



# O Meio Ambiente Sustentável

**Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco  
Juliana Yuri Kawanishi  
Mauricio Zadra Pacheco  
(Organizadores)**

**Atena**  
Editora  
Ano 2019



# O Meio Ambiente Sustentável

**Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco  
Juliana Yuri Kawanishi  
Mauricio Zadra Pacheco  
(Organizadores)**

**Atena**  
Editora  
Ano 2019

2019 by Atena Editora  
Copyright © Atena Editora  
Copyright do Texto © 2019 Os Autores  
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora  
Editora Chefe: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Antonella Carvalho de Oliveira  
Diagramação: Geraldo Alves  
Edição de Arte: Lorena Prestes  
Revisão: Os 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. 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<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso  
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. 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. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá  
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima  
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<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso  
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. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia  
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador  
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. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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<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. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
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. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Profª Drª 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 Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
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. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí  
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
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

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
M514	<p>O meio ambiente sustentável [recurso eletrônico] / Organizadores Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco, Juliana Yuri Kawanishi, Mauricio Zadra Pacheco. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019.</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-859-5 DOI 10.22533/at.ed.595192012</p> <p>1. Desenvolvimento sustentável. 2. Meio ambiente. 3. Sustentabilidade. I. Pacheco, Juliana Thaisa Rodrigues. II. Kawanishi, Juliana Yuri. III. Pacheco, Mauricio Zadra.</p> <p style="text-align: right;">CDD 363.7</p>
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

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



## APRESENTAÇÃO

A proposta da obra “O Meio Ambiente Sustentável” busca expor diferentes conteúdos vinculados à questão ambiental dispostos nos 19 capítulos. O e-book traz à tona a temática contemporânea da sustentabilidade e a ação direta do ser humano na responsabilidade e criação de estratégias de desenvolvimento do ambiente como um todo.

A obra perpassa por temas como economia, tecnologia e desenvolvimento ambiental, integrando áreas que se complementam e se integram na geração de conhecimento e literatura fundamentais ao progresso da sociedade com a preocupação de manutenção dos recursos naturais e a geração sustentável de técnicas de desenvolvimento.

A fluência dos artigos ora apresentados nesta obra contribuem, e muito, para o embasamento teórico ao trabalho de pesquisadores e discentes, bem como para o leitor que busca somente a aprazível leitura de temas importantes para a humanidade, com consistência teórica e relevante valor científico.

Os impactos ambientais, o uso do solo e a educação são eixos temáticos também abordados nesta relevante obra de autores comprometidos com a veracidade científica, a divulgação do conhecimento e a sedimentação de práticas que promovam o desenvolvimento sustentável com o comprometimento para com a sociedade.

Deste modo a obra “Meio Ambiente Sustentável” apresenta a fundamentação da teoria obtida na prática pelos autores deste e-book, sejam professores, acadêmicos e pesquisadores que arduamente desenvolveram seus trabalhos que aqui serão apresentados de maneira concisa e didática. A importância desse espaço de divulgação científica evidencia o comprometimento e a estrutura da Atena Editora que nos traz uma plataforma consolidada e confiável para que pesquisadores exponham e divulguem seus resultados.

Juliana Thaisa R. Pacheco  
Juliana Yuri Kawanishi  
Mauricio Zadra Pacheco

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
COLETA SELETIVA DE RESÍDUOS SÓLIDOS NO MUNICÍPIO DE CAMPO GRANDE, MATO GROSSO DO SUL	
Vanessa Rodrigues Bentos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5951920121</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>11</b>
HORTO DIDÁTICO: PLANTAS MEDICINAIS E AROMÁTICAS NA PRODUÇÃO DE REPELENTE NO AMBIENTE ESCOLAR	
Francisco Xavier da Silva de Souza	
Márcio do Rosário do Carmo	
Luiz Everson da Silva	
Andressa Amaral Bach	
Flavia de Freitas Pereira	
Evany Evelyn Lenz Lopes	
Márcio do Rosário do Carmo	
Vinicius Bispo Pereira	
Gustavo Felipe dos Santos Peres	
Henrique Rosário da Silva	
Rhayra Pontes Verissimo Duarte	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5951920122</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>29</b>
EDUCAÇÃO AMBIENTAL: PERCEPÇÃO DOCENTE DO CONHECIMENTO SOBRE A NATUREZA	
Rosimeire Vieira Oliveira	
Noelma Miranda de Brito	
Josemare Pereira dos Santos Pinheiro	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5951920123</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>41</b>
ESTUDO DA INFLUÊNCIA DA INCORPORAÇÃO DE CINZA DE CASCA DE ARROZ E EFLUENTE DE BIOGÁS NA PLASTICIDADE DA CERÂMICA VERMELHA	
Bruna Pereira da Silva	
Andréia Rangel Balensiefer	
Beatriz Anne Bordin Zen	
Estevan Castro Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5951920124</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>58</b>
FRUGIVORIA E SOMBRA DE SEMENTES DE <i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R.Br. ex Roem. & Schult. (PRIMULACEAE) EM UMA ÁREA DE REGENERAÇÃO NATURAL DO PARQUE ESTADUAL DA SERRA FURADA, SC	
Robson Siqueira Patricio	
Birgit Harter-Marques	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5951920125</b>	

**CAPÍTULO 6 ..... 72**

**GERMINAÇÃO DE ESPÉCIE NATIVA COM APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS COMO METODOLOGIA DE ENSINO**

Letícia Queiroz de Souza Cunha  
Lúcia Filgueiras Braga  
Givanildo Sousa Gonçalves

**DOI 10.22533/at.ed.5951920126**

**CAPÍTULO 7 ..... 88**

**MINICENTRAL HIDRELÉTRICA: UMA ALTERNATIVA DE ACESSO À ELETRICIDADE NAS TERRAS INDÍGENAS SÃO MARCOS E RAPOSA SERRA DO SOL**

Adnan Assad Youssef Filho  
Antônio Wéliton Simão de Melo  
Paulo George Brandão Coimbra  
Maria Conceição de Sant'Ana Barros Escobar  
Antônio Nazareno Almada de Sousa  
Wilson Jordão Mota Bezerra

**DOI 10.22533/at.ed.5951920127**

**CAPÍTULO 8 ..... 103**

**EVIDENCIAÇÃO DO VALOR CONTÁBIL DAS RECEITAS DE SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS NAS ATIVIDADES AGROPECUÁRIAS**

Aguinaldo Rocha Gomes  
Lídia Maria Lopes Rodrigues Ribas

**DOI 10.22533/at.ed.5951920128**

**CAPÍTULO 9 ..... 118**

**INFLUENCIA DA ALTURA DA ÁRVORE NAS CARACTERÍSTICAS DAS MADEIRAS DE *Pinus taeda* L. E *Pinus patula* Schlttdl & Cham**

Bibiana Regina Argenta Vidrano  
Fernando José Borges Gomes  
Cristiane Pedrazzi  
Talita Baldin  
Luciano Denardi  
Diego Pierre de Almeida

**DOI 10.22533/at.ed.5951920129**

**CAPÍTULO 10 ..... 130**

**COLONIZAÇÃO DO NORTE DE MATO GROSSO E AS EMPRESAS AGROPECUÁRIAS NA EXPANSÃO DO CAPITAL**

Gildete Evangelista da Silva  
Letícia Gabrielle de Pinho e Silva

**DOI 10.22533/at.ed.59519201210**

**CAPÍTULO 11 ..... 142**

**ESTUDO DOS IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS CAUSADOS PELO ROMPIMENTO DA BARRAGEM DE FUNDÃO EM MARIANA-MG**

José Aparecido de Oliveira Leite  
Cíntia Gil de Aguiar  
Kamilla dos Santos Bastos



**CAPÍTULO 12 ..... 159**

**USO DA TERRA EM FUNÇÃO DAS CLASSES DE DECLIVIDADE NA MICROBACIA DO RIO DA DONA – BAHIA**

Laiana dos Santos Trindade  
Jamile Brazão Mascarenhas  
Avete Vieira Lima  
Raíssa Homem Gonçalves  
Lucas de Souza Alves  
Luise Torres Oliveira  
Taline Borges Ribeiro  
Everton Luís Poelking  
Thomas Vincent Gloaguen

**DOI 10.22533/at.ed.59519201212**

**CAPÍTULO 13 ..... 168**

**DIETA E DISPERSÃO DE SEMENTES POR MORCEGOS EM ÁREA DE FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL E SISTEMA AGROFLORESTAL, NO INTERIOR DO ESTADO DE SÃO PAULO**

Ana Elisa Teixeira da Silva  
Vlamiir José Rocha  
Rodolfo Antônio de Figueiredo

**DOI 10.22533/at.ed.59519201213**

**CAPÍTULO 14 ..... 182**

**FATORES DE RISCO ASSOCIADOS A ALTERAÇÕES MUSCULOESQUELÉTICAS EM CHARUTEIRAS DE MUNICÍPIOS DO RECÔNCAVO DA BAHIA**

Márcio Frâncis Pires Gonçalves  
Larissa Rolim Borges Paluch

**DOI 10.22533/at.ed.59519201214**

**CAPÍTULO 15 ..... 195**

**PERCEPÇÃO DA QUALIDADE DE VIDA DE MOTORISTAS DE TRANSPORTE COLETIVO URBANO EM UMA CIDADE DO PONTAL DO PARANAPANEMA**

Danillo Nascimento Vicente  
Nathalye Fernanda Pedroso Dircksen  
Camila Sousa Vilela  
Isabela Santos Souza  
Camilla Fernandes Cardoso  
Gilson Ricardo dos Santos  
Fabiola de Azevedo Mello  
Ana Karina Marques Salge  
Debora Tavares de Resende e Silva  
Marcus Vinicius Pimenta Rodrigues  
Renata Calciolari Rossi

