



# As Engenharias frente a Sociedade, a Economia e o Meio Ambiente 2

Henrique Ajuz Holzmann  
(Organizador)

Atena  
Editora  
Ano 2019



Henrique Ajuz Holzmann  
(Organizador)

As Engenharias frente a Sociedade, a  
Economia e o Meio Ambiente 2

Atena Editora  
2019

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

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

### **Conselho Editorial**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

### **Conselho Técnico Científico**

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

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
E57	<p>As engenharias frente a sociedade, a economia e o meio ambiente 2 [recurso eletrônico] / Organizador Henrique Ajuz Holzmann. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (As Engenharias Frente a Sociedade, a Economia e o Meio Ambiente; v. 2)</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-430-6 DOI 10.22533/at.ed.306192506</p> <p>1. Engenharia – Aspectos sociais. 2. Engenharia – Aspectos econômicos. 3. Desenvolvimento sustentável. I. Holzmann, Henrique Ajuz. II. Série.</p> <p style="text-align: right;">CDD 658.5</p>
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

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

## APRESENTAÇÃO

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

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

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

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

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

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

Boa leitura

Henrique Ajuz Holzmann

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
ESTUDOS DA ÁGUA E SEDIMENTOS NA BACIA DO RIO UBERABINHA EM UBERLÂNDIA - MG	
Maria da Graça Vasconcelos	
Luiz Alfredo Pavanin	
Erich Vectore Pavanin	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3061925061</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>13</b>
BATIMETRIA E MEDIÇÃO DE VAZÃO NA BACIA DO RIO JI-PARANÁ - RO	
Renato Billia de Miranda	
Camila Bermond Ruezzeno	
Bruno Bernardo dos Santos	
Frederico Fabio Mauad	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3061925062</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>26</b>
MONITORAMENTO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA PARA ENSAIO DE PROVA DE CARGA EM SOLO BASÁLTICO	
Daniel Russi	
Sandra Garcia Gabas	
Giancarlo Lastoria	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3061925063</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>37</b>
UTILIZAÇÃO DO MÉTODO PAPEL FILTRO E CENTRÍFUGA PARA DETERMINAÇÃO DE CURVAS DE RETENÇÃO DE ÁGUA NO SOLO E CORRELAÇÕES COM PARÂMETROS GEOTÉCNICOS	
Ana Carolina Dias Baêso	
Eduardo Souza Cândido	
Roberto Francisco de Azevedo	
Gustavo Armando dos Santos	
Tulyo Diniz Oliveira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3061925064</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>51</b>
DETERMINAÇÃO DE PARÂMETROS CARACTERÍSTICOS DE UM SOLO TROPICAL DA BAIXADA FLUMINENSE NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO	
Fernando Benedicto Mainier	
Claudio Fernando Mahler	
Viktor Labuto Ramos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3061925065</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>61</b>
ELABORAÇÃO DE UMA CARTA DE UNIDADES DE TERRENO DO MUNICÍPIO DE CACHOEIRO DE ITAPEMIRIM – ES	
Bruna Xavier Faitanin	
Éder Carlos Moreira	
Altair Carrasco de Souza	
Vitor Roberto Schettino	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3061925066</b>	

<b>CAPÍTULO 7 .....</b>	<b>69</b>
ESTABILIZAÇÃO DE UM SOLO SILTE ARENOSO DA FORMAÇÃO GUABIROTUBA COM CAL PARA USO EM PAVIMENTAÇÃO	
Wagner Teixeira Eclesielter Batista Moreira João Luiz Rissardi Vanessa Corrêa de Andrade Ronaldo Luis dos Santos Izzo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3061925067</b>	
<b>CAPÍTULO 8 .....</b>	<b>80</b>
INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE CAL HIDRATADA NA RESISTÊNCIA DE SOLOS SEDIMENTARES	
Jair de Jesús Arrieta Baldovino Eclesielter Batista Moreira Ronaldo Luis Dos Santos Izzo Juliana Lundgren Rose Erico Rafael Da Silva Wagner Teixeira Felipe Perretto Roberto Pan	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3061925068</b>	
<b>CAPÍTULO 9 .....</b>	<b>95</b>
PERFILAGEM DO SUBSOLO NO MUNICÍPIO DE APUCARANA-PR COM BASE EM DADOS DE SONDAgens DE SIMPLES RECONHECIMENTO COM SPT	
Mariana Alher Fernandes Augusto Montor de Freitas Luiz	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3061925069</b>	
<b>CAPÍTULO 10 .....</b>	<b>104</b>
UTILIZAÇÃO DO PERMEÂMETRO DE TUBO NA DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE PERMEABILIDADE DE CAMADAS SUPERFICIAIS DE SOLOS	
Marcos Túlio Fernandes Glaucimar Lima Dutra	
<b>DOI 10.22533/at.ed.30619250610</b>	
<b>CAPÍTULO 11 .....</b>	<b>116</b>
DIMENSIONAMENTO DE ESTRUTURAS DE CONTENÇÃO EM SOLO REFORÇADO COM GEOSSINTÉTICOS	
Alessandra Lidia Mazon Maytê Pietrobelli de Souza Bianca Penteado de Almeida Tonus André Fanaya	
<b>DOI 10.22533/at.ed.30619250611</b>	

