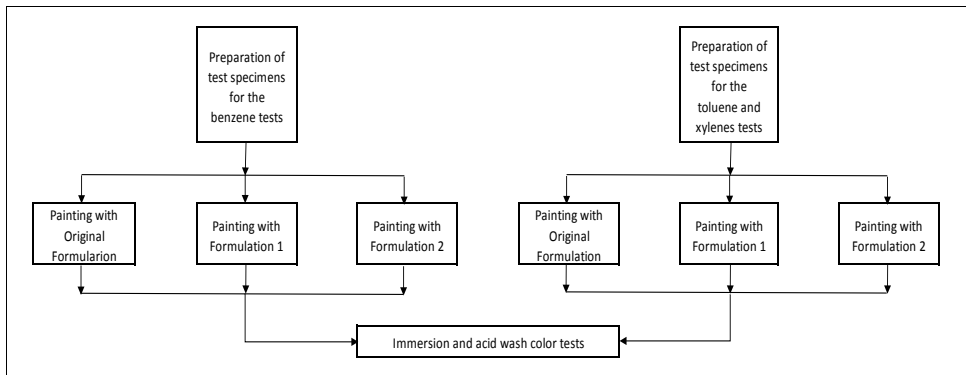


Figure 3. Flowchart containing the simulation steps to identify the possible cause of contamination in aromatic hydrocarbons

As the chemical composition of epoxy coating – applied in Tank A during its maintenance – is an important factor related to the cause of benzene contamination, different epoxy coating compositions were simulated and then tested in standardized test specimens

(TS) as detailed below. The epoxy paints simulated and tested in this study were made up of COMPONENTS A (resin) and B (curing agent), used as a hardener, described in Table 1.

COMPONENT B - FORMULATION	Epoxy paint Original Formulation (40% w/w of furfuryl alcohol)	Epoxy paint Formulation 1 (10% w/w of furfuryl alcohol)	Epoxy paint Formulation 2 (0% w/w of furfuryl alcohol)
furfuryl alcohol	≥ 25% weight	≤ 10% weight	free
methyleneoxide, polymer with benzeamine, hydrogenated	≥ 25% weight	free	< 20% weight
methylenebiscyclohexanamine, 4, 4	≥ 10% weight	≥ 25% weight	> 80% weight
benzoic acid, 2 hydroxy- salicylic acid	≥ 5% weight	free	free

Table 1. Composition of curing agents in the coatings used in this study.

Data source: Air Products site

TS were made from AISI 1010 steel plates measuring 2.0 cm X 2.0 cm X 0.1 cm and painted with the Original Formulation epoxy coating (40% w/w of furfuryl alcohol in COMPONENT B), as shown in Figure 4.



Figure 4. Test Specimens, Carbon steel AISI 1010 painted with epoxy coating.

a) Preparation of samples painted with: Original Formulation; Formulation 1 (10% w/w furfuryl alcohol in COMPONENT B) and Formulation 2, then without furfuryl alcohol in the composition of COMPONENT B, for immersion in samples containing 200 cm³ of benzene ACS reagent. Seven days after such samples immersions, benzene color was determined.

b) Preparation of TS painted with Original Formulation, Formulations 1 and 2 and performance of color test in toluene and xylenes: Taking into account the possibility of toluene and xylenes contamination, the simulation of formulated paints was extended to these products with: Original Formulation, Formulation 1 and Formulation 2 for immersion in samples containing 200 cm³ of toluene and xylenes, both produced in an oil refinery. Seven days after such samples immersions and test color was determined.

3 I RESULTS AND DISCUSSION

Epoxy coatings are porous and allow for the penetration of products. In internally-coated tanks, stored products can be absorbed and desorbed and might remain in the coating structure. The thickness, temperature and surface cleaning of epoxy films affect the absorption and desorption capacity of said products. If the tank is multi-purpose, these processes can cause problems, resulting from the contact between the product that has penetrated into and remained the epoxy film and the newly-stored product. The coated tank, object of this study, had been used for benzene in a dedicated manner (i.e. no other product had been stored prior to the color occurrence), which eliminates the possibility cited for multi-purpose tanks.

Although specifications of the Novolac Type II epoxy coating were met, that was not sufficient to prevent product contamination. In the first analysis, one could assume that migration of furfuryl alcohol to benzene would have been caused by an inappropriate (off-spec) epoxy coating, which did not occur. In fact, the set of assays which composes the epoxy coating specification were not designed to identify the occurrence of color in aromatic hydrocarbons.