**DOI 10.22533/at.ed.59519201215**

<b>CAPÍTULO 16</b> .....	<b>202</b>
INFLUÊNCIA DOS RESÍDUOS DA POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA NA SAÚDE RESPIRATÓRIA DE MOTORISTAS DE TRANSPORTE COLETIVO URBANO EM UMA CIDADE DO PONTAL DO PARANAPANEMA	
Danillo Nascimento Vicente	
Nathalye Fernanda Pedroso Dircksen	
Camila Sousa Vilela	
Isabela Santos Souza	
Camilla Fernandes Cardoso	
Gilson Ricardo dos Santos	
Fabiola de Azevedo Mello	
Ana Karina Marques Salge	
Debora Tavares de Resende e Silva	
Marcus Vinicius Pimenta Rodrigues	
Renata Calciolari Rossi	
<b>DOI 10.22533/at.ed.59519201216</b>	
<b>CAPÍTULO 17</b> .....	<b>214</b>
AVALIAÇÃO DO CONFORTO AMBIENTAL EM SALAS DE AULA COM CLIMATIZAÇÃO ARTIFICIAL NA CIDADE DE RECIFE-PE	
Luciano Torres Prestrelo	
Werônica Meira de Souza	
<b>DOI 10.22533/at.ed.59519201217</b>	
<b>CAPÍTULO 18</b> .....	<b>236</b>
ESTUDO DE CASO DA PRODUÇÃO DE BIODIESEL NAS INSTALAÇÕES INDUSTRIAIS DO MATO GROSSO, NO PERÍODO DE 2004 A 2017	
Ana Paula de Moraes Campos Teixeira	
Fabiana Pereira de Sousa	
Marney Pascoli Cereda	
<b>DOI 10.22533/at.ed.59519201218</b>	
<b>SOBRE OS ORGANIZADORES</b> .....	<b>251</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO</b> .....	<b>252</b>

## AVALIAÇÃO DO CONFORTO AMBIENTAL EM SALAS DE AULA COM CLIMATIZAÇÃO ARTIFICIAL NA CIDADE DE RECIFE-PE

Data de aceite: 21/11/2019

### Luciano Torres Prestrelo

Mestre em Tecnologia Ambiental formado pelo Instituto de Tecnologia de Pernambuco, ITEP, Recife-PE, (2017)

Engenheiro Mecânico, formado pela Escola Politécnica da FESPE (1976)

Professor do Ensino Básico Técnico e Tecnológico-EBTT do Curso de Refrigeração e Climatização do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Pernambuco –IFPE – Campus Recife (desde 1977)

lucianotprestrelo@ yahoo.com.br.

### Werônica Meira de Souza

Professora da Unidade Acadêmica de Garanhuns da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UAG/UFRPE), e professora colaboradora do Mestrado Profissional em Tecnologia Ambiental do ITEP, PE-Brasil. weronicameira@gmail.com

**RESUMO:** O conforto ambiental interior é um dos fatores determinantes para a produtividade, bem-estar e saúde do homem, haja vista que a maioria das pessoas passa cerca de 90% do seu tempo em ambientes fechados, tais como habitações, escritórios, escolas, entre outros. Apesar de não ser considerado um gás poluente em ambientes exteriores, em espaços confinados, com ocupação humana e sem ventilação ou ventilação insuficiente, o Dióxido

de Carbono (CO<sub>2</sub>) tende a acumular-se, podendo atingir níveis superiores aos valores máximos recomendáveis. Este estudo teve por objetivo analisar o conforto ambiental, em função do nível de CO<sub>2</sub>, temperatura (°C) e Umidade Relativa do Ar (%) em salas de aula de um grande centro de ensino público localizado na cidade de Recife-PE. As salas de aula, climatizadas com sistema de ar condicionado do tipo *split system*, sem renovação de ar, foram monitoradas nos meses de março, abril, maio, junho e julho de 2016, quanto aos referidos parâmetros com o auxílio de um instrumento analisador de CO<sub>2</sub>, o qual possibilitou a leitura direta mediante a utilização de sensor infravermelho não dispersivo. Os resultados foram comparados aos níveis de CO<sub>2</sub> do ambiente externo, usando como parâmetro de referência, e preconizados pela legislação vigente Brasileira. As medições internas e externas foram comparadas e correlacionadas através de variáveis utilizando métodos estatísticos, com o intuito de mostrar e comprovar aos órgãos públicos a necessidade de renovação de ar nas salas climatizadas com sistema de ar condicionado do tipo *split system*, para diluição dos níveis de dióxido de carbono e melhoria da qualidade do ar interno, e conseqüentemente melhoria do processo ensino - aprendizagem.

**PALAVRAS-CHAVE:** Qualidade do ar interno; Ambiente Interno; Dióxido de Carbono



**ABSTRACT:** The indoor air quality and one of the determinants paragraph one productivity, the comfort and wellness and men's health, because most people spend about 90% of his time indoors, such as dwellings, offices, schools, among others. particularly in classrooms, carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) and pollutants one of the que more concern can create the users and managers these. despite not being considered hum pollutant gas in foreign environments, confined spaces with human occupancy and without ventilation or insufficient ventilation, co2 tends to accumulate, reaching superior levels fairly to maximum values recommended. this study aimed to analyze of carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) levels in large hum classrooms located educational center in the city of Recife-PE. in co2 levels in classrooms, air-conditioned with system of air conditioning make split system type without air renewal, were measured with the aid of hum CO<sub>2</sub> analyzer, ITMCO model - CO<sub>2</sub>, wed enabled a direct reading through use of infrared sensor not dispersive. were the results compared to CO<sub>2</sub> levels in the external environment, using as reference parameter, and recommended under current legislation. how internal and external measurements were compared and correlated through variables using statistical methods, in order to prove to show and public agencies need rooms nas air renewal air conditioned with air conditioning system to split type system, paragraph dilution levels of carbon and improving the quality of indoor air dioxide, and consequently improving teaching - learning process.

**KEYWORDS:** Indoor Air Quality; Indoor Environment; Carbon dioxide

## INTRODUÇÃO

Quando se trata de conforto humano, o condicionamento de ar deve atender às condições estabelecidas em normas técnicas, no que se refere, dentre outros fatores, a temperatura, a umidade, a limpeza, a pressão e a movimentação do ar. Somente em 1980, com a publicação da NBR 6401 (ABNT, 1980), passou-se a existir uma classificação oficial dos níveis de filtragem e de sua aplicabilidade. A importância do ar condicionado no mundo atual aumenta, visto que: os espaços físicos diminuem (a população aumenta); o homem cada vez mais se translada para ambientes não saudáveis ou não confortáveis; a poluição ambiental tende a aumentar (principalmente nos países em desenvolvimento); proporciona maior rendimento no trabalho (maiores lucros); as exigências de conforto aumentam (e as legislações passam a proteger); maior número de aparelhos, máquinas, e equipamentos passam a depender de controle sobre o ambiente onde operam; viabiliza empreendimentos em climas impróprios para o homem, ou em ambientes naturalmente inviáveis para este (noite, subterrâneos, discotecas, entre outros). Dentre os fatores determinantes do conforto humano, os mais comuns e importantes são: condições do ar ambiente, em termos de temperatura, umidade, velocidade, pureza, pressão, odores, nível de ruído, espaço, iluminação e cores.

Segundo padrões da ASHRAE 55 (*American Society of Heating, Refrigerating*

and Air-Conditioning Engineers, 2004), o conforto térmico significa “aquele estado mental o qual expressa satisfação com o meio ambiente térmico”. Outra definição também corrente, “sensação de bem-estar revelada por uma pessoa ou um grupo de pessoas, com relação às condições do ambiente térmico”. Como pode se observar, trata-se de um conceito estatístico, não sendo possível estabelecer-se um valor padrão. Diversas combinações de diferentes temperaturas, umidade relativa e movimentações do ar, delimitam “zonas” de conforto térmico (ASHRAE 55). A qualidade do ar interno é afetada igualmente pelo sistema HVAC (*Heating, Ventilation and Air Conditioning*), qualidade da construção, material e operação do edifício. Estes aspectos devem ser levados em consideração durante as etapas de projeto, construção e manutenção dos ambientes. Fonte?

Os problemas são verificados quando se observa a presença de sintomas transitórios que afetam parte dos ocupantes, somente durante o período de permanência nos ambientes internos, devido à presença de agentes químicos, físicos e biológicos (Suzuki, 2010).

O ar possui partículas em suspensão de origem diversas, responsáveis pelos sintomas que caracterizam a má qualidade do ar em ambientes internos. A concentração total de poluentes internos depende da taxa de produção de poluentes, taxa de remoção de poluentes, taxa de troca de ar externo e de concentração de poluentes externos. As fontes internas de poluentes podem ser as próprias pessoas e atividades ligadas a elas, ou de materiais que emitem substâncias nocivas à saúde, como móveis de aglomerado de madeira que liberam compostos orgânicos voláteis (COV) e formaldeído (Jones, 1998). Muitas vezes a poluição interna supera a poluição externa, havendo a necessidade de se realizar trocas de ar para que o ar externo arraste ou dilua a concentração de poluentes internos. Os agentes químicos presentes em um ambiente interno são gases e vapores,  $\text{SO}_2$ , CO, NO,  $\text{NO}_2$ , COV, aldeídos e compostos inorgânicos como  $\text{NH}_3$  e  $\text{O}_3$ ). Os agentes físicos são os materiais particulados, amianto, metais pesados (cobre, cádmio, chumbo, manganês e zinco), radônio e campos eletromagnéticos. Por último, os agentes biológicos, que são os ácaros, animais domésticos, insetos, fungos, vírus e bactérias (Moraes, 2006).

Vários estudos relacionados à qualidade do ar interno têm sido desenvolvidos com o objetivo de verificar e comprovar a adequação de locais de trabalho e estudo (públicos e/ou privados) em função do conforto térmico (Afonso et al., 2004; Afonso et al., 2006; Costa e Ferreira, 2006; Menezes et al., 2006; Martins et al., 2014). Martins et al. (2014) realizaram um estudo de qualidade do ar interior segundo a resolução nº 9 da ANVISA em bibliotecas públicas climatizadas. O estudo constatou que a temperatura interna dos ambientes estudados ficou acima do valor máximo permitido; o índice do ar interno e externo representado pelo número de

colônias fúngicas formadas na estação chuvosa ficou também acima dos padrões recomendados. Sodré et al. (2008) avaliaram a qualidade de ar em 50 locais pertencentes a oito categorias de ambientes públicos na cidade do Rio de Janeiro e Niterói, levando em consideração três compostos carbonílicos quanto aos indícios de carcinogenicidade dos mesmos, comparados com os valores segundo as normas nacionais e internacionais de qualidade de ar interior.