**CAPÍTULO 12 ..... 133**

AVALIAÇÃO DA ERODIBILIDADE DO SOLO DE CARACTERÍSTICA NÃO LATERÍTICA SOB O ENFOQUE GEOTÉCNICO NAS MARGENS DA TO-222 NO MUNICÍPIO DE ARAGUAÍNA - TO

Glacielle Fernandes Medeiros  
Renata de Moraes Farias  
Palloma Borges Soares  
Ana Sofia Oliveira Japiassu  
Andressa Fiuza de Souza  
Igor Guimarães Matias

**DOI 10.22533/at.ed.30619250612**

**CAPÍTULO 13 ..... 144**

ADAPTAÇÃO DE METODOLOGIA DE HIERARQUIZAÇÃO DE NÍVEIS DE ATENÇÃO UTILIZADA EM MINERAÇÃO PARA TRABALHOS DE MAPEAMENTO DE RISCOS GEOTÉCNICOS EM ÁREA URBANA

Marcelo Corrêa da Silva  
Daiara Luiza Guimarães

**DOI 10.22533/at.ed.30619250613**

**CAPÍTULO 14 ..... 157**

PRODUÇÃO DE CONCENTRADO ÚMIDO FOSFATADO: UMA EXPERIÊNCIA DE ESTÁGIO NA MINERAÇÃO

Matheus Henrique Borges Coutinho  
Ricardo Antonio de Rezende  
Cibele Tunussi  
Marcos Vinicius Agapito Mendes

**DOI 10.22533/at.ed.30619250614**

**CAPÍTULO 15 ..... 163**

ESTUDO DOS DESPERDÍCIOS DE MATERIAIS NA CONSTRUÇÃO CIVIL E SUGESTÕES PARA A MINIMIZAÇÃO E REUTILIZAÇÃO DOS MESMOS, VISANDO A OTIMIZAÇÃO DOS CUSTOS DAS OBRAS E MENORES IMPACTOS AMBIENTAIS

Beatriz Zeurgo Fernandes  
Rafael Bergjohann  
Luiz Carlos de Campos

**DOI 10.22533/at.ed.30619250615**

**CAPÍTULO 16 ..... 176**

USO DA CINZA DO BAGAÇO DA CANA-DE-AÇÚCAR COMO SUBSTITUTO PARCIAL DO CIMENTO PORTLAND

Kenyson Diony Souza Silva  
Raduan Krause Lopes  
Fabiano Medeiros Da Costa

**DOI 10.22533/at.ed.30619250616**



**CAPÍTULO 17 ..... 192**

ESTUDOS PRELIMINARES DA APLICAÇÃO DE RESÍDUO DE MINÉRIO DE COBRE SULFETADO NA ELABORAÇÃO DE ARGAMASSAS DE ASSENTAMENTO E REVESTIMENTO

Julia Alves Rodrigues  
Dilson Nazareno Pereira Cardoso  
Abel Jorge Rodrigues Ferreira  
Edinaldo José de Sousa Cunha  
Bruno Marques Viegas  
Edilson Marques Magalhães  
José Antônio da Silva Souza

**DOI 10.22533/at.ed.30619250617**

**CAPÍTULO 18 ..... 200**

AValiação DO COMPORTAMENTO DE COMPOSIÇÕES A BASE DE CIMENTO DE ALUMINATO DE CÁLCIO FRENTE AOS MICRORGANISMOS STAPHYLOCOCCUS AUREUS E ESCHERICHIA COLI

Renata Martins Parrreira  
Talita Luana de Andrade  
Newton Soares da Silva  
Cristina Pacheco Soares  
Victor Carlos Pandolfelli  
Ivone Regina de Oliveira

**DOI 10.22533/at.ed.30619250618**

**CAPÍTULO 19 ..... 209**

UMA TÉCNICA, BASEADA EM PROJETO DE EXPERIMENTOS, PARA OTIMIZAÇÃO DA DOSAGEM DE ARGAMASSA MISTA DE CIMENTO, CAL E AREIA

André Rodrigues Monticeli  
Paulo César Mappa  
Aellington Freire de Araújo  
Emerson Ricky Pinheiro  
Karoline Santos da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.30619250619**

**CAPÍTULO 20 ..... 221**

REDUÇÃO DO CONSUMO DE AÇO EM VIGAS DE CONCRETO ARMADO SUBMETIDAS AO ESFORÇO CORTANTE ATRAVÉS DA ESCOLHA DO ÂNGULO DAS BIELAS