During the developmental stages of this study, several techniques meeting the Petrobras quality control requirements were used in order to identify the cause of contamination of benzene stored in a tank. Such tank, made of carbon steel (ASTM-A-283-GR C) and internally coated with an epoxy paint, had hitherto been used without any detection of interaction between the paint and the stored product.

In this study, acid wash color presence was identified in the Tank I batch (1,500 m³) after the new benzene batches had been prepared in Tanks I and II for export (bulk terminal).

3.1 Characterization and contaminant identification in benzene samples

Taking into consideration that results showed the benzene in samples taken from Tank I had been contaminated, further information about the possible causes of contamination was necessary. Using mass spectrometry, the 10% v/v cuts from samples of Tank I (off-spec color) exhibited unexpected additional compounds, one of which was furfuryl alcohol with a concentration of 10 ppm.

Upon consultation of epoxy coating types, the presence of furfuryl alcohol in the coating used in Tank A was deemed possible. This tank had returned from maintenance and gone into operation. Subsequently, the presence of furfuryl alcohol in the epoxy coating formulation was confirmed by the manufacturer. Such coating had been used in the maintenance of Tank A, manufactured in compliance with the Petrobras Specification N-2912. Epoxy paints consist of COMPONENT A (resin) and COMPONENT B (curing agent) – furfuryl alcohol was present in COMPONENT B.

The study indicated the solubilization of furfuryl alcohol in benzene; the alcohol had

been used in the Original Formulation in Tank A. Such solubilization occurred more intensely only in the first batches of benzene coming from the refinery and pumped into this tank. This can be explained by the fact that subsequent batches from the refinery, stored in Tank A, did not exhibit solubilization. This means that the benzene in the first batches from the refinery stored in Tank A had extracted furfuryl alcohol from the coating surface. Thus, contamination of benzene occurred in Tank I (bulk terminal), which was revealed by color test.

3.2 Simulation of aromatic hydrocarbons contamination by interaction with epoxy coatings

In order to confirm the interaction between furfuryl alcohol and benzene, TS were prepared and painted with different formulations of epoxy: Original Formulation, Formulation 1, and Formulation 2. The concentration of furfuryl alcohol in COMPONENT B was designed for these formulations, which were subsequently immersed in aromatic hydrocarbons.

a) Immersion of TS painted with Original Formulation in benzene: Original Formulation is classified as a Novolac phenolic epoxy. This type of classification allows for a wide range of formulations with high resistance to chemicals, solvents, heat, corrosion and abrasion. However, those formulations are slowly air-cured, are relatively brittle and exhibit some loss of flexibility (THE SHERWIN-WILLIAMS COMPANY & MARINE COATINGS, 2008). The Masterbond company (Michaels, 2013) has an exclusive database on long-term exposure of epoxy to chemicals, including organic products, inorganic acids, alcohols, chlorinated compounds, hydrocarbons, and solvents.

Amongst the frequently used coatings, there are organic ones, a category to which Original Formulation belongs. Preparation of both substrate and primer, and the finish are factors to be observed in the application of organic coatings. If an appropriate evaluation of such factors is not done, problems will definitely occur.

To test Original Formulation (40% w/w of furfuryl alcohol in COMPONENT B), one TS was cured at ambient temperature and immersed in benzene ACS reagent (colorless) in order to identify the color presence. Color test was performed on a sample of benzene ACS reagent, which showed no color, Figure 5a. After immersion of TS painted with the Original Formulation in another sample, it exhibited color and the result proved off-spec (> 1+), as shown in Figure 5b.

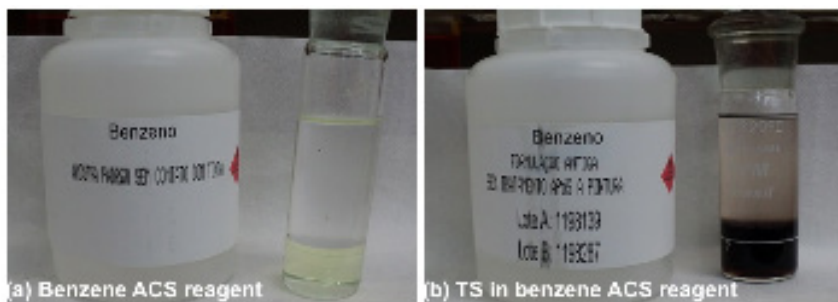


Figure 5. (a) Color absence in benzene ACS reagent and (b) TS painted with Original Formulation, immersed in benzene; off-spec result ($> 1+$)

b) Immersion of TS painted with Formulation 1 in benzene: Formulation 1 (10% w/w of furfuryl alcohol in COMPONENT B) and was immersed in benzene ACS reagent. Again, it exhibited color and result proved off-spec (Figure 6).