Olesen (2015) observou em salas de aula que a diminuição da temperatura interna do ambiente e a renovação do ar acarretaram em média um aumento de 8% no desempenho na execução de exercícios de rotina em uma sala de aula, e que a redução na taxa de renovação do ar implicaria numa redução de produtividade, chegando a 19%.

Além da qualidade do ar externo a qualidade do clima interno em uma edificação é, segundo Suzuki (2010), também afetada igualmente pelo sistema HVAC (*Heating, Ventilation and Air Conditioning*), e qualidade da construção. Ainda neste sentido, Suzuki (2011) esclarece que os bons sistemas de ventilação e ar condicionado são concebidos de forma a fornecer níveis adequados de temperatura e umidade e níveis aceitáveis de concentração de poluentes, proporcionando sensações de conforto aos usuários. Porém a qualidade do ar interno pode ser afetada quando a ventilação nos ambientes não for adequada, isto é, quando os processos relacionados à tomada de ar externo, condicionamento e mistura do ar interno, boa distribuição do ar no ambiente e renovação do ar apresentarem deficiências de operação. Acrescenta-se a isso o fato de que os problemas são verificados quando se observa a presença de sintomas transitórios que afetam parte dos ocupantes, somente durante o período de permanência em salas de aula, devido à presença de agentes químicos, físicos e biológicos no ar interno, material e operação do edifício. Estes aspectos devem ser levados em consideração durante as etapas de projeto, construção e manutenção das salas de aulas de uma escola.

A Resolução nº 9 da ANVISA (2003) estabelece um número mínimo de 27 m<sup>3</sup>/h.pessoa, exceto em ambientes onde haja muita rotatividade de pessoas, sendo o mínimo de 17 m<sup>3</sup>/h.pessoa e as seguintes condições gerais:

- " O sistema de ar condicionado controla a qualidade do ar interior por meio da renovação do ar exterior e pela filtragem de todo o ar insuflado;
- " A renovação reduz a concentração no ambiente de poluentes gasosos, biológicos e químicos, que não são retidos nos filtros;
- " A filtragem do ar tem como função reduzir a concentração no ambiente dos poluentes trazidos do ar exterior e os gerados internamente, os quais são transportados pelo ar recirculado, evitando sua acumulação no sistema;
- " O condicionamento de ar é um sistema, onde existe uma interação



constante das três zonas (primária, secundária e terciária), e para se garantir a qualidade do ar em ambientes de interiores, é preciso observar o sistema de condicionamento do ar de modo sistêmico e não de modo pontual.

” As atividades de manutenção em sistemas de condicionamento do ar são essenciais, visando à conservação e o rendimento dos equipamentos, mas também, o padrão higiênico mínimo nas instalações;

” Ventilação: A ABNT NBR 16401 estipula a vazão mínima de ar exterior de qualidade aceitável a ser suprida pelo sistema para promover a renovação do ar interior e manter a concentração dos poluentes no ar em nível aceitável. As vazões estipuladas são dimensionadas considerando os poluentes biológicos, físicos e químicos esperados nas condições normais de utilização e de ocupação dos locais;

As vazões de ar de ventilação estipuladas nesta Norma independem da capacidade ou do tipo de instalação.

Os efeitos da ventilação na qualidade do ar interior e na saúde dos humanos é um assunto muito complexo. Sabe-se que a ventilação é essencial para remover ou diluir, para uma concentração aceitável, os poluentes gerados no interior dos edifícios (SOBREIRA, 2015). Entretanto, visto que os valores limites não são conhecidos, é raro conseguir determinar as taxas de ventilação exatas baseado na concentração dos poluentes. Segundo Sobreira (2015), a escolha das taxas de ventilação é baseada na investigação epidemiológica, experiências laboratoriais e “in seu” e na experiência prática.

Diante de exposto, este trabalho objetivou avaliar os níveis de dióxido de carbono e temperatura em ambientes internos climatizados de salas de aula de uma escola pública da região metropolitana de Recife-PE, visando comparar com os níveis do ambiente externo, a fim de avaliar a viabilidade da renovação de ar no ambiente interno, em atendimento a resolução N° 9/2003 da ANVISA.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Local de Estudo**

Este estudo foi realizado no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco – IFPE (8°03’S 34°53’W), localizado em Recife – PE. O clima na região é quente e úmido, do tipo intertropical, com temperaturas médias anuais de 25°C. Historicamente, o inverno inicia-se em março e termina em agosto. São duas estações climáticas definidas apenas pela quantidade pluviométrica, sem alteração significativa na temperatura, conforme Figura 1.

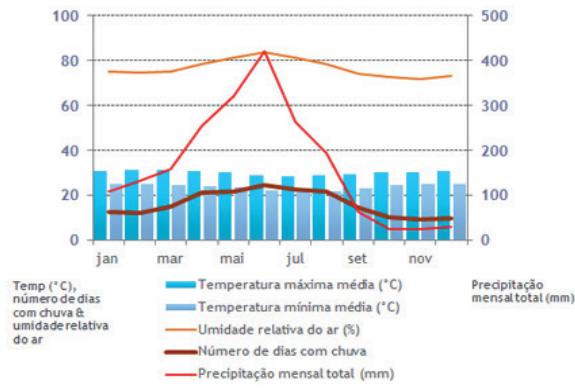


Figura 1: Precipitação média, Temperatura média máxima e mínima e Umidade Relativa média anual em Recife-PE

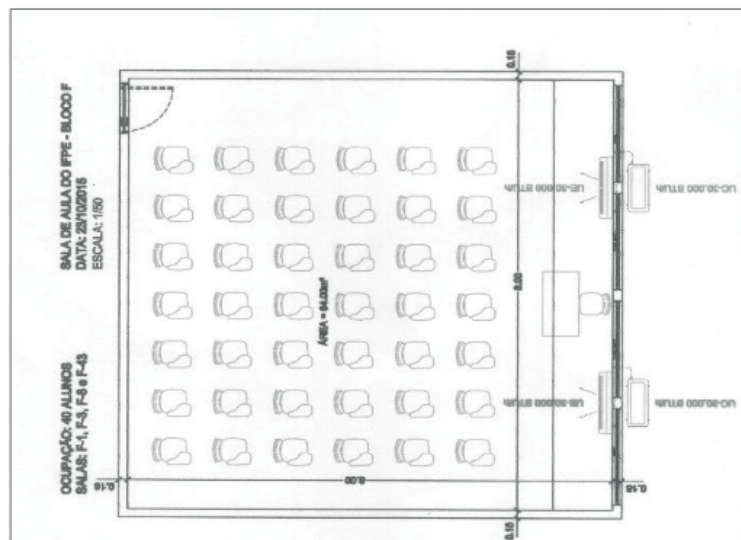
A umidade relativa do ar média anual é de 77%. Entre os meses de maio a julho, o índice atinge o máximo, 87%, correspondendo à "época das chuvas". No período mais seco, é reduzido para 68%.

### Local de Estudo

Este estudo será realizado no Instituto Federal de Educação de Pernambuco – IFPE (8°03’S 34°53’W), localizado em Recife – PE.



Layout da sala de aula:



## Procedimento Experimental

Os experimentos foram conduzidos nos meses de março, abril, maio, junho e julho de 2016, nos horários das 11:00 h às 21:20 h, em quatro salas de aulas, totalizando 28 observações. As salas de aula que foram utilizadas para medição dos níveis de CO<sub>2</sub> e de temperatura encontram-se no bloco F do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco- Campus Recife e possuem área de 64 m<sup>2</sup> (8 m de comprimento × 8m largura × 3,10 m de altura), todas com capacidade para 40 alunos. Nestas salas encontram-se instalados sistemas de ar condicionado tipo **Split System**, sem renovação de ar, distribuídos assim: salas F-03, F-21 e F-43 (dois aparelhos de ar condicionado tipo *split, system* modelo parede (Hi Wall de 30000 BTU/h), e a sala F-08 (um aparelho *split, system modelo Piso e Teto de 60000 BTU/h*).

Após a seleção das salas para o monitoramento, convencionou-se que o mesmo ocorreria ao menos uma vez por semana, com alternância entre os dias da semana e os períodos (matutino e vespertino), respeitando os horários das aulas para início e término do monitoramento (entre 15:00h e 21:30h)

Foram efetuadas as seguintes medições:

Medições internas com o ambiente sem ocupação, o ambiente externo e o ambiente interno com ocupação, para se poder analisar a variação de CO<sub>2</sub>.

A Resolução nº 9 da ANVISA estabelece que em uma área construída de até 1.000 m<sup>2</sup>, os pontos amostrais deverão ser distribuídos uniformemente e coletados com o amostrador localizado na altura de 1,5 m do piso, no centro do ambiente ou em zona ocupada. Como as salas monitoradas têm aproximadamente 64 m<sup>2</sup> de área, fixou-se um ponto amostral, evitando dificultar a visão dos alunos.

As medições dos níveis de CO<sub>2</sub> ([CO<sub>2</sub>]<sub>int.</sub>), temperatura interna (T<sub>int.</sub>), e das salas de aula, foram realizadas com o auxílio de um analisador automático de CO<sub>2</sub>, (Instrutherm, modelo ITMCO – CO<sub>2</sub>), devidamente calibrado, o qual possibilitou a leitura direta mediante a utilização de sensor infravermelho não dispersivo.



