



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**RUAN EDUARDO CARNEIRO LUCAS**

**ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DAS VARIÁVEIS AMBIENTAIS E DA  
PERCEPÇÃO AMBIENTAL NO DESEMPENHO DE ESTUDANTES EM  
AMBIENTES DE ENSINO SUPERIOR**

**JOÃO PESSOA/PB**

**2020**

**RUAN EDUARDO CARNEIRO LUCAS**

**ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DAS VARIÁVEIS AMBIENTAIS E DA  
PERCEPÇÃO AMBIENTAL NO DESEMPENHO DE ESTUDANTES EM  
AMBIENTES DE ENSINO SUPERIOR**

Dissertação a ser apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal da Paraíba, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Bueno da Silva

**JOÃO PESSOA/PB**

**2020**

L933a Lucas, Ruan Eduardo Carneiro.

Análise da influência das variáveis ambientais e da percepção ambiental no desempenho de estudantes universitários de ensino superior / Ruan Eduardo Carneiro Lucas. - João Pessoa, 2020.

201 f. : il.

Dissertação (Mestrado) - UFPB/CT.

1. Variáveis ambientais. 2. Percepção ambiental. 3. Desempenho. 4. Estudantes universitários. I. Título

UFPB/BC

**RUAN EDUARDO CARNEIRO LUCAS**

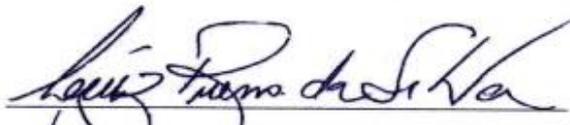
**ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DAS VARIÁVEIS AMBIENTAIS E DA  
PERCEPÇÃO AMBIENTAL NO DESEMPENHO DE ESTUDANTES EM  
AMBIENTES DE ENSINO SUPERIOR**

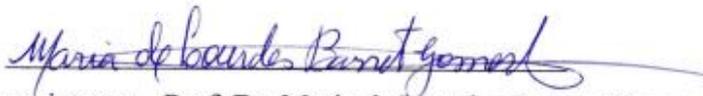
Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção do Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba, como requisito para obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Produção, na área de Gestão da Produção e linha de pesquisa Ergonomia, Inovação e Sustentabilidade.

**Aprovada em:** 14/02/2020

**Local:** Laboratório de Análise do Trabalho – Centro de Tecnologia – Universidade Federal da Paraíba, Campus I às 10:00.

**BANCA EXAMINADORA**

  
Orientador – Prof. Dr. Luiz Bueno da Silva

  
Examinadora interna – Prof. Dr. Maria de Lourdes Barreto Gomes

---

Examinadora externa – Prof. Dr. Solange Maria Leder

## **AGRADECIMENTOS**

Nenhum sonho é possível sem fé e permissão do nosso pai celestial, em função disso agradeço ao nosso bom Deus por ter me dado capacidade física, mental e psicológica. Além disso, sou grato pelos caminhos que surgiram e pela possibilidade de conhecer grandes pessoas que me auxiliaram nesse processo.

Agradeço também a minha família, em especial Jossana Carneiro, José Eduardo e Maria Odete Carneiro por terem me dado todo suporte para seguir essa jornada. Um sonho inicia-se individualmente e posteriormente é abraçado por todos aqueles que te amam, logo é uma conquista partilhada coletivamente. Mais uma vez, meu muito obrigado.

Agradeço ao Professor Luiz Bueno da Silva, por ter me proporcionado no ano de 2014 a primeira oportunidade para trabalhar com pesquisa. Desde então aprendi, amadureci, cresci e me tornei um homem com objetivos profissionais bem definidos e claros.

Agradeço também a Erivaldo Lopes, por todos os auxílios, orientações e conselhos ao longo dos anos de trabalho. Estendo meu agradecimento aos amigos do Laboratório de Análise de Trabalho, que contribuíram imensamente com minha trajetória. Dessa forma, extendo minha gratidão aos amigos Wilza Karla, Sawana Souza, Alinny Dantas, Andrezza Rodrigues, Sonaly Lima, Jonhatan Magno, Elamara Marama, Manoel Gerônimo, Adriana Gomes, Cláudio Anselmo, Guilherme Fernandes, entre outros.

Agradeço também aos amigos que fiz durante o mestrado, que tornaram esse processo mais leve e divertido. Dessa forma extendo minha gratidão a José Flávio, Henrique Vilar, Girlene de Souza, Caio de Araújo, Alan Gurgel, Fabiola Renata, Henrique Vilar, Raphael Vinicius, Romulo de Oliveira, Yukio Ferreira, Álvaro Marques, entre outros.

Por fim, extendo minha gratidão aos professores e todos os profissionais que fazem parte do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal da Paraíba.

## RESUMO

As necessidades do mundo atual resultam cada vez mais na utilização dos ambientes fechados, fazendo com que as pessoas fiquem submetidas a condições ambientais controladas por dispositivos mecânicos. Os ambientes de ensino são exemplos disso e as condições ambientais existentes são incompatíveis com as necessidades dos alunos, comprometendo o bem-estar e repercutindo no desempenho. Em decorrência desse cenário, esta dissertação analisa a influência das variáveis ambientais e da percepção ambiental no desempenho de estudantes em ambientes de ensino climatizado de diferentes regiões brasileiras. Para operacionalizar este objetivo aplicou-se um método experimental em sete ambientes de ensino superior. O experimento foi realizado em três dias consecutivos, no qual foi proposta um tipo de condição térmica para cada dia mediante manipulação e fixação da temperatura do ar dos aparelhos de ar-condicionado. Nos três dias foram mensurados os parâmetros ambientais e aplicado um questionário acerca da percepção com relação às variáveis térmicas, acústicas, lumínicas e de qualidade do ar. Posteriormente, os estudantes foram submetidos a uma bateria de testes, visando identificar o desempenho cognitivo. De posse dessas informações desenvolveu-se as análises estatísticas. Inicialmente aplicou-se modelos lineares generalizados para investigar a influência das variáveis ambientais no desempenho. Posteriormente, aplicou-se análise fatorial para gerar dimensões perceptivas. Em seguida, relacionou as dimensões perceptivas com o desempenho a partir de equações estruturais. Por fim, aplicou-se redes bayesianas para compreender como as dimensões perceptivas estavam se relacionando e estimar cenários probabilísticos para as relações encontradas. A partir disso, identificou-se que a percepção térmica influenciou na percepção das demais variáveis. Além disso, identificou-se que as percepções lumínicas e térmicas apresentaram relação com o número de acertos e o tempo de resposta, respectivamente. Com relação as variáveis ambientais, constatou-se que a temperatura do ar foi a que apresentou a relação mais significativa com o desempenho.

**Palavras-Chave:** Variáveis Ambientais; Percepção Ambiental; Desempenho; Estudantes universitários.

## ABSTRACT

The needs of the current world increasingly result in the use of closed environments, causing people to be subjected to environmental conditions controlled by mechanical devices. Teaching environments are examples of this and the existing environmental conditions are incompatible with the needs of students, compromising well-being and impacting performance. As a result of this scenario, this dissertation analyzes the influence of environmental variables and environmental perception on the performance of students in air-conditioned teaching environments in different Brazilian regions. To operationalize this objective, an experimental method was applied in seven higher education environments. The experiment was carried out on three consecutive days, in which a type of thermal condition was proposed for each day by manipulating and fixing the air temperature of the air conditioning units. In the three days the environmental parameters were measured and a questionnaire was applied about the perception in relation to the thermal, acoustic, lighting and air quality variables. Subsequently, students were subjected to a battery of tests, in order to identify cognitive performance. With this information, statistical analysis was developed. Initially, generalized linear models were applied to investigate the influence of environmental variables on performance. Subsequently, factor analysis was applied to generate perceptual dimensions. Then, he related the perceptual dimensions with the performance based on structural equations. Finally, Bayesian networks were applied to understand how the perceptual dimensions were related and to estimate probabilistic scenarios for the relationships found. From this, it was identified that the thermal perception influenced the perception of the other variables. In addition, it was found that the luminous and thermal perceptions were related to the number of correct answers and the response time, respectively. Regarding the environmental variables, it was found that the air temperature was the one with the most significant relationship with performance.

**Keywords:** Environmental Variables; Environmental Perception; Performance; Students; College students.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Componentes do sistema respiratório .....	48
Figura 2- Aparelho auditivo .....	50
Figura 3 - Escala de ruídos, em decibéis (dB), com os níveis correspondentes das pressões sonoras e alguns exemplos típicos de ruídos .....	53
Figura 4- Níveis de ruídos levando em consideração a frequência do som .....	56
Figura 5 - Espectro visível pelos olhos humanos .....	58
Figura 6 - Espectro visível pelos olhos humanos a partir dos diferentes comprimentos de onda .....	59
Figura 7 - Relação existente entre o rendimento e a fadiga visual .....	60
Figura 8- Representação esquemática da estrutura do olho humano.....	62
Figura 9 – Exemplificação do Modelo de Equações Estruturais.....	74
Figura 10 – Gráfico Acíclico Dirigido (GAD) .....	76
Figura 11 - Classificação da pesquisa.....	83
Figura 12 - Detalhamento do número de artigos obtidos em cada etapa.....	86
Figura 13 - Evolução das publicações ao longo dos anos .....	86
Figura 14 - Revistas identificadas na amostra .....	87
Figura 15 - Principais revistas .....	87
Figura 16 – Ambientes e suas regiões .....	88
Figura 17 – Parâmetros básicos do modelo 1 .....	127
Figura 18 – Parâmetros básicos do modelo 2 .....	130
Figura 19 - Dados da análise fatorial.....	137
Figura 20 - Dimensões ou fatores e as cargas fatoriais .....	138
Figura 21 - Diagrama de relações.....	141
Figura 22 - Diagrama do Modelo 1 .....	146
Figura 23 - Diagrama do Modelo 2 .....	149
Figura 24 - Relação identificada na literatura .....	151
Figura 25 – Relações identificadas.....	152
Figura 26 – Rede (Grafo) das relações identificadas.....	153
Figura 27 – Relações entre as dimensões .....	156

