



JOÃO DALLAMUTA
HENRIQUE AJUZ HOLZMANN
RENNAN OTAVIO KANASHIRO
(ORGANIZADORES)

AMPLIAÇÃO E APROFUNDAMENTO DE CONHECIMENTOS NAS ÁREAS DAS ENGENHARIAS 2

 **Atena**
Editora
Ano 2020



JOÃO DALLAMUTA
HENRIQUE AJUZ HOLZMANN
RENNAN OTAVIO KANASHIRO
(ORGANIZADORES)

AMPLIAÇÃO E APROFUNDAMENTO DE CONHECIMENTOS NAS ÁREAS DAS ENGENHARIAS 2

 **Atena**
Editora
Ano 2020

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecário

Maurício Amormino Júnior

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremona

Karine de Lima Wisniewski

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 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 4.0 Internacional (CC BY 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.

A Atena Editora não se responsabiliza por eventuais mudanças ocorridas nos endereços convencionais ou eletrônicos citados nesta obra.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas

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
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª 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
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto 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
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª 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
Profª Drª 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
Profª Drª 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
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Profª Drª 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
Profª Drª 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
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª 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 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^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 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. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Prof^ª Dr^ª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
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

Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª 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
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª 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. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás
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. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco
Profª 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. 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
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Dr. Fabiano Lemos Pereira – Prefeitura Municipal de Macaé
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
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
Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Profª Drª 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. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
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
Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará
Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
Profª 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
Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão
Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
Profª 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
Bibliotecário Maurício Amormino Júnior
Diagramação: Luiza Alves Batista
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizadores: João Dallamuta
Henrique Ajuz Holzmann
Rennan Otavio Kanashiro

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

A526 Ampliação e aprofundamento de conhecimentos nas áreas das engenharias 2 [recurso eletrônico] / Organizadores João Dallamuta, Henrique Ajuz Holzmann, Rennan Otavio Kanashiro. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-388-0

DOI 10.22533/at.ed.880202209

1. Engenharia – Pesquisa – Brasil. 2. Inovações tecnológicas. I. Dallamuta, João. II. Holzmann, Henrique Ajuz. III. Kanashiro, Rennan Otavio.

CDD 620

Elaborado por Maurício Amormino Júnior | CRB6/2422

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

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

MUDANÇA NA CULTURA DE PREVENÇÃO A INCÊNDIO EM INSTITUIÇÕES PÚBLICAS

Myrna da Cunha

Alexandre Martinez dos Santos

João Terêncio Dias

Maryêva Paulino Vieira

Bernardo Manhães Cantuarria Moura

DOI 10.22533/at.ed.8802022091

CAPÍTULO 2..... 15

COMPARAÇÃO DOS MODELOS DE RECEPTORES GNSS DE CÓDIGO C/A PARA LEVANTAMENTOS GEODÉSICOS

Marco Ivan Rodrigues Sampaio

Fernando Luis Hillebrand

Alan Diniz Bernardi

Aldemir Eduardo Martins Ulrich

João Fernando Zamberlan

Cristiano Niederauer da Rosa

Janisson Batista de Jesus

DOI 10.22533/at.ed.8802022092

CAPÍTULO 3..... 24

ESTUDO DOS PARÂMETROS NA SOLDAGEM POR RESISTÊNCIA ELÉTRICA DE COMPÓSITO PEI/FIBRA DE VIDRO POR PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL

Ana Beatriz Ramos Moreira Abrahão

Edson Cocchieri Botelho

Michelle Leali Costa

Jonas Frank Reis

Luis Felipe Barbosa Marques

Tuane Stefania Reis dos Santos

Rafael Rezende Lucas

Marcos Paulo Souza Ribeiro

Isabela Luiza Rodrigues Cintra

Rodolfo de Oliveira Rodrigues

Joana Toledo Guimarães

Natali Oliveira Martins da Silva

Vinícius David Franco Barboza

DOI 10.22533/at.ed.8802022093

CAPÍTULO 4..... 38

REDESENHO/MELHORIA DE PROCESSOS: ANÁLISE E COMPARAÇÃO DE DUAS METODOLOGIAS

João Francisco da Fontoura Vieira

Danhuri Ritter Jelinek

DOI 10.22533/at.ed.8802022094

CAPÍTULO 5	44
ESTUDO DO NÍVEL DE CONTAMINAÇÃO DO ÓLEO LUBRIFICANTE COM ÁGUA EM BOMBAS CENTRÍFUGAS	
Miriam Ribeiro Cabreira	
Durval João de Barba Júnior	
DOI 10.22533/at.ed.8802022095	
CAPÍTULO 6	59
MODELAGEM E SIMULAÇÃO DA EXTRAÇÃO DE ÓLEO ESSENCIAL DE CITRONELA UTILIZANDO CO₂ SUPERCRÍTICO E MODELO DE SOVOVÁ	
Wesley de Souza Rodrigues	
Carlos Minoru Nascimento Yoshioka	
Ana Beatriz Neves Brito	
DOI 10.22533/at.ed.8802022096	
CAPÍTULO 7	70
COMPARTILHANDO CONHECIMENTOS: A BIOCLIMATOLOGIA E A PRODUÇÃO ANIMAL	
Diego Gomes de Sousa	
Tiago Gonçalves Pereira Araújo	
Levi Wallace Sousa de Lima	
José Walber Farias Gouveia	
Marthynna Diniz Arruda	
Brendo Júnior Pereira Farias	
Agenor Correia de Lima Junior	
Rômulo Augusto Ventura da Silva	
Ely Félix de Sá Carneiro	
João Victor Inácio dos Santos	
Ana Cristina Chacon Lisboa	
José Lucas Jácome de Moura	
DOI 10.22533/at.ed.8802022097	
CAPÍTULO 8	80
TRANSFERÊNCIA DE CALOR ATRAVÉS DE PAINÉIS AGLOMERADOS DE BAGAÇO DE CANA, PINUS E EUCALIPTO	
Roberto Luiz de Azevedo	
Edson Rubens da Silva Leite	
Rafael Sidney Orfão	
Rafael Farinassi Mendes	
Renato Alexandre Oliveira Cândido	
DOI 10.22533/at.ed.8802022098	
CAPÍTULO 9	87
FLUIDOS DE PERFURAÇÃO A BASE DE RESÍDUO DE AÇÁI E GOMA XANTANA	
Alex da Silva Sirqueira	
Mônica Cristina Celestino dos Santos	
Aline Muniz Lima	

Patricia Reis Pinto
Hugo Cavalcante Peixoto
DOI 10.22533/at.ed.8802022099

CAPÍTULO 10..... 94

LICOR PIROLENHOSO DE EUCALIPTO NA PRODUÇÃO DE RÚCULA

Diana de Oliveira Simionato
Josi Carla Martins Fernandes
Ana Luisa Granado Potinatti Alves
Marcelo Rodrigo Alves
Janardelly Gomes De Souza

DOI 10.22533/at.ed.88020220910

CAPÍTULO 11 105

CLIMATIZADORES EVAPORATIVOS INDIRETOS ECOLÓGICOS E POPULARES PARA REDUÇÃO DO ESTRESSE TÉRMICO EM ORDENHADEIRAS PARA HUMANOS E ANIMAIS