Especificações do analisador ITMCO – Instrutherm :

- CO2: 0 ~ 9999 ppm (5001-9999 ppm de faixa de escala)



- CO: 0 ~ 1000 ppm
- Temperatura: -20 ~ 60 °C
- Umidade: 0,1% ~ 99,9% UR
- Ponto de Orvalho: -10,0 ~ 59,9 °C
- Bulbo úmido: -5,0 ~ 59,9 °C
- ppm: 1
- temperatura: 0,1 °C
- umidade relativa: 0,1%
- CO2:  $\pm 30$  ppm  $\pm 5\%$  da leitura (0 a 5000 ppm)
- CO:  $\pm 10$  ppm para menos do que 100 ppm,  $\pm 10\%$  ou leitura para 101 ~ 500 ppm,  $\pm 20\%$  da leitura para 501 ppm
- Temperatura:  $\pm 0,6$  °C
- Umidade relativa:  $\pm 3\%$  (a 25 °C, 10 - 90% RH)  $\pm 5\%$  (a 25 °C)
- CO2 <30 segundos (mudança de passo de 90%)
- CO <60 segundos (mudança de passo de 90%)
- Tair <2 minutos (mudança de passo de 90%)
- RH <10 minutos (mudança de passo de 90%) relé Sim

Dimensões: 205mm (L) x 70mm (W) x 56mm (H)

Condições de operação:

-20 ~ 50 °C (CO2 sensor); 0 ~ 50 °C (sensor de CO); -20 ~ 60 °C (parâmetros restantes)

Alimentação: 4 pilhas AA ou adaptador 9V

Peso:200g

### MEDIÇÕES EFETUADAS:

HORA	CO2 Int. (ppm)	T.B.U. Int. (°C)	T.P.O. Int. (°C)	T.B.S. Int. (°C)	UR Int. (%)	Sala
14:30	493	21	19,30	26,60	65,70	F-08
19:23	497	24	22,20	27,20	72,60	F-03
14:25	526	22	20,20	26,60	66,70	F-08
19:00	482	24	23,20	27,10	78,30	F-03
19:06	490	23	21,40	26,20	72,40	F-08
12:35	493	24	23,10	27,00	78,20	F-03
13:00	566	25	23,90	27,50	80,50	F-21
13:10	553	23	20,30	28,90	61,50	F-43
20:40	546	24	22,30	28,20	70,10	F-21
14:25	498	25	23,90	28,50	75,20	F-08
18:55	597	16	11,90	21,50	52,40	F-21
19:10	598	21	18,90	26,60	62,20	F-08
	528,25	22,66	20,88	26,83	69,65	

Tabela 1: Medições do Ambiente Interno sem ocupação:

CO2 EXT. (ppm)	T.B.U. Ext. (°C)	T.P.O. Ext. (°C)	T.B.S. Ext. (°C)	UR Ext. (%)	Sala
488	25,60	24,60	28,80	76,90	F-08
541	25,70	24,40	29,20	75,50	F-08
473	25,20	23,90	28,90	73,90	F-03
470	25,30	22,10	33,30	73,70	F-08
473	25,50	24,20	29,40	73,30	F-08
495	24,50	23,40	27,50	78,40	F-08
515	25,40	24,80	27,10	85,70	F-03
812	24,10	23,40	27,30	79,00	F-43
523	24,30	23,30	27,20	79,50	F-08
557	23,90	22,30	26,80	77,60	F-08
543	24,40	23,30	27,50	77,20	F-08
472	24,20	22,80	27,90	74,30	F-21
521	25,10	24,40	27,10	86,90	F-08
489	24,80	23,90	27,30	81,70	F-08
469	25,30	23,70	29,70	71,80	F-03
520	25,50	24,90	27,30	87,20	F-03
562	25,00	24,60	26,10	94,50	F-21
484	25,10	23,30	29,60	70,10	F-03
491	25,00	24,20	27,60	83,80	F-03
556	24,30	22,70	28,80	70,40	F-43
543	24,80	23,80	27,50	80,20	F-08
494	25,50	24,40	28,80	70,80	F-08
492	25,20	24,50	27,30	83,90	F-08
649	23,90	22,60	27,30	76,10	F-43
500	24,50	23,20	28,10	75,60	F-03
480	24,90	24,10	27,30	81,40	F-08
535	24,30	23,80	25,60	91,30	F-08
523,96	24,86	23,73	28,01	78,91	

Tabela 2 : Medições do Ambiente Externo

Nº ALUNOS	CO2 INT. (ppm)	LIMITE MAX CO2 (ppm)	MÉDIA CO2 INT. (ppm)	T.B.U. Int. (°C)	T.P.O. Int. (°C)	T.B.S.Int. (°C)	T.B.S. Mín. (°C)	T.B.S. Máx. (°C)	T.B.S. Média (°C)	UR Intt. (%)	UR Máx. (%)	UR Mín. (%)	UR Média (%)	Sala
20	1.725,00	1.000,00	1.734,82	16,30	10,20	25,70	22,00	26,00	24,00	36,20	60,00	40,00	50,00	F-08
19	1.896,00	1.000,00	1.734,82	16,10	10,30	24,90	22,00	26,00	24,00	40,00	60,00	40,00	50,00	F-08
24	1.619,00	1.000,00	1.734,82	19,30	15,70	25,90	22,00	26,00	24,00	54,70	60,00	40,00	50,00	F-03
24	1.805,00	1.000,00	1.734,82	22,40	20,40	27,20	22,00	26,00	24,00	67,00	60,00	40,00	50,00	F-03
15	709,00	1.000,00	1.734,82	20,90	16,20	30,30	22,00	26,00	24,00	42,90	60,00	40,00	50,00	F-08
14	1.294,00	1.000,00	1.734,82	17,80	13,60	25,40	22,00	26,00	24,00	47,90	60,00	40,00	50,00	F-08
30	1.556,00	1.000,00	1.734,82	17,80	13,60	25,40	22,00	26,00	24,00	47,90	60,00	40,00	50,00	F-08
12	912,00	1.000,00	1.734,82	16,30	12,10	23,20	22,00	26,00	24,00	49,50	60,00	40,00	50,00	F-03
25	3.169,00	1.000,00	1.734,82	18,00	13,60	25,70	22,00	26,00	24,00	47,20	60,00	40,00	50,00	F-43
32	1.211,00	1.000,00	1.734,82	20,20	17,10	26,80	22,00	26,00	24,00	55,40	60,00	40,00	50,00	F-08
17	1.513,00	1.000,00	1.734,82	19,80	17,00	25,40	22,00	26,00	24,00	60,00	60,00	40,00	50,00	F-08
32	1.628,00	1.000,00	1.734,82	17,40	13,10	24,90	22,00	26,00	24,00	48,10	60,00	40,00	50,00	F-08
17	2.017,00	1.000,00	1.734,82	21,40	19,30	26,10	22,00	26,00	24,00	66,90	60,00	40,00	50,00	F-08
29	2.291,00	1.000,00	1.734,82	20,10	16,70	26,80	22,00	26,00	24,00	53,90	60,00	40,00	50,00	F-21
28	1.396,00	1.000,00	1.734,82	18,90	15,40	25,70	22,00	26,00	24,00	52,60	60,00	40,00	50,00	F-08
16	1.472,00	1.000,00	1.734,82	16,90	12,80	23,40	22,00	26,00	24,00	52,40	60,00	40,00	50,00	F-08
22	1.668,00	1.000,00	1.734,82	18,80	16,20	23,90	22,00	26,00	24,00	60,40	60,00	40,00	50,00	F-03
29	1.782,00	1.000,00	1.734,82	15,40	11,80	21,40	22,00	26,00	24,00	54,10	60,00	40,00	50,00	F-21
23	1.754,00	1.000,00	1.734,82	20,50	17,30	27,30	22,00	26,00	24,00	54,10	60,00	40,00	50,00	F-43
20	2.112,00	1.000,00	1.734,82	16,30	11,80	23,70	22,00	26,00	24,00	48,40	60,00	40,00	50,00	F-03
26	2.745,00	1.000,00	1.734,82	19,90	16,60	26,30	22,00	26,00	24,00	55,60	60,00	40,00	50,00	F-08
28	1.881,00	1.000,00	1.734,82	20,80	18,10	26,60	22,00	26,00	24,00	59,40	60,00	40,00	50,00	F-08
13	1.932,00	1.000,00	1.734,82	19,70	17,20	24,80	22,00	26,00	24,00	62,80	60,00	40,00	50,00	F-08
14	1.196,00	1.000,00	1.734,82	16,80	12,10	24,60	22,00	26,00	24,00	45,80	60,00	40,00	50,00	F-03
23	1.456,00	1.000,00	1.734,82	17,60	13,20	25,30	22,00	26,00	24,00	46,90	60,00	40,00	50,00	F-43
27	1.197,00	1.000,00	1.734,82	17,50	14,10	23,50	22,00	26,00	24,00	55,00	60,00	40,00	50,00	F-08
16	2.181,00	1.000,00	1.734,82	20,10	18,10	25,40	22,00	26,00	24,00	62,30	60,00	40,00	50,00	F-08
16	2.458,00	1.000,00	1.734,82	21,10	19,00	25,60	22,00	26,00	24,00	67,90	60,00	40,00	50,00	F-08
22	1734,82			18,72	15,09	25,4				53,40				

Tabela 3 - Medições do Ambiente Interno com ocupação

## Utilizando o programa SPSS STATISTICS da IBM , encontramos

**OBS.:** O teste de t deve ser usado na comparação de médias, ou contrastes de médias. No caso de comparar duas médias pelo teste de t, há duas situações a serem consideradas:

A)- Amostras não pareadas

B)- Amostras pareadas.

Na amostra não pareada além da fonte de variação considerada, podem existir outras.

Nas amostras pareadas a única fonte de variação existente deve ser a estudada. No nosso caso o índice de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) interno, e o número de alunos.