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Definições da ergonomia.....	30
Quadro 2 - Variáveis que influenciam no conforto .....	38
Quadro 3 - Parâmetros ambientais.....	39
Quadro 4 - Escala de sensação térmica .....	39
Quadro 5 - Efeitos no curto e longo prazo.....	42
Quadro 6 - Poluente e fontes de emissão.....	43
Quadro 7 - Poluentes e os principais fatores físicos associados a qualidade do ar .....	44
Quadro 8 - Principais poluentes químicos .....	44
Quadro 9 - Exemplos generalistas de materiais particulados .....	45
Quadro 10 - Classes de aerodispersóides .....	46
Quadro 11 - Componentes do som .....	51
Quadro 12 - Principais componentes do som .....	52
Quadro 13 - Classificação do Ruído.....	53
Quadro 14 - Variáveis que compõem a iluminação .....	59
Quadro 15 - Níveis de iluminamento recomendado para algumas tarefas típicas.....	61
Quadro 16 - Características da percepção visual.....	62
Quadro 17 - Trabalhos que analisaram uma variável .....	64
Quadro 18 - Habilidades mentais .....	77
Quadro 19 - Dez áreas do raciocínio .....	78
Quadro 20 - Subtestes BPR-5 .....	79
Quadro 21 - Justificativa dos critérios de inclusão.....	89
Quadro 22 - Variáveis e indicadores da pesquisa .....	90
Quadro 23 - Situações propostas .....	91
Quadro 24 - Atividades realizadas.....	92
Quadro 25 - Variáveis e equipamentos utilizados .....	95
Quadro 26 - Resumo das questões e escalas de avaliação utilizadas .....	96
Quadro 27 - Estrutura dos testes aplicados.....	98
Quadro 28 – Grupo, tipo de análise e tópicos.....	99
Quadro 29 – Tópicos e métodos estatísticos utilizados .....	102
Quadro 30 – Resultados identificados e nível de significância no modelo 1 .....	129
Quadro 31 - Resultados identificados e nível de significância no modelo 1 .....	131

Quadro 32 – Síntese da análise da literatura no que tange a influência da temperatura do ar no desempenho .....	133
Quadro 33 - Questionário proposto .....	134
Quadro 34 – Objetivos e onde foram alcançados .....	161

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Exemplificação da taxa metabólica para diferentes atividades .....	38
Tabela 2 - Valores do isolamento térmico das roupas .....	38
Tabela 3 - Fração inalável e respirável .....	46
Tabela 4 - Diâmetro dos principais aerodispersóides .....	47
Tabela 5 - Limites de concentração para o BRASIL .....	49
Tabela 6 - Limites de concentração no cenário internacional .....	49
Tabela 7- Descrição dos níveis de ruído relacionados as atividades .....	54
Tabela 8 - Níveis de ruídos para os diversos ambientes .....	54
Tabela 9 - Níveis de ruídos para os diversos ambientes .....	55
Tabela 10 – Valores de referência para Análise Fatorial Confirmatória .....	72
Tabela 11 – Valores de referência para Análise Fatorial Confirmatória .....	73
Tabela 12 – Medidas de ajuste .....	75
Tabela 13 – Escalas de sensação, preferência e conforto térmico .....	96
Tabela 14 - Características da amostra .....	105
Tabela 15 – Variáveis ambientais mensuradas no Dia 1 .....	105
Tabela 16 – Variáveis ambientais mensuradas no Dia 2 .....	106
Tabela 17 – Variáveis ambientais mensuradas no Dia 3 .....	106
Tabela 18 – Percentual das sensações térmicas para o dia 1 .....	107
Tabela 19 – Percentual das sensações térmicas para o dia 2 .....	108
Tabela 20 – Percentual das sensações térmicas para o dia 3 .....	108
Tabela 21 – Percentual das percepções de conforto térmico para o dia 1 .....	109
Tabela 22 – Percentual das percepções de conforto térmico para o dia 2 .....	109
Tabela 23 – Percentual das percepções de conforto térmico para o dia 3 .....	110
Tabela 24 – Percentual de preferência térmica para o dia 1 .....	110
Tabela 25 – Percentual de preferência térmica para o dia 2 .....	111
Tabela 26 – Percentual de preferência térmica para o dia 3 .....	111
Tabela 27 – Percepção da Quantidade de luz na mesa no dia 1 .....	112
Tabela 28 – Percepção da Quantidade de luz na mesa do no dia 2 .....	112
Tabela 29 – Percepção da Quantidade de luz na mesa no dia 3 .....	112
Tabela 30 – Percepção da Quantidade de luz para o trabalho com computador no dia 1 .....	113

Tabela 31 - Percepção da Quantidade de luz para o trabalho com computador no dia 2	113
Tabela 32 - Percepção da Quantidade de luz para o trabalho com computador no dia 3	114
Tabela 33 - Percepção da Quantidade de luz refletida ou de ofuscamento na tela do computador no dia 1	114
Tabela 34 - Percepção da Quantidade de luz refletida ou de ofuscamento na tela do computador no dia 2	115
Tabela 35 - Percepção da Quantidade de luz refletida ou de ofuscamento na tela do computador no dia 3	115
Tabela 36 – Percepção da Quantidade de iluminação na sua área de trabalho no dia 1	115
Tabela 37 – Percepção da Quantidade de iluminação na sua área de trabalho no dia 2	116
Tabela 38 – Percepção da Quantidade de iluminação na sua área de trabalho no dia 3	116
Tabela 39 – Percepção do nível de ruído proveniente de outras pessoas no dia 1	117
Tabela 40 – Percepção do nível de ruído proveniente de outras pessoas no dia 2	118
Tabela 41 – Percepção do nível de ruído proveniente de outras pessoas no dia 3	118
Tabela 42 – Percepção do nível de ruído de fundo que você ouve da sua área de trabalho no dia 1	119
Tabela 43 – Percepção do nível de ruído de fundo que você ouve da sua área de trabalho no dia 2	119
Tabela 44 – Percepção do nível de ruído de fundo que você ouve da sua área de trabalho	119
Tabela 45 – Percepção da Qualidade do ar na área de trabalho no dia 1	120
Tabela 46 – Percepção da Qualidade do ar na área de trabalho no dia 2	121
Tabela 47 – Percepção da Qualidade do ar na área de trabalho no dia 3	121
Tabela 48 – Percepção da Temperatura do ar na área de trabalho no dia 1	122
Tabela 49 – Percepção da Temperatura do ar na área de trabalho no dia 2	122
Tabela 50 – Percepção da Temperatura do ar na área de trabalho no dia 3	122
Tabela 51 – Percepção do movimento do ar na área de trabalho no dia 1	123
Tabela 52 – Percepção do movimento do ar na área de trabalho no dia 2	123
Tabela 53 – Percepção do movimento do ar na área de trabalho no dia 3	124
Tabela 54 – Percepção com relação as condições ambientais de forma geral no dia 1	124
Tabela 55 – Percepção com relação as condições ambientais de forma geral no dia 2	124
Tabela 56 - Percepção com relação as condições ambientais de forma geral no dia 3	125

Tabela 57 – Razão da chance para a influência das variáveis ambientais no tempo de resposta.....	131
Tabela 58 - Resultados do Teste de Bartlett.....	135
Tabela 59 - KMO encontrado e valores de referência.....	136
Tabela 60 - MSA encontrados.....	136
Tabela 61 - Valores de referência.....	138
Tabela 62 - Valores do modelo e avaliação.....	139
Tabela 63 - Cargas fatoriais e significância.....	140
Tabela 64 - Parâmetros do Modelo 1.....	142
Tabela 65 - Dimensões e cargas fatoriais do Modelo 1.....	143
Tabela 66 - Covariância.....	144
Tabela 67 - Relação entre o desempenho e as dimensões.....	145
Tabela 68 - Parâmetros do Modelo 2.....	147
Tabela 69 - Dimensões e cargas fatoriais do Modelo 1.....	147
Tabela 70 - Covariâncias.....	148
Tabela 71 - Relação entre o desempenho e as dimensões.....	148
Tabela 72 – Valores da curva ROC para cada nó.....	153
Tabela 73 – Cenários probabilísticos para o número de acertos.....	154
Tabela 74 – Cenários probabilísticos para o tempo de resposta.....	155

