



As Engenharias agregando Conhecimento em Setores Emergentes de Pesquisa e Desenvolvimento

Franciele Braga Machado Tullio
Lucio Mauro Braga Machado
(Organizadores)

**Atena**
Editora
Ano 2021



As Engenharias agregando Conhecimento em Setores Emergentes de Pesquisa e Desenvolvimento

Franciele Braga Machado Tullio
Lucio Mauro Braga Machado
(Organizadores)

Atena
Editora
Ano 2021

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 Alfnas

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. Liliani 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

As engenharias agregando conhecimento em setores emergentes de pesquisa e desenvolvimento

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Vanessa Mottin de Oliveira Batista
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizadores: Franciele Braga Machado Tullio
Lucio Mauro Braga Machado

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E57 As engenharias agregando conhecimento em setores emergentes de pesquisa e desenvolvimento / Organizadores Franciele Braga Machado Tullio, Lucio Mauro Braga Machado. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-769-7

DOI 10.22533/at.ed.697211102

1. Engenharia. I. Tullio, Franciele Braga Machado (Organizador). II. Machado, Lucio Mauro Braga (Organizador). III. 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

A obra “As Engenharias Agregando Conhecimento em Setores Emergentes de Pesquisa e Desenvolvimento” contempla vinte capítulos em que os autores abordam suas pesquisas aplicadas nos mais diversos setores da engenharia.

Pesquisas relacionadas a propriedades físico-químicas de materiais e desenvolvimento de novos produtos com a finalidade de aplicar na indústria.

Desenvolvimento de novos materiais e aplicação de inteligência artificial para utilização na medicina também são abordados.

Geração de energia, desenvolvimento de projetos sustentáveis e tratamento de efluentes são assuntos em evidência no meio acadêmico.

Por fim, estudo sobre a gestão de projetos de obras de arte especiais com a finalidade de auxiliar os gestores na tomada de decisões e intervenções nas mesmas.

Esperamos que esta obra promova ao leitor o desejo de desenvolver ainda mais estudos, agregando mais conhecimento em setores de pesquisa e desenvolvimento. Boa leitura!

Franciele Braga Machado Tullio
Lucio Mauro Braga Machado

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

CONSTRUÇÃO DE IMPELIDORES POR MANUFATURA ADITIVA: UMA METODOLOGIA PARA O ENSINO DE OPERAÇÕES UNITÁRIAS

Tadeu Henrique Aparecido da Silva

Monica Taís Siqueira D'Amelio

DOI 10.22533/at.ed.6972111021

CAPÍTULO 2..... 17

DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE ACIDEZ E PERÓXIDO NO ÓLEO DE FRITURA UTILIZADO NO REFEITÓRIO DO IFMT – CAMPUS CONFRESA

Fábio Gonçalves Marinho

Felipe Gimenes Rodrigues Silva

Ulisses Alberto Rodrigues da Silva

Milton Fantinell Junior

Carlos Bonfim Gonçalves Marinho

Geovana Rodrigues Soares

DOI 10.22533/at.ed.6972111022

CAPÍTULO 3..... 22

ESTUDO DA SEDIMENTAÇÃO DESCONTÍNUA DE CaCO_3 E Ca(OH)_2 EM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES VISANDO A SEPARAÇÃO DE PARTICULADO

Dinalva Schein

Carolina Smaniotto Fronza

Gabriela Aline Kroetz Bremm

Isaac dos Santos Nunes

Andréia Monique Lermen

Naiara Jacinta Clerici

Paula Gabriela Dalla Porta

Suelyly Ribeiro Hollas

DOI 10.22533/at.ed.6972111023

CAPÍTULO 4..... 33

FUNCIONALIZAÇÃO DO TERPOLÍMERO ACRILONITRILA-BUTADIENO-ESTIRENO COM ANIDRIDO MALEICO – UMA REVISÃO DA LITERATURA

Carlos Bruno Barreto Luna

Danilo Diniz Siqueira

Eduardo da Silva Barbosa Ferreira

Edson Antonio dos Santos Filho

Edcleide Maria Araújo

DOI 10.22533/at.ed.6972111024

CAPÍTULO 5..... 54

ANÁLISE DE DESGASTE NAS LASTRINAS DA CAIXA MATRIZ NA INDÚSTRIA DE REVESTIMENTOS CERÂMICOS

Tiago da Silva Fernandes

Anderson Daleffe

DOI 10.22533/at.ed.6972111025

CAPÍTULO 6..... 68

ANÁLISE QUÍMICA E ÂNGULO DE CONTATO DE FILMES FORMADOS POR BLENDA DE POLIESTIRENO/POLI(CAPROLACTONA) FOTODEGRADADAS POR LUZ ULTRAVIOLETA

Catarina Barbosa Levy

Maria Oneide Silva de Moraes

Walter Ricardo Brito

João de Deus Pereira de Moraes Segundo

DOI 10.22533/at.ed.6972111026

CAPÍTULO 7..... 75

APLICAÇÃO DE NANOBIMATERIAIS NO TRATAMENTO DE FERIDAS

Rayanne Cornelio Silva Carvalho

Deuzuita dos Santos Freitas Viana

Vicente Galber Freitas Viana

DOI 10.22533/at.ed.6972111027

CAPÍTULO 8..... 87

INFLUÊNCIA DA CONCENTRAÇÃO DE FERROCARBONILA EM MATERIAIS ABSORVEDORES DE RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA

Cecília Maia Corsato

Nicholas Eras Fonseca

Bruno Ferraz Donati

Gustavo Freitas de Souza

Rademaks Bento de Oliveira

Valdirene Aparecida da Silva

DOI 10.22533/at.ed.6972111028

CAPÍTULO 9..... 96

INCORPORAÇÃO DE FIBRAS DE POLIPROPILENO RECICLADAS EM COMPÓSITO CONCRETO

Gabriela T. Santiago

Matheus Vosgnach

Vinício Ceconello

Edson Francisquetti

Mara Andrade Zeni

DOI 10.22533/at.ed.6972111029

CAPÍTULO 10..... 105

ANÁLISE DO ÂNGULO DE INCLINAÇÃO SOLAR DE PAINÉIS FOTOVOLTAICOS PARA LOCALIDADES NO BAIXO TOCANTINS – PA

Marinaldo de Jesus dos Santos Rodrigues

Silvio Bispo do Vale

Tatiane Perna Rodrigues

DOI 10.22533/at.ed.69721110210

CAPÍTULO 11	117
SIMULAÇÃO ENERGÉTICA PARA RECUPERAÇÃO DE CALOR DO AR EM AGÊNCIAS BANCÁRIAS	
Alexandre Fernandes Santos Jeová Alves Diniz Junior Heraldo José Lopes de Souza	
DOI 10.22533/at.ed.69721110211	
CAPÍTULO 12	131
USO DO SISTEMA DX (EXPANSÃO DIRETA) PARA SISTEMAS GEOTÉRMICOS EM CURITIBA	
Alexandre Fernandes Santos Paulo Henrique Colombo Heraldo José Lopes de Souza Fabio Francisco Ferreira	
DOI 10.22533/at.ed.69721110212	
CAPÍTULO 13	143
MÉTODOS DE APRENDIZAGEM DE MÁQUINA APLICADOS NA CLASSIFICAÇÃO DE NÍVEIS DE APNEIA UTILIZANDO SINAIS DE ELETROCARDIOGRAMA	
João Pedro dos Santos Silva Pedro Henrique dos Santos Almeida Letícia Chaves Lima Cananéa Helder Alves Pereira	
DOI 10.22533/at.ed.69721110213	
CAPÍTULO 14	153
ANÁLISE E SIMULAÇÃO DE CONTROLE VOLUMÉTRICOS E DINÂMICOS EM SISTEMAS DE PERFURAÇÃO DE POÇOS PETROLÍFEROS	
Juliana Gomes da Silva Savio Raider Matos Sarkis	
DOI 10.22533/at.ed.69721110214	
CAPÍTULO 15	173
UTILIZAÇÃO DO MÉTODO DE ANÁLISE HIERÁRQUICA (AHP) COMO FERRAMENTA DE AUXÍLIO MULTICRITÉRIO NO PROCESSO DE DECISÃO DE PRIORIZAÇÃO DE PROJETOS DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO NA AMAZÔNIA AZUL	
Andrezza de Oliveira Agápito Dalessandro Soares Vianna Marcilene de Fátima Dianin Vianna Edwin Benito Mitacc Meza	
DOI 10.22533/at.ed.69721110215	
CAPÍTULO 16	185
IMPLANTAÇÃO DE PRODUÇÃO MAIS LIMPA EM COMPLEXO ALIMENTÍCIO INDUSTRIAL	
Yuri de Oliveira Godoy	

Aldo Muro Júnior

DOI 10.22533/at.ed.69721110216

CAPÍTULO 17..... 196

AVANÇOS PARA MELHORIA DA RESISTÊNCIA À INCRUSTAÇÃO EM MEMBRANAS DE ULTRAFILTRAÇÃO COM POTENCIAL PARA APLICAÇÃO NO TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS OLEOSAS: uma revisão

Victor José Romão dos Santos

Suellen Cristine Meira

DOI 10.22533/at.ed.69721110217

CAPÍTULO 18..... 211

ANÁLISE PROBABILÍSTICA E DETERMINÍSTICA DA ESTABILIDADE DE TALUDES EM BARRAGEM DE TERRA DO ESTADO DO CEARÁ

Fernando Feitosa Monteiro

Andressa de Araujo Carneiro

Yago Machado Pereira de Matos

Giovanna Monique Alelvan

DOI 10.22533/at.ed.69721110218

CAPÍTULO 19..... 222

A GESTÃO DE OBRAS DE ARTE ESPECIAIS MUNICIPAIS: CONCEPÇÃO DE UM MODELO CONCEITUAL DE BANCO DE DADOS APLICADO ÀS PONTES, VIADUTOS E PASSARELAS

André Felipe Bozio

Vivian da Silva Celestino Reginato

DOI 10.22533/at.ed.69721110219

CAPÍTULO 20..... 240

ALTERAÇÕES MORFOLÓGICAS DO PORTO MARAVILHA, RIO DE JANEIRO: TRANSFORMAÇÕES URBANAS

Amanda Martins Marques da Silva

Gisele Silva Barbosa

Patricia Regina Chaves Drach

Eduardo Praun Machado

Victor Marques Zamith

DOI 10.22533/at.ed.69721110220

SOBRE OS ORGANIZADORES 255

ÍNDICE REMISSIVO..... 256

SIMULAÇÃO ENERGÉTICA PARA RECUPERAÇÃO DE CALOR DO AR EM AGÊNCIAS BANCÁRIAS

Data de aceite: 01/02/2021

Alexandre Fernandes Santos

Universidade Beira Interior
Covilhã, Portugal

<https://orcid.org/0000-0001-5306-6968>

Jeová Alves Diniz Junior

Faculdade Profissional – FAPRO
Curitiba – Paraná - Brasil

Heraldo José Lopes de Souza

Faculdade Profissional – FAPRO
Curitiba - Paraná

<https://orcid.org/0000-0002-8471-7804>

RESUMO: Este documento simulou duas situações para uma agência bancária pertencente ao segmento de atendimento a clientes exclusivos, localizada na cidade de Curitiba- PR. Inicialmente a agência apresenta-se de acordo com o projeto de climatização original, utilizando doze evaporadoras de ar condicionado VRF, duas condensadoras VRF, um conjunto Split High-Wall convencional e seis ventiladores de Injeção de ar externo com vazão total de 1.750 m³/h e posteriormente, a segunda situação foi alterada a configuração do parque de equipamentos, substituindo as duas unidades condensadoras VRF por outras de menor capacidade térmica, em virtude da substituição dos seis ventiladores por dois recuperadores de calor com vazão conjunta de 2.000 m³/h, demonstrando assim que a segunda situação é possível reduzir os custos, com o investimento na aquisição dos equipamentos de ar condicionado, com gastos

de energia elétrica e por fim proporcionando um excelente conforto térmico para clientes e funcionários da agência bancária.

PALAVRAS-CHAVE: Conforto térmico, Ar condicionado, Ventilação.