Lucas Teotônio de Souza  
Paula de Oliveira Ribeiro

**DOI 10.22533/at.ed.30619250620**

**CAPÍTULO 21 ..... 232**

ANÁLISE DE CRONOGRAMA FÍSICO x CRONOGRAMA REALIZADO NA OBRA DO FÓRUM DE RIO NEGRO/PR PARA FINS DE DIMINUIÇÃO DOS ATRASOS

Nathalia Loureiro de Almeida Correa

**DOI 10.22533/at.ed.30619250621**

**CAPÍTULO 22 ..... 250**

ANÁLISE DA IMPORTÂNCIA DO CORRETO DIMENSIONAMENTO DOS VERTEDORES EM BARRAGENS E SUAS INFLUÊNCIAS ECOLÓGICAS E SOCIOECONÔMICAS. ESTUDO DE CASO: USINA HIDRELÉTRICA DE XINGÓ

Jéssica Beatriz Dantas  
Djair Félix da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.30619250622**

<b>CAPÍTULO 23</b> .....	<b>262</b>
ANÁLISE DA IMPLANTAÇÃO DE PAVIMENTO PERMEÁVEL EM UMA ÁREA DA CIDADE DE JOINVILLE/SC	
Adilon Marques dos Santos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.30619250623</b>	
<b>CAPÍTULO 24</b> .....	<b>281</b>
ANÁLISE NUMÉRICA DA SENSIBILIDADE DO ALGORITMO IMPLEX APLICADO EM UM CENÁRIO HIPOTÉTICO DE ESTABILIDADE DE TALUDE VIA TÉCNICA DE DESCONTINUIDADES FORTES	
Nayara Torres Belfort	
Ana Itamara Paz de Araujo	
Kátia Torres Botelho Galindo	
Igor Fernandes Gomes	
Leonardo José do Nascimento Guimarães	
<b>DOI 10.22533/at.ed.30619250624</b>	
<b>CAPÍTULO 25</b> .....	<b>294</b>
DIMENSIONAMENTO DE LAJES MACIÇAS POR MEIO DE CÁLCULO MANUAL E COM O AUXÍLIO DE UM SOFTWARE COMPUTACIONAL	
Iva Emanuely Pereira Lima	
Vitor Bruno Santos Pereira	
Vinicius Costa Correia	
<b>DOI 10.22533/at.ed.30619250625</b>	
<b>CAPÍTULO 26</b> .....	<b>306</b>
DIMENSIONAMENTO OTIMIZADO DE PILARES MISTOS PREENCHIDOS DE AÇO E CONCRETO	
Jéssica Salomão Lourenção	
Élcio Cassimiro Alves	
<b>DOI 10.22533/at.ed.30619250626</b>	
<b>CAPÍTULO 27</b> .....	<b>325</b>
ESTRADAS NÃO PAVIMENTADAS: MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS	
João Augusto Dunck Dalosto	
Luiz Fernando Hencke	
Jhonatan Conceição dos Santos	
Hevrlí da Silva Carneiro Pilatti	
<b>DOI 10.22533/at.ed.30619250627</b>	
<b>CAPÍTULO 28</b> .....	<b>336</b>
APLICAÇÃO DO CPR EM SOLOS MOLES NA REGIÃO DO CAMPO DOS PERDIZES: DUPLICAÇÃO DA BR 135, ENTRE O KM 39,36 E O KM 39,90	
Rodrigo Nascimento Barros	
Larysse Lohana Leal Nunes	
Saymo Wendel de Jesus Peixoto Viana	
<b>DOI 10.22533/at.ed.30619250628</b>	
<b>CAPÍTULO 29</b> .....	<b>348</b>
ANÁLISE DA QUALIDADE DO AR INTERNO DE UMA TERAPIA INTENSIVA	
Sylvia Katherine de Medeiros Moura	
Antonio Calmon de Araújo Marinho	
Wagner Amadeus Galvão de Souza	
Angelo Roncalli Oliveira Guerra	
<b>DOI 10.22533/at.ed.30619250629</b>	

<b>CAPÍTULO 30</b> .....	<b>357</b>
'ARTENGENHARIA': UMA PONTE TRANSDISCIPLINAR PARA O DESENVOLVIMENTO DO POTENCIAL HUMANO E SUAS CONTRIBUIÇÕES PARA A GESTÃO DO CONHECIMENTO	
Ana Alice Trubbianelli	
<b>DOI 10.22533/at.ed.30619250630</b>	
<b>CAPÍTULO 31</b> .....	<b>371</b>
PROCEDIMENTO DE ANÁLISE EXPERIMENTAL E NÚMÉRICO DE UMA PONTE EXECUTADA COM PALITOS DE PICOLÉ	
Matheus Henrique Morato de Moraes	
João Eduardo Sousa de Freitas	
Diogo Henrique Morato de Moraes	
Juarez Francisco Freire Junior	
Wellington Andrade da Silva	
Geraldo Magela Gonçalves Filho	
<b>DOI 10.22533/at.ed.30619250631</b>	
<b>CAPÍTULO 32</b> .....	<b>383</b>
EXERGIA HÍDRICA EM SISTEMAS REDUTORES DE PRESSÃO	
Conrado Mendes Moraes	
Ângela B. D. Moura	
Eduardo D. P. Schuch	
Eduardo de M. Martins	
<b>DOI 10.22533/at.ed.30619250632</b>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR</b> .....	<b>393</b>