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

**AFC** - Análise Fatorial Confirmatória

**AFE** - Análise Fatorial Exploratória

**ANVISA** - Agência Nacional de Vigilância Sanitária

**ASHRAE** - American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers

**BPR** - Bateria de provas de raciocínio

**Fcl** - razão da área do corpo

**Ga** - Processamento Auditivo

**GAD** - Gráfico Acíclico Dirigido

**Gc** - Inteligência Cristalizada

**Gf** - Inteligência Fluida

**Glr** - Armazenamento e Recuperação da Memória de Longo Prazo

**Gq** - Conhecimento Quantitativo

**Grw** - Leitura e Escrita

**Gs** - Velocidade de Processamento

**Gsm** - Memória de Curto Prazo

**Gt** - Rapidez de Decisão

**Gv** - Processamento Visual

**IEA** - International Ergonomics Association

**INPE** - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

**ISO** - International Organization For Standardization

**LAeq** - Nível Sonoro Contínuo Equivalente

**M** - Taxa metabólica

**MLG** - Modelos Lineares Generalizados

**NBR** - Norma Brasileira

**NR** - Norma Regulamentadora

**OIT** - Organização Internacional do Trabalho

**pa** - pressão parcial

**PM** - Material Particulado

**PMV** - Voto Médio Estimado (Predicted Mean Vote)

**PPD** - Porcentagem Estimada de Insatisfeitos (Predicted Percentage of Dissatisfied)

**PPGEP** - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção

**QAI** - Qualidade Ambiental Interna

**RA** - Raciocínio abstrato

**RE** - Raciocínio espacial

**RM** - Raciocínio mecânico

**RN** - Raciocínio numérico

**RV** - Raciocínio verbal

**ta** - Temperatura do ar

**tcl** - Temperatura superficial do corpo

**Tr** - temperatura radianete

**UFAM** - Universidade Federal da Amazônia

**UFPI** - Universidade Federal do Piauí

**UFSC** - Universidade Federal de Santa Catarina

**UNB** - Universidade de Brasília

**UNIVASF** - Universidade Federal do Vale do São Francisco

**USP** - Universidade de São Paulo

**var** - velocidade do ar

**VDT** - Video Display Terminals

**W** - Trabalho mecânico

**WHO** - World Health Organization

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO .....</b>	<b>19</b>
<b>1.1 Tema e Problema de Pesquisa .....</b>	<b>19</b>
<b>1.2 Justificativa.....</b>	<b>21</b>
<b>1.3 Objetivos .....</b>	<b>27</b>
1.3.1 Objetivo Geral .....	27
1.3.2 Objetivos Específicos .....	27
<b>1.4 Delimitação da Pesquisa .....</b>	<b>28</b>
<b>1.5 Estrutura da Dissertação.....</b>	<b>28</b>
<b>CAPÍTULO 2 – EMBASAMENTO TEÓRICO .....</b>	<b>30</b>
<b>2.1 Ergonomia .....</b>	<b>30</b>
2.1.1 Ergonomia Ambiental .....	33
2.1.2 Qualidade Ambiental Interna (QAI) .....	34
<b>2.2 Condições Térmicas .....</b>	<b>35</b>
2.2.1 Conforto térmico .....	37
<b>2.3 Condições de Qualidade do ar .....</b>	<b>41</b>
2.3.1 Tipos de Poluentes.....	43
2.3.2 Material Particulado .....	45
2.3.3 Interação entre atmosfera e organismo .....	47
2.3.4 Síntese das normas .....	48
<b>2.4 Condições Acústicas .....</b>	<b>49</b>
2.4.1 Sistema Auditivo .....	50
2.4.2 Som .....	50
2.4.3 Ruído.....	52
2.4.4 Conforto Acústico .....	56
<b>2.5 Aspectos Lumínicos .....</b>	<b>57</b>
2.5.1 Luz .....	58
2.5.2 Iluminação.....	59

2.5.3 Visão .....	61
2.5.4 Síntese das Normas .....	62
<b>2.6 Considerações acerca dos estudos nessa área.....</b>	<b>64</b>
<b>2.7 Métodos estatísticos .....</b>	<b>70</b>
2.7.1 Modelos Lineares Generalizados.....	70
2.7.2 Análise Fatorial .....	71
2.7.3 Equações Estruturais .....	73
2.7.4 Redes Bayesianas .....	75
<b>2.8 Aspectos cognitivos e avaliação.....</b>	<b>76</b>
2.8.1 Bateria de Provas de Raciocínio (BPR) .....	79
2.9 SÍNTESE DO CAPÍTULO.....	81
<b>CAPÍTULO 3: METODOLOGIA .....</b>	<b>83</b>
<b>3.1 Classificação da pesquisa .....</b>	<b>83</b>
<b>3.2 levantamento bibliográfico.....</b>	<b>85</b>
3.2.1 Resultados da busca.....	85
<b>3.3 Procedimentos metodológicos do experimento .....</b>	<b>88</b>
3.3.1 Ambientes e amostra .....	88
3.3.2 Variáveis e indicadores da pesquisa .....	89
3.3.3 Coleta dos dados.....	90
<b>3.4 Procedimento de análise dos dados .....</b>	<b>99</b>
3.4.1 Análises descritivas .....	99
3.4.2 Análises estatísticas .....	100
<b>3.5 Aspectos éticos.....</b>	<b>102</b>
<b>CAPÍTULO 4: RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>103</b>
<b>4.1 Descrição dos ambientes analisados .....</b>	<b>103</b>
4.1.1 Ambiente A .....	103
4.1.2 Ambiente B .....	103
4.1.3 Ambiente C .....	103

4.1.4 Ambiente D .....	103
4.1.5 Ambiente E.....	104
4.1.6 Ambiente F.....	104
4.1.7 Ambiente G .....	104
<b>4.2 Descrição da amostra.....</b>	<b>104</b>
<b>4.3 Descrição das variáveis ambientais .....</b>	<b>105</b>
<b>4.4 Descrição da percepção ambiental .....</b>	<b>107</b>
4.4.1 Percepção térmica.....	107
4.4.2 Percepção lumínica.....	111
4.4.3 Percepção de ruído .....	117
4.4.4 Percepção dos aspectos gerais .....	120
4.4.5 Análise dos resultados perceptivos com base na literatura .....	125
<b>4.5 Influência das variáveis ambientais no desempenho .....</b>	<b>127</b>
4.5.1 Influência das variáveis ambientais no número total de acertos.....	127
4.5.2 Influência das variáveis ambientais no tempo de resposta .....	129
4.5.3 Discussão dos achados da influência das variáveis ambientais no desempenho .....	132
<b>4.6 Dimensões perceptivas.....</b>	<b>134</b>
4.6.1 Análise Fatorial Exploratória (AFE).....	134
4.6.2 Análise Fatorial Confirmatória (AFC).....	138
4.6.3 Considerações do tópico.....	141
<b>4.7 Influência das dimensões perceptivas no desempenho .....</b>	<b>142</b>
4.7.1 Considerações do tópico.....	150
<b>4.8 Relações entre as dimensões perceptivas .....</b>	<b>151</b>
4.8.1 Cenários probabilísticos para o desempenho .....	153
4.8.2 Considerações do tópico .....	155
<b>CAPÍTULO 5: CONCLUSÕES .....</b>	<b>158</b>
<b>Recomendações .....</b>	<b>162</b>
<b>Referências .....</b>	<b>163</b>

## **CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO**

Este capítulo apresenta o tema e o problema a ser investigado, a justificativa, e os objetivos geral e específicos que se pretende atingir no presente estudo. Finaliza-se com a estrutura da dissertação para que se tenha um panorama acerca dos elementos presentes em cada capítulo.

### **1.1 TEMA E PROBLEMA DE PESQUISA**

A Organização Internacional do Trabalho (OIT) define Ergonomia como sendo a “aplicação das ciências biológicas conjuntamente com as ciências da engenharia para lograr o ótimo ajustamento do homem ao seu trabalho, e assegurar, simultaneamente, eficiência e bem-estar” (MIRANDA, 1980). Caracteriza-se como uma área que permite o estudo do indivíduo, das condições do ambiente de trabalho, e de como esses dois fatores estão associados no desempenho da tarefa.

A Ergonomia, palavra derivada do grego *ergon* [trabalho] e *nomos* [normas, regras, leis], trata-se de uma abordagem sistêmica de todos os aspectos da atividade humana, e pode ser segmentada em três domínios: Física, Cognitiva e Organizacional (IIDA, 2005). Entretanto, como ressalta a International Ergonomics Association (IEA), a evolução dos domínios é algo constante, permitindo o surgimento de novas especialidades. Alcobia (2006) destacou que a ergonomia ambiental, de projeto e desenvolvimento de produtos, entre outras, são resultados dessa evolução e se caracterizam como novas áreas de estudos.

Entre as novas especialidades encontra-se a Ergonomia Ambiental, evidenciada a partir do avanço das pesquisas em ergonomia, que passaram a destacar os fatores ambientais como condições relevantes e determinantes no conforto e na interação com o trabalho, especialmente no que se refere ao desempenho do ser humano durante a realização da tarefa (IIDA, 2005; KAWADA, 2011).

Segundo Hedge (2000), essa subárea pode ser definida como o estudo científico dos efeitos das condições ambientais no conforto humano, desempenho e saúde. Além disso, também é conhecida como Ergonomia do Ambiente Construído, e está associada a forma como as pessoas interagem com o ambiente, a partir das condições individuais e organizacionais (SOARES, 2009; VASCONCELOS, 2011).

De acordo com Parsons (2000), existem inúmeras variáveis que compõem o ambiente de trabalho, entre estas, encontram-se o ruído, vibração, luz, calor e frio, partículas no ar, gases, pressões de ar, gravidade, entre outros. Entretanto, algumas

apresentam maior capacidade de influência e são consideradas mais importantes, como é o caso das variáveis térmicas, acústicas, lumínicas e de qualidade do ar.

Reconhecida essa importância, os estudos científicos com as variáveis térmicas, acústicas, lumínicas e de qualidade do ar estão mais presentes na literatura. Situação exemplificada pelos trabalhos desenvolvidos por Hygge e Knez (2001); Klatté, Lachmann, e Meis (2010); Lan, Wargocki, e Lian (2011); Hirashima, Assis, e Nikolopoulou (2016); Ricciardi e Buratti (2018); Dunn *et al.* (2018); Hathaway (2018).

A importância dessas variáveis vai além dos aspectos ergonômicos, enquadrando-se nos aspectos de segurança do trabalho. Essa afirmativa é corroborada pela NR-9, que classifica as variáveis térmicas e acústicas como sendo riscos físicos; a qualidade do ar como sendo um risco químico; e as condições lumínicas como risco de acidente (BRASIL, 2014). Essa classificação amplifica a importância dessas variáveis em um ambiente de trabalho.

O termo Qualidade Ambiental Interna (QAI) é utilizado para representar o impacto conjunto das principais variáveis físicas dentro de um espaço fechado. Esse conjunto de variáveis engloba as condições térmicas, acústicas, lumínicas e de qualidade do ar (ASADI *et al.*, 2017; JALIL *et al.*, 2014; USGBC, 2007; ZUHAIB *et al.*, 2018).

As condições dessas variáveis são importantes para a saúde, conforto, e para o desempenho das pessoas que passam longos períodos em ambientes construídos (FRONTCZAK; WARGOCKI, 2011; VILCEKOVA *et al.*, 2017). Reconheceu-se também, que essas variáveis influenciam a motivação dos ocupantes, além de comprometer o desempenho da atividade ou o processo de aprendizagem em ambientes de ensino (ASIYAI, 2014; DA GRAÇA *et al.*, 2007; JAMALUDIN *et al.*, 2016; NIX *et al.*, 2015). Logo, compreender como as principais variáveis estão dispostas nos ambientes tornou-se um fator importante na busca da otimização ambiental.

Analisar a influência das variáveis ambientais no bem-estar dos ocupantes em diferentes ambientes de trabalho não é algo recente (BELL, 1978; BOWMAN; VON BECKH 1979; FLEMING; GRIFFIN, 1975; GREYER, 1971). A premissa também é válida para os ambientes de ensino, desde a década de 1960 e 1970 foram desenvolvidos estudos para avaliar a qualidade ambiental interna desses espaços (TRICKETT; MOOS, 1973; WALBERG; ANDERSON, 1968).