ENERGY SIMULATION FOR AIR HEAT RECOVERY IN BANKING AGENCIES

ABSTRACT: This document simulated two situations for a bank branch belonging to the exclusive customer service segment, located in the city of Curitiba-PR. Initially, the agency presents itself according to the original air conditioning project, using twelve VRF air conditioning evaporators, two VRF condensers, a conventional Split High-Wall set and six External air injection fans with a total flow of 1,750 m³/h subsequently, the second situation changed the configuration of the equipment park, replacing the two VRF condensing units with others of lower thermal capacity, due to the replacement of the six fans by two heat recovery units with a combined flow of 2,000 m³/h, thus demonstrating that the second situation is possible to reduce costs, with the investment in the purchase of air conditioning equipment, with electricity costs and finally providing excellent thermal comfort for customers and employees of the bank branch.

KEYWORDS: Thermal comfort, Air conditioning, Ventilation.

1 | INTRODUÇÃO

O conforto térmico em ambientes internos e sua importância estão estabelecidos por

intermédio de parâmetros físicos, de acordo com a NBR-16401 e conforme a recomendação da ANVISA na Resolução-RE nº 09, 16 de janeiro de 2003, visando assim à obtenção de qualidade aceitável de ar interior em sistemas de ar condicionado para conforto, definindo vazões de ar exterior para ventilação, níveis de filtragem do ar, requisitos técnicos dos sistemas e componentes relativos à qualidade do ar e requisitos de manutenção relativos à qualidade do ar.

Um dos grandes consumidores de energia são os sistemas de climatização. Por exemplo, sabe-se que em um mercado, o consumo do sistema de ar condicionado pode chegar a 40% do total consumido em energia elétrica (Branco, 2010), e em um edifício comercial, pode-se chegar a 50% (Cushman, 2010). Atualmente novas tecnologias e pesquisas estão sendo exploradas com o propósito de melhorias da eficiência energética dos sistemas de climatização, com foco no desenvolvimento de equipamentos de alto desempenho, reduções dos gastos com energia elétrica e melhoria no conforto térmico interno. Os grandes fabricantes de equipamentos de ar condicionado possuem reconhecimento no mercado por sua estabilidade, confiabilidade e economia, devido a eficiência dos novos compressores.

Sabe-se que ao conseguir diminuir significativamente o impacto do valor da temperatura do ambiente a ser refrigerado ou a temperatura do ar externo (bulbo seco), durante o percurso de ar nos dutos de ventilação até a troca térmica nos evaporadores, o sistema de climatização estará trabalhando de forma mais eficiente e menos oneroso. Este artigo teve a intenção de simular teoricamente a redução do valor da temperatura dentro dos evaporadores, por intermédio do uso de recuperadores de calor entálpicos, reduzindo assim os efeitos da carga térmica referente a renovação do ar externo.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Conforme a resolução 09 da vigilância sanitária estabelece-se que nas condições internas de verão, a faixa recomendável de operação das temperaturas de bulbo seco deve variar entre 23°C a 26°C e nas condições de inverno, a faixa recomendável de operação das temperaturas de bulbo seco deve variar entre 20°C a 22° C. Para as umidades relativas nas condições de verão, a faixa recomendável deve operar entre 40% a 65% e nas condições de inverno, a faixa recomendável deve operar entre 35% a 65%. Para o valor máximo recomendável de operação da Velocidade do Ar, no nível de 1,5m do piso, na região de influência da distribuição do ar é de menos 0,25 m/s. A taxa de renovação do ar adequada será no mínimo, de 27 m³/hora/pessoa. Para concentração CO₂, a faixa recomendável é menor que 1000 ppm de dióxido de carbono, como indicador de renovação de ar externo, recomendado para conforto e bem-estar. Para aerodispersóides, a faixa recomendável é menor que 80 µg/m³ de aerodispersóides totais no ar, como indicador do grau de pureza do ar e limpeza do ambiente climatizado.

A norma NBR 16401- 3 2008 estabelece para uma agência bancária (nível três) 5,7 L/s por pessoa ($5,7 \times 3,6 = 20,52 \text{ m}^3/\text{h}$ pessoa) de vazão eficaz mínima de ar externo para ventilação. Em nosso estudo foi utilizado a taxa de renovação do ar externo descrito na resolução nº 09 da ANVISA de $7,5 \times 3,6 = 27\text{m}^3/\text{h}$ por pessoa.

Respeitando os parâmetros citados acima, utilizou-se um software de mercado para o cálculo da carga térmica desta agência bancária. Em primeiro momento foi considerado a situação de projeto, onde o ambiente da agência bancária é climatizado na maioria por sistemas de ar condicionado VRF, com auxílio de ventiladores de injeção de ar externo dutados e na sequência foi simulado em substituição aos ventiladores, os recuperadores de calor de injeção de ar externo e exaustão do ar interno, o qual reduziu a carga térmica referente a renovação do ar externo. Estas situações foram descritas neste estudo, nas condições nº 01 e nº 02, que foram comparadas em relação ao investimento de equipamentos de ar condicionado, custo com gasto em energia elétrica e o conforto ambiental.

2.1 Cálculos das cargas térmicas

Primeiramente segue abaixo, o projeto atual desenvolvido (Figura 01) para o sistema de climatização, para os pavimentos da agência bancária, em Curitiba - PR.