Figure 6. TS painted with Formulation 1, immersed in benzene; off-spec result ($> 1+$)

c) Immersion of TS painted with Formulation 2 in benzene: Formulation 2, free of furfuryl alcohol. TS remained immersed for seven days (flasks A, B, C, D, and E) and all results proved on-spec ($< 1+$), as shown in Figure 7. The benzene exhibited a slight color change (orange), but was considered on-spec. The results of acid wash color were bottles A, B and D = 0+ (X) and bottles C and E = 1 (X). Note that X represents a color hue different from that of standard 00, but lighter than that of standard 01.



Figure 7. Samples of benzene ACS reagent and benzene after TS immersion (A to E), painted with Formulation 2.

As can be seen, the cause of the contamination was directly related to the interaction between benzene and the epoxy paint used in the internal coating of Tank A, due to a chemical compound (furfuryl alcohol) used in the production of the curing agent corresponding to COMPONENT B.

d) *Benzene samples containing furfuryl alcohol*: One sample contained a concentration of 10 ppm (w/w) and 50 ppm (w/w) of furfuryl alcohol. The color results shown in Figure 8 demonstrate color occurrence in the benzene samples exposed to furfuryl alcohol. The sample with the higher concentration of furfuryl alcohol (50 ppm – w/w) showed a darker hue. However, both samples were classified as off-spec in color test (> 1+). Again, benzene containing furfuryl alcohol proved to be off-spec.

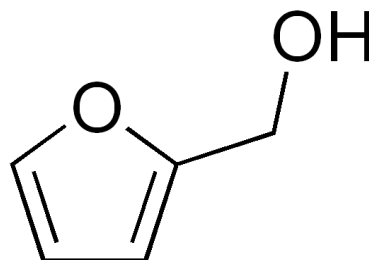
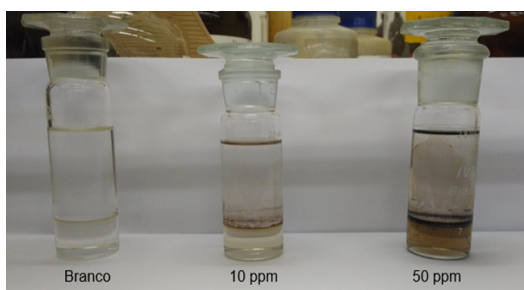


Figure 8. Acid wash color in benzene samples prepared with furfuryl alcohol

e) *Immersion of TS painted with Original Formulation, Formulation 1 and Formulation 2 in toluene and xylenes* : TS were prepared with Original Formulation, Formulation 1 and

Formulation 2 for toluene and xylenes the results can be seen in Figure 9. The results obtained were:

- samples 1 and 4 (Original Formulation): off-spec color (> 1+)
- samples 2 and 5 (Formulation 1): color 0 (X), on-spec (< 1+)
- samples 3 and 6 (Formulation 2): color 0 (X), on-spec (< 1+)

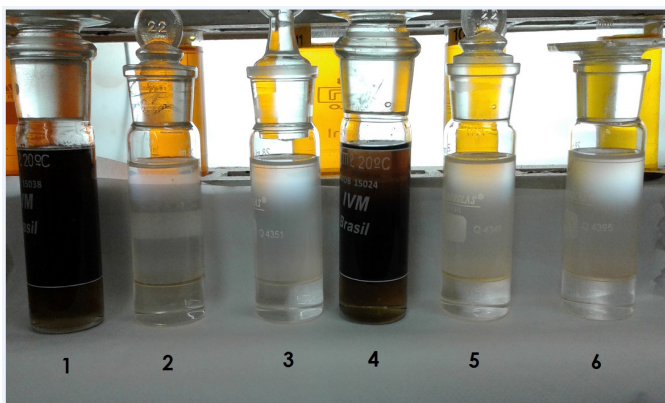


Figure 9. - Color test in TS immersed in toluene (1, 2, 3) and xylenes (4, 5, 6).