Alexandre Fernandes Santos
Marcelo Luiz Hoffmann
Heraldo José Lopes de Souza
Pedro Dinis Gaspar

DOI 10.22533/at.ed.88020220911

CAPÍTULO 12..... 118

UM ESTUDO DOS EFEITOS DA GEOMETRIA SOBRE OS PARÂMETROS TERMO-FÍSICOS EM PROCESSOS DE SECAGEM DE GENGIBRE

André Macedo Costa
Aluizio Freire da Silva Júnior
Thamires Mabel Queiroz de Oliveira
Geovane Tavares Nogueira
Vera Solange de Oliveira Farias
Jucimeri Ismael de lima
Isaac Ferreira de Lima
Jair Stefanini Pereira de Ataíde
Helymarckson Batista de Azevedo
Marcos Sérgio Florêncio Júnior
Marcos Wagner da Silva Araújo
Raquel Alves de Medeiros

DOI 10.22533/at.ed.88020220912

CAPÍTULO 13..... 131

COMPORTAMENTO DA SECAGEM DE CENOURA (*Daucus carota L.*) EM CAMADA FINA: MODELOS EMPÍRICOS E ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

Geovane Tavares Nogueira
Raquel Alves de Medeiros
Francisco Carlos de Medeiros Filho
Maria Tereza Lucena Pereira
Amélia Ruth Nascimento Lima

Vera Solange de Oliveira Farias
Jucimeri Ismael de Lima
Célia Maria Rufino Franco
Aluizio Freire da Silva Júnior
André Macedo Costa
Jair Stefanini Pereira de Ataíde
Ivo Dantas de Araújo

DOI 10.22533/at.ed.88020220913

CAPÍTULO 14..... 145

**ANÁLISE DO POTENCIAL SUSTENTÁVEL DA MADEIRA EMPREGADA NO SISTEMA
WOOD FRAME**

Vinício da Cunha Dóro
Luiz Carlos Souza Guimarães Júnior

DOI 10.22533/at.ed.88020220914

CAPÍTULO 15..... 155

**ENSAIO DE COAGULAÇÃO À pH NATURAL: SEMENTES DE MORINGA OLEÍFERA LAM
E CLORETO FÉRRICO**

Luís Gustavo Marcolan
Mirely Ferreira dos Santos
Bárbara Dani Marques Machado Caetano

DOI 10.22533/at.ed.88020220915

CAPÍTULO 16..... 160

**UTILIZAÇÃO DO BAGAÇO DE MALTE NA ALIMENTAÇÃO HUMANA: REVISÃO
SISTEMÁTICA DA LITERATURA**

Caroline Tombini
Janayne Sander Godoy
Aline Patrícia Ullmann
Gabriel Fante
Josiane Maria Muneron de Mello
Francieli Dalcanton

DOI 10.22533/at.ed.88020220916

CAPÍTULO 17..... 173

APRENDIZAGEM BASEADA EM PROJETO NO DESENVOLVIMENTO DE MATERIAIS

Carolina Lipparelli Morelli
Yanka dos Reis Soares de Moura
Bárbara Carolini Oliveira Ferreira
Francielle Crispim Araújo
Kevinny Chaves Florencio
Lucas Lima Batista
Lizandra Lopes Carrara
Tércio José Lage Ferreira
Kelvin Willie de Carvalho
Aislan Lúcio Valério

DOI 10.22533/at.ed.88020220917

SOBRE OS ORGANIZADORES	189
ÍNDICE REMISSIVO.....	190

CAPÍTULO 17

APRENDIZAGEM BASEADA EM PROJETO NO DESENVOLVIMENTO DE MATERIAIS

Data de aceite: 01/09/2020

Data de submissão: 06/07/2020

Carolina Lipparelli Morelli

Universidade Federal de Itajubá
Itabira-MG

<http://lattes.cnpq.br/0562262594759879>
<https://orcid.org/0000-0001-6857-9424>

Yanka dos Reis Soares de Moura

Universidade Federal de Itajubá
Itabira-MG

<http://lattes.cnpq.br/2202730324052972>

Bárbara Carolini Oliveira Ferreira

Universidade Federal de Itajubá
Itabira-MG

<http://lattes.cnpq.br/5851096299806158>

Francielle Crispim Araújo

Universidade Federal de Itajubá
Itabira-MG

<http://lattes.cnpq.br/2177298449655010>

Kevinny Chaves Florencio

Universidade Federal de Itajubá
Itabira-MG

<http://lattes.cnpq.br/0836583366943961>

Lucas Lima Batista

Universidade Federal de Itajubá
Itabira-MG

Lizandra Lopes Carrara

Universidade Federal de Itajubá
Itabira-MG

Tércio José Lage Ferreira

Universidade Federal de Itajubá
Itabira-MG

<http://lattes.cnpq.br/3311450237676303>

Kelvin Willie de Carvalho

Universidade Federal de Itajubá
Itabira-MG

Aislan Lúcio Valério

Universidade Federal de Itajubá
Itabira-MG

RESUMO: Apesar da Engenharia ser uma área extremamente prática e aplicada, o ensino nesse curso de graduação ainda envolve muitas aulas meramente expositivas. A metodologia de aprendizagem baseada em projetos (ABP, ou, em inglês, *project based learning - PBL*) favorece a aprendizagem através de uma estratégia pedagógica na qual o aluno atua como agente ativo da construção de seu conhecimento, que se dá durante o desenvolvimento de um projeto. No presente trabalho é relatado um caso de aplicação de ABP no desenvolvimento de materiais poliméricos, que englobou as etapas de processamento e caracterização de materiais, assim como de escrita de artigo científico com a discussão dos resultados obtidos. A metodologia de aprendizagem por projetos foi aplicada durante dois semestres letivos, com diferentes turmas do componente curricular “Processamento de Materiais Poliméricos” da Universidade Federal de Itajubá. Os trabalhos desenvolvidos por alunos participantes da disciplina resultaram em publicações em congressos e revistas. O

aprendizado adquirido facilitou a contratação e desempenho de alunos como estagiários de empresas de processamento de plásticos e no rendimento de alunos em intercâmbios internacionais, conforme depoimentos dos mesmos. Os discentes sentiram-se mais seguros e confiantes do conhecimento adquirido. A metodologia da forma empregada pode ser adaptada e reaplicada a outras áreas de diversas engenharias.

PALAVRAS-CHAVE: Aprendizagem baseada em projetos (ABP), Engenharia, Materiais poliméricos, Processamento.

PROJECT-BASED LEARNING IN MATERIAL DEVELOPMENT

ABSTRACT: Although Engineering is an extremely practical and applied area, teaching in this undergraduate course still involves many classes that are merely expository. The project-based learning methodology (PBL) favors learning through a pedagogical strategy in which the student acts as an active agent for the construction of his knowledge, which occurs during the development of a project. In the present work, a case of application of PBL in the development of polymeric materials is reported, which included the stages of materials processing and characterization, as well as the writing of a scientific article with the discussion of the results obtained. The project learning methodology was applied during two academic semesters, with different classes of the curricular component “Processing of Polymeric Materials” at the Federal University of Itajubá. The works developed by students participating in the discipline resulted in publications in conferences and journals. The acquired learning facilitated the hiring and performance of students as interns of plastics processing companies and in the performance of students in international exchanges, according to their testimonies. The students felt more secure and confident of the knowledge acquired. The methodology of the form used can be adapted and reapplied for other areas of diverse engineering.