### t-Test

**Estadística Pareado Simples**

		Media	N	Desvio Padrão	Média do Desvio Padrão
Par 1	Alunos	21,8276	29	6,05374	1,12415
	CO2	1734,8276	29	520,10240	96,58059

**Descriptive Statistics**

	Mean	Std. Deviation	N
Alunos	21,8276	6,05374	29
CO2	1734,8276	520,10240	29

**Paired Samples Correlations**

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	Alunos & CO2	29	,172	,373

**Correlations**

		Alunos	CO2
Alunos	Pearson Correlation	1	,172
	Sig. (2-tailed)		,373
	N	29	29
CO2	Pearson Correlation	,172	1
	Sig. (2-tailed)	,373	
	N	29	29

Correlations<sup>a</sup>

		CO2	Alunos
CO2	Pearson Correlation	1	,172
	Sig. (1-tailed)		,186
	Sum of Squares and Cross-products	7574182,138	15146,138
	Covariance	270506,505	540,933
Alunos	Pearson Correlation	,172	1
	Sig. (1-tailed)	,186	
	Sum of Squares and Cross-products	15146,138	1026,138
	Covariance	540,933	36,648

a. Listwise N=29

Assim, através da aplicação da equação, tem-se o exemplo:

$[CO_2]$  na sala em PPM =  $(36,648 \times \text{média do N}^\circ \text{ de Alunos}) + 1.026,138 =$  PPM na sala de aula

Exemplo: Nas medições efetuadas, nas salas de aula com ocupação encontramos um valor médio de  $CO_2$  interno de 1.734,82 ppm e uma média de 22 alunos.

Efetuando os cálculos teremos:

$$PPM_{\text{interno}} = (36,648 \times 22) + 1.026,138 = 1.832,394 \text{ PPM}$$

Valor próximo da média, que foi de 1.734,82 ppm, e dentro do limite encontrado.

Como as salas foram projetadas e dimensionadas para 40 alunos, utilizando a equação teremos:

$$PPM_{\text{interno}} = (36,648 \times 40) + 1.026,138 = 2.492,058$$

Consequência do aumento dos níveis de CO<sub>2</sub>

QUANTIDADE DE CO <sub>2</sub>	NÍVEL TOXICOLÓGICO
360 ppm	Nível normal de CO <sub>2</sub>
1.000 ppm	Exposição prolongada pode afetar a concentração
5.000 ppm	Limite internacional normal/seguro
10.000 ppm	Seu ritmo de respiração aumenta, mas provavelmente você não percebe
15.000 ppm	Limite de exposição normal a curto prazo
20.000 ppm	Você começa a respirar 50% acima da taxa normal. Se você ficar exposto a esses níveis muitas horas, você poderá ficar cansado e terá dor de cabeça
30.000 ppm	Você respirará 2 vezes acima do normal, poderá se sentir um pouco vertiginoso, suas batidas do coração e a pressão arterial aumentarão, e as dores de cabeça serão mais frequentes. Até mesmo sua audição poderá ser prejudicada
40.000 ppm a 50.000 ppm	Agora o efeito do CO <sub>2</sub> poderá ser realmente prejudicial. Sua respiração estará mais rápida, em torno de 4 vezes mais do que o normal e, depois de apenas 30 minutos a este nível, você apresentará sinais de envenenamento e sufocamento.
50.000 ppm a 100.000 ppm	Você se cansará depressa, terá respiração intensa, dores de cabeça, bem como visão prejudicada. Provavelmente em poucos minutos você estará confuso e seguido de inconsciência
100.000 ppm a 1.000.000 ppm	A inconsciência ocorrerá mais depressa quanto mais alta for a concentração. Quanto mais alto o tempo de exposição e o nível de gás carbono, mais depressa ocorrerá a asfixia

Fonte: Organização Mundial de Saúde (OMS 1988)

A norma ASHRAE 62.1, propõe um cálculo para a concentração máxima de um ambiente, que depende do nível de atividade dos ocupantes, relativo a concentração de dióxido de carbono do ar externo:

$$C_s - C_o = N / V$$

Onde:

$C_s$  = concentração de CO<sub>2</sub> no ambiente interno

$C_o$  = concentração de CO<sub>2</sub> no ambiente externo

$N$  = taxa de produção de CO<sub>2</sub> por pessoa

$V_o$  = vazão de ar externo por pessoa

Para a atividade típica de sala de aula de 1,2 m, a taxa de produção de CO<sub>2</sub> por pessoa é de 0,31 L/min. Considerando a renovação de ar necessária por pessoa de 7,5 L/s (27 m<sup>3</sup>/h. pessoa- Padrão da ANVISA e da ABNT- NBR 16401), tem-se:

$$C_s - C_o = 0,31 / 7,5 \times 60 = 0,000689 \text{ de CO}_2/\text{l de ar}$$

Este resultado corresponde a 689 ppm.

Utilizando a concentração de 383 ppm para CO<sub>2</sub>, o ar interior deve possuir uma concentração máxima de 1072 ppm, valor próximo do limite de 1000 ppm proposto pela Resolução nº 9 da ANVISA.

Exemplo: Para o cálculo da ASHRAE, teremos como valor máximo permitido



de CO<sub>2</sub> nas salas de aula F-03, F-08, F-21 e F-43 do Bloco F do IFPE , o seguinte:

Dados:

Concentração de CO<sub>2</sub> no ambiente externo indicou um valor médio de 523,96 ppm, logo teremos:

$$C_s = C_o + N / V = 523,96 + 689 = 1.212,96 \text{ ppm}$$

Para as condições descritas acima, pela fórmula de cálculo da ASHRAE, teríamos um limite máximo admissível de Dióxido de Carbono na sala de aula de 1.212,96 PPM, valor acima do permitido pela Resolução N° 9 da ANVISA, que é de 1.000 ppm.

A ASHRAE 62.1 estipula que uma concentração máxima de 5000 ppm de CO<sub>2</sub> em ambientes industriais e de 3500 para residências.

A RN-02 da ABRAVA (Associação Brasileira de Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento) - Recomendação Normativa para sistemas de condicionamento de ar e ventilação para conforto e qualidade do ar interior - estabelece uma concentração máxima baseada na ASHRAE 62.1, de 700 PPM acrescida da concentração de ar externo de CO<sub>2</sub>, que pode variar de 350 ppm a 500ppm. Sendo assim, recomenda uma concentração interna de 1050 ppm a 1200 ppm, estabelecendo um máximo de 3500 ppm. Mesmo assim, sugere-se evitar concentrações acima de 1500 a 2000 ppm, pois pode causar sonolência e redução da produtividade.

O ISAIQ – CIB TG42 estipula uma concentração máxima de dióxido de carbono que deve ser usada como referência de projeto para ambientes de salas de aula, que varia de 600 a 800 ppm e cita q ocupação, ventilação e concentração externa de poluentes. De qualquer forma, usando como referência o estado estacionário, recomenda-se a utilização do valor de 0,00567 L/s de dióxido de carbono produzido por ocupante de uma sala de aula, níveis de CO<sub>2</sub> ([CO<sub>2</sub>]<sub>ext.</sub>) e temperatura externa (T<sub>ext.</sub>) das salas de aula também foram monitorados, de forma a termos dados externos aos encontrados nos ambientes internos.

As medições internas com ocupação, foram realizadas no centro da sala, em um horário que represente a metade do horário da aula, por ser um período mais representativo no que se refere aos ocupantes do recinto e condições de equilíbrio nos níveis de dióxido de carbono interno. As medições externas foram realizadas imediatamente após as medições internas, próximo da possível tomada de ar exterior. As medições foram registradas em planilha Excel®, considerando o dia, hora, mês, ano, quantidade de pessoas na sala e valores indicados pelo instrumento para plotagem dos dados (Tabela ).

## ANÁLISE DOS DADOS

Para verificar se as variáveis estão agrupadas em função das concentrações de CO<sub>2</sub> no interior da sala, estas foram comparadas através da análise de agrupamento quantitativa utilizando “Cluster Analysis”, utilizando a distância euclidiana como mensuradora de distância.

Também foi utilizada a correlação de Pearson para analisar a significância na correlação entre as variáveis ambientais. A classificação de “r” foi baseada em seus valores, sendo de 0,0 a 0,2 dado como correlação nula, 0,21 a 0,40 como correlação fraca, 0,41 a 0,70 como correlação substancial, 0,71 a 0,90 como correlação forte, e 0,91 a 1,0 como correlações extremamente fortes (Rodrigues, 2006).

Em ambos os estudos, o pacote estatístico do SPSS® foi utilizado. Para efeito de cálculo foi tomada um nível de confiança de 95 % e  $p < 0,01$ .

As melhores correlações forneceram equações matemáticas as quais foram usadas como “modelo previsor” da taxa de ocupação das salas de aula e os níveis de CO<sub>2</sub> interno a fim de estimar anomalias de desconforto ambiental (após serem submetidos ao teste t-Student).

Devido à oscilação dos dados a serem tratados, estes foram apresentados em gráficos do tipo box, pois auxiliam na visualização de uma distribuição assimétrica. Nestes são apresentados o intervalo dos 50% de valores a amplitude e os valores anômalos, fornecendo informações sobre a dispersão das medidas, além de detectar com precisão a presença de pontos extremos e valores denominados “outliers” (“atípicos”). Box-plot (ou gráfico de caixa) é indicado quando há presente centrais de um rol de dados, a mediana.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dada à crescente permanência da população em espaços confinados, tem-se procurado estabelecer um equilíbrio entre o conforto, a eficiência energética e a proteção da saúde dos ocupantes, que segundo Neto (2015) depende, em larga escala, das taxas de renovação do ar nesses ambientes. Sobre essa inferência, a RE 09/2003 da ANVISA recomenda que a temperatura em ambiente interno no inverno, esteja compreendida na faixa entre 20°C a 22°C.

A Figuras 2 e 3 apresentam os valores médios para temperatura interna e Umidade Relativa do Ar interno, monitorados nas salas F-03, F-08, F-21 e F-43, respectivamente. Percebe-se que as temperaturas encontradas em cada sala se encontram acima da faixa estabelecida.

Observando a Figura 2 e 3 e Tabela 1, verificou-se que as salas e em várias datas foram obtidos valores que extrapolaram a faixa limítrofe para temperatura e umidade relativa.