Esses estudos acerca das variáveis ambientais nos espaços de aprendizagem ganharam notoriedade ao longo dos anos, pois reconheceu-se que a maioria das salas de aula apresentavam condições abaixo das recomendadas e poderiam influenciar o processo

de aprendizagem (DAISEY *et al.*, 2003; VAN DIJKEN *et al.*, 2006). Comprovando tal cenário, as universidades ao longo dos anos ficaram cada vez mais interessadas em acompanhar a relação existente entre o desempenho das atividades e as condições ambientais, pois identificou-se uma relação direta entre elas (ASMAR *et al.*, 2014).

Nos trabalhos desenvolvidos recentemente, constatou-se que as condições ambientais influenciavam diretamente a vida dos estudantes. Alguns autores identificaram que as condições dentro das salas de aula influenciavam a saúde, o comportamento e o desempenho dos alunos (ALMEIDA; DE FREITAS, 2015; VILCEKOVA *et al.*, 2017). Nessa linha, Haverinen-Shaughnessy *et al.* (2015) afirmaram que a temperatura, a taxa de ventilação e a higiene de superfícies, estavam correlacionadas com a saúde e ao desempenho dos estudantes.

Além disso, a capacidade de aprendizagem dos alunos é influenciada diretamente pela ausência de boas condições de conforto ambiental (RICCIARDI; BURATTI, 2018). Mais ainda, Pistore *et al.* (2015) afirmaram que qualidade ambiental interna afeta o desempenho dos alunos no presente, com repercussões futuras. Sendo assim, as condições ambientais além de prejudicar o bem-estar, repercutem no desempenho, comprometendo o processo de ensino-aprendizagem.

O contexto apresentado mostra que as variáveis ambientais influenciam no desempenho dos alunos dentro dos ambientes de ensino, diante disso levanta-se o seguinte questionamento: **De que modo as variáveis ambientais e a percepção ambiental influenciam no desempenho cognitivo dos estudantes em ambientes de ensino superior climatizados?**

## 1.2 JUSTIFICATIVA

Estima-se que as pessoas gastem em média 90% do seu tempo dentro de algum edifício, seja casa, local de trabalho, lojas, meios de transporte, entre outros (DE GIULI *et al.*, 2012; RUFO *et al.*, 2016; STESKENS; LOOMANS, 2010). Logo, a sociedade atual consome parte do seu tempo em ambientes fechados, no qual a climatização normalmente é feita por dispositivos mecânicos. Porém, em alguns ambientes esse sistema de refrigeração não supre as necessidades dos indivíduos, conduzindo a um desconforto térmico.

Nessa perspectiva, as condições ambientais desses lugares podem trazer danos psicológicos e principalmente fisiológicos aos ocupantes. Situação ratificada por Conceição e Lúcio (2011), quando enfatizaram que a qualidade de ambientes térmicos

interiores pode influenciar significativamente na saúde e no conforto humano. Em consequência, reconheceu-se a qualidade ambiental como fator importante para a saúde, conforto e desempenho das populações, já que nas áreas desenvolvidas do planeta as pessoas passam a maior parte do tempo dentro dos edifícios (WARGOCKI, 2015).

Trazendo essa análise para a área educacional, considera-se que os estudantes passam mais tempo nos prédios escolares do que em qualquer outro local fechado, tornando necessário disponibilizar aspectos ambientais confortáveis (JOHNSON *et al.*, 2018; ZOMORODIAN, TAHSILDOOST, HAFEZI, 2016). Logo, excluindo as casas, são os lugares que professores e alunos passam mais tempo em comparação com qualquer outro ambiente fechado, fazendo com que seja o ambiente interno mais importante a ser estudado (RUFO *et al.*, 2016; YOON *et al.*, 2011).

Nesses prédios escolares ou Instituições de Ensino (IE), os estudantes consomem a maior parte do tempo em ambientes formais de aprendizado, como salas de aula e laboratórios de informática (RAMPRASAD; SUBBAIYAN, 2017). Tais ambientes, são locais fechados, no qual as oportunidades de adaptação às condições físicas do local são limitadas durante o período de aulas (CORGNATI, ANSALDI, FILIPPI, 2009).

Dessa forma, as condições existentes e o tempo de permanência nesses locais resultam em uma combinação de variáveis que podem influenciar na adaptação ambiental e trazer repercussões negativas aos ocupantes. Tal situação cria um alerta acerca da necessidade de investigação e justifica preliminarmente a importância dessa temática em ambientes de ensino.

A adaptação ambiental é proporcionada por um conjunto de variáveis, que associadas compõem a Qualidade Ambiental Interna (QAI). As principais variáveis são: térmica, acústica, lumínica, e qualidade do ar, que apresentam efeitos notórios sobre a saúde, aceitabilidade e desempenho dos estudantes com impactos consideráveis no processo de ensino-aprendizagem (CASTILLA *et al.*, 2017; DAISEY *et al.* 2003; HUANG *et al.*, 2012; RICCIARDI; BURATTI, 2018; SARBU; PACURAR, 2015; TURUNEN *et al.*, 2013; WALDRIP; FISHER, 2003; WONG; KHOO, 2003).

Os pesquisadores identificaram ao longo dos anos que os ambientes de ensino apresentavam problemas de QAI (ALMEIDA; DE FREITAS, 2014). Contudo, foi a partir do ano de 1970, com o surgimento da teoria de Fanger e desenvolvimento dos índices de avaliação do conforto térmico, que os pesquisadores abriram os olhos para essa problemática. A partir disso, identificou-se um crescimento nos estudos de campo em ambientes educacionais (ZOMORODIAN, TAHSILDOOST, HAFEZI, 2016).

A análise em ambientes de ensino primário e secundário surgiu no final na década de 1960, enquanto que a pesquisas em ambientes universitários iniciou-se no início da década de 1990 (ZOMORODIAN, TAHSILDOOST e HAFEZI, 2016). A diferença de aproximadamente trinta anos, resultou na concentração de pesquisas em ambientes com adolescentes e pré-adolescentes. Entretanto, nos últimos vinte anos, acendeu-se um novo alerta acerca da necessidade de mais pesquisas em ambientes de ensino superior, composto por adultos.

A teoria de Fanger está associada a térmica, que por sua vez é considerada a variável mais estudada entre aquelas que compõe a QAI, e se faz mais presente na literatura em função da sua relação direta com o bem-estar de alunos e professores (CORGNATI *et al.*, 2009; DIAS PEREIRA *et al.*, 2014; FABBRI, 2013; HADDAD *et al.*, 2017; HWANG *et al.*, 2006; MARCHAND *et al.*, 2014; MISHRA; MORS *et al.*, 2011; MUMOVIC *et al.*, 2009; PUTEH *et al.*, 2012 TELI *et al.*, 2012; RAMGOPAL, 2014; YUN *et al.*, 2014; WANG *et al.*, 2014; WANG *et al.*, 2017; ZAKI *et al.* 2017).

Além disso, também impacta no desempenho acadêmico, comprometendo o processo de ensino aprendizagem (BAKÓ-BIRÓ *et al.*, 2012; SARBU; PACURAR, 2015; SINGH *et al.*, 2018; TOFTUM *et al.*, 2015; WARGOCKI; WYON, 2007). Fato destacado por Batiz *et al.* (2009), ao comprovarem que na condição de neutralidade (conforto térmico) os alunos apresentavam bom desempenho nos testes de atenção e memória.

Em contrapartida, condições térmicas insatisfatórias ocasionam desconforto térmico, influenciando negativamente o desempenho de aprendizagem (JIANG *et al.*, 2018; ZOMORODIAN, TAHSILDOOST e HAFEZI, 2016). O desconforto térmico é um cenário que busca ser evitado, entretanto, acontece quando os indivíduos têm um tempo restrito para se adaptarem às condições propostas, ou quando as características físicas do ambiente são desfavoráveis e contribuem negativamente (ZAKI *et al.*, 2017).

Com relação a adaptação térmica, um aspecto importante é o próprio indivíduo, que não se caracteriza mais como um receptor passivo do ambiente térmico, e sim um agente ativo se acostumando com o ambiente através de comportamentos adaptativos para melhorar sua saúde, desempenho e conforto (WANG *et al.*, 2014). Logo, a percepção acerca das condições ambientais faz com que o próprio organismo busque maneiras de manutenção ou adaptação.

Essa situação evidencia a importância da percepção do usuário nessa temática e justifica a necessidade da análise subjetiva nas investigações ambientais. A percepção é

algo subjetivo, em que fatores pessoais e psicológicos tendem a influenciá-la diretamente (MORS *et al.*, 2011). Ou seja, os indivíduos que ocupam o mesmo ambiente, pertencendo a uma mesma cultura e submetidos ao mesmo clima, tendem a indicar opiniões diferentes com relação ao conforto devido à combinação de fatores pessoais que afetam a percepção (DJONGYANG *et al.*, 2010). Portanto, em ambientes similares e submetidos às mesmas condições físicas os usuários tendem a apresentar opiniões diferentes.

Outra variável importante na análise ambiental é a acústica. Segundo Pääkkönen *et al.* (2015), a acústica nos ambientes de ensino deve apoiar a aprendizagem através da disseminação das ondas sonoras necessárias e da prevenção de ruídos indesejados. Comprova-se essa situação mediante a existência de uma relação direta entre o bom ambiente acústico e o bom desempenho escolar (HODGSON, 1999; KLATTE *et al.*, 2010; SHIELD *et al.*, 2015).

Além disso, evidências mostram que a falta de acústica da sala, como ruído excessivo e reverberação, reduz a inteligibilidade da fala em uma sala de aula e interrompe a comunicação verbal entre professores e alunos (HYGGE, 2003). Dessa forma, a fim de superar os problemas acústicos existentes na sala de aula e melhorar a inteligibilidade da fala, o tratamento acústico em sala de aula é uma forma eficaz de melhorar a qualidade da aprendizagem e os resultados da aprendizagem (YANG; MAK, 2017).

Fica evidente o quanto essa variável também pode influenciar no desempenho dentro dos ambientes de ensino. Vários estudos corroboram essa influência, principalmente quando se trata do aprendizado e do bem-estar dos alunos nas salas de aula das universidades (SCANNELL *et al.*, 2014). Logo, é possível afirmar que alunos e professores, diante de boas condições acústicas, são os principais beneficiários (ASTOLFI; PELLEREY, 2008).