KEYWORDS: Project-based learning (PBL), Engineering, Polymeric materials, Processing.

1 | INTRODUÇÃO

Componentes curriculares que tratam da ciência, do processamento e da caracterização de materiais integram comumente a matriz curricular de diversos cursos de Engenharia, como Engenharia Mecânica, Engenharia de Produção, Engenharia de Materiais, entre outras. No curso de Engenharia de Materiais da Universidade Federal de Itajubá (Unifei) a matriz curricular prevê que os alunos curse o componente “Processamento de Materiais Poliméricos” no quarto ano de graduação, após terem cursado disciplinas de ciências, ensaios e caracterização de materiais, além de disciplinas que tratam do aprendizado de metodologia científica. Portanto, por ser um componente cursado em um momento avançado da graduação, após a aquisição de conhecimentos básicos relacionados, apresenta-se uma conjuntura oportuna para exercício, reforço e aplicação do conhecimento adquirido ao longo do curso no desenvolvimento de um projeto de maior complexidade. O projeto em questão envolveu o desenvolvimento de materiais, englobando as etapas de revisão bibliográfica, processamento, caracterização, discussão

das propriedades encontradas, escrita de artigo científico, apresentação de seminário e avaliação. Ou seja, a metodologia de ensino utilizada possibilitou a aplicação e consolidação do entendimento do tetraedro básico que fundamenta a Engenharia de Materiais, com a correlação Composição-Estrutura-Processamento-Propriedades do material, conforme apresentado na Figura 1.

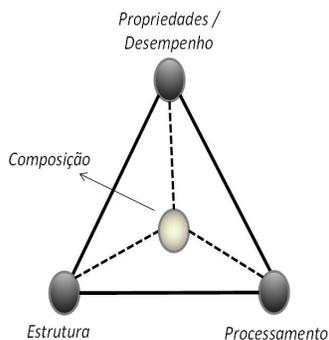


Figura 1. Esquema do tetraedro básico da Ciência e Engenharia de Materiais.

Polímeros são definidos como materiais de alta massa molecular constituídos por inúmeras unidades de repetição (meros). Eles podem ser divididos em plásticos (polipropileno, polietileno tereftalato, policloreto de vinila, etc), elastômeros (borracha natural, borracha nitrílica, etc) e fibras (de poliéster, de algodão, Nylon®, etc). O aprendizado do processamento de materiais poliméricos é de extrema importância para a formação de um engenheiro de materiais, dado o amplo campo de trabalho no qual esse conhecimento é requisitado. O Brasil possui mais de 11.000 indústrias de transformação de plásticos (ABIPLAST, 2018), além de inúmeras indústrias de transformação de borrachas e compósitos, cuja teoria básica também é vista no mesmo componente curricular, com carga horária semestral de 64 horas de aulas teóricas e 32 horas práticas.

Apesar da Engenharia ser uma área extremamente prática e aplicada, o ensino desse curso de graduação ainda envolve muitas aulas meramente expositivas. Segundo Brauer (1963), a atenção de um aluno a uma aula expositiva tende a durar apenas cerca de 15 min. Mesmo no caso de aulas práticas, dificilmente os alunos têm liberdade de operar equipamentos e testar diferentes materiais, sendo comum apenas a visualização de processos “referência”, sem grandes desvios do comportamento esperado, sem se depararem com problemas operacionais inesperados e sem participarem de forma ativa da análise e resolução de problemas. É apenas no operacional “mão-na-massa” que o entendimento de maior abrangência é fomentado.

A metodologia de aprendizagem baseada em projetos (ABP, ou, em inglês, *project based learning*) estabelece uma estratégia pedagógica na qual o aluno atua como agente ativo da construção de seu conhecimento, exercitando o “aprender mediante o fazer” (GUERRA *et al.*, 2017; REIS *et al.*, 2017). Nessa metodologia, os alunos, em equipes, devem desenvolver um projeto tendo que buscar os materiais e conhecimentos necessários para se atingir o propósito desejado. O professor atua como um facilitador do processo. Essa metodologia estimula o desenvolvimento de inúmeras competências e habilidades de fundamental importância na atuação de um engenheiro, que são inclusive previstas nas diretrizes curriculares para engenharia (BRASIL, 2001), como: atuação em equipe; conhecimento para projetar e conduzir experimentos e interpretar resultados; ética e responsabilidade profissionais; comunicação eficiente nas formas escrita, oral e gráfica; saber identificar e resolver problemas de engenharia; entre outras.

No presente trabalho é relatado um caso de aplicação de ABP no desenvolvimento de materiais poliméricos. Para processamento dos materiais foram escolhidos dois processos utilizados em larga escala pela indústria de plásticos: moldagem por extrusão e termoformagem. Após a demonstração inicial do procedimento de operação de cada equipamento, os alunos puderam utilizar seus horários de aula prática para desenvolvimento de seus projetos e cumprimento do cronograma previsto. Eles tiveram que fundamentar e escolher seu objeto de estudo, a partir de revisão bibliográfica, definir as condições ideais para processamento de seus materiais e realizar o processamento propriamente dito. Na sequência também tiveram que realizar caracterizações mecânicas, térmicas e morfológicas de seus materiais, escrever um artigo em inglês (cujo domínio do idioma é exigido no mercado de trabalho para um engenheiro) e apresentar um seminário. A professora atuou como facilitadora, acompanhando as operações e instigando os alunos a buscarem soluções às dificuldades encontradas em todas as etapas.

A metodologia de aprendizagem por projetos foi aplicada durante dois semestres letivos, com diferentes turmas do componente curricular “Processamento de Materiais Poliméricos” da Unifei, favorecendo a consolidação do aprendizado dos alunos envolvidos. A metodologia da forma empregada pode ser adaptada e reaplicada a outras áreas de diversas engenharias. A seguir é apresentado um detalhamento das etapas desenvolvidas durante a aplicação da metodologia.

2 | METODOLOGIA

Os fundamentos teóricos básicos ligados ao processamento por extrusão e termoformagem dos materiais foram apresentados em sala de aula aos alunos. Em seguida foram feitas aulas práticas demonstrativas do procedimento operacional de cada equipamento a ser utilizado. Os alunos da turma foram divididos em dois grupos (um grupo com 4 alunos e outro com 5 alunos) e foi feita a proposta de que cada grupo deveria escolher

como projeto de desenvolvimento um material compósito de matriz polimérica (polímero e carga) ou uma blenda polimérica (mistura mecânica de dois polímeros), para aproveitar o potencial da extrusora como equipamento de mistura. A metodologia de ensino aplicada foi constituída por oito etapas, conforme representado no fluxograma da Figura 2. Algumas dessas etapas foram desenvolvidas simultaneamente, como detalhado na sequência.