Note that X represents a color hue different from that of 00 standard but lighter than that of standard 01.

The same methodology used for benzene was applied to identify the presence of color in toluene and xylenes. Color was found only when there was a concentration of 40% w/w of furfuryl alcohol in COMPONENT B corresponding to the Original Formulation.

Taking into consideration that the solvency power of toluene and xylenes was not sufficient to solubilize the furfuryl alcohol with a concentration of 10% w/w (COMPONENT B) in Formulation 1, no color was detected (Figure 9).

These results contribute a significant range of information about color occurrence to the literature. Thus, corrective actions can be taken to ensure that the choice of internal tank coatings are appropriate and to prevent possible problems. The dissemination of these findings will contribute to various companies involved in the production of aromatic hydrocarbons and of epoxy coatings.

4 | CONCLUSIONS

The following conclusions can be drawn from this experimental study:

- Contamination of benzene proved to have occurred in the logistics flow interval

between both Tanks D and E and Tanks I and II, with off-spec benzene in Tank I.

- During characterization of off-spec benzene by means of fractional distillation and mass spectrometry, the presence of unexpected additional compounds, such as furfuryl alcohol with a concentration of 10 ppm (w/w), was found in the product.
- Presence of furfuryl alcohol was an indication of contamination of benzene. Three epoxy coatings were then used to simulate different concentrations of such alcohol. In the tests, two formulations (Original Formulation and Formulation 1) showed interference of furfuryl alcohol, with occurrence of acid wash color. For Formulation 2, the results were on-spec. Hence, Formulation 2 was approved for use upon test results prescribed by Petrobras Specification N-2912.
- The methodology used for benzene was equally applied to identify the presence of color in toluene and xylenes.

CONFLICTS OF INTEREST

The authors declare that they have no conflict of interest.

ACKNOWLEDGMENT

The authors gratefully acknowledge the financial support provided by CNPq - National Council for Scientific and Technological Development, Brazil (grants 306350/2017-3).

REFERENCES

ASTM (2014). D848 Standard Test Method for Acid Wash Color of Industrial Aromatic Hydrocarbons. West Conshohocken, PA/USA: Copyright ©ASTM International.

Baghdachi, J. (2009). Smart coatings, in: T. Provder, J. Baghdachi (Eds.), *Smart Coatings II*, vol. 1002, ACS Symposium Series, American Chemical Society, Washington DC, <http://dx.doi.org/10.1021/bk-2009-1002.ch001> (Ch. 1).

Calle, L.M., Hintze, P.E., Li, W., Buhrow, J.W. (2010). Smart coatings for autonomous corrosion detection and control, AIAA SPACE Conference&Exposition 8877.

Choi, H., Kim, K.Y., Park, J.M. (2013). Encapsulation of aliphatic amines into nanoparticles for self-healing corrosion protection of steel sheets, *Prog. Org. Coat.* 76 (10) 1316–1324.

CONTEC (2015). Norma Petrobras N-2913 Revestimentos Anticorrosivos para Tanque, Esfera e Cilindro de Armazenamento. Rio de Janeiro, Brasil, 7p.

CONTEC (2016). Norma Petrobras N-2912 Tinta Epóxi “Novolac” (tinta tipo II). Rio de Janeiro, Brasil, 6p.

Ganesh, V.A., Raut, H.K., Nair, A.S., Ramakrishna, S. (2011). A review on self-cleaning coatings, *J. Mater. Chem.* 21 (41) 16304–16322.

Hamdy, A. (2010). Corrosion protection performance via nano-coatings technologies, *Recent Patents Mater. Sci.* 3 (3) 258–267.

He, X.D., Shi, X.M. (2008). Self-repairing coating for corrosion protection of aluminium alloys: a proof-of-concept using cagelike smart particles, *Transportation Research Board 87th Annual Meeting* (No. 08-0187), http://www.westerntransportationinstitute.org/documents/reports/4w1487_trb08.pdf.

Makhlouf, A.S.H. (2014). Techniques for synthesizing and applying smart coatings for material protection, in: A.S.H. Makhlouf (Ed.), *Handbook of Smart Coatings for Materials Protection*, Woodhead Publishing Limited, Oxford, United Kingdom, p. 56–74.