Outra variável a ser destacada é a qualidade do ar. Nas últimas décadas, identificou-se que as instalações educacionais estão entre os prédios que apresentam altas concentrações de poluentes. Isso acontece em virtude da maior densidade de ocupantes e devido ao aumento do movimento de estudantes durante os intervalos e ao mudar de sala de aula (AL-HUBAIL; AL-TEMEEMI, 2015).

A qualidade do ar está intimamente associada ao sistema de ventilação presente no ambiente. Para Asif, Zeeshan e Jahanzaib (2018), um sistema de ventilação é essencial para manter os níveis dentro dos limites aceitáveis, haja vista que a concentração dos poluentes está relacionada com o sistema de ventilação existente. Além disso, Daisey *et*

*al.* (2003) constataram que um sistema de ventilação inadequado aumenta a proliferação de poluentes e acarreta em problemas de saúde. Sendo assim, os ambientes de ensino que apresentam um sistema mecânico ou natural de ventilação devem ser analisados.

Mediante o cenário apresentado, assume-se que a boa qualidade do ar interior também é importante para garantir um melhor desempenho e produtividade dos alunos e professores (RAZALI *et al.*, 2015; ZIMMERMAN, 1999). Reconhecida essa importância, essa variável vem chamando a atenção dos cientistas nos últimos anos e vem causando preocupação acerca da sua influência nos ambientes escolares (JURADO *et al.*, 2014).

A iluminação do ambiente também é considerada um fator importante na análise ambiental (CHUNG; BURNETT, 2000; HWANG; JEONG, 2011; SERGHIDES *et al.*, 2015). Quando em condições inadequadas, seja oriunda de uma fonte natural ou artificial, pode afetar a visão e influenciar no desempenho dos alunos (RAMPRASAD; SUBBAIYAN, 2017). Entretanto, considera-se que a luz não influencia apenas a visão, mas também determina os ciclos para o funcionamento corporal diário e afeta os níveis de atividade psicofisiológica e o humor (BARKMANN *et al.*, 2012).

O brilho e a cintilação são duas condições importantes. Parsons (2000) afirmou que o primeiro, independente da fonte geradora, pode causar um efeito de distração. Essa afirmativa é relevante, pois a inserção de dispositivos tecnológicos (computadores, tablets, data-show) nos ambientes de ensino trouxe uma nova perspectiva no aspecto visual.

Na última década, os dispositivos tecnológicos tornaram-se essenciais nos ambientes de ensino, fazendo da tecnologia um componente central de muitas salas de aula na forma de equipamentos de audiovisual e computadores (YANG *et al.*, 2013). Tal situação resultou no surgimento de novas fontes de iluminação, e corroborou a necessidade de avaliação das condições lumínicas nos ambientes de ensino.

Diante do que foi exposto anteriormente, visualiza-se o impacto de cada variável na saúde e desempenho de estudantes, evidenciando a importância dessa temática no que tange o bem-estar, saúde e performance nesse tipo de atividade. Contudo, algumas lacunas científicas merecem ser destacadas, pois são essas análises que podem proporcionar o avanço científico nesse tema tão importante.

Primeiro, destaca-se uma predominância de estudos com crianças ao longo dos anos ( DE GIULI *et al.*, 2012; DOCKRELL, 2003; HADDAD *et al.*, 2017; HYGGE, 2003; JIANG *et al.*, 2018; PENG *et al.*, 2017; SHIELD; STEVANOVIĆ *et al.*, 2016;

TELI, *et al.*, 2014). Logo, existe uma lacuna em pesquisas com adultos, fato que é destacado por Marchand *et al.* (2014), quando afirmaram que pré-universitários e universitários receberam menos atenção no que tange a influência das condições ambientais sobre o estado psicológico.

Segundo, prevalecem estudos realizados em ambientes ventilados naturalmente (DIAS PEREIRA *et al.*, 2014; FUOCO *et al.*, 2015; INDRAGANTI, 2010; KRAWCZYK *et al.*, 2016; MADUREIRA *et al.*, 2015; MECIAROVA *et al.*, 2017; NEMATCHOUA *et al.*, 2014; STABILE *et al.*, 2016; TELI *et al.*, 2012; WANG *et al.*, 2014). Fato comprovado pela revisão sistemática desenvolvida por Zomorodian, Tahsildoost e Hafezi (2016), que destacaram que apenas 20% de toda amostra havia sido analisada em ambientes climatizados. Além disso, dos 40% que foram realizados em ambientes de ensino de superior, apenas 8% apresentavam o sistema de refrigeração mecânico. Portanto, esses resultados comprovam a necessidade de estudos que analisem ambientes com ventilação mecânica em ambientes de ensino superior.

O terceiro ponto está relacionado a análise conjunta das variáveis ambientais. Alguns autores identificaram que faltam estudos holísticos, ou seja, estudos que abordem todas as variáveis, seus impactos individuais e cumulativos sobre os estudantes nos diferentes ambientes de ensino (MARCHAND *et al.*, 2014; YANG *et al.*, 2013; YANG *et al.*, 2018). Esse tipo de análise é tido como o estudo perfeito, pois têm-se um panorama preciso acerca da influência qualidade ambiental interna no bem-estar e desempenho dos estudantes.

Porém, quando se trata de ambientes universitários, os estudos holísticos das condições ambientais são ainda mais escassos. Entretanto, podem ser encontrados na literatura e são exemplificados pelos trabalhos desenvolvidos por (I) Lee *et al.* (2012); (II) Ramprasad e Subbaiyan (2017); (III) Asmar, Chokor e Srour (2014); (IV) Castilla *et al.* (2017); (V) Hill e Epps (2009); (VI) Yang *et al.* (2013).

Apesar de serem estudos holísticos, esses trabalhos apresentam alguns pontos a serem destacados. O estudo (I) trabalha com desempenho auto-referido e não quantifica o impacto das variáveis ambientais no desempenho. O trabalho (II) não avaliou o desempenho dos estudantes, logo, não quantificou a influência das variáveis ambientais no processo de ensino aprendizagem. Por fim, os trabalhos (III), (IV), (V), (VI) e (VII) avaliaram apenas a percepção do usuário, não aferindo as reais condições das variáveis ambientais.

Em suma, o cenário apresentado anteriormente indica a existência de algumas lacunas: (i) menor incidência de estudos com universitários em ambientes de ensino climatizados; (ii) ausência de trabalhos que analisem a influência combinatória das principais variáveis que compõe a QAI; (iii) escassez de estudos que quantifiquem a influência das variáveis ambientais e da percepção ambiental no desempenho cognitivo de universitários em ambientes de ensino climatizados.

Sendo assim, a temática desta dissertação apresenta considerável importância no contexto atual por tratar de bem-estar, desempenho e educação. Além disso, o presente estudo se propõe a trabalhar com algumas lacunas literárias, promovendo o avanço científico no que tange os seguintes aspectos: Análise individual e conjunta das principais variáveis que compõe a QAI; segundo, apresenta uma análise subjetiva, ou seja, avalia a percepção dos usuários acerca das condições ambientais; terceiro, as análises serão desenvolvidas em ambientes ventilados mecanicamente e com amostras compostas por estudantes de nível superior; e por último, visa quantificar a influência das variáveis ambientais e da percepção ambiental no desempenho cognitivo de estudantes, utilizando modelagem matemática.

Por fim, é importante destacar a importância do presente projeto para o Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção (PPGEP). O escopo e os resultados encontrados nesse estudo estão intimamente relacionados com as seguintes temáticas: saúde, conforto, qualidade de vida e desempenho. Tais temáticas estão entre as principais vertentes trabalhadas dentro da Ergonomia, enfatizando a importância do presente projeto para essa linha de pesquisa e para o PPGEP.

### **1.3 OBJETIVOS**

#### **1.3.1 Objetivo Geral**

Analisar a influência das variáveis ambientais e da percepção ambiental no desempenho de estudantes universitários em ambientes de ensino climatizados de diferentes regiões brasileiras.

#### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Descrever superficialmente os ambientes de ensino climatizados das diferentes regiões;
- Descrever as condições das variáveis ambientais;
- Identificar a percepção dos estudantes quanto a qualidade ambiental;

- Analisar a relação entre as variáveis ambientais a partir da percepção dos estudantes.

#### **1.4 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA**

A qualidade ambiental interna é composta por inúmeras variáveis ambientais. Entretanto, o presente estudo limitou-se a investigar a influência das seguintes variáveis: acústica, lumínica, qualidade do ar e térmica. Definiu-se essas variáveis pois são as mais presentes nos estudos científicos, podendo ser classificadas como as mais importantes.

Essas variáveis foram investigadas em (i) ambientes de ensino climatizados (laboratórios de informática), no qual o perfil da amostra limitou-se a (ii) estudantes universitários das ciências exatas, que apresentavam (iii) boas condições de saúde. As delimitações (i) e (ii) foram definidas para que se tivesse uma homogeneização da amostra, mediante padronização dessa etapa metodológica. Enquanto que a delimitação (iii), foi definida para eliminar a possibilidade de que problemas de saúde repercutissem na percepção ou no bem-estar durante a realização do experimento.

Com relação a análise do desempenho, este estudo limitou-se a avaliação cognitiva das seguintes áreas: Raciocínio Abstrato, Raciocínio Verbal, Raciocínio Espacial, Raciocínio Numérico e Raciocínio Mecânico. Definiu-se essas categorias pois foram consideradas suficientes para compreensão do desempenho cognitivo em ambientes de ensino.

#### **1.5 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO**

A presente dissertação está estruturada em cinco capítulos, que são:

- Capítulo 1 – Introdução: Explicar acerca do tema e problema, destacar a importância através da justificativa, além de definir os objetivos e as delimitações do tema.
- Capítulo 2 – Embasamento Teórico: Apresentar os principais conceitos, itens e normas, que são considerados de compreensão básica para o pleno desenvolvimento das pesquisas nessa temática. Além disso, apresenta uma síntese dos principais dos principais estudos desenvolvidos, proporcionando um bom aporte teórico para desenvolvimento da pesquisa empírica.