2.1 ETAPA 1 – definição do tema

Essa etapa teve o objetivo de nortear os alunos quanto à definição de seu objeto de estudo no projeto, o que foi auxiliado através das atividades propostas descritas abaixo:

A) Cada aluno do grupo teve que sugerir dois temas a serem trabalhados, escolhidos com base nos seguintes critérios:

- I. **Motivação** - Por que estudar/desenvolver o material proposto?; Quais os resultados esperados?;
- II. **Inovação** - Qual o diferencial do trabalho proposto com relação ao que já foi feito segundo a literatura?;
- III. **Facilidade na obtenção das matérias-primas** a serem utilizadas no trabalho.

B) Cada aluno teve que apresentar diante da turma suas duas propostas de projetos em seminários de 5 a 10 min, citando no mínimo duas referências bibliográficas recentes (após 2015) para cada tema apresentado.

C) Ao final das apresentações, cada grupo teve que chegar a um consenso e escolher um único tema a ser trabalhado. Essa escolha foi facilitada a partir da realização de perguntas por parte da professora após cada seminário, com base nos critérios de escolha sugeridos. Os temas centrais finais escolhidos por cada um dos dois grupos da disciplina foram:

- **Grupo 1:** Compósitos de acrilonitrila-butadieno-estireno (ABS) reforçados com bagaço de cana-de-açúcar (BC);
- **Grupo 2:** Compósitos de polipropileno (PP) com fibras de *Luffa Cylindrica* (LC).

Na sequência, cada grupo foi incitado a aprofundar a revisão bibliográfica sobre seu tema e a buscar as condições de processamento de seus materiais.

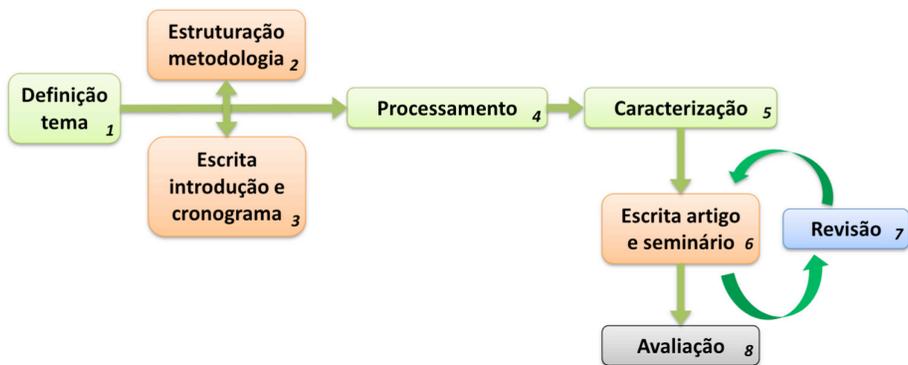


Figura 2. Fluxograma com as diferentes etapas seguidas no desenvolvimento do projeto.

2.2 ETAPA 2 – estruturação da metodologia experimental a ser seguida

Essa etapa teve o objetivo de orientar os alunos a buscarem a metodologia experimental a ser seguida para desenvolvimento do projeto de pesquisa, o que foi auxiliado através das atividades propostas descritas abaixo:

A) Cada grupo teve que propor as condições a serem utilizadas em cada etapa de processamento, com base em pelo menos três artigos usados como referencial teórico.

B) Os grupos tiveram que providenciar os materiais a serem utilizados, através de pedidos de doação a empresas, coleta de materiais ou solicitação dos mesmos dentro da própria universidade.

C) Cada grupo teve que preparar e apresentar um fluxograma dos ensaios a serem realizados.

D) A metodologia proposta por cada grupo para desenvolvimento de seu trabalho foi apresentada a professora e demais alunos.

O bagaço de cana utilizado pelo Grupo 1, já lavado e moído, foi doado pela empresa Cachaça Mineiriana, fabricante de cachaça, localizada em Itabira-MG. O ABS (AG1000) foi doado pela empresa Innova. O bagaço foi submetido a um tratamento alcalino em solução de NaOH (4% em massa) por 24 h, para remoção parcial da lignina e melhora da interação com a matriz de ABS (MOHANTY e MISRA, 2005). Na sequência o bagaço foi lavado abundantemente com água até pH neutro e foram selecionadas fibras com comprimento médio de 50 a 100 mm através de peneiramento manual. As fibras e o ABS foram secos por 24 h a 60°C antes da extrusão.

O PP utilizado pelo Grupo 2 (CP 442XP, da Braskem) foi obtido na própria Unifei e se trata, na verdade, de um copolímero de etileno-propileno heterofásico. As fibras de *Luffa Cylindrica* foram extraídas a partir de buchas secas coletadas no sítio de um dos alunos do grupo de trabalho. As buchas foram lavadas, seus caroços foram retirados, e

foram cortadas fibras com comprimentos de 2 a 3 cm. Em seguida as fibras de *Luffa* foram submetidas ao mesmo tratamento alcalino realizado pelo Grupo 1 no bagaço de cana. As fibras de *Luffa* e o PP foram secos por 4 h a 80°C antes da extrusão.

2.3 ETAPA 3 – escrita da introdução teórica e definição de cronograma

Essa etapa foi realizada concomitantemente à etapa 2. Os grupos tiveram que escrever a introdução teórica de seus artigos em inglês e definir seus cronogramas de trabalho, até a data de entrega acordada. As introduções e os cronogramas foram avaliados pela professora-facilitadora e entregues para revisão, com sugestões de alteração. Para escrita do artigo em inglês a professora indicou seguirem a formatação exigida pela revista JAPS (*Journal of Applied Polymer Science*), de classificação Qualis A1 (CAPES), da área de Engenharias II. Os alunos tiveram que acessar a página da revista para verem as exigências de formatação.

2.4 ETAPA 4 - processamento

Essa etapa compreendeu o processamento dos materiais propriamente dito, com o acompanhamento da professora-orientadora e de técnicos envolvidos com a disciplina, para garantir a segurança dos discentes e dos equipamentos durante o trabalho prático. Os alunos puderam operar os equipamentos, seguindo procedimentos operacionais previamente passados pela professora. Percalços inesperados ocorreram durante os processos exigindo a busca por uma solução técnica correta e viável por parte dos alunos. Apesar da revisão bibliográfica inicial para definição dos pontos de partida quanto às condições de processo, as condições finais utilizadas foram definidas empiricamente, buscando-se evitar a ocorrência de defeitos no extrudado (fratura do fundido) e nas chapas termoprensadas (fusão incompleta da matriz, heterogeneidades, etc). Um exemplo disso foi a definição do teor de fibra de *Luffa Cylindrica* adicionado à matriz de PP pelo Grupo 2. Por ser muito volumosa e ter densidade muito baixa, a alimentação dessa fibra na extrusora foi muito difícil, mesmo utilizando alimentação manual forçada, de modo que o teor máximo utilizado acabou sendo definido como 1,5% em massa.

A extrusão foi feita em extrusora monorroscas ES25 da Seibt e a termoprensagem foi feita em prensa Solab SL11. Antes da prensagem os compósitos extrudados foram secos. A prensagem foi feita utilizando um molde metálico de dimensões 100 x 100 x 1,7 mm. As condições de extrusão e termoprensagem utilizadas por cada grupo estão apresentadas na Tabela 1, assim como o teor de fibra utilizado. A termoprensagem do grupo 2 foi feita em duas etapas seguidas: uma prensagem inicial com uma pressão mais baixa (2 ton) por 2 min para aquecimento do polímero e redução da viscosidade do mesmo, seguida do aumento de pressão (4,5 ton) por 15 min para formação da chapa homogênea. Após os processamentos, os grupos prosseguiram com as caracterizações dos materiais.