## ANÁLISE DA QUALIDADE DO AR INTERNO DE UMA TERAPIA INTENSIVA

### **Sylvia Katherine de Medeiros Moura**

Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Natal – Rio Grande do Norte

### **Antonio Calmon de Araújo Marinho**

Empresa Brasileira de Serviços Hospitalares  
Natal – Rio Grande do Norte

### **Wagner Amadeus Galvão de Souza**

Companhia Brasileira de Trens Urbanos  
Natal – Rio Grande do Norte

### **Angelo Roncalli Oliveira Guerra**

Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Natal – Rio Grande do Norte

**RESUMO:** As pesquisas sobre a qualidade do ar de interiores (QAI) tornaram-se relevantes na década de 70, após as primeiras reclamações de usuários quanto a qualidade do ar em ambientes fechados, denominado de Síndrome do Edifício Doente (SED), o movimento mundial de conservação e economia de energia, que aconteceu na mesma década, contribuiu de forma significativa para as problemáticas referentes à QAI. Os equipamentos de ar condicionado estão cada vez mais presentes nos ambientes a fim de garantir o conforto térmico, no entanto, o sistema de climatização ao mesmo tempo em que mantém uma temperatura confortável deve manter a qualidade do ar atendendo as condições de segurança. Em um ambiente

hospitalar, a qualidade do ar é mais crítica em consequência do estado de baixa imunidade de alguns pacientes. Diante disso, notou-se a necessidade de avaliar a qualidade do ar interno (QAI) da Unidade de Terapia Intensiva (UTI) de um Hospital de Médio Porte, localizado na cidade de Natal no estado do Rio Grande do Norte, Brasil, através da coleta de parâmetros físicos como (temperatura, umidade relativa e velocidade do ar) e das concentrações de dióxido de carbono. A metodologia adotada para os procedimentos de avaliação foi a recomendada pelas legislações da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Tomando como referência a norma NBR 7256, sugere-se mudanças no projeto de climatização do ambiente do estudo de caso, que encontra-se inadequado, com a finalidade de melhorar a qualidade do ar interno.

**PALAVRAS-CHAVE:** Entre Qualidade do ar interno, UTI, infecção hospitalar, climatização.

**ABSTRACT:** Researches about indoor air quality (IAQ) became more relevant in the 70', after the first complaints of users about the indoor air quality, called Sick Building Syndrome (SBS), the world movement of conservation and energy saving, which occurred in the same decade, contributed significantly to the issues of IAQ. Air conditioning equipments are increasingly present in environments in order to



guarantee the thermal comfort, however, these systems while maintaining the thermal comfort must maintain the air quality taking into account the safety conditions. In a hospital, air quality is more critical due to the low immunity status of some patients. Considering this, it was necessary to evaluate the internal air quality (IAQ) of the Intensive Care Unit (ICU) of a Medium-sized Hospital, located in the city of Natal in the state of Rio Grande do Norte, Brazil, through the collection of physical parameters such as (temperature, relative humidity and air blowing speed) and the concentrations of carbon dioxide. The methodology used for this work was the one recommended by the Brazilian Health Regulatory Agency (ANVISA). Taking as reference the standard NBR 7256, it is suggested changes in the air-conditioning Project of the environment, which is inadequate, with the purpose of improving the indoor air quality.

**KEYWORDS:** Indoor air quality, ICU, hospital infection, air conditioning.

## 1 | INTRODUÇÃO

As pesquisas sobre a qualidade do ar de interiores (QAI) tornaram-se relevantes na década de 70, após as primeiras reclamações de usuários quanto a qualidade do ar em ambientes internos, denominado de Síndrome do Edifício Doente (SED), o movimento mundial de conservação e economia de energia, que aconteceu na mesma década, contribuiu de forma significativa para as problemáticas referentes à QAI. No Brasil, essas pesquisas se desenvolveram na década de 90. (Brickus e Aquino Neto, 1999).

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), a “síndrome do edifício doente” descreve uma condição médica em que os ocupantes de um determinado edifício sofrem de sintoma de doenças ou se sentem mal sem haver motivos para isto.

Poluentes como monóxido de carbono, dióxido de carbono, amônia, óxido de enxofre, óxidos de nitrogênio, nicotina, compostos orgânicos voláteis (COVs), material particulado, estão diretamente relacionados ao deterioramento da qualidade do ar nos ambientes climatizados, comprometendo as atividades ocupacionais do ser humano e causando os sintomas mais comuns de SED como irritação e obstrução nasal, desidratação e irritação da pele, irritação e secura na garganta e nas membranas dos olhos, dor de cabeça, cansaço generalizado levando à perda de concentração. Além desses fatores biológicos, alguns fatores físicos, como umidade relativa, barulho e luz também podem agravar os sintomas de SED. O sistema de ventilação é a segunda maior fonte dessa síndrome (Gioda e Neto, 2003).

Segundo a portaria nº 3.523 do Ministério da Saúde (Brasil, 1998), o conceito de climatização é definido como “O conjunto de processos empregados para se obter por meio de equipamentos em recintos fechados, condições específicas de conforto e boa qualidade do ar, adequados ao bem-estar dos ocupantes”.