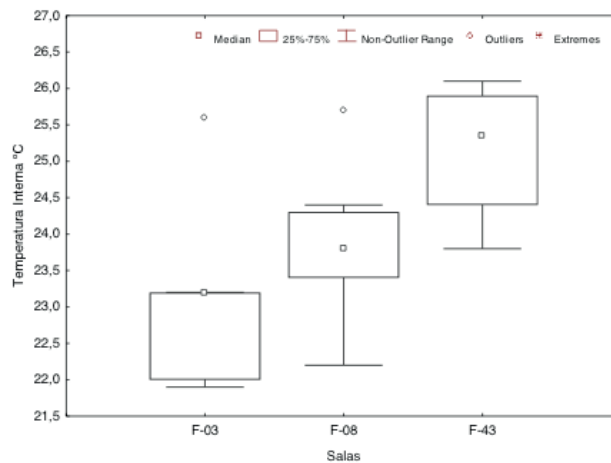


Figura 2: Temperaturas internas das salas de aula.

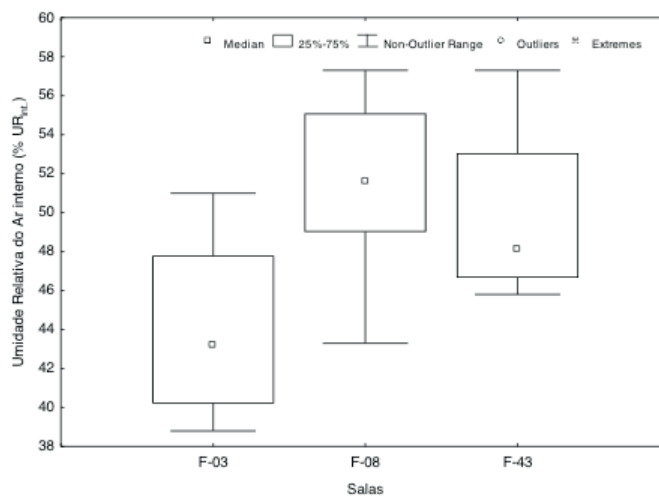
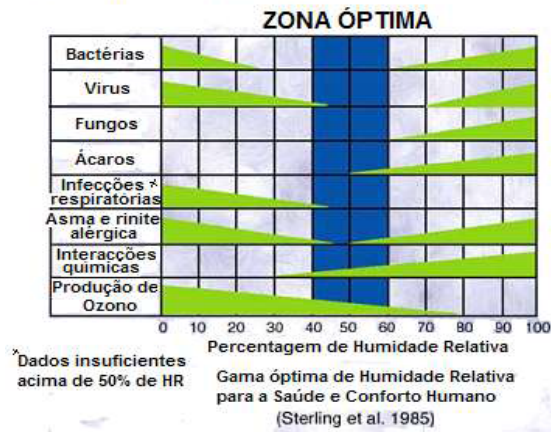


Figura 3: Umidade Relativa do Ar Interno das salas de aula.

Embora a norma da ANVISA seja para ambientes climatizados artificialmente, de acordo com Voltani (2009) em quaisquer ambientes internos, a umidade superior a 65% pode favorecer a proliferação de micro organismos alergênicos ou patogênicos, enquanto níveis abaixo de 30% contribuem para a irritação das mucosas nasais, contribuindo para o surgimento de alergias e infecções. Mesmo os valores de temperatura e umidade terem ultrapassado os limites estabelecidos, apenas com essas informações não se pode inferir sobre a exposição de alunos e professores a situações de desconforto térmico, pois é muito difícil descrever condições ambientais que proporcionem sensação de conforto, mais há condições que o fazem a maioria das pessoas.

## 6 - HUMIDADE RELATIVA



Para entrar neste mérito de conforto humano, incidindo sobre os dados obtidos de temperatura e umidade, pode-se fazer uso do Diagrama do Conforto Humano, preparado pela WMO (World Meteorological Organization) e veiculado pelo INMET (INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA, 2011), apresentado na Figura 4, sobre o qual os dados internos de temperatura e umidade foram plotados como pares ordenados para verificar em quais amostragens ocorreram situações de desconforto nas salas de aula.

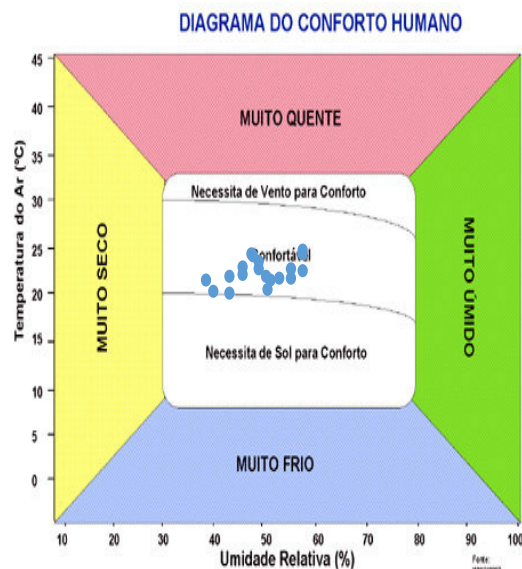


Figura 4: Diagrama do conforto Humano Temperaturas internas das salas de aula.

As medições de temperatura interna com ocupação no recinto, indicam que estão em uma região de conforto ambiental, ou seja, entre  $+22^{\circ}\text{C}$  e  $+26^{\circ}\text{C}$  (média de  $25,4^{\circ}\text{C}$ ) como também a umidade relativa do ar entre 40% e 60% (média de 53,4%). Durante as amostragens, os níveis de  $\text{CO}_2$  oscilaram muito, optando-se representá-los em gráfico do tipo boxplot, conforme Figura para as salas F-03, F-08, F-21 e F-43, respectivamente, onde na parte inferior do gráfico estão dispostas as concentrações

externas e na superior as internas.

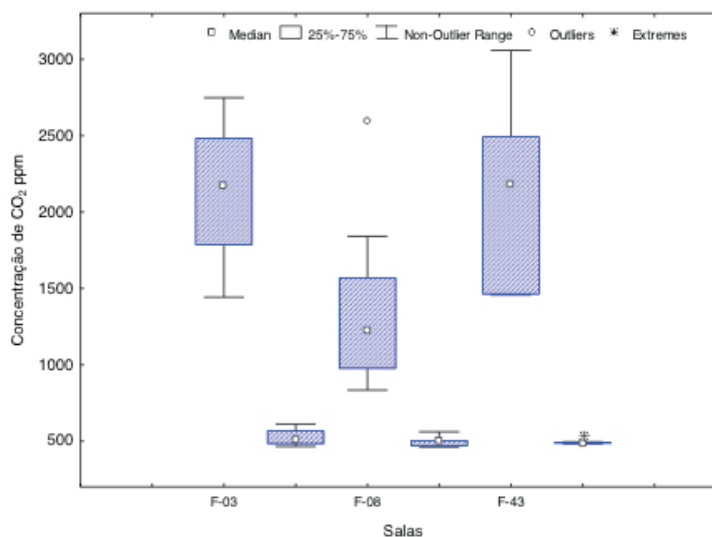


Figura 5: Níveis de CO<sub>2</sub> internos e externos (ppm) das salas de aula.

Sobre os níveis internos e externos de CO<sub>2</sub>, a RN 02/2003 da Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento (ABRAVA) expõe que a concentração média de CO<sub>2</sub> no ar exterior é de 350 ppm, podendo alcançar 500 ppm em áreas urbanas de tráfego muito intenso de veículos, como é o caso da Av. Prof. Luis Freire, onde localiza-se o IFPE, por onde circulam mais de 1.000 veículos por dia. Na Tabela 2 é possível verificar valores de CO<sub>2</sub> acima de 500 ppm que é um indício do grande fluxo de veículos na região da escola, onde inclusive há pontos de ônibus na Avenida, em frente ao Instituto, que também fica próximo a uma rodovia Federal (BR-101).

As maiores diferenças entre as concentrações interna e externa de CO<sub>2</sub> foram observadas nos dias 31/08/15, 02/09/15 e 03/09/15, com níveis variando de 2088 a 2283 ppm, muito superior aos 700 ppm recomendado como limite para esta diferença pela ABRAVA. Quanto aos níveis médios internos de CO<sub>2</sub>, 73,5% das amostras ultrapassaram os limites propostos pela ANVISA (1000 ppm) e pela ABRAVA (3500 ppm).

O dendograma mostrando a similaridade das concentrações internas de CO<sub>2</sub> encontra-se na Figura 6.

Analisando o Dendograma (Figura 6), verificamos que existe uma correlação entre o primeiro grupo de variáveis 1 (2, 3, 13, 1, 12) com as variáveis 2 (7,19,14,16,4,17). Pela análise de agrupamento eles se correlacionam entre os valores médios do que foi identificado como os menores níveis de CO<sub>2</sub> interno encontrados (entre 834 e 972 ppm) e o valor médio encontrado nas amostras (entre 1.442 e 1.523 ppm).

Os grupos das variáveis 3 (6, 18, 15, 5) e 4 (8, 10, 11, 9) se agrupam pelos



maiores valores das amostras, sendo identificado nas amostras 3, os limites mínimos dos valores máximos (entre 1.841 ppm e 2.221 ppm) e os valores máximos encontrado (entre 1.754 e 3.169 ppm).

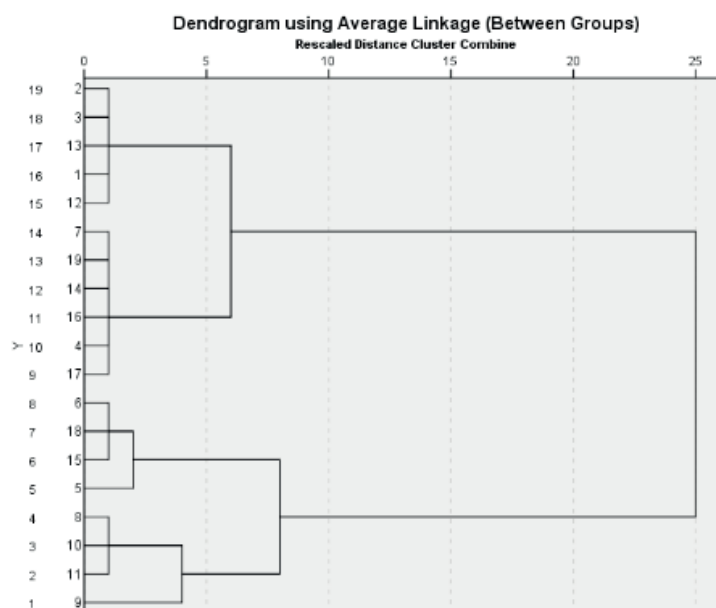


Figura 6: Dendrograma comparando as concentrações internas de CO<sub>2</sub>.