	Teor de fibra (%massa)	Temperaturas na Extrusão (°C)				Matriz	Termoprensagem
		Zona 1	Zona 2	Zona 3	Temperatura / Pressão / tempo		
Grupo 1 (ABS/BC)	15	160	190	210	230	245 °C/ 3 ton / 10 min	
Grupo 2 (PP/LC)	1,5	130	140	150	155	a) 200 °C / 2 ton / 2 min b) 200°C / 4,5 ton / 15 min	

Tabela 1. Condições de processamento utilizadas na extrusão e termoprensagem.

2.5 ETAPA 5 – caracterizações dos materiais obtidos

Cada grupo teve que realizar caracterizações térmicas e mecânicas. Os grupos fizeram análises de Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC) utilizando um equipamento Perkin Elmer DSC8000. A Termogravimetria (TGA) foi feita utilizando um equipamento Shimadzu DTG-60. Os ensaios de tração foram realizados em uma máquina universal Instron/Emic 23-10. Em adição, foi dada a orientação de que a caracterização microscópica seria desejável, caso o grupo encontrasse tempo hábil para fazê-la. O Grupo 1 fez Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) em um microscópio Vega3 Tescan. A Tabela 2 apresenta as condições utilizadas por cada grupo em cada um dos ensaios realizados.

Os grupos foram estimulados a apresentarem seus resultados na forma de tabelas e de curvas construídas no programa OriginLab®, muito utilizado na Engenharia.

	DSC	TGA	Tração	MEV
Grupo 1 (ABS/ BC)	25-200°C; 10°C.min ⁻¹ ; N ₂	30-750°C; 10°C.min ⁻¹ ; Ar	Com base na ASTM D638, em amostras de 10 x 100 x 1 mm	Voltagem: 5 KV.
Grupo 2 (PP/LC)	0-200°C; 10°C.min ⁻¹ ; N ₂	30-700°C; 10°C.min ⁻¹ ; Ar		Não foi feito.

Tabela 2. Condições utilizadas nos ensaios. Os valores no DSC e no TGA representam a faixa de temperatura, as taxas de aquecimento/resfriamento e a atmosfera utilizadas, respectivamente.

2.6 ETAPA 6 – escrita da primeira versão do artigo em inglês / seminário

De posse de seus resultados, os grupos tiveram que discuti-los e redigir seus artigos completos em inglês, seguindo a formatação exigida pela revista JAPS, e entregar à professora com quase 1 (um) mês de antecedência do final do semestre letivo. Isso possibilitou que a professora corrigisse os artigos e os devolvesse para revisão por parte dos grupos. Logo após a entrega dessa primeira versão, os grupos tiveram que apresentar seminários sobre os mesmos, durante os quais recomendações foram feitas. Todos os integrantes do grupo tiveram que apresentar pelo menos uma parte do seminário.

2.7 ETAPA 7 – revisão e entrega do artigo final

Os grupos tiveram que fazer as revisões sugeridas em seus artigos para entrega final.

2.8 ETAPA 8 – avaliação

A nota final (NF) atribuída a cada aluno referente à parte prática da disciplina de “Processamento de Materiais Poliméricas” foi baseada na Equação 1.

$$NF = 0,2 * (N1 + N2 + N3) + N4 * 0,4 \quad (1)$$

Considerando: N1 como sendo a nota da primeira versão do artigo em inglês (0 a 10, peso 2); N2 a nota da apresentação do seminário relacionado à primeira versão do artigo (0 a 10, peso 2); N3 a nota da autoavaliação do grupo (0 a 10, peso 2); N4 a nota do artigo final, após revisão (0 a 10, peso 4).

A nota da autoavaliação foi dada pelos próprios alunos, a eles mesmos e a cada um dos integrantes do grupo. Essa nota foi uma média feita com base em notas de 0 a 5 atribuídas pelos alunos considerando a participação de um determinado membro do grupo em cada uma das seguintes etapas: desenvolvimento do trabalho prático; revisão bibliográfica; escrita do artigo; preparação do seminário; interação com o grupo. Para entendimento, a Tabela 3 apresenta um exemplo das notas dadas pelo membro de um dos grupos a seus colegas e a ele mesmo, sem identificar nomes. Essa metodologia permitiu retribuir com maiores notas pessoas que se dedicaram mais ao desenvolvimento do trabalho como um todo e foi bem aceita pelos alunos. A média final da avaliação recebida por cada membro do grupo (de 0 a 5 inicialmente) foi normalizada para uma nota de 0 a 10, para entrar no cálculo da nota final conforme apresentado na equação acima.

A partir das datas definidas como limites para o cumprimento de cada etapa, cada grupo teve que definir seu próprio cronograma de trabalho para processamento de seu material, realização de cada ensaio, redação do artigo, etc. Cada grupo também teve autonomia para fazer a divisão de tarefas entre os membros.

Item avaliado	Aluno integrante			
	A	B	C	D (autoavaliado)
Desenvolvimento do trabalho prático	4,5	3,0	4,0	4,0
Revisão Bibliográfica	4,5	3,0	4,0	5,0
Escrita do artigo	4,5	4,5	4,0	4,5
Preparação do seminário	5,0	4,5	4,0	4,5
Interação com o grupo	4,5	3,5	3,0	4,5

Tabela 3. Notas autoavaliação de grupo.

3 | RESULTADOS TÉCNICOS

A Tabela 4 apresenta as justificativas para escolha do tema do projeto de cada grupo, com base nos critérios sugeridos (respostas à etapa 1 da Metodologia) e com algumas citações do referencial teórico pesquisado. Mais adiante estão expostos os resultados das caracterizações realizadas, seguidos das discussões apresentadas pelos alunos.

3.1 Análise visual e morfológica

Apenas o Grupo 1 conseguiu ter tempo hábil para realizar análise de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) em suas amostras. Algumas das imagens obtidas estão expostas na Figura 3. O mesmo grupo registrou o aspecto visual interessante de suas amostras de “polímero-madeira”, em contraste com o aspecto branco translúcido das amostras de ABS puro (Figura 4).

Através das imagens de MEV é possível observar uma interface bem definida entre a fibra e a matriz polimérica com a presença de alguns vazios, especialmente na Figura 3a, devido à remoção de fibras durante o corte da amostra, o que sugere baixa adesão entre as fases (ISHIZAKI *et al.*, 2006). Além disso, agregados de fibras podem ser claramente observados na Figura 3b, provavelmente devido ao baixo poder de dispersão da extrusora de rosca única, o que poderia ser melhorado usando uma extrusora dupla- rosca co-rotacional.

Conforme apresentado na Figura 4b, as amostras de ABS puro permaneceram transparentes e brancas, confirmando o caráter amorfo do polímero e que não ocorreu degradação térmica durante o processamento do material, o que será comprovado pelas análises térmicas apresentadas na sequência. A adição de BC ao ABS resultou em amostras amarronzadas de aspecto amadeirado.