- Capítulo 3 – Procedimentos metodológicos da pesquisa empírica: Classificar a pesquisa, descrever as fases, e explicar acerca das ferramentas, métodos e procedimentos utilizados na coleta de dados.
- Capítulo 4 – Resultados e Discussão: Apresentar as informações referentes à amostra, aos ambientes e discutir os resultados encontrados na análise da influência das variáveis ambientais e da percepção no desempenho dos estudantes.
- Capítulo 5 – Conclusões: Mostrar as contribuições do trabalho, verificar o atendimento dos objetivos e apresentar recomendações para futuros trabalhos.

## CAPÍTULO 2 – EMBASAMENTO TEÓRICO

Este capítulo foi desenvolvido para fornecer um suporte teórico básico. Pois, uma boa base teórica é condição necessária para otimização da leitura e compreensão das principais pesquisas científicas dessa temática. Logo, são apresentados os conceitos fundamentais referentes aos seguintes assuntos: Ergonomia, Ergonomia Ambiental, Qualidade Ambiental Interna, Térmica, Qualidade do Ar, Ruído, Iluminação, Avaliação Cognitiva e Métodos estatísticos básicos.

### 2.1 ERGONOMIA

A palavra Ergonomia é oriunda das palavras *ergon*, que significa trabalho, e *nomos*, que significa leis ou normas (MÁSCULO; VIDAL, 2011). Esse termo foi utilizado pela primeira vez em meados do século XIX pelo pesquisador Wojciech Jastrzebowski, no trabalho chamado de “Ensaio de ergonomia ou ciência do trabalho, baseada nas leis objetivas da ciência sobre a natureza” (IIDA, 2005). No século seguinte, foi aplicado no desenvolvimento de tecnologia bélicas, recebendo o nome de Engenharia dos Fatores Humanos no Estados Unidos (WILSON, 2000).

Ao longo dos anos o termo ergonomia recebeu várias definições. O Quadro 1 abaixo indica uma evolução história das diversas definições encontradas.

Quadro 1- Definições da ergonomia

“é o estudo do relacionamento entre o homem e seu trabalho, equipamento e ambiente, e particularmente a aplicação dos conhecimentos de anatomia, fisiologia e psicologia na solução de problemas surgidos desse relacionamento” (IEA, 1963)
“é o conjunto de conhecimentos científicos relativos ao homem e necessários para a concepção de ferramentas, máquinas e dispositivos que possam ser utilizados com o máximo de conforto, de segurança e eficácia” (WISNER, 1987)
“Qualquer que seja o nome utilizado, o que se pretende é o estudo dos diferentes aspectos laborais com o propósito de otimizá-los” (LOMOV; VENDA, 1983)
“Ergonomia é o estudo da adaptação do trabalho ao homem” (IIDA, 2005)
A Ergonomia busca modificar os sistemas de trabalho para adequar as atividades nele existentes às características, habilidades e limitações das pessoas com vistas ao seu desempenho eficiente, confortável e seguro (ABERGO, 2000)
A ergonomia é uma ciência aplicada ao projeto de máquinas, equipamentos, sistemas e tarefas, com o objetivo de melhorar a segurança, saúde, conforto e eficiência no trabalho (DUL; WEERDMEESTER, 2004).
A ergonomia é uma sinergia entre interesses técnicos e multidisciplinares em prol da obtenção de um objetivo previamente estabelecido (WILSON, 2014).

Fonte: Elaboração própria (2019)

Diante das definições apresentadas anteriormente, considera-se que o objetivo dessa disciplina é otimizar deficiências e adequar as condições do ambiente de trabalho,

nos mais variados aspectos, às características antropométricas e psicológicas do usuário. Além disso, procura condições para proporcionar a satisfação das necessidades humanas no ambiente de trabalho, incluindo promoção de saúde e de bem-estar (GRANDJEAN, 1988).

A ergonomia pode ser aplicada em diferentes segmentos produtivos e em diferentes ambientes de trabalho, por exemplo: doméstico, industrial, hospitalar, escolar, entre inúmeros outros. Em alguns ambientes, as condições estruturais, organizacionais e ambientais, são inadequadas e tendem a ser ineficientes, tornando necessária a aplicação das técnicas ergonômicas na solução dos problemas (IIDA, 2005).

Diante desse cenário, fica a cargo de pesquisadores e profissionais dessa área otimizar os sistemas e melhorar o bem-estar humano nesses locais (IEA, 2016). De acordo com Rebelo (2017), independente do ambiente, existem aspectos fundamentais que devem ser analisados:

- **O Homem:** nas suas características físicas, cognitivas, sociais e na influência do sexo, idade, competências e motivação na interação do meio;
- **O envolvimento físico:** englobando as dimensões dos espaços, as características, por exemplo, das máquinas, ferramentas, eletrodomésticos, veículos automóveis;
- **O envolvimento ambiental:** abrangendo a temperatura, o ruído, a iluminação, as vibrações, os gases, as poeiras, os vapores e outros, que estão presentes no momento da interação.
- **O envolvimento comunicacional e/ou informacional:** referente a informações apresentadas, comunicações existentes dentro do sistema, e consequências no decurso do processamento e tomada de decisão.
- **O envolvimento organizacional:** integra aspectos relacionados com horários, turnos de trabalho, equipes de trabalho, ritmos de trabalho, autonomia e responsabilização dos trabalhadores.
- **O envolvimento emocional:** inclui as reações emocionais das pessoas antes, durante e após a interação, procurando compreender as situações que estão na origem de experiências de utilização positivas.
- **Os modos operatórios:** traduzidas nas estratégias colocadas em jogo pelo homem no decorrer da interação com os elementos do sistema.

- **As consequências para o sistema:** que se traduzem na produtividade, nomeadamente a nível da quantidade e qualidade do produto final, ou erros que possam comprometer a segurança do sistema.
- **As consequências para o utilizador ou operador:** em termos de fadiga, problemas físicos, psicológicos ou sociais, decorrentes de condições inadequadas de interação.

Esses aspectos mostram que a temática é abrangente. Em função disso, e buscando nortear os pesquisadores, a IEA (2016) subdividiu a Ergonomia em três especificações ou domínios clássicos:

- **Ergonomia Física:** relacionada com os aspectos fisiológicos dos indivíduos que interferem diretamente no desenvolvimento do trabalho, tais como: fisiologia, anatomia, estudo das condições de adequação do posto de trabalho, sistemas de saúde, segurança do trabalho (IEA, 2016).
- **Ergonomia Cognitiva:** estuda a interação entre os processos mentais individuais e os outros elementos do sistema. Neste campo estão associados os assuntos relativos à carga de trabalho, memória, percepção, tomada de decisão e interface homem-computador (IEA, 2016).
- **Ergonomia Organizacional:** tem aplicação nas áreas de interação entre o indivíduo como o ambiente organizacional. Os assuntos abordados neste campo podem ser listados como: gestão da qualidade, trabalho em equipe, organização do trabalho, políticas, entre outros (IEA, 2016).

Com a evolução das formas de trabalho, caracterizado pela implantação dos recursos tecnológicos e introdução de novos métodos no desenvolvimento das tarefas, surgiram novas subdivisões da ergonomia. Parsons (2000); Másculo e Vidal (2011); Pereira e Alcobia (2006) citaram outras classificações:

- **Ergonomia Ambiental:** relacionada com os aspectos ambientais que influenciam no desenvolvimento e na segurança do trabalho individual.
- **Ergonomia de projeto e desenvolvimento de produtos:** aplicada no desenvolvimento de projetos para que os mesmos tenham subsídios dos conhecimentos ergonômicos.
- **Ergonomia Preventiva:** relacionada com a área de Higiene e Segurança do Trabalho, tem como objetivo auxiliar nos processos de gestão e

controle dos ambientes laborais, visando a segurança e o conforto dos indivíduos.

- **Ergonomia de necessidades especiais:** pretende auxiliar no processo de projeto de produtos para indivíduos com necessidades especiais.
- **Antropometria:** estudo das características métricas de populações que serão incorporadas aos projetos de produtos e postos de trabalhos.
- **Fisiologia e biomecânica:** visa minimizar o risco de ocorrências de doenças ocupacionais mediante a análise das atividades realizadas pelos indivíduos em período laboral. Este campo de estudo pretende adequar o trabalho às limitações e capacidades físicas dos indivíduos.

### 2.1.1 Ergonomia Ambiental

A Ergonomia Ambiental é considerada uma das especializações da Ergonomia, sendo derivada do domínio da Ergonomia Física referido pela IEA. Esse termo foi designado para indicar o foco de estudo sobre uma variedade de condições ambientais, que afetam a capacidade dos seres humanos em realizar seu trabalho (HODGDON *et. al.* 1998).

Ao realizar um trabalho ou tarefa, as pessoas estão inseridas em um sistema produtivo, organizado, mas que apresentam um conjunto de aspectos que podem influenciar no desempenho da atividade. Parsons (2000) indicou que as pessoas nesses sistemas operam dentro de um ambiente, e a Ergonomia Ambiental está preocupada com a forma como elas interagem com as condições físicas desse lugar (luz, ruído, calor, frio, etc.) sob a perspectiva ergonômica.

Vasconcelos *et al.* (2011) explanaram que essa especificação também é conhecida como Ergonomia do Ambiente Construído, sendo uma vertente que analisa a relação do homem com o ambiente, a partir dos aspectos sociais, psicológicos, culturais e organizacionais. Logo, os autores indicam que três grupos de elementos são de fundamental importância no processo de avaliação dos ambientes:

- **Aspectos técnicos e materiais:** concepção espacial, layout, conceitos dimensionais, mobiliário, materiais de revestimento e conforto ambiental;
- **Aspectos organizacionais:** recursos humanos, normas e procedimentos que disciplinem a organização do trabalho;
- **Aspectos psicológicos:** percepção do usuário, fronteiras dos espaços, comunicação humana e estética.