Os grupos foram separados, como: Grupo A, onde são observadas concentrações internas de CO<sub>2</sub> de até 1.523 ppm (igual ou menor) e Grupo B, onde as concentrações internas de CO<sub>2</sub> encontram-se acima de 1.523 ppm.

A correlação entre as concentrações internas de CO<sub>2</sub> e as variáveis estudadas estão apresentadas na Tabela 2.

### Correlação entre as variáveis

A concentração interna de Dióxido de Carbono ([CO<sub>2</sub>]<sub>int.</sub>) nas salas de aula correlacionou-se positiva e substancialmente com o N<sup>o</sup> de alunos em sala de aula (0,172), porém apresentou correlação negativa e fraca com a UR% interna do ar (-0,025), e nula com a Temperatura interna (0,029) das salas de aula e a [CO<sub>2</sub>]<sub>ext.</sub> (0,023).

Sobre essa relação entre a concentração interna de Dióxido de Carbono ([CO<sub>2</sub>]<sub>int.</sub>) o N<sup>o</sup> de alunos em sala de aula, Quadros (2009) mostra claramente em sua pesquisa que há uma relação linear direta entre o nível de dióxido de carbono com o grau de ocupação (N<sup>o</sup> de pessoas) dos ambientes.

Outros estudos como o desenvolvido por Olesen (2015) do Centro Internacional para o Ambiente Interno e Energia, da Universidade Técnica da Dinamarca, revelaram que a taxa de renovação do ar interno em salas de aulas climatizadas sem renovação de ar, influencia no desempenho escolar de crianças.

A falta de renovação de ar impacta diretamente na qualidade do ar de

ambientes internos, elevando a contaminação de gases e partículas no local. Estudos Internacionais apontam que uma má qualidade do ar interno reduz em até 15% a capacidade de aprendizado dos alunos (Olesen, 2015). Isso significa o que um aluno poderia aprender em seis anos, leva sete anos em ambientes com baixa qualidade do ar interno. Além disso, diversas doenças são transmitidas pelo ar, caso comum são as viroses, causando afastamento de alunos e professores das salas de aula.

O sistema Split convencional não tem em seu projeto a previsão de uma renovação de ar para o ambiente, deixando a sala de aula com temperatura agradável, porém com ar saturado. A Resolução N° 9 da ANVISA determina uma taxa de renovação de ar de 27 m<sup>3</sup>/h/pessoa, se comparamos as unidades teremos:

$$3 \text{ litros / seg. / pessoa} = 10,8 \text{ m}^3 / \text{h} / \text{pessoa}$$

$$7,5 \text{ litros / seg. / pessoa} = 27 \text{ m}^3 / \text{h} / \text{pessoa}$$

$$10 \text{ litros / seg. / pessoa} = 36 \text{ m}^3 / \text{h} / \text{pessoa}$$

Como se tratam de amostras de pequeno tamanho ( $N < 30$ ), o teste de significância de t-Student foi usado nesse trabalho para considerar significativas ou não, as melhores correlações as quais posteriormente foram apontadas como previsoras através de suas equações. Assim, foi conduzido o teste t de Student para amostra em par a fim de saber a diferença entre as médias (concentração interna de Dióxido de Carbono ( $[\text{CO}_2]_{\text{int.}}$ ) e o N° de alunos em sala de aula). O Coeficiente de Correlação Simples Pareada menor que  $\leq 0,7$  indica inadequação do Método de Agrupamento (Rohl, 1970), como verificamos o valor de 0,172 entre o PPM interno e o NAlunos, estes valores se igualam, chegamos a conclusão que existe correlação entre eles.

	$[\text{CO}_2]_{\text{int.}}$ (ppm)	N° alunos	Temp. <sub>int.</sub> (°C)	UR <sub>int.</sub> (%)	CO <sub>2</sub> ext. (ppm)
$[\text{CO}_2]_{\text{int.}}$ (ppm)	1	0,172**	-0,008	0,280	0,023
N° alunos	0,172**	1	0,045	-0,025	-0,044
Temp. <sub>int.</sub> (°C)	0,280	0,017	1	0,850	-0,009
UR <sub>int.</sub> (%)	0,220	0,036	0,533	1	-0,004
CO <sub>2</sub> ext. (ppm)	0,023	-0,044	-0,009	-0,004	1

Como temos as medições da Qualidade do Ar no ambiente climatizado, comparativamente com o ambiente externo, onde analisamos as variáveis de Número de Alunos, CO<sub>2</sub>, TPO, TBU, TBS e UR, então existe a necessidade de verificarmos a relação entre eles.

A forma de análise será através da estatística, conforme segue abaixo:

		Alunos	CO2
Alunos	Pearson Correlation	1	,172
	Sig. (2-tailed)		,373
	N	29	29
CO2	Pearson Correlation	,172	1
	Sig. (2-tailed)	,373	
	N	29	29

Correlations

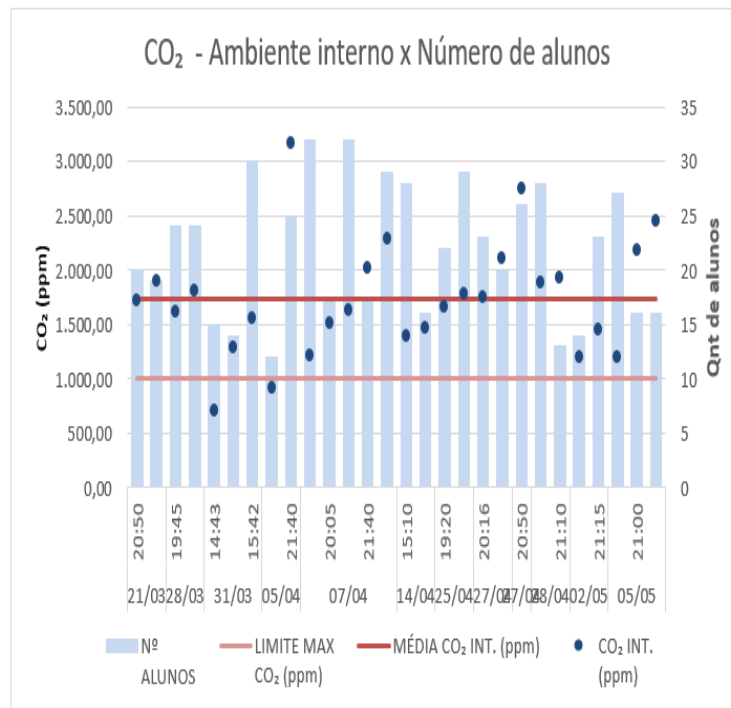
		Alunos	CO2	TBS	UR	TBU	TPO
Alunos	Pearson Correlation	1	,172	,045	-,025	,036	,031
	Sig. (2-tailed)		,373	,817	,900	,855	,874
	N	29	29	29	29	29	29
CO2	Pearson Correlation	,172	1	-,008	,280	,220	,189
	Sig. (2-tailed)	,373		,968	,142	,251	,326
	N	29	29	29	29	29	29
TBS	Pearson Correlation	,045	-,008	1	,017	,533**	,728**
	Sig. (2-tailed)	,817	,968		,932	,003	,000
	N	29	29	29	29	29	29
UR	Pearson Correlation	-,025	,280	,017	1	,850**	,695**
	Sig. (2-tailed)	,900	,142	,932		,000	,000
	N	29	29	29	29	29	29
TBU	Pearson Correlation	,036	,220	,533**	,850**	1	,966**
	Sig. (2-tailed)	,855	,251	,003	,000		,000
	N	29	29	29	29	29	29
TPO	Pearson Correlation	,031	,189	,728**	,695**	,966**	1
	Sig. (2-tailed)	,874	,326	,000	,000	,000	
	N	29	29	29	29	29	29

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Pela análise de Correlação de Pearson, existe Correlação entre o PPM interno e o Numero de Alunos, porque os valores se igualam a 0,172 , não existindo correlação entre as demais variáveis, Temperatura da Sala ( TBS), Umidade Relativa da sala (UR), Temperatura de Bulbo Úmido (TBU) e a Temperatura de Ponto de Orvalho (TPO).

## CONCLUSÕES

A Resolução nº 9 da ANVISA (2003), ao considerar a concentração de CO<sub>2</sub> máxima de 1.000 PPM sem considerar as outras variáveis ambientais, desclassificou 92,86% das amostras, pois encontram-se fora do limite estabelecido pela ANVISA, só aprovando 7,14% das amostras, conforme podemos comprovar no gráfico abaixo:



Foi encontrado alta concentração de dióxido de carbono nas salas de aula. Um dos fatores que justifica tal resultado é o fato de se utilizar um sistema de ar condicionado do tipo Split System sem renovação de ar.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 16401: Instalações de ar condicionado – Sistemas centrais e unitários**. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

BRASIL. **Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 3 de 28 de junho de 1990**. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar, previstos no PRONAR. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 1990.

\_\_\_\_\_. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Resolução RE nº 9, de 16 de janeiro de 2003**. Determina a publicação de Orientação Técnica elaborada por Grupo Técnico Assessor, sobre Padrões Referenciais de Qualidade do Ar Interior, em ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2003. Disponível em: <[http://www.anvisa.gov.br/resol/2000/176\\_00.htm](http://www.anvisa.gov.br/resol/2000/176_00.htm)>.