	Critérios		
	Motivação	Inovação	Obtenção das matérias-primas
Grupo 1 (ABS/bagaço de cana) (TRIPATHI e KUMAR, 2016; RAMARAJ, 2006; MARTINS, J. <i>et al.</i> , 2010)	<ul style="list-style-type: none"> - obter um polímero-madeira de aspecto estético interessante, devido à transparência do ABS. - aproveitamento e agregação de valor a um material leve e abundante no Brasil (bagaço de cana ou <i>Luffa</i>); - redução do custo de produto feito apenas com o polímero (ABS ou PP); 	<ul style="list-style-type: none"> - Não foi encontrado na literatura trabalho que estudasse a adição de fibras de bagaço de cana a uma matriz de ABS. 	<ul style="list-style-type: none"> - Ambas foram obtidas por doação.
Grupo 2 (PP+ <i>Luffa</i>) (SANJAY <i>et al.</i> , 2018; LEMOS <i>et al.</i> , 2017;; DEMIR <i>et al.</i> , 2006)	<ul style="list-style-type: none"> - substituição parcial do polímero por material biodegradável e de fonte renovável (bagaço ou <i>Luffa</i>) - manutenção ou melhoria de propriedades mecânicas com a adição de fibras vegetais. 	<ul style="list-style-type: none"> - Não foi encontrado na literatura trabalho de processamento por extrusão de compósito de polipropileno com <i>Luffa</i> cilíndrica; tampouco trabalho com o teor utilizado carga/matriz. 	<ul style="list-style-type: none"> - As buchas para extração das fibras foram coletadas no sítio de um dos alunos do grupo. - O PP estava disponível na Unifei para uso dos alunos.

Tabela 4. Justificativas para escolha dos temas dos projetos dos grupos.

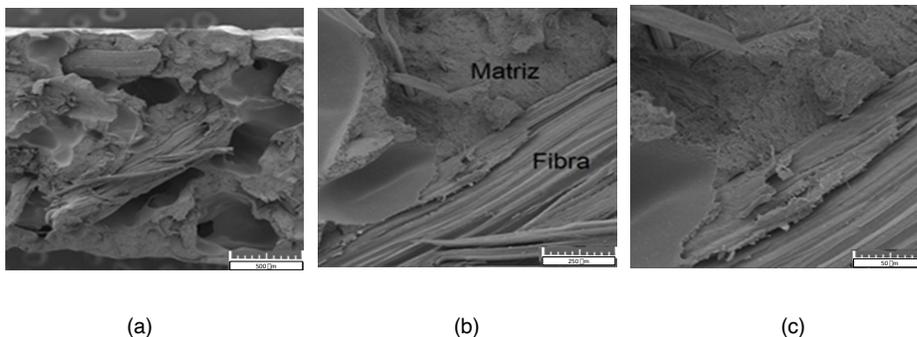


Figura 3. Imagens obtidas por MEV de amostra de ABS/BC com diferentes ampliações: a) 100 x (escala = 500 μm); b) 500 x (escala = 250 μm); c) 1000 x (escala = 50 μm).



Figura 4. Aspecto visual das amostras de ABS com as fibras de BC (a) e do ABS puro (b).

3.2 Caracterização térmica

A análise de Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC) fomentou a discussão das diferenças existentes entre o polímero amorfo escolhido pelo Grupo 1 (ABS) e o polímero semicristalino trabalhado pelo Grupo 2 (PP).

Na curva do ABS puro e de seu compósito (Figura 5) foi possível observar apenas uma transição de segunda ordem, correspondente à transição vítrea (T_g) do ABS, acima da qual ele passa de um estado vítreo/rígido, para um estado borrachoso/amolecido. A temperatura de T_g do compósito (109 $^{\circ}\text{C}$) foi ligeiramente maior que a observada para o ABS puro (105 $^{\circ}\text{C}$), conforme indicado pelas setas na Figura 5. Isso pode ser um indicativo de que, apesar da interação ruim, a presença de fibras de bagaço de cana causou obstáculos à movimentação macromolecular, sendo necessária mais energia para amolecer o material e fazê-lo fluir.

Já na análise do PP e de seu compósito, foram observados picos de fusão de fase cristalina no aquecimento, e picos de cristalização, no resfriamento (Figura 6). Como o PP estudado na verdade é um copolímero heterofásico de propileno e eteno, ele contém

fases de polipropileno e de polietileno em sua estrutura (MOORE, 1996), o que justifica a existência de dois picos de fusão e de dois picos de cristalização, conforme apresentado na Figura 6. Os picos de menor área, que ocorreram em temperaturas de fusão e de cristalização mais baixas, correspondem à fase etileno, presente em menor quantidade. Foi possível perceber que a adição dos baixos teores de fibra LC à matriz de PP não alterou a temperatura de fusão nem o comportamento de cristalização do polímero. As temperaturas de fusão e de cristalização da fase propileno mantiveram-se em 127°C e em 163°C, respectivamente.

Os resultados de temperatura de início de degradação térmica (Tonset) obtidos pelos dois grupos na análise termogravimétrica (TGA) estão expostos na Tabela 5. Através da Tabela 5 percebe-se que a resistência térmica do ABS é superior à do PP. Em adição, percebe-se que a degradação térmica do ABS inicia-se a uma temperatura significativamente superior às máximas utilizadas durante o processamento do material (230°C na extrusão e 245°C na termoprensagem), justificando a não observação de sinais de degradação nas amostras (Figura 4b). A adição de 15 % em massa do bagaço de cana à matriz de ABS acabou resultando em um compósito de menor resistência térmica, devido à menor temperatura de início de degradação térmica da fibra natural. No caso do compósito preparado pelo Grupo 2, a adição da fibra de *Luffa Cylindrica* não alterou o comportamento de resistência térmica do PP, devido à proximidade dos valores de temperatura de início de degradação térmica entre a matriz e a carga.

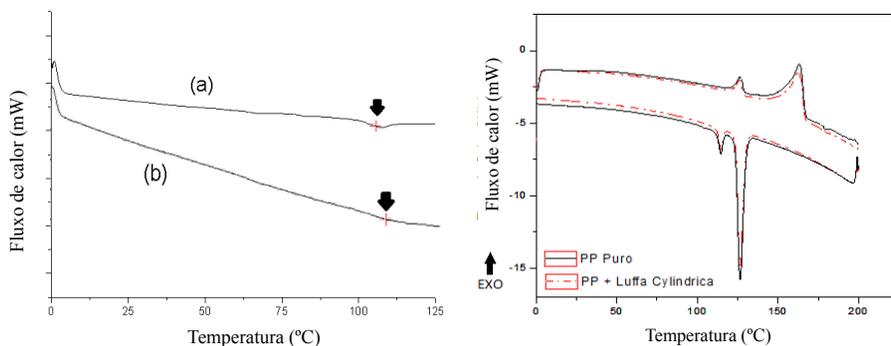


Figura 5. DSC ABS puro (a) e ABS/BC (b). Figura 6. DSC PP puro e PP/LC.

	T_{onset} (°C)		T_{onset} (°C)		T_{onset} (°C)
BC	250	ABS/BC	300	PP	260
ABS	330	LC	250	PP/LC	248

Tabela 5. Tonset do bagaço de cana (BC), da *Luffa Cylindrica* (LC), dos polímeros e compósitos.