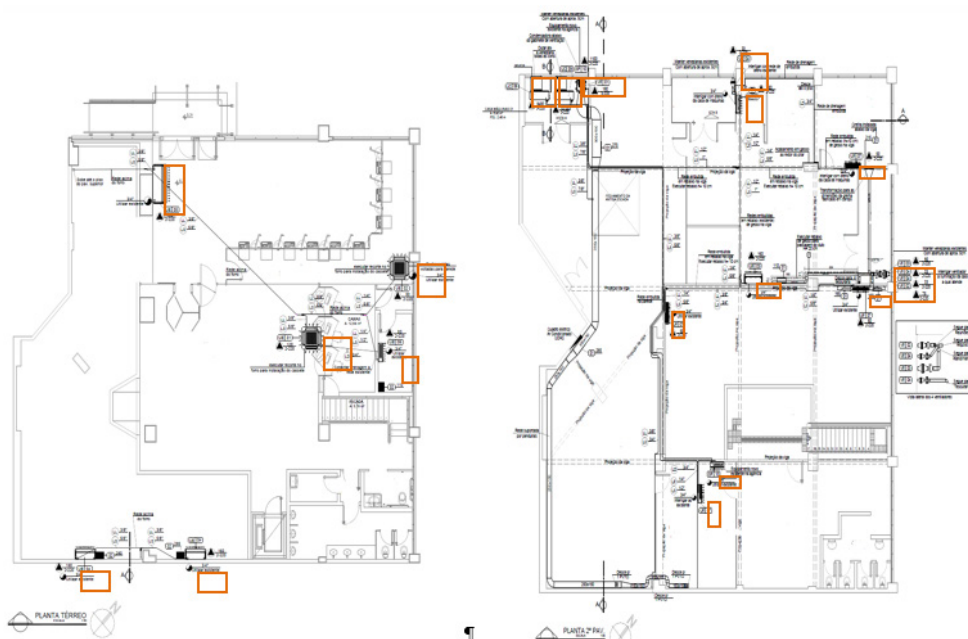


Figura 1 - Planta térrea e 1º piso da agência bancária em Curitiba-PR

Os cálculos da carga térmica foram realizados pelo Engenheiro Mecânico: Luiz Carlos

Freire Arraes – CREA-SC: 023.506-6, Através do Software: PRO-AR CONDICIONADO – 9 VERSÃO.

Seguem abaixo as referências relevantes utilizadas nos pavimentos, para o cálculo da carga térmica da agência bancária.

Projeto Banco – Térreo	Projeto Banco – 1º Pavimento
Latitude: 25° Sul. Direção Norte: 47.3° (Direção relativa ao desenho)	Latitude: 25° Sul. Direção Norte: 58.2° (Direção relativa ao desenho)
Área: 280.12 (m²)	Área: 183.75 (m²)
Temperatura: 24 (°C)	Temperatura: 24 (°C)
Entalpia: 12 (kcal/kg)	Entalpia: 12 (kcal/kg)
TBS externa (15h00min): 30.9 (°C)	TBS externa (15h00min): 32 (°C)
Entalpia externa (15h00min): 17 (kcal/kg)	Entalpia externa (15h00min): 17 (kcal/kg)
Umidade Relativa: 50 (%)	Umidade Relativa: 50 (%)
Volume Específico do Ar: 0.9 (m³/kg)	Volume Específico do Ar: 0.9 (m³/kg)
TBS Insuflamento: 12 (°C)	TBS Insuflamento: 12 (°C)
Taxa média por pessoa: 27 (m³/h) /pessoa	Taxa média por pessoa: 27 (m³/h) /pessoa
Varição Temp. (24h): 8 (°C)	Varição Temp. (24h): 8 (°C)
Varição Temp. interna/externa: 6 (°C)	Varição Temp. interna/externa: 6 (°C)

Tabela 01. Cálculos de carga térmica

Após executar o software da carga térmica, seguem abaixo os valores encontrados para a carga térmica (Tabelas 02 e 03) com pico da carga térmica na agência bancária

AMBIENTE	Carga Térmica				Vazão de Ar					ÁREA (m²)	Nº Pessoas
	Total (Btu/h)	Sensível (Btu/h)	Fator Carg.S	m² por (Btu/h)	Insuf (m³/h)	Ext. (m³/h)	TBS ins (°C)	Trocas por h	Trocas/h Ar. Ext		
Abastecimento	15.805	15.805	1,00	0,00131	1.244	0	12	25,10	0,00	20,66	0
Autoatendimento	43.419	26.857	0,62	0,00114	1.597	900	12	13,45	7,58	49,50	20
Plataforma/Caixa/Público	78.552	63.177	0,80	0,00261	4.652	561	12	9,47	1,14	204,69	33
Salão de autoatendimento	4.349	3.747	0,86	0,00121	282	27	12	22,37	2,13	5,27	1
TOTAL	14.2126	109.587	0,77	0,00197	7.777	1.488				280,12	54

Tabela 02 – Valores obtidos da carga térmica na agência bancária – Térreo

AMBIENTE	Carga Térmica				Vazão de Ar					ÁREA (m²)	Nº Pessoas
	Total (Btu/h)	Sensível (Btu/h)	Fator Carg.S	m² por (Btu/h)	Insuf (m³/h)	Ext. (m³/h)	TBS ins (°C)	Trocas por h	Trocas/h Ar. Ext		
Arquivo/ Suporte/ Circulação	18.936	16.681	0,88	0,00343	1.241	108	12	8,11	0,71	64,91	4
Sala online	6.734	7015	1,04	0,00175	552	0	12	19,87	0,00	11,78	0
Sala de Reunião	15.268	10.757	0,70	0,00107	703	216	12	18,31	5,63	16,27	8
Telefonista	4.072	3.047	0,75	0,00110	204	54	12	19,25	5,10	4,49	2
Atendimento/ Hall Público	33.354	26.847	0,80	0,00259	1.898	323	12	9,32	1,59	86,30	19
TOTAL	78.366	64.349	0,82	0,00234	4.600	701				183,75	33

Tabela 03 - Valores obtidos da carga térmica na agência bancária - 1º Pavimento

Conclui-se que o pico da carga térmica na agência ocorre as 15h00 min, logo se chegou aos seguintes valores: 109.258,09 BTU/h (térreo) e 59.795,98 BTU/h (1º pavimento); Q Total = 169.054,07 BTU/h (14,09 TR).

Para o cálculo da parcela referente carga térmica do ar externo relativo a carga térmica total de 14,09 TR foi escolhido inicialmente dois parâmetros. Neste caso, as temperaturas de bulbo seco e as entalpias do ar externo, conforme a NBR 16.401-1 2008 e os dados técnicos das condições internas dos ambientes utilizados como referência no cálculo da carga térmica.