O desenvolvimento, forma de dispersão e diluição dos microrganismos no ar estão ligados a fatores físicos como temperatura, umidade, taxa de circulação e renovação

de ar (Quadros et al, 2008). Portanto, Estabelecimentos Assistenciais de Saúde (EAS) necessitam de um sistema de climatização bem projetado e de um cronograma de procedimentos adequado a cada tipo de ambiente obedecendo a norma ABNT NBR 7256. Estas medidas são importantes para que a qualidade do ar no ambiente interno esteja em boas condições, evitando prejudicar a saúde e recuperação dos pacientes, como também dos funcionários.

Diante da importância da QAI, surge a necessidade de conhecer as condições internas da Unidade de Terapia Intensiva (UTI) e avaliar se estão de acordo com os regulamentos e legislação vigentes através da concentração de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), da temperatura e da umidade relativa.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Sobre o hospital

O Hospital fica localizado na cidade de Natal no estado do Rio Grande do Norte, Brasil. É um hospital de médio porte, que atende pacientes de alta complexidade provenientes do Sistema Único de Saúde (SUS) e provê atendimentos cirúrgicos nas áreas de Oncologia, Cardiologia, urologia, oftalmologia, neurologia, cirurgia geral, aparelho digestivo, cabeça e pescoço, medicina diagnóstica por imagem, além de tratamentos clínicos em diversas modalidades.

### 2.2 Descrição dos ambientes analisados e determinação dos parâmetros físicos e concentração de gás carbônico (CO<sub>2</sub>)

O estudo de caso foi realizado em 02 ambientes da unidade de terapia intensiva adulto (UTI - adulto): UTI geral 01 (ambiente com 04 leitos, destinado a pacientes com características clínicas semelhantes) e UTI cardíaca (ambiente com 04 leitos, destinado a pacientes provenientes de cirurgia cardíaca). A coleta dos dados foi realizada em dois dias consecutivos. Ambos ambientes possuem renovadores de ar externo, e o nível de filtragem utilizada é a G4.

O leito geral 01 possui uma área de aproximadamente 51,55 m<sup>2</sup>, climatizado por um sistema dutado de 36000 Btu/h, marca Carrier, com vazão máxima de 1500 m<sup>3</sup>/h e um split piso-teto Eletrolux de 36000 Btu/h alocado como reserva técnica. O ventilador de ar externo deste ambiente é do tipo “*in line*”, modelo APC-80, com vazão nominal de 84 m<sup>3</sup>/h, insuflando ar *in natura* diretamente na caixa de retorno do aparelho dutado. Através da Fig. 1 podemos analisar os pontos de coleta dos dados indicados no layout do leito geral 01.

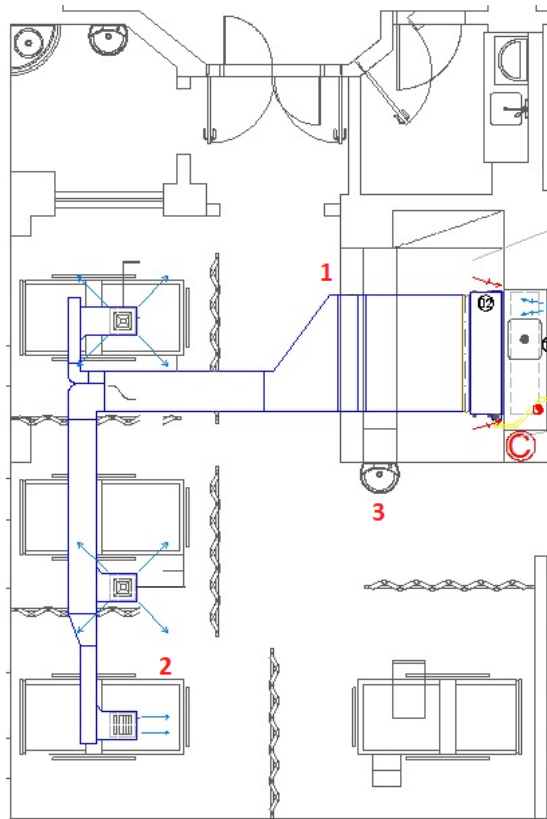


Figura 1. Layout do Leito Geral 01.

O leito pós-operatório de cirurgia cardíaca, possui uma área de aproximadamente 45 m<sup>2</sup> climatizado por um sistema dutado de 36000 Btu/h, marca Carrier, com vazão máxima de 1500 m<sup>3</sup>/h e um split piso-teto Eletrolux de 36000 Btu/h alocado como reserva técnica. O ventilador de ar externo deste ambiente é do tipo “*in line*”, modelo Maxx-100, com vazão nominal variando entre 120 e 167 m<sup>3</sup>/h, insuflando ar filtrado em sentido oposto a onde fica localizado os equipamentos de refrigeração. O layout do leito pós-operatório de cirurgia cardíaca pode ser analisado na Fig. 2.