3.3. Caracterização mecânica

As médias dos resultados obtidos nos ensaios de tração pelos dois grupos estão apresentadas na Tabela 6. Comparativamente ao PP, o ABS é um polímero mais rígido (maior módulo elástico) e de maior resistência à tração. Considerando os erros associados, as propriedades do ABS significativamente impactadas pela adição das fibras de bagaço foram as relacionadas à ruptura: tensão (σ_b) e deformação (ϵ_b) de ruptura, que apresentaram redução de 43% e de 61%, respectivamente. Isso é provavelmente decorrência da fraca interface fibra-matriz e da presença de agregados de fibras. No entanto, propriedades extremamente importantes para diversas aplicações, como tensão de escoamento (σ_y), tensão de deformação (ϵ_y) e módulo de elasticidade (E) podem ser consideradas estatisticamente iguais (Tabela 6), confirmando que a incorporação do resíduo de bagaço à matriz ABS pode ser uma alternativa para reutilização, redução de custos e redução do consumo de fontes não renováveis de petróleo.

	E (MPa)	σ_y (MPa)	ϵ_y (%)	σ_b (MPa)	ϵ_b (%)
ABS	766 ± 71	9 ± 1	1,5 ± 0,1	14 ± 1	4,4 ± 0,9
ABS/BC	703 ± 63	7,3 ± 0,8	1,3 ± 0,2	8 ± 1	1,7 ± 0,4
PP	661 ± 2	4,2 ± 0,1	1,0 ± 0,2	5,2 ± 0,1	1,6 ± 0,1
PP/LC	661 ± 2	4,2 ± 0,1	0,9 ± 0,2	5,2 ± 0,1	1,6 ± 0,1

Tabela 6. Módulo elástico (E); tensão (σ_y) e deformação (ϵ_y) de escoamento; tensão (σ_b) e deformação (ϵ_b) de ruptura.

A adição da fibra de LC à matriz de PP não alterou as propriedades mecânicas sob tração desse polímero, devido ao pequeno teor de fibra adicionado (1,5% em massa). Logo, vale à pena estudar a adição de maiores teores dessa fibra, uma vez que, assim como comentado para a fibra de BC, também reduz a utilização de material derivado de petróleo (PP) e pode reduzir o custo do material. A incorporação da fibra de LC ao PP em maior quantidade por extrusão pode ser facilitada através da utilização de um alimentador lateral, com alimentação forçada, em zona posterior à fusão do polímero.

4 | RESULTADOS DE ENSINO/APRENDIZAGEM

Durante o desenvolvimento do projeto foi possível perceber que a metodologia utilizada claramente favoreceu o desenvolvimento de competências transversais, além de competências técnicas relacionadas ao processamento de materiais. Dentre competências desenvolvidas é possível citar: trabalhar em equipe; planejar o cronograma de desenvolvimento de um trabalho e cumprir prazos, com disciplina e responsabilidade; comunicar-se eficientemente nas formas oral (relação com a equipe e apresentação de seminário), escrita (redação do artigo, inclusive em inglês) e gráfica (construção dos gráficos de tratamento dos resultados). A metodologia permitiu a construção do conhecimento na prática, utilizando conhecimentos pregressos adquiridos por parte dos alunos ao longo do curso para desenvolvimento de uma percepção global do que é a engenharia de materiais e de como um engenheiro pode atuar. Depoimentos dos alunos reforçaram que o aprendizado adquirido facilitou suas atuações em estágios industriais e científicos na área de processamento de materiais, inclusive em experiências internacionais. Uma aluna declarou sentir-se mais segura do conhecimento adquirido, o que favoreceu sua contratação após uma entrevista técnica.

Por outro lado, houve uma percepção por parte dos alunos e da professora de que o prazo de um semestre letivo, que consiste geralmente em apenas quatro meses e ainda é reduzido por feriados, foi curto para o desenvolvimento de um projeto dessa complexidade. Os alunos sugeriram a escrita do artigo em português em uma próxima oportunidade, uma vez que a escrita em inglês, embora de extrema importância, ainda não é dominada pela maioria. Outra sugestão foi a escolha de um único tema para o desenvolvimento do projeto, envolvendo todos os alunos da sala, que poderiam dividir melhor suas tarefas e cumprir os prazos com mais tranquilidade. No entanto, também foi reconhecido que os prazos das indústrias nas quais atuam os engenheiros geralmente são extremamente desafiadores.

É válido comentar que resultados dos projetos desenvolvidos durante dois semestres de aplicação da metodologia até o momento geraram publicação em três congressos científicos (VALÉRIO et al., 2019; MARTINS, A. et al., 2018; SILVA et al., 2018) e submissão em uma revista internacional (BIAGIOTTI et al., 2020).

5 | CONCLUSÃO

A metodologia aplicada no componente curricular “Processamento de Materiais Poliméricos” fomentou a aprendizagem baseada em projetos (ABP) por parte dos alunos. De modo geral, as etapas propostas no desenvolvimento da metodologia foram bem avaliadas pelos alunos e levaram a resultados técnicos de qualidade que geraram publicações em congressos e revistas. O desenvolvimento dos projetos estimulou o desenvolvimento de inúmeras competências e habilidades nos alunos e reforçou o aprendizado e percepção global do tetraedro base da Engenharia de Materiais, que correlaciona Composição-Estrutura-Processamento-Propriedades de materiais. Acredita-se que a aplicação da metodologia permite que os alunos saiam mais preparados e seguros para o mercado de trabalho, para atuação como engenheiros de materiais.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a prestativa ajuda dos técnicos do laboratório de processamento da Unifei-Itabira, Lúcio Cláudio da Silva e Geraldo Eustáquio Miguel Santos (Cabral). Também agradecem às empresas Innova e Cachaça Mineiriana pela doação, respectivamente, do polímero ABS e da fibra de bagaço de cana.

REFERÊNCIAS

ABIPLAST - Associação Brasileira da Indústria de Plástico. Perfil 2018 - Indústria Brasileira de Transformação e Reciclagem de Material Plástico. Disponível em: <<http://www.abiplast.org.br/wp-content/uploads/2019/08/perfil-2018-web.pdf>>. Acesso em 05 fev. 2020.

BIAGIOTTI, A. et al. **Expanded graphite as reinforcement of polypropylene composites**. International Journal of Materials and Products Technology, Submetido em fev de 2020.

BRASIL. Conselho Nacional de Educação / Câmara de Educação Superior. **Diretrizes Curriculares para os Cursos de Graduação em Engenharia**, aprovado em 12/12/2001. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CES1362.pdf>>. Acesso em 5 fev. 2020.

BRAUER, M. **Ensinar na Universidade – conselhos práticos, dicas, métodos pedagógicos**. São Paulo: Parábola Editorial, 2012.

DEMIR, H. et al. **The effect of fiber surface treatments on the tensile and water sorption properties of polypropylene–luffa fiber composites**. Composites: Part A, v. 37, p. 447–456, 2006.

GUERRA, A. et al. **Aprendizaje basado em problemas y educación en ingeniería: Panorama latinoamericano**. Aalborg: Aalborg Universitetsforlag, 2017.

ISHIZAKI, M. H. et al. **Caracterização mecânica e morfológica de compósitos de polipropileno e fibras de coco verde: influência do teor de fibra e das condições de mistura**. Polímeros, v. 16, n. 3, p. 182–186, 2006.