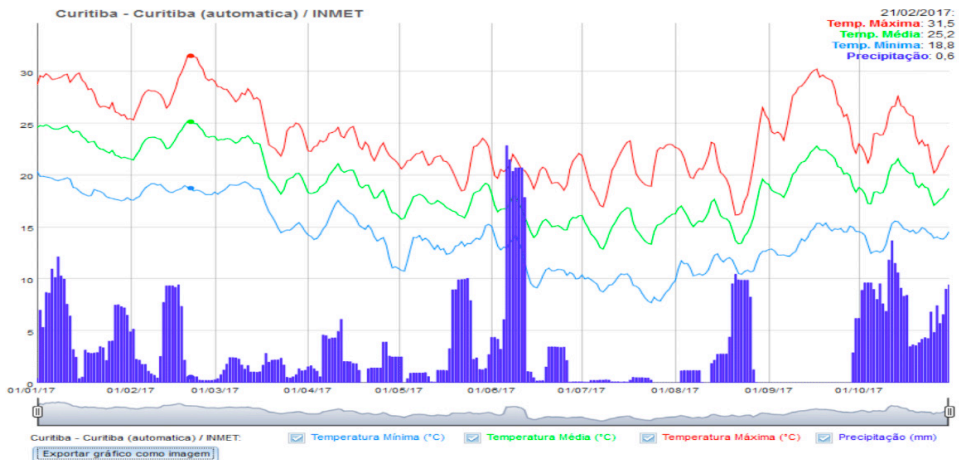


Gráfico 01- Variação TBS Curitiba-PR. Período janeiro a outubro de 2017 (Agritempo, 2017).

Ponto 01 - Dados Ar Externo TBS externa: 32°C (TBS externa crítica, Curitiba-PR= 30,9°C); Entalpia externa = 17 kcal/kg;	Ponto 02 – Dados Ar interno TBS ambiente: 24°C; Entalpia ambiente: 13 kcal/kg;
--	--

Posteriormente utilizou-se um aplicativo e assim determinou-se a parcela referente carga térmica do ar externo (AE), ligando o ponto 01 ao 02, conforme figura abaixo, gerando 9.736 kW (4.195 kW- calor sensível e 5.541 kW- ca-lor latente). Transformando, 9.736 kW x 0.28434517 (conversão), então AE= 2,77 TR.

2.2 Análise da situação: condição nº 01

A primeira condição de análise refere-se a seguinte configuração do sistema de climatização abaixo:

Quantidade	Equipamentos de climatização	Capacidade (kW)
01	Unidade evaporadora <i>High Wall</i> - VRF	2,8
01	Unidade evaporadora Cassete - VRF	5,6
01	Unidade evaporadora Cassete - VRF	7,0
02	Unidade evaporadora Piso Teto - VRF	16,80
01	Unidade evaporadora Piso Teto - VRF	14,00

Tabela 04. Cadastro de equipamento.

O valor de investimento para aquisição e instalação dos equipamentos de climatização acima é aproximadamente R\$ 39.000,00. Equipamentos do térreo, consomem em média 0,45 kW.

Quantidade	Equipamentos de climatização	Capacidade (kW)
01	Unidade evaporadora <i>High Wall</i> - VRF	2,8
01	Conjunto Split <i>High Wall</i> convencional	3,5
01	Unidade evaporadora Piso Teto - VRF	5,6
04	Unidade evaporadora <i>High Wall</i> -VRF	16,80
01	Unidade condensadora <i>Front Flow</i> - VRF 10 HP	28,00
01	Unidade condensadora <i>Front Flow</i> - VRF 12 HP	33,50

Tabela 05. Cadastro de equipamento.

Quantidade	Ventiladores de injeção de ar externo	Vazão de ar (m³/h)
01	Ventilador	1100
01	Ventilador	215
01	Ventilador	325
03	Ventiladores	110

Tabela 06. Cadastro de equipamento

O valor de investimento para aquisição e instalação dos equipamentos de climatização acima é aproximadamente R\$ 92.000,00.

Equipamentos do primeiro pavimento, consomem em média 23,55 kW.

Então para condição do pico da carga térmica, tem:

- Capacidade frigorífica (Q_{Total}) = 14,09 TR, logo: $Q_{interna} + A.E = 11,32 + 2,77 = 14,09$ TR;
- Capacidade térmica dos compressores do sistema: 61,50 kW (17,50 TR);
- Consumo de energia: 24 kW;
- Valor médio investimento em equipamentos: R\$ 131.000,00;
- Gasto mensal com energia elétrica:

Período 2017	Potência (kW)	Fator Utilizado	Horas/dia	Dias médio/mês	Tarifa de cobrança 1 kW/h (subgrupo B3)	Valor mensal médio em R\$
Janeiro a outubro	24	0,7	10	20	0,69	2.318,40

Tabela 07. Gasto mensal com energia elétrica condição nº 01

2.3 Análise da situação: condição nº 02

A Segunda condição de análise refere-se a seguinte configuração alterada do sistema de climatização abaixo.

No térreo: Mesma configuração descrita na condição nº 01, no primeiro pavimento:

Quantidade	Equipamentos de climatização	Capacidade (kW)
01	Unidade evaporadora <i>High Wall</i> - VRF	2,8
01	Conjunto Split <i>High Wall</i> convencional	3,5
01	Unidade evaporadora Piso Teto - VRF	5,6
04	Unidade evaporadora <i>High Wall</i> - VRF	16,80
01	Unidade condensadora <i>Front Flow</i> - VRF 8 HP (em substituição a Unidade condensadora <i>Front Flow</i> - VRF 10 HP)	22,40
01	Unidade condensadora <i>Front Flow</i> - VRF 10 HP (em substituição a Unidade condensadora <i>Front Flow</i> - VRF 12 HP)	28

Tabela 08. Cadastro de equipamento.

Quantidade	Recuperadores de calor	Vazão de ar (m³/h)
02	Recuperadores de calor entálpicos (em substituição aos ventiladores de injeção de ar externo)	2200

Tabela 09. Cadastro de equipamento

O valor de investimento para aquisição e instalação dos equipamentos de climatização acima é aproximadamente R\$ 100.000,00.

Equipamentos do primeiro pavimento, consumindo 15,86 kW.