A interação que existe entre o usuário e as variáveis ambientais, caracterizadas por grandezas como: ambiente térmico (temperatura, umidade, radiação), ruído, vibrações, luminosidade, pressão, radiação, é o principal enfoque dessa temática (ISMAILA; SAMUEL, 2014; PEREIRA; ALCOBIA, 2006 ). Sintetizando, Karwowski (2006) indica que as principais variáveis que influenciam nos estudos na área da Ergonomia Ambiental são:

- Calor, frio e temperatura;
- Iluminação natural e artificial;
- Qualidade acústica e Ruído;
- Vibração;
- Qualidade do ar;
- Gases;
- Altitude e pressão atmosférica;

Essas variáveis apresentam influência direta no usuário, trazendo uma sensação de conforto/desconforto que pode comprometer o desempenho da tarefa. Segundo Bins Ely e Turkienicz (2005), esses aspectos são de suma importância para realização de atividades de forma eficaz, pois um ambiente com fatores físicos adequados diminui o esforço na realização das tarefas, não compromete a saúde, reduz a insatisfação e otimiza o desempenho dos usuários.

Dessa forma, a Ergonomia Ambiental a partir da análise da interação entre o usuário e os fatores do ambiente, busca proporcionar o conforto ambiental, estado que certifica a qualidade ambiental interna e proporciona as melhores condições para desempenho da atividade.

### **2.1.2 Qualidade Ambiental Interna (QAI)**

Nimlyat, Kandar e Sediadi (2018) explanaram que a qualidade ambiental interna (QAI) refere-se à condição interna de um edifício relacionada à saúde e o bem-estar dos ocupantes. Isto é, as características das variáveis ambientais vão proporcionar condições satisfatórias ou insatisfatórias para o desempenho das atividades.

Bluyssen (2010), indicou que a QAI surgiu como um indicador de desempenho, relacionando o conforto dos ocupantes com os fatores ambientais. Esse indicador permite compreender o ambiente sob o ponto de vista do usuário, além de avaliar se os ocupantes estão indevidamente expostos a fatores ambientais, que podem levar a efeitos negativos à saúde (PATINO; SIEGEL, 2018).

Quando se fala em fatores ambientais, refere-se aos seguintes parâmetros: qualidade do ar interna, qualidade térmica, qualidade de iluminação, qualidade de som, qualidade de odor interno e qualidade de vibração (NIMLYAT, KANDAR, SEDIADI, 2018 *apud* HEALTHY HEATING). Entretanto, atinge-se o conforto ambiental mediante otimização das variáveis mais importantes: temperatura, acústica, iluminação e qualidade do ar interno (ASADI *et al.*, 2014; SAKHARE; RALEGAONKAR, 2014).

Para Corbella e Yannas (2003), uma pessoa encontra-se confortável em um ambiente quando se sente em neutralidade com as condições físicas existentes. Essa condição é obtida a partir da otimização conjunta das variáveis ambientais, que possibilita uma ambientação eficiente, impactando no bem-estar, e garantindo a eficácia no desenvolvimento da tarefa (COUTINHO, 2005; ETTINGER, 1964; IIDA, 2005; MASCULO; VIDAL, 2011; MIGUEL, 2014).

A QAI também pode ser compreendida a partir do Conforto Ambiental, que é uma condição relacionada à sensação de satisfação, bem-estar e contentamento dos indivíduos com relação às condições existentes. Logo, pode ser definido como o ajustamento do indivíduo ao ambiente resultando em uma condição de satisfação percebida (ASHRAE, 2004).

Pereira e Alcobia (2006) explanam que esse conforto tem por objetivo adequar às condições ambientais e as necessidades humanas aos projetos construtivos de acordo com as diretrizes elaboradas pela Ergonomia. A adequação de fatores como: temperatura do ar, umidade relativa, taxa de ventilação, iluminação e ruído são requisitos que influenciam o bem-estar e performance dos usuários, com impactos diretos na incidência dos sintomas de saúde (DASCALAKI *et al.*, 2009).

No que tange ambientes de ensino superior, identifica-se a falta de estudos que investiguem o impacto do ambiente físico na saúde, aprendizagem e desempenho acadêmico dos alunos (HILL; EPPS, 2009; MARCHAND *et al.*, 2014; YANG *et al.*, 2018). Tal constatação é importante, pois fornecer um ambiente confortável, com alto nível de qualidade ambiental interna, resulta em ambientes saudáveis e possibilita o aumento da produtividade dos estudantes (HAVERINEN-SHAUGHNESSY *et al.*, 2015; LEE *et al.*, 2012; LOFTNESS *et al.*, 2007; TURUNEN *et al.*, 2013).

## **2.2 CONDIÇÕES TÉRMICAS**

Como destacado anteriormente, a análise das condições térmicas está muito presente na literatura em virtude da relação direta com o bem-estar dos estudantes e

desempenho acadêmico (BAKÓ-BIRÓ *et al.*, 2012; SARBU; PACURAR, 2015; TOFTUM *et al.* 2015; WARGOCKI; WYON, 2007). No Brasil o cenário é parecido, de Abreu-Harbich, Chaves e Brandstetter (2018) constataram que nas instituições de ensino superior existe um desempenho térmico insatisfatório que repercute na percepção e desempenho dos alunos.

Em decorrência desse contexto, os estudos das condições térmicas em ambientes de ensino é algo recorrente e apresenta constante atualização literária. Os trabalhos desenvolvidos por Lee *et al.* (2012); Singh e Ismail (2012); Dias Pereira *et al.* (2014); Katafygiotou e Serghides (2014); Hussin, Ismail e Ahmad (2013); Wang *et al.* (2014); Marchand *et al.* (2014); Zaki *et al.* (2017); Mishra *et al.* (2017) e Hamzah *et al.* (2018) corroboram essa afirmativa e mostram como se analisa o ambiente sob o ponto de vista das condições térmicas.

Mediante análise dos trabalhos citados anteriormente e outros mais antigos ( CAO *et al.*, 2011; BURATTI; RICCIARDI, 2009; CENA; DE DEAR, 2001; CONCEIÇÃO; LÚCIO, 2011; CORGNATI, ANSALDI e FILIPPI, 2009; DJONGYANG, TCHINDA e NJOMO, 2010; FANGER; TOFTUM, 2002; HUMPHREYS, 1994; HWANG, LIN e KUO, 2006; INDRAGANTI, 2010; KHOO, 2003; MALLICK, 1996; PUTEH *et al.*, 2012; TER MORS *et al.*, 2011; WANG, 2006) identificou-se um certo padrão no estudo dessas variáveis.

O padrão identificado está subdividido em quatro vertentes: (I) A primeira, consiste na mensuração objetiva das variáveis térmicas (Temperatura do ar, ventilação do ar, umidade relativa, etc). A segunda (II), consiste na identificação dos parâmetros subjetivos, ou seja, percepção dos usuários acerca das condições existentes. A terceira (III), normalmente associada a vertente anterior, consiste na identificação das variáveis pessoais (Idade, peso, sexo, vestimenta utilizada, etc). A última vertente (IV) consiste na aferição do desempenho dos estudantes, que pode ser uma avaliação subjetiva (desempenho auto-referido) ou aplicação de testes cognitivos. Além disso, a análise da literatura permitiu identificar que a avaliação térmica dos ambientes de ensino acontece com base na norma ISO 7730/2005 mediante utilização dos índices normativos desenvolvidos por Fanger (1970).

Para corroborar os achados, Zomorodian, Tahsildoost e Hafezi (2016) desenvolveram uma revisão sistemática acerca dos estudos do conforto térmico em ambientes de ensino. Eles constataram que 85% dos estudos utilizavam o modelo racional, ou seja, utilizavam os índices normativos desenvolvidos por Fanger (1970) para

avaliação do conforto térmico. Além disso, constataram que todas as pesquisas eram subdivididas em objetivas, com a medição dos principais parâmetros (Temperatura do ar, umidade relativa, velocidade do ar, temperatura radiante, isolamento da roupa do usuário e taxa metabólica); e subjetiva, com avaliação das preferências e sensações térmicas baseadas em escalas descritivas (Escala ASHRAE; Escala Bendford ou McIntyre).

Portanto, para que fosse possível um aprofundamento nos estudos dessa temática e entender as nomenclaturas e procedimentos destacados anteriormente, tornou-se necessário compreender alguns pontos: Conforto térmico; Modelo de Fanger; e algumas normas importantes para essa temática.

### **2.2.1 Conforto térmico**

Segundo Bernardi e Kowaltowski (2006), o conforto ambiental está ligado à efetividade dos fatores térmicos, lumínicos e acústicos. Ou seja, a forma como as condições térmicas, acústicas e de iluminação estão sendo disponibilizadas vai indicar a existência ou não da condição de conforto para o indivíduo no ambiente. Entretanto, ressalta-se que as particularidades de cada ocupante também afetam na percepção de conforto. Prova disso, é que Frota e Schiffer (2001) indicaram que essa condição é resultado de uma série de variáveis que se dividem em humanas e ambientais.

Como mencionado anteriormente, as condições térmicas consistem em um dos fatores que impactam no conforto ambiental. Tais condições podem ser representadas pelo conforto térmico, que consiste em um estado psicológico em que o indivíduo apresenta contentamento com os parâmetros termoambientais do local no qual está inserido. A ASHRAE (2010) por sua vez, o definiu como sendo uma condição da mente que expressa satisfação com o ambiente térmico. Com a existência dessa condição, os ocupantes tendem a desempenhar suas atividades de forma mais precisa e eficiente, influenciando beneficemente o seu desempenho.

Segundo Coutinho (2005), o conforto térmico necessita de três condições para ocorrer: neutralidade térmica, que consiste em manter a temperatura neutra do corpo humano constante; taxa de suor liberada sobre a pele e a temperatura da pele têm que ser compatíveis com a atividade realizada; e por último, o indivíduo não pode estar sendo submetido a nenhum desconforto localizado, ou seja, nenhuma parte do corpo pode estar submetida a uma fonte constante ou intermitente de fluxos térmicos. O Quadro 2 mostra os parâmetros de natureza pessoal e ambiental que influenciam o estado de conforto.

Quadro 2 - Variáveis que influenciam no conforto

Natureza	Variáveis
Ambiental	Temperatura de bulbo seco (°C) Temperatura radiante média (°C) Velocidade do ar (m/s) Umidade do ar (K/Pa)
Pessoal	Atividade desempenhada (W/m <sup>2</sup> ) Resistência térmica das roupas (clo)

Fonte: Elaboração própria (2019)

Com relação aos parâmetros pessoais, a atividade desempenhada pelo indivíduo vai influenciar na taxa metabólica (Tabela 1); e a resistência térmica da roupa (Tabela 2), dada em clo, vai influenciar nas trocas térmicas entre o corpo e o ambiente. Com relação aos parâmetros ambientais, eles estão descritos na norma ISO 7726 (1998) e estão detalhados no Quadro 3.