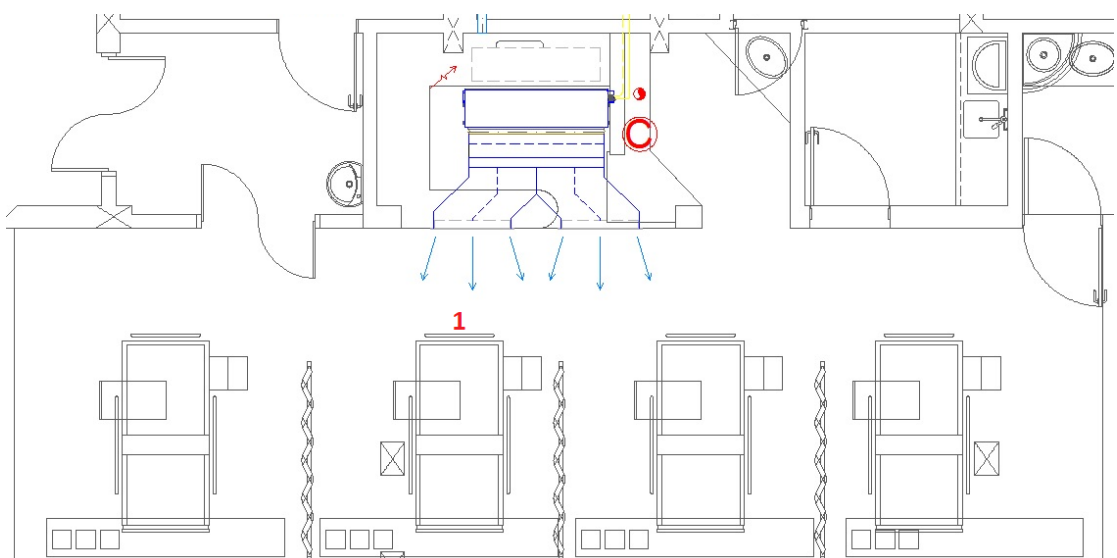


Figura 2. Layout do Leito Pós Operatório de Cirurgia Cardíaca.

A metodologia utilizada para determinação dos parâmetros físicos (temperatura e umidade relativa) da concentração de CO<sub>2</sub> foi a recomendada pela Resolução nº 09, de 16 de janeiro de 2003, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Foi utilizado um medidor digital portátil modelo AZ-77535, da marca Instrutherm, devidamente calibrado, que verifica o nível de temperatura, umidade e concentração de CO<sub>2</sub> simultaneamente através do raio infravermelho não dispersivo, possibilitando a leitura direta com as seguintes faixas de operação e resolução:

- Concentração de Dióxido de Carbono: (0 a 10.000 ppm ± 2 ppm);
- Umidade Relativa: (0% a 95% UR ± 0,1% UR);
- Temperatura: (-10 °C a 60 °C ± 0,1 °C).

Foram adotadas três localizações para realização das medições dos parâmetros no leito geral. No primeiro dia, o ambiente continha 9 pessoas (03 pacientes e 06 pessoas da equipe médica e de pesquisa) e o termostato estava com set point de 24°C, já no segundo dia o termostato estava com set point de 21°C e havia 7 pessoas (03 pacientes e 04 pessoas da equipe médica e de pesquisa) no local.

Como o leito pós-operatório de cirurgia cardíaca possui uma área bem menor, a medição foi realizada em uma única localização da sala. Em ambos os dias, o termostato estava ajustado em 24°C. Havia no primeiro e no segundo dia, 13 (04 pacientes e 09 pessoas da equipe médica e de pesquisa) e 06 pessoas (03 pacientes e 03 pessoas da equipe médica e pesquisa), respectivamente.

### 3 | RESULTADO E DISCUSSÃO

#### 3.1 Avaliação da temperatura, umidade relativa e concentração de gás carbônico

Para a avaliação dos parâmetros físicos, foi tomada como referência a norma ABNT NBR-7256:2005 que estipula requisitos necessários para projeto e execução das instalações de tratamento de ar em Estabelecimentos Assistenciais de Saúde (EAS).

Segundo a resolução RE nº 9, da ANVISA (Brasil, 2003), a concentração desse gás no ambiente é definido como indicador das taxas de renovação, e portanto, não deve ultrapassar 1000 ppm para não causar desconforto e mal-estar. Por ser um asfixiante, o CO<sub>2</sub> pode causar algumas irritações no sistema respiratório. Quando em concentrações altas, acima de 30.000 ppm, o CO<sub>2</sub> provoca dores de cabeça, tontura e náuseas. (Jones, 1999).

Para quarto ou área coletiva da Unidade de Terapia Intensiva os valores prescritos, pela norma brasileira, para a temperatura é entre 21 e 24 °C, para a umidade relativa é de 40% a 60% e a filtragem mínima requerida é G3 + F7.

Nos dias em que ocorreram as medições, as condições externas de temperatura, umidade relativa e concentração de CO<sub>2</sub> estão indicadas na Tab. 1 abaixo:



Data	Temperatura (°C)	Umidade relativa (%)	Concentração de CO <sub>2</sub> (ppm)
16/05	25,7	92,9	591
17/05	25,5	83,3	615

Tabela 1. Condições Externas.