Com a utilização dos dois recuperadores de calor em nossa condição nº 02, onde o processo de operação deste dispositivo utiliza-se por intermédio da diferença de energia entre a massa de ar que entra vinda do exterior e a massa de ar interna que será exaurida, a fim de manter o equilíbrio da pressão interna, possibilitou a substituição duas unidades condensadoras descritas na condição nº 01, por outras duas de menor capacidade térmica. Premissas de Cálculo Carga Térmica.

- Condições Externas: Temperatura de Bulbo Seco = 32,0°C Temperatura de Bulbo Úmido = 22,1°C Entalpia = 17 kcal/kg	- Condições Internas Temperatura de Bulbo Seco = 24,0°C Temperatura de Bulbo Úmido = 16,8°C Entalpia = 12 kcal/kg
--	---

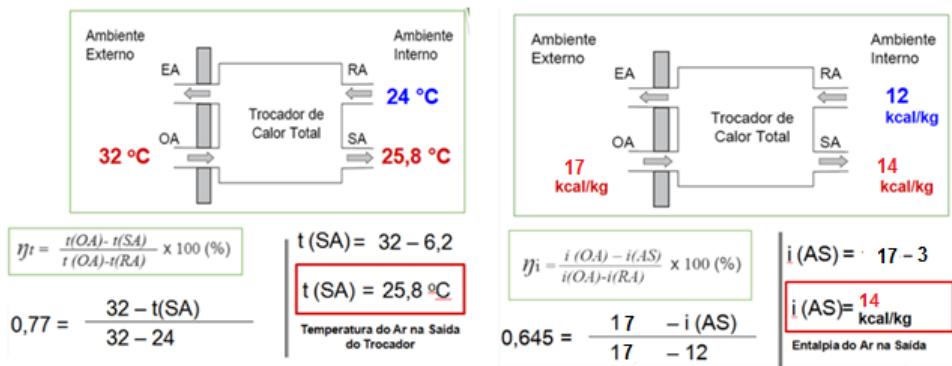


Figura 02- Cálculo da T (°C) na saída do trocador e cálculo da entalpia na saída do trocador

Assim os recuperadores de calor terão variação na sua capacidade de retirar calor do ar, conforme as condições de temperatura e umidade do projeto da agência.

Utilizando a vazão ar externo descrito no projeto em 1.750 m³/h, calculou-se essa variação para os dois equipamentos:

$$Q_{Tv} = \text{Vazão ar} \times 1,18 \times (i_{OAE} - i_{OAS}).$$

$$Q_{Tv} = 1750 \text{ m}^3/\text{h} \times 1,18 \times (17 - 14).$$

$$Q_{Tv} = 6.195 \text{ kcal/h (0,51 TR)}.$$

Em seguida, calculou-se a quantidade de calor retirado pelos recuperadores de calor, sabendo-se que a parcela referente carga térmica do ar externo (AE) é de 2,77 TR, então:

$$Q_{T \text{ retirado}} = 2,77 - 0,51 = 2,26 \text{ TR (aproveitamento dos recuperadores)}.$$

$$\text{Ar Externo condição nº 02 (AE2)} = 2,77 \text{ TR} - 2,26 \text{ TR} = 0,51 \text{ TR}.$$

Então para condição do pico da carga térmica na condição nº 02, se tem:

- Capacidade frigorífica (Q Total) = 14,09 - 2,26 = 11,83 TR., logo: Q interna + AE2 = 11,32 TR + 0,51 TR = 11,83 TR.
- Capacidade térmica dos compressores do sistema: 50,40 kW (14,34 TR). Compressores com melhor COP em relação a situação nº 01;
- Consumo de energia: 16,31 kW;
- Valor investimento em equipamentos: R\$ 139.000,00;
- Gasto mensal com energia elétrica.

Período 2017	Potência (kw)	Fator Utilizado	Horas/dia	Dias médio/mês	Tarifa de cobrança 1 kW/h (subgrupo B3)	Valor mensal médio em R\$
Janeiro a outubro	16,31	0,7	10	20	0,69	1.575,55

Tabela 10. Gasto mensal com energia elétrica condição nº 02

3 I COMPARATIVO DOS SISTEMAS NA PIOR CONDIÇÃO EXTERNA

Para as seguintes condições psicrométricas abaixo, as mesmas referem-se a pior condição de operação em relação aos dados do ar externo:

- Ar Retorno - TBS= 24 °C; TBU= 16,8 °C.
- Ar Externo - TBS= 32 °C; TBU= 22,1 °C.

No projeto utilizou-se fator de segurança, quando usou-se TBS= 32 °C, ao invés de TBS= 30,9 °C, (conforme tabela de dados NBR 16401-1 2008).

PR	Curitiba		Latitude	Longit.	Altitude	Pr.atm	Período	Extrem. anuais	TBU	TBSmx	s	TBSmn	s	
			25,52S	49,17W	908m	90,88	82/01		27,4	32,9	1,0	-1,4	2,0	
Mês>Qt	Freq. anual	Resfriamento e desumidificação				Baixa umidade			Mês>Fr	Freq. anual	Aquec.	Umidificação		
Jan		TBS	TBUc	TBU	TBSc	TPO	w	TBSc	Jul	TBS	TPO	w	TBSc	
	0,4%	30,9	20,2	23,2	26,8	22,2	18,9	24,3		99,6%	2,4	-1,2	3,8	6,7
ΔTmd	1%	29,8	20,2	22,6	26,2	21,7	18,3	23,9		99%	4,8	1,7	4,8	9,3
9,5	2%	28,7	20,2	22,0	25,6	21,1	17,6	23,2						

Tabela 11 - Tabela dados climáticos da cidade de Curitiba-PR

Segue abaixo (Tabela 12) com o comparativo entre os dois sistemas mencionados para a vazão de 1750 m³/h.