Mathiazhagan, A., Joseph, R. (2011). Nanotechnology-A new prospective in organic coating, *Int. J. Chem. Eng. Appl.* 2 (4) 225–237.

Michaels, R. (2013). An Interview with Robert Michaels, Vice President of Technical Sales at Masterbond.

Popoola, A., Olorunniwo, O.E., Ige, O.O. (2014). Corrosion resistance through the application of anti-corrosion coatings, in: M. Aliofkhaezrai (Ed.), *Developments in Corrosion Protection*, InTech, p. 241–270.

Shchukin, D.G., Zheludkevich, M., Yasakau, K., Lamaka, S., Ferreira, M.G.S., Moehwald, H. (2006). Layer-by-layer assembled nanocontainers for self-healing corrosion protection, *Adv. Mater.* 18 (13) 1672–1678.

Sørensen, P.A., Kiil, S., Dam-Johansen, K. (2009). C.E. weinell anticorrosive coatings: a review, *J. Coat. Technol. Res.* 6 (2) 135–176.

The Sherwin-Williams Company & Marine Coatings (2008). *Epoxy Coatings Guide*.

Ulaeto, S.B., Rajana, R., Pancrecios, J.K. et al. (2017). Developments in smart anticorrosive coatings with multifunctional characteristics, *Progress in Organic Coatings*, v. 111, p 294-314.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Alumina 97, 99, 100, 101, 102, 105, 106, 107

Ansys 3, 17, 18, 120, 132, 135, 176

Armazenagem de grãos 66, 67, 68, 69, 81, 82, 83

B

Barragens de rejeito 158, 159, 164, 169, 170

Biomateriais 97, 98, 99, 106, 107

C

Concreto 1, 2, 3, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 23, 26, 27, 31, 32, 33, 35, 39, 66, 69, 71, 75, 76, 80, 81, 82, 121, 170

Concreto armado 1, 2, 17, 18, 19, 33, 71, 76, 82

D

Descarte de lodo 136, 137, 139

Diseño 120, 121, 123, 124, 125, 128

E

Energia nuclear 58, 61

Ensaio de flexão de três pontos 1, 9, 16

Estabilidade 2, 99, 100, 136, 137, 147, 148, 149, 151, 153, 154, 156, 158, 159, 163, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 192

Estructuras 82, 120, 123, 128

Etanol 84, 85, 87, 89, 94, 95, 212, 222, 226, 231

Extensômetro 171

F

Falhas térmicas 84, 85, 86, 87, 93

Fibra de coco babaçu 35

Flexión 120, 130, 131

Forjamento 172, 174, 178

Frequência de descarga 136, 142

G

Gases de falha 85

M

Metanol 84, 85, 87, 89, 94, 95, 224

Método numérico 2, 18

Microalgas 147, 148, 149, 156

Microfundido 172, 175, 178

O

Óleo isolante 84, 85, 86, 87, 92, 147

P

Pandeo 120, 134, 135

Papel kraft isolante 84, 85, 87, 198

Pó de ostra 40, 42, 44, 45, 46, 47, 49

Polipropileno 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 49, 50, 52, 54, 55, 56, 57, 209, 211, 217, 218, 219

Popularização da ciência 58

Preservação ambiental 40, 42

Propriedades mecânicas 26, 35, 39, 97, 101, 102, 202, 203, 204, 211

Prótese craniomaxilofacial 97

R

Reforço 35, 40, 45, 48, 56, 209, 210, 212, 219

Resistencia à compressão 35

Rigidez 45, 120, 127, 128, 153, 209, 223

Rod end 171, 172, 173, 174, 175, 178

S

Silo horizontal 66, 71, 72, 75, 76

Simulação numérica 1, 18, 19, 23, 31, 32, 33, 171, 176

Sismicidade 158, 159, 162, 167, 170

Sólidos sedimentáveis 136, 138, 139, 141, 145

T

Teatro científico 58, 59

Trabalhabilidade 35

V

Viga cilíndrica 18, 19, 20, 22, 27

Z

Zircônia 97, 100, 101, 102, 105, 107

ENGENHARIAS:

Metodologias e Práticas de
Caráter Multidisciplinar

4

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

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

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

ENGENHARIAS:

Metodologias e Práticas de
Caráter Multidisciplinar

4

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

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

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 