**Leito pós-operatório de cirurgia cardíaca.** Em ambos os dias, a temperatura apresentou uma conformidade com os valores especificados pela norma, Tab. 2, ao contrário da umidade relativa em que se verificou uma discrepância acentuada devido à baixa capacidade de desumidificação da máquina. Analisando a mesma tabela, evidencia-se que em ambos os dias a diferença de concentração de CO<sub>2</sub> do ambiente externo para o interno em ppm ultrapassou o valor máximo permitido pela resolução da ANVISA, isto indica que a renovação do ar existente no ambiente tem sido ineficiente para o uso, visto que a alta concentração desse gás é um indicador de baixa renovação do ar.

Data	Set Point (°C)	Temperatura (°C)	Umidade relativa (%)	Concentração de CO <sub>2</sub> (ppm)	Nº de pessoas
16/05	24	23,2	85	2504	13
17/05	24	23,2	93,8	2348	6

Tabela 2. Condições Internas do Leito Pós Operatório de Cirurgia Cardíaca.

**Leito geral.** Assim como no ambiente anterior, a temperatura variou dentro do intervalo estabelecido pela NBR 7256, Fig. 1, houve uma queda de temperatura no segundo dia devido o set point ter sido ajustado em 3º a menos. A variação de temperatura entre os pontos pode ter ocorrido devido a concentração de pessoas.

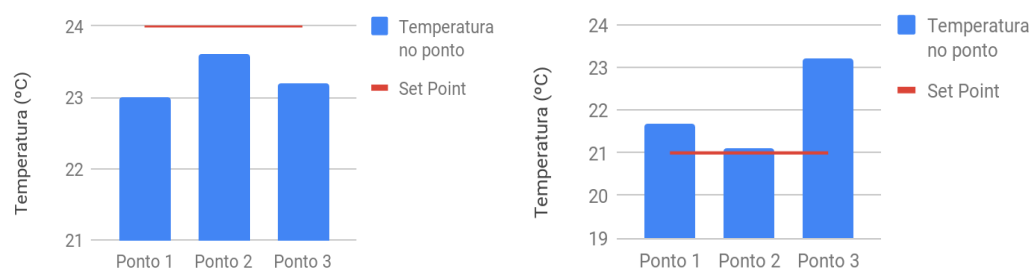


Figura 1. Temperatura do Leito Geral nos Dias 16 e 17, Respectivamente.

No primeiro dia, a porcentagem da umidade relativa apresentou-se crítica, numa faixa de 80% a 90%. Já no segundo dia, essa porcentagem sofreu uma diminuição significativa, no entanto, com valores ainda fora do padrão normativo no ponto 2 (posto de enfermagem), local de maior concentração de pessoas. A diminuição da umidade relativa interna pode ser atribuída ao ajuste realizado no termostato no dia anterior

(21 °C), pois quando ajustado para 23 °C, o ambiente interno trabalhava com uma temperatura próxima a do exterior (25,7 °C), mantendo o compressor do equipamento desligado durante a maior parte do tempo, apesar de manter o constante insuflamento de ar exterior com alta umidade relativa (UR 92,7%).

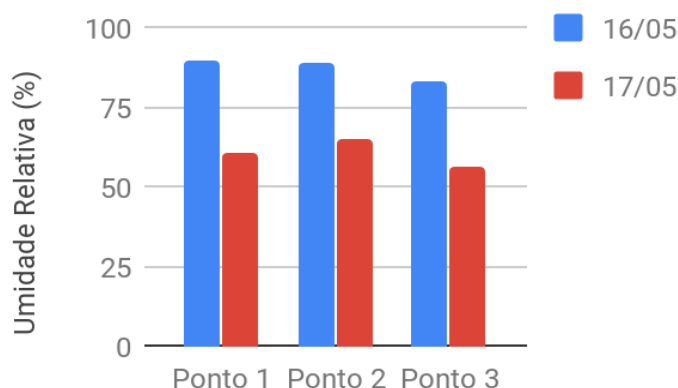


Figura 2. Umidade relativa do leito geral.

Examinando a Fig.3, constata-se que no primeiro dia a concentração de CO<sub>2</sub> variou entre 1233 e 1300 ppm, e no segundo dia apresentou um crescimento de aproximadamente 400 ppm. A diferença de duas pessoas a menos no local no segundo dia, como também o abrir e fechar de portas pode ter influenciado para a diminuição da concentração deste gás. Comparando a concentração de CO<sub>2</sub> do leito com a do ar externo, verificou-se uma concentração acima de 1000 ppm apenas no segundo dia.