Tratamento do ar externo (condições)□	(2ª condição)□	(1ª condição)□
Q_{interna} (TR)□	11,32□	11,32□
Carga térmica parcela ar externo (TR)□	2,77□	2,77□
Calor retirado com tratamento do ar externo (TR)	2,26□	0,00□
Varição do calor a ser retirado com tratamento do ar externo (TR)□	0,51□	2,77□
Q_{Total} (TR)□	14,09□	14,09□
Consumo de energia equipamentos ¶ ar condicionado (kW)□	15,41□	23,62□
Consumo de energia dos equipamentos para tratamento o ar externo (kW)□	0,90□	0,38□
Total de consumo (kW)□	16,31□	24,00□
Operação (h/ano)□	1.680□	1.680□
Potência consumida (kW)□	27.405,84□	40.314,96□
Custo operacional anual ¶ (tarifa Copel B3 0,69 R\$/kW)□	18.910,03□	27.817,32□
Custo operacional médio/mês (R\$)□	1.575,55□	2.318,40□

Tabela 12 - Tabela comparativa entre as condições

Tarifa Convencional COPEL Curitiba-Paraná– sub grupo B3n valor R\$ 0,44056 (resolução ANEEL) e R\$ 0,69118 (com imposto)

4 | RESULTADOS OBTIDOS

Para o sistema de climatização descrito na condição nº 01 obteve-se um custo médio de implementação de R\$ 132.872,40, enquanto na condição nº 02 com uso de recuperadores em relação aos ventiladores obteve-se um custo de R\$ 140.575,55.

Apresentando uma diferença de R\$ 7.703,15 entre as duas condições (Tabela 13). Essa diferença torna-se viável, quando observamos adiante o payback.

Custo (R\$)	Condição nº 01	Condição nº 02
Fornecimento e instalação dos equipamentos ar condicionado	R\$ 128.000,00	R\$ 124.000,00
Fornecimento e instalação dos equipamentos para tratamento do ar externo	R\$ 2.554,00	R\$ 15.000,00
Gasto médio mensal com energia elétrica	R\$ 2.318,40	R\$ 1.575,55
Total	R\$ 132.872,40	R\$ 140.575,55

Tabela 13 - Tabela investimento comparativo entre situações

Analisando a tabela do fluxo de caixa- Payback (Tabela 14) referente a diferença existente entre o custo anual entre as duas condições verificou-se que ao final do décimo mês, o sistema com uso de recuperadores estará pago e a agência bancária ficará a partir de então, só com economia.

PAYBACK	Meses (fluxo de caixa)	Diferença do valor para retono do investimento (RS)	Gasto médio mensal (energia elétrica condição n° 01)	Gasto médio mensal (energia elétrica condição n° 02)	Diferença mensal do gasto com energia elétrica
	1 MÊS	RS 6.960,30	2.318,40	1.575,55	742,85
	2 MÊS	RS 6.217,45	2.318,40	1.575,55	742,85
	3 MÊS	RS 5.474,60	2.318,40	1.575,55	742,85
	4 MÊS	RS 4.731,75	2.318,40	1.575,55	742,85
	5 MÊS	RS 3.988,90	2.318,40	1.575,55	742,85
	6 MÊS	RS 3.246,05	2.318,40	1.575,55	742,85
	7 MÊS	RS 2.503,20	2.318,40	1.575,55	742,85
	8 MÊS	RS 1.760,35	2.318,40	1.575,55	742,85
	9 MÊS	RS 1.017,50	2.318,40	1.575,55	742,85
	10 MÊS	RS 274,65	2.318,40	1.575,55	742,85
	11 MÊS	-RS 468,20	2.318,40	1.575,55	742,85

Tabela 14 - Tabela fluxo de caixa Payback.

Com relação ao custo verificou-se que o sistema de ar condicionado utilizando os dois recuperadores de calor é totalmente viável, pois apresenta-se um payback curto de 10 meses (ao final do mês).

Um outro ponto a ser comparado entre os sistemas, descritos nas duas condições refere-se a renovação do ar dentro do ambiente da agência bancária. Na condição n° 01, os ventiladores utilizados apenas tentam injetar o ar exterior para dentro do ambiente, havendo a necessidade de renovação do ar proporcional ao número de pessoas que entram no local pela porta giratória da agência bancária. As normas atuais, não referenciam valores de renovação por pessoas/hora em m³ para portas giratórias. Na ausência de normativa vigente, resgatou-se a normativa NBR-6401 Dez 1980, onde a mesma menciona o valor de 11 m³/h de ar por pessoa que entra no banco pela porta giratória. Para o valor de injeção dos seis ventiladores em 1.750 m³/h seria necessário um fluxo médio de 159 pessoas por horas. Diante deste cenário, entendemos que o fluxo de pessoas será em média, bem abaixo do valor necessário a renovação do ar. Com a não renovação eficiente do ar no ambiente interno da agência bancária, dessa forma ocorrerá aumento da pressão do ar e do índice de monóxido de carbono; diminuição da umidade relativa do ar, elevando o cansaço e a fadiga aos clientes e funcionários, contribuindo assim negativamente a um conforto ambiental.

B) Pelas portas		
Local	m³/h por pessoa	
	Porta giratória (1,80 m)	Porta de vai-e-vem (0,90 m)
Bancos	11	14
Barbearias	7	9
Drogarias e Farmácias	10	12
Escritórios de corretagem	9	9
Escritórios privados	-	4
Escritórios em geral	-	7
Lojas em geral	12	14
Restaurantes	3	4
Lanchonetes	7	9

C) Pelas portas abertas		
Porta até 90 cm	-	1 350m³/h
Porta de 90 cm até 180 cm	-	2 000 m³/h

Tabela 15 - Tabela infiltração de ar

Na condição nº 02, entende-se que os dois recuperadores de calor propostos, onde cada um deles apresentam dois ventiladores: um injetando e outro realizando a exaustão do ar, ou seja, independentemente da quantidade de fluxo de clientes na agência bancária pela porta giratória, o sistema deverá manter a renovação de ar em torno dos 1.750 m³/h necessários, mantendo assim os índices de monóxido de carbono abaixo em comparação com a condição anterior, balanceando a umidade relativa do ar no interior da agência e, portanto não gerando cansaço e fadiga a clientes e funcionários, contribuindo desta forma para um conforto ambiental adequado.

5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi considerado no estudo os seguintes parâmetros de qualidade do ar interno e dados para o conforto térmico em ambientes, conforme mencionado na RE 09 da ANVISA, NBR16401-1 2008, NBR16401-3 2008 e a antiga NBR6401 1980, no entanto existem outros autores e fontes de referência sobre o determinado assunto.