\_\_\_\_\_. Ministério da Saúde. **Portaria nº 3523 de 28 de agosto de 1998**. Aprova regulamento Técnico contendo medidas básicas referentes aos procedimentos de verificação visual do estado de limpeza, remoção de sujidades por métodos físicos e manutenção do estado de integridade e eficiência de todos os componentes dos sistemas de climatização, para garantir a Qualidade do Ar de Interiores e prevenção de riscos à saúde dos ocupantes de ambientes climatizados. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 1998. Disponível em: <[http://anvisa.gov.br/legis/portarias/3523\\_98.htm](http://anvisa.gov.br/legis/portarias/3523_98.htm)>.

**Martins, P.F.F., Da Silva, R., De Lima, L.S., Borba, P.A., Parente, A.H Avaliação da qualidade do ar interno de ambientes climatizados das bibliotecas públicas do IFPE e UFPE. Revista Cientec, nº 2, 2014, p. 50-61.**

FERREIRA, A. M. da C.; CARDOSO, M. **Qualidade do ar interno e saúde em escolas**. *Jornal Brasileiro de Pneumologia*, v. 40, n. 3, p. 259-268, 2014.

LIMA, F. M. de A.; DE MESQUITA MORORÓ, M. S. **Avaliação da salubridade em espaços internos climatizados na cidade de Fortaleza, para a promoção de edificações saudáveis.** In: V ENCONTRO NACIONAL E III ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS, 2009, Recife. **Anais...** Recife: UFPe, 2009.

NETO, M. F. N. **Qualidade do ar interior e os requisitos de ar novo numa unidade hospitalar.** Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gestão Ambiental) – Universidade Fernando Pessoa, Porto, 2015.

ONÇA, D. de S.; FELICIO, R. A. **Dióxido de carbono: gás da vida ou poluente atmosférico?** Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista, v. 7, n. 8, 2011. ISSN 1980-0827.

PLIMER, I. **Heaven and Earth: Global Warming – The Missing Science.** Maryland: Taylor Trade Publishing, 2009. ISBN-10: 1589794729

QUADROS, M. E.; LISBOA, H de M.; VETÚRIA, L. de O.; SCHIRMER, W. N. **Qualidade do ar em ambientes internos hospitalares: estudo de caso e análise crítica dos padrões atuais.** Eng. Sanit Ambient, v. 14, n. 3, p. 431- 438, 2009.

QUADROS, M. E.; LISBOA, H. de M.; VETÚRIA, L. de O.; SCHIRMER, W. N. **Qualidade do ar interno em ambientes hospitalares.** Fortaleza: Revista Tecnologia, v. 30, n. 1, p. 38-52, 2009.

SCHIRMER, W. N.; PIAN, L. B.; SZYMANSKI, M. S. E.; GAUER, M. A. **A poluição do ar em ambientes internos e a síndrome dos edifícios doentes.** Ciência & Saúde Coletiva, v. 16, n. 8, p. 3583-3590, 2011.

SCHOSSLER, I. D. S. **Avaliação da qualidade do ar interior em função das características de ventilação das edificações.** Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) – Centro Universitário Univates, Lajeado, 2014. Disponível em: < <https://www.univates.br/bdu/bitstream/10737/655/1/2014IsmaeldaSilvaSchossler.pdf> >.

SOBREIRA, C. D. de B. **Avaliação do desempenho da ventilação natural em lares de idosos.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2015.

SUZUKI, E. H. **Avaliação do conforto térmico e do nível de CO<sub>2</sub> em edifícios de escritório com climatização artificial na cidade de São Paulo.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

OLESEN, B. W.; PARSONS, K. C. **Introduction to thermal comfort standards and to the proposed new version of EN ISO 7730.** Energy and Buildings, nº 34, 2002, p. 537 - 548

ISAIQ-CIB TG 42 **Performance criteria of buildings for health and comfort**, CIB, nº 292, 2004, 68 p Disponível em : <http://WWW.isiaq.org/publications/TG42-report.pdf>.

CAZORLA, Irene M. **Curso de Pacotes Estatísticos.** UESC. Ilheus. Ago 2003.

FERREIRA, Armando M. **SPSS – Manual de Utilização.** Escola Superior Agrária de Castelo Branco. 1999.

PEREIRA, Alexandre. **Guia Prático de Utilização do SPSS. Análise de dados para Ciências Sociais e Psicologia.** 4ª ed. Edições Silabo. Lisboa. Mar 2003.

SANTANA, Cora. LISBOA, Graça. **Manual Básico do SPSS para Windows.** CPD/ UFBA.

SPSS Inc. **Statistical Analysis Using SPSS.** Chicago. 2001.



## **SOBRE OS ORGANIZADORES**

**Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco** - Possui graduação em Bacharelado em Geografia pela Universidade Estadual de Ponta Grossa (2008). Atualmente é doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Ciências Sociais Aplicadas da Universidade Estadual de Ponta Grossa, turma de 2018 e participa do Núcleo de Pesquisa Questão Ambiental, Gênero e Condição de Pobreza. Mestre em Ciências Sociais Aplicadas pela UEPG (2013), na área de concentração Cidadania e Políticas Públicas, linha de Pesquisa: Estado, Direitos e Políticas Públicas. Como formação complementar cursou na Universidade de Bremen, Alemanha, as seguintes disciplinas: Soziologie der Sozialpolitik (Sociologia da Política Social), Mensch, Gesellschaft und Raum (Pessoas, Sociedade e Espaço), Wirtschaftsgeographie (Geografia Econômica), Stadt und Sozialgeographie (Cidade e Geografia Social). Atua na área de pesquisa em política habitacional, planejamento urbano, políticas públicas e urbanização.

**Juliana Yuri Kawanishi** - Possui graduação em Serviço Social (2017), pela Universidade Estadual de Ponta Grossa – UEPG. Atualmente é mestranda do Programa de Pós-Graduação em Ciências Sociais Aplicadas da linha de Pesquisa: Estado, Direitos e Políticas Públicas, bolsista pela Fundação CAPES e desenvolve pesquisa na Universidade Estadual de Ponta Grossa – PR, turma de 2018. É membro do Núcleo de Pesquisa Questão Ambiental, Gênero e Condição de Pobreza e do grupo de pesquisa Cultura de Paz, Direitos Humanos e Desenvolvimento Sustentável. Atua na área de pesquisa em planejamento urbano, direito à cidade, mobilidade urbana e gênero. Com experiência efetivada profissionalmente no campo de assessoria e consultoria. Foi estagiária na empresa Emancipar Assessoria e Consultoria. Desenvolveu pesquisa pelo Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica – PIBIC, trabalhando com as linhas de mobilidade urbana e transporte público em Ponta Grossa.

**Mauricio Zadra Pacheco** - Doutor pela Universidade de Bremen (UniBremen) com trabalho desenvolvido no Instituto Fraunhofer - IFAM (Bremen Alemanha) pelo Programa Ciências sem Fronteiras, Mestre em Gestão do Território pela Universidade Estadual de Ponta Grossa (2009); possui graduação em Administração pela Universidade Estadual de Ponta Grossa (2003) e graduação em Bacharelado em Informática pela Universidade Estadual de Ponta Grossa (1995). Atualmente é Professor Adjunto da Universidade Estadual de Ponta Grossa. Tem experiência na área de Ciência da Computação, com ênfase em Sistemas de Informação, e desenvolveu estudos nas áreas de Geoprocessamento e Geografia Humana com ênfase na utilização de geotecnologias como ferramentas de auxílio à gestão de território. É Coordenador do Projeto de Extensão: Lixo Eletrônico: Descarte Sustentável, da Universidade Estadual de Ponta Grossa.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Área nativa 168, 170, 171, 172, 173, 175, 177, 178  
Ativo biológico 103  
Aves 58, 60, 61, 62, 63, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 116, 174, 179

### C

Capororoca 58, 59, 66, 67, 68  
Comunidades indígenas 88, 90, 91, 92, 96, 97, 99, 100

### D

Desenvolvimento sustentável 2, 31, 40, 41, 101, 141, 250, 251  
Distribuição espacial 58, 61, 64, 67, 68

### E

Educação ambiental 8, 12, 13, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 37, 39, 40  
Eletrificação rural 88  
Erosão 48, 109, 113, 115, 160, 166, 167

### I

Impactos socioambientais 92, 143, 144, 145, 158  
Incentivos fiscais 1, 8, 130, 131, 132, 134, 135, 136, 137, 140, 141  
Incorporação de resíduos industriais 41  
Indústria fumageira 182  
Interação com o ambiente 29, 72, 86  
Interdisciplinaridade 12

### M

Manejo do solo 160  
Mineração 49, 56, 70, 71, 111, 143, 144, 145, 156, 157, 158  
Mini-hidrelétrica 88, 99, 102  
Morcegos 60, 168, 169, 170, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180

### P

Percepções ambientais 29  
Políticas públicas 15, 103, 132, 133, 134, 141, 192, 236, 239, 248, 251  
Poluição atmosférica 199, 202, 203, 204, 205, 207, 208, 210, 211, 212  
Práticas conservacionistas 160, 166

### Q

Qualidade de vida 8, 9, 12, 16, 105, 141, 191, 192, 193, 195, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 212  
Qualidade do ar interno 214, 216, 217, 232, 234, 235

## R

Receita ecossistêmica 103, 108, 110, 111

Resíduos reaproveitáveis 1

Rompimento da barragem de Fundão 143, 145, 151, 157

## S

Saúde do trabalhador 182, 184, 187, 191, 192

Sensibilização ambiental 11, 12

Solo 4, 5, 11, 16, 17, 41, 43, 45, 46, 48, 50, 51, 54, 55, 56, 82, 109, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 155, 160, 161, 163, 164, 166, 167, 172, 180

Substratos orgânicos 72

Sustentabilidade 1, 2, 3, 12, 13, 40, 42, 78, 88, 103, 157, 180, 236

Sustentabilidade urbana 1

## T

Transporte mucociliar 203, 206, 208, 210, 211, 212, 213