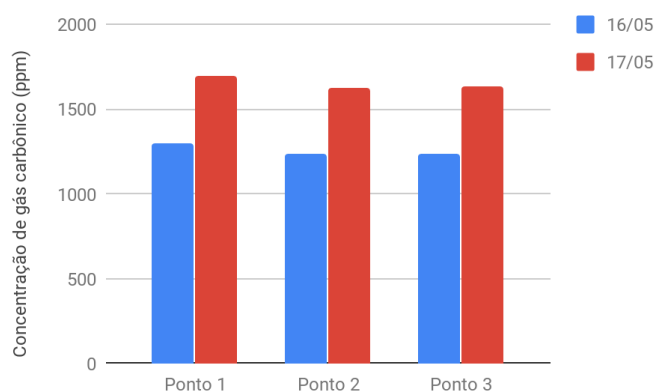


Figura 3. Concentração de CO<sub>2</sub> no Leito Geral.

### 3.2 Propostas de melhoria no sistema de climatização

Para reduzir a concentração de gás carbônico, deve haver uma vazão mínima efetiva de renovação de ar de 325,5 m<sup>3</sup>/h para o leito geral 01 e 282,97 m<sup>3</sup>/h para o leito pós-operatório de cirurgia cardíaca, essa renovação implica num aumento de carga térmica, respectivamente de 11.995,9 BTU/h e 10.428,51 BTU/h. A descarga do insuflamento (de ar externo) da unidade de pós-operatório cardíaco deve ser deslocada

para um ponto próximo da caixa de mistura do equipamento dutado.

A carga térmica obtida para o leito geral 01 e para o leito pós-operatório de cirurgia cardíaca, respectivamente, foi de 41.365 BTU/h e 39.852 BTU/h, analisando os valores de vazão mínima necessária, taxa de desumidificação e carga térmica para os ambientes, sugere-se um equipamento, com vazão média de 1.600m<sup>3</sup>/h, remoção de umidade maior ou igual a 5,5 L/h e capacidade térmica de 48.000BTU/h, atendendo as necessidades dos ambientes.

Embora resulte em um maior gasto energético, para não haver necessidade de substituição das unidades evaporadoras existente, sugere-se que a unidade piso-teto (36.000 BTU/h), alocada como reserva técnica dos ambientes, seja ligada em paralelo a unidade dutada (36.000 BTU/h) para auxiliar na desumidificação do ambiente. Para atingir a classe de filtragem requerida pela norma, os insufladores de ar externo devem ser dotados de filtros classe G3+F7.

Deve-se realizar um trabalho de conscientização, junto aos usuários (equipe médica / enfermagem), sobre a importância da manutenção do termostato dos ambientes ajustados para o limite mínimo da faixa de conforto térmico (21 °C), pois principalmente em dias chuvosos (como ocorrido durante a coleta dos parâmetros deste trabalho), a temperatura de set point pode ficar muito próxima da temperatura externa, inibindo o acionamento do circuito frigorífico do equipamento, impossibilitando a desumidificação do ambiente.

#### 4 | CONCLUSÃO

Diante das análises realizadas neste estudo de caso, constatou-se que os equipamentos de ar condicionado estão atendendo a carga térmica dos leitos já que a temperatura apresentou-se conforme a NBR 7256. É importante manter o conforto térmico visto que é um fator influenciador na produtividade dos profissionais da área como também auxilia no tratamento e terapia de patologia dos pacientes. (Basto, 2005).

Apesar das condições térmicas terem sido atendidas, verifica-se através dos dados que o sistema de climatização tem sido insuficiente quanto a renovação e desumidificação do ar. As condições causadas pela alta umidade e baixa ventilação são fatores influenciadores para o aumento das amostras de ácaros e desenvolvimento de fungos em superfícies úmidas; além disso, a umidade é um agente prejudicial a pessoas com problemas respiratórios. Vale ressaltar que, além de Natal ser uma cidade com uma umidade relativa alta, o hospital localiza-se próximo a praia causando condições de alta umidade.

Desta forma, é importante controlar estes parâmetros de qualidade do ar interno de forma severa através de um projeto de climatização adequado e com as devidas manutenções preventivas de acordo com as condições de operacionalidade, visto

que a unidade de terapia intensiva atende pessoas com baixa imunidade em fase de recuperação.

## AUTORIZAÇÕES / RECONHECIMENTO

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7256: Tratamento de ar em estabelecimentos assistenciais de saúde (EAS) – Requisitos para projeto e execução das instalações.** Rio de Janeiro, p. 22. 2005.

BASTO, J.E. **Requisitos para Garantia da Qualidade do Ar em Ambientes Climatizados: Enfoque em Ambientes Hospitalares.** 2005. 110 f. Monografia (Pós Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

BRASIL. Ministério da Saúde. Gabinete do Ministro. Portaria nº 3523, de 28 de agosto de 1998. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 31 ago. 1998. Seção 1, p. 40.

ANVISA. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Resolução RE nº 9**, de 16 de Janeiro de 2003.

BRICKUS, L. S. R. e F. R, AQUINO NETO. A qualidade do ar de interiores e a química. **Química Nova**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 1, p. 65-74, abr. 1998.

JONES, A.P. Indoor Air Quality and Health. **Atmospheric Environment**, Inglaterra, v. 33, n. 28, p. 4535-4564. 1999.

QUADROS, M. E. **Qualidade do ar em ambientes internos hospitalares: parâmetros físico-químicos e microbiológicos.** 2008. 135 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina,



Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-430-6



9 788572 474306