Nesta análise, utilizou-se para os recuperadores de calor, valores de temperaturas de bulbo seco, temperatura de bulbo úmido e entalpias do ar externo e de retorno, com base condições psicométricas na pior condição do ar externo e dados do Software PRO-AR CONDICIONADO – 9 VERSÃO e o aplicativo da LATS-Psy.

Conforme consulta ao fornecedor do recuperador de calor, os dois equipamentos nas condições analisada em nosso projeto, apresentam um custo de fornecimento e instalação estimado em R\$ 15.000,00, onde esse investimento é recuperado em aproximadamente 10 meses, principalmente através da redução com gasto em energia elétrica anual em média de 32,04 %, com melhor COP das unidades condensadoras (situação nº 02).

Sugiro para trabalhos futuros seja realizado um experimento prático para analisar

os resultados obtidos dos benefícios com o uso de recuperadores de calor em instituição bancárias, pois neste estudo não levou-se em consideração possíveis problemas referente às instalações, alterações e/ou ajustes nos equipamentos de climatização, dutos de ventilação, tubulações frigorígenas, sistema elétrico da agência, infiltração de ar e problemas estruturais do prédio, dentre outros fatores desconhecidos e possíveis de ocorrer.

REFERÊNCIAS

Agritempo, 2018. **Sistema de monitoramento agro meteorológico**. Disponível em: www.agritempo.gov.br. Acessado em 05/03/2018.

ANVISA, 2018. **Resolução - RE nº 9**. Disponível em: www.portal.anvisa.gov.br. Acessado em 23/02/2018.

Berlinerluft, 2018. **Dados técnicos caixas de ventilação**. Disponível em: www.berlinerluft.com.br. Acessado em 05/03/2018.

BRANCO, N.N, 2018. **Avaliação de índices de consumo de energia para supermercados**. TCC – Universidade de São Paulo, Escola Politécnica, Departamento de Engenharia Mecânica, São Paulo. Disponível em: www.sites.poli.usp.br. Acessado em 23/02/2018.

Caramuru, 2018. **NBR 16401-3 2008**. Disponível em: www.caramuru.com.br. Acessado em 05/03/2018.

Casa do ar, 2018. **Dados técnicos linha equipamentos**. Disponível em www.casadoar.com/download/splits/hitachi/VRF.pdf. Acessado em 05/03/2018.

COPEL, 2018. **Tarifa convencional - subgrupo B3**. Disponível em: www.copel.com. Acessado em 05/03/2018.

CUSHMAN & WAKEFIELD, 2018. **O ar condicionado de alto desempenho em edifícios comerciais. II seminário de sustentabilidade e facilites 2010**. Disponível em: www.cbcs.org.br. Acessado em 27/02/2018.

DEMEC, 2018. **NBR 16401-1 2008**. Disponível em: <ftp://demec.ufpr.br>. Acessado em 05/03/2018.

Jci-Hitachi, 2018. **Dados técnicos linha equipamentos VRF - Hitachi**. Disponível em: www.jci-hitachi.com.br. Acessado em 05/03/2018.

Jci-Hitachi, 2018. **Dados técnicos equipamento recuperador de calor –Hitachi**. Disponível em: www.jci-hitachi.com.br. Acessado em 05/03/2018.

Slidershare, 2018. **Dados técnicos equipamento convencional - Carrier**. Disponível em: pt.slideshare.net/agassisrodrigues/cc-chwch0511view-carrierhiwall. Acessado em 05/03/2018.

Refrigeração, 2018. **NBR 6401/1980**. Disponível em: www.refrigeracao.net. Acessado em 05/03/2018.

OHIO, 2018. **Carta psicométrica - conforto térmico**. Disponível em: www.ohio.edu/mechanical/thermo/. Acessado em 05/03/2018.

ÍNDICE REMISSIVO

A

ABS 7, 12, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53

Agitação 1, 2, 4, 6, 7, 8, 12, 14, 15, 20, 69, 203, 204, 207

Ângulo de inclinação 105, 106, 107, 111, 114

Anidrido maleico 33, 34, 35, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46

Aspersão térmica 54, 58, 59, 61, 62, 64, 65, 66

B

Banda larga 87, 94, 95

Blenda PS/PCL 68

C

Cicatrização 75, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84

Concreto 96, 97, 98, 100, 103, 104, 136, 226, 229, 230, 232, 233, 234, 235, 237, 238, 239

Construção civil 96, 97, 103

D

Desgaste abrasivo 54, 58, 59, 60, 63, 65, 66

E

Ensino 1, 6, 8, 10, 21, 255

F

Feridas 75, 77, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85

Ferrocarbonila 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95

Filme fino 68

Fotodegradação UV 68

I

Impressão 3D 1, 15

Índice de acidez 17, 18, 19, 20, 21

Índice de peróxido 17, 19, 20, 21

M

Materiais absorvedores de radiação eletromagnética 87, 88, 95

Matlab 105, 106, 107

Mecanismo de reação 33, 35, 39

Medicina regenerativa 75, 76, 77, 78, 79, 80, 83, 84

Mistura 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 12, 15, 34, 37, 39, 41, 43, 44, 45, 46, 51, 69, 97, 99, 203, 204

Modificação química 33, 38, 39, 40, 41, 46

N

Nanobiomateriais 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84

O

Óleo de soja 17, 19, 21

Operação unitária 2, 23

P

Painéis solares fixos 105

Polipropileno 96, 97, 99, 104

R

Reciclagem 96, 97, 186, 189, 192, 194

Refletividade 87, 90, 91, 92, 93, 94, 95

Reutilização 17, 18, 19, 96, 186, 189, 191, 194

Revestimentos cerâmicos 54, 55, 56, 60, 67

S

Sedimentação 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32

Separação de partículas 22, 23

Sistemas fotovoltaicos 105, 106

Suspensão 4, 22, 23, 24, 25, 27, 28, 30, 32, 203, 204

T

Teste de proveta 22, 23, 24

As Engenharias agregando Conhecimento em Setores Emergentes de Pesquisa e Desenvolvimento

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

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

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

Atena
Editora

Ano 2021

As Engenharias agregando Conhecimento em Setores Emergentes de Pesquisa e Desenvolvimento

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

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

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

Atena
Editora

Ano 2021