LEMOS, A. L. et al. **Biocomposites reinforced with natural fibers: thermal, morphological and mechanical characterization**. Revista Matéria, v. 22, n. 2, 2017.

MARTINS, A. et al. **Polímero madeira: a influência do pó de serragem nas propriedades do polipropileno**. In: III CONGRESSO DE PESQUISA, EXTENSÃO E ENSINO DA UNIFEI, 2018, Itabira, Anais eletrônicos...Itabira: UNIFEI, 2018. Disponível em: <<https://cpee.unifei.edu.br/anaisiiicpeeisbn.pdf>>. Acesso em 05 fev. 2020.

MARTINS, J. N. et al. **Dynamic mechanical, thermal, and morphological study of ABS/textile fiber composites**. Polymer Bulletin, v. 64, p. 497-510, 2010.

MOHANTY, A. K.; MISRA, M. **Natural fibers, biopolymers and biocomposites**. CRC Press: Boca Raton, 2005.

MOORE JR, E. P. **Polypropylene Handbook**. Hanser Gardner Publications, 1996.

RAMARAJ, B. **Mechanical and Thermal Properties of Polypropylene/Sugarcane Bagasse Composites**. Journal of Applied Polymer Science: v. 103, n. 6, p.3827-3832, 2006.

REIS, A. C. B.; BARBALHO, S. C. M.; ZANETTE, A. C. D. **A bibliometric and classification study of Project-based Learning in Engineering Education**. Production, v. 27(spe), 2017.

SANJAY, M. R. et al. **Characterization and properties of natural fiber polymer composites: A comprehensive review**. Journal of Cleaner Production, vol. 172, p. 566-581, 2018.

SILVA, A. M. G. et al. **Processamento por injeção e extrusão e caracterização da blenda de ABS/HIPS (75/25)**. In: 23º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA E CIÊNCIA DOS MATERIAIS, 2018, Foz do Iguaçu, Anais...Foz do Iguaçu, 2018.

TRIPATHI, P.; KUMAR, D. **Study on Mechanical Behaviour of Sugarcane Bagasse Fiber Reinforced Polymer Matrix Composites**. S-JPSET, v. 8, p. 34-42, 2016.

VALÉRIO, A.L. et al. **Produção e caracterização de compósitos de polipropileno reforçados com Luffa cylindrica**. In: IV CONGRESSO DE PESQUISA, EXTENSÃO E ENSINO DA UNIFEI, 2019, Itabira, Anais eletrônicos...Itabira: UNIFEI, 2019.

SOBRE OS ORGANIZADORES

JOÃO DALLAMUTA - Professor assistente da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Graduação em Engenharia de Telecomunicações pela UFPR. MBA em Gestão pela FAE Business School, Mestre pela UEL. Doutorando em Engenharia Espacial pelo INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

HENRIQUE AJUZ HOLZMANN - Professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Graduação em Tecnologia em Fabricação Mecânica e Engenharia Mecânica pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Doutorando em Engenharia e Ciência dos Materiais pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Trabalha com os temas: Revestimentos resistentes à corrosão, Soldagem e Caracterização de revestimentos soldados.

RENNAN OTAVIO KANASHIRO - Professor na Universidade Norte do Paraná (Unopar). Graduação e Mestrado em Engenharia Mecânica pela UTFPR. Trabalha com temas: Identificação de Sistemas, Problema Inverso e Otimização

ÍNDICE REMISSIVO

A

Açaí 87, 90, 92

Aglomerados 80, 81, 86

Água 7, 8, 26, 44, 48, 49, 50, 51, 53, 54, 55, 56, 57, 61, 69, 88, 89, 92, 95, 96, 97, 102, 105, 106, 107, 108, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 119, 120, 121, 124, 125, 127, 128, 134, 135, 141, 142, 155, 156, 157, 158, 159, 164, 168, 169, 178

Alimentação 75, 133, 160, 161, 162, 163, 165, 166, 167, 179, 186

B

Bagaço 160

Bagaço de Cana 80, 81, 83, 84, 85, 86, 177, 178, 179, 182, 183, 184, 185, 187

Bioclimatologia 70, 71, 72, 73, 74, 76, 79

C

Camada 8, 131, 136

Cenoura 120, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 140, 141, 142, 143

Citronela 59, 60, 61, 64, 65, 66, 67, 68

Climatizadores 105

CO₂ 7, 8, 59, 60, 65, 67, 69, 147, 154

Coagulação 155, 156, 157, 158, 159

Contaminação 44, 45, 48, 49, 50, 53, 54, 55, 56, 57, 112

E

Efeitos 18, 32, 33, 34, 74, 75, 78, 96, 118, 120, 164, 167, 168, 170

Empíricos 34, 131, 132, 133, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 142

Ensaio 25, 27, 29, 30, 36, 51, 52, 53, 82, 90, 155, 181

Eucalipto 80, 81, 83, 84, 85, 86, 94, 95, 96

Extração 59, 60, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 87, 88, 147, 150, 152, 154, 167, 170, 182

F

Fibra de Vidro 24, 25, 27, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37

Fluído 59, 88, 89

G

Gengibre 118, 119, 120, 121, 124, 126, 129, 130

Geometria 90, 118, 119, 120, 121, 125, 126, 127, 128, 129

GNSS 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23

Goma Xantana 87, 88, 89, 90, 92

I

Incêndio 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 50

Instituições Públicas 1

L

Licor 94, 95, 96, 98

Lubrificante 44, 46, 47, 48, 49, 50

M

Madeira 8, 17, 81, 86, 94, 95, 96, 104, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 152, 153, 154, 182, 188

Malte 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172

Melhoria 27, 38, 39, 40, 42, 159, 166, 182

Mudança 1, 108, 120

O

Ordenhadeiras 105

P

pH 88, 97, 103, 104, 135, 140, 142, 155, 156, 157, 158, 178

Processos 29, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 69, 74, 118, 125, 130, 132, 133, 136, 146, 161, 165, 166, 171, 175, 176, 179

Produção 43, 44, 45, 52, 56, 59, 69, 70, 71, 72, 73, 75, 76, 78, 79, 80, 81, 88, 89, 94, 95, 96, 104, 105, 106, 108, 117, 143, 147, 150, 154, 156, 166, 167, 170, 174, 188, 189

R

Resistência Elétrica 24, 25, 26, 27, 29, 36, 37

S

Secagem 89, 97, 118, 119, 120, 121, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 170

Sementes 96, 143, 155, 156, 157, 158, 159, 168

Soldagem 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 189

Sustentável 76, 94, 104, 145, 146, 149, 150, 154

T

Térmico 27, 74, 75, 81, 82, 86, 105, 106, 114, 117, 148

Transferência de Calor 7, 80, 81, 84, 119

 www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br
 @atenaeditora
 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

AMPLIAÇÃO E APROFUNDAMENTO DE CONHECIMENTOS NAS ÁREAS DAS ENGENHARIAS 2


Ano 2020

 www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br
 @atenaeditora
 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

AMPLIAÇÃO E APROFUNDAMENTO DE CONHECIMENTOS NAS ÁREAS DAS ENGENHARIAS 2


Ano 2020