Tabela 1- Exemplificação da taxa metabólica para diferentes atividades

Atividade	Metabolismo (W/m <sup>2</sup> )
Reclinado	46
Sentado, relaxando	58
Atividades sedentárias	70
Atividades sedentárias	93
Trabalhos domésticos	116
Caminhando em local plano a 2 Km/h	110
Caminhando em local plano a 4 Km/h	165
Caminhando em local plano a 5 Km/h	200

Fonte: Adaptado ISO 7730/2005

Tabela 2 - Valores do isolamento térmico das roupas

Atividade	ICL (clo)	ICL (m <sup>2</sup> .°C/W)
Cueca, camiseta sem manga, short, meias leves e sandálias	0.18	0.028
Cueca, bermuda, camiseta de manga curta, sapatos	0.26	0.040
Cueca, calça leve, camisa leve de manga compridas, meias e sapatos.	0.35	0.054
Cueca, calça leve, camisa leve de manga compridas, meias, sapatos e paletó leve.	0.46	0.071
Calcinha, sutiã, sapatos, saia curta leve e blusa leve de mangas curtas	0.25	0.039
Calcinha, sutiã, sapatos, vestido leve sem mangas	0.31	0.048
Calcinha, sutiã, sapatos, calça leve e blusa leve	0.35	0.054
Calcinha, Sutiã + meia calça, sapatos, vestido leve sem mangas	0.41	0.063

Fonte: Adaptado Coutinho (2005)

Quadro 3 - Parâmetros ambientais

Parâmetros	Descrição
Temperatura de bulbo seco	A temperatura de bulbo seco é popularmente conhecida como temperatura do ar. É uma das principais variáveis ambientais que influencia no conforto térmico, pois impacta diretamente nas trocas de calor por convecção entre o corpo e o ar.
Temperatura radiante média	A temperatura radiante média tem influência no calor perdido através da radiação do corpo. Esse tipo de temperatura indica o nível de radiação térmica atuando no ambiente.
Velocidade do ar	A intensidade da ventilação vai influenciar no conforto e na sensação térmica. Isso acontece, pois, essa variável tem influência nas trocas de calor através dos processos de convecção e evaporação.
Umidade do ar	A umidade do ar indica a quantidade/proporção de água presente no ar. Tal variável influencia diretamente nas perdas de calor por evaporação.

Fonte: Elaboração própria (2019)

### 2.2.1.1 Modelo de Fanger

O principal estudo da área de conforto térmico foi desenvolvido por Fanger (1970) através de um experimento realizado com 1296 indivíduos em uma câmara climatizada, com todos os parâmetros térmicos controlados.

Nesse experimento a atividade e as roupas foram padronizadas. A partir disso, os indivíduos foram submetidos a diferentes condições ambientais, visando identificar as sensações térmicas de acordo com a escala de sete pontos da ASHRAE (Quadro 4); e analisar a influência das variáveis pessoais e dos parâmetros térmicos.

Quadro 4 - Escala de sensação térmica

(-3)	Muito frio
(-2)	Frio
(-1)	Levemente Frio
(0)	Neutro
(1)	Levemente quente
(2)	Quente
(3)	Muito quente

Fonte: Adaptado ASHRAE (2013)

Os resultados obtidos neste estudo propiciaram a aplicação de um modelo, que ficou conhecido como modelo de Fanger. Esse modelo levou em consideração as

seguintes variáveis: temperatura do ar; temperatura radiante média; velocidade do ar; umidade relativa do ar; taxa metabólica e isolamento térmico da roupa. Para representá-lo foram utilizados dois índices: *Predicted Mean Vote* (PMV) e o *Predicted Percentage of Dissatisfied* (PPD).

Na língua portuguesa o índice PMV é conhecido como Voto Médio Estimado. De acordo com Djongyang *et. al.* (2010), esse índice prevê a sensação térmica das pessoas presentes em um dado ambiente de acordo com a escala de sensação da ASHRAE. O PPD por sua vez, é um índice derivado do anterior, e que vai indicar a porcentagem de indivíduos que não estão satisfeitos com as condições térmicas.

O PMV e o PPD podem ser expressos pelas equações abaixo:

$$\text{PMV} = (0.303 e^{-0.036 \times M} + 0.028) \times [(M - W) - 3.05 \times \{5.73 - 0.007 \times (M - W) - P_a\} - 0.42 \times [(M - W) - 58.15] - 0.0173 \times M \times (5.87 - P_a) - 0.0014 \times M \times (34 - t_a) - 3.96 \times 10^{-8} \times f_{cl} \times (t_{cl} + 274)^4 - (t_r + 273)^4] - f_{cl} \times h_c \times (t_{cl} - t_a)] \quad (1)$$

$$\text{PPD} = 100 - 95 \cdot e^{(-0.003353 \times \text{PMV}^4 - 0.2179 \times \text{PMV}^2)} \quad (2)$$

, sendo:

M= Taxa metabólica de produção de calor (W/m<sup>2</sup>);

W= Trabalho mecânico desenvolvido pelo corpo (W/m<sup>2</sup>), sendo que para maioria das atividades humanas esse trabalho é nulo

t<sub>a</sub> = Temperatura do ar (°C);

t<sub>cl</sub> = Temperatura superficial das roupas (°C);

f<sub>cl</sub> = Razão de área do corpo vestido e corpo nu (Adimensional);

t<sub>r</sub> = Temperatura radiante média (°C);

h<sub>c</sub> = Coeficiente de convecção entre o ar e roupas (W/m<sup>2</sup>.°C).

v<sub>ar</sub> = Velocidade relativa do ar, em m/s

p<sub>a</sub> = Pressão parcial do vapor de água, em Pa;

### 2.2.3.2 Síntese das normas referente ao ambiente térmico

A norma ISO 10551/1995 é voltada para a análise de parâmetros subjetivos. Logo, ela disponibiliza informações para o uso e adaptação de escalas de preferências térmica. Entre essas preferências encontram-se escalas de percepção, aceitabilidade e tolerância

térmica. Permitindo assim, obter a opinião dos usuários de um determinado ambiente acerca das condições térmicas a que estão submetidos.

A norma ISO 7726/1998 tem como objetivo especificar as características necessárias dos equipamentos para mensuração dos parâmetros físicos, além de especificar os métodos de mensuração, como posição do equipamento e duração da medição, visando padronizar a mensuração e a captação de informações. Logo, define os padrões e orienta os processos de medição dos parâmetros físicos em ambientes internos e externos.

Com relação à norma ISO 7730/2005, assume-se que foi baseada em vários estudos, entretanto, o estudo de Fanger (1970) foi o mais relevante nesse contexto. Sendo assim, o objetivo principal desta norma é apresentar e propor um método para o cálculo da sensação térmica (Índice PMV), e o grau de desconforto (Índice PPD) das pessoas expostas a um ambiente termicamente moderado. Além disso, ela especifica as condições necessárias para propiciar o conforto térmico em um determinado ambiente.

Por fim, a ASHRAE 55/2013 estabelece as condições mínimas para que um ambiente térmico se torne aceitável. Logo, ela especifica um conjunto de condições, que combinam parâmetros térmicos e pessoais visando tornar o ambiente mais propício à ocupação e desempenho das atividades humanas de forma eficiente.

### **2.3 CONDIÇÕES DE QUALIDADE DO AR**

Até meados dos anos 1990 os efeitos da qualidade do ar em ambientes fechados recebiam pouca atenção da comunidade científica, entretanto, a partir do final da década 1990 a preocupação com os efeitos dessa variável na saúde humana ganhou notoriedade (BRICKUS;NETO, 1999; JONES, 1999)

Nesses ambientes, a qualidade do ar pode ser compreendida como uma variável que afeta a saúde e o bem-estar dos ocupantes (MENDES, 2013). Logo, uma baixa qualidade dessa variável causa desconforto nos usuários, ocasionando efeitos adversos à saúde, aumentando os índices de absenteísmo no trabalho ou na escola, e repercutindo negativamente no desempenho cognitivo (THAM, 2016).

O impacto negativo dessa variável pode ser visualizado mediante a existência de alguns sintomas, como dor de cabeça, irritação nos olhos, crises alérgicas no aparelho respiratório, coceira, mal-estar e dificuldade de se manter concentrado na atividade (JOHNSON *et al.* 2018). Tais sintomas são comuns e frequentemente visualizados no

curto prazo, entretanto, a perpetuação das condições inadequadas por longos períodos resulta em problemas mais graves conforme mostra o Quadro 5.

Quadro 5 - Efeitos no curto e longo prazo

PERÍODO	EFEITOS
Curto prazo	Irritação nos olhos, nariz e garganta
	Percepção de odores desagradáveis
	Dor de cabeça, tontura e fadiga
	Reações alérgicas (Rinite alérgica, asma)
Longo prazo	Doenças no coração
	Câncer

Fonte: Adaptado de Mendes (2013)

Nos ambientes de ensino, como salas de aula e laboratórios, o cenário é propício ao surgimento de condições insatisfatórias de qualidade do ar. Esses locais apresentam altos níveis de poluição por apresentarem espaços fechados lotados que impedem a circulação do ar; curtos intervalos entre as aulas, não possibilitando um contato maior com o ar atmosférico; inadequação no fornecimento do ar oriundo de fontes externas; ausência de exaustor mecânico; e construção não planejada do sistema de ventilação (ARGUNHAN; AVCI, 2018).

Para Mendes (2013), o acúmulo de poluentes nos ambientes fechados, associados ao aumento de sintomas respiratórios e alérgicos são ocasionados pela combinação dos seguintes fatores: (I) Diminuição da taxa de renovação do ar interno ambientes ventilados mecanicamente; (II) Presença de materiais industrializados com alta emissão de substâncias voláteis aliadas a um ambiente propício a proliferação biológica.

Além disso, a densidade de ocupação, assim como a quantidade dos equipamentos e os tipos de revestimento e acabamento com materiais sintéticos (Tintas, vernizes, carpetes, aglomerantes, entre outros) afetam de maneira significativa a taxa de emissão de poluentes em ambientes de interiores (MENDES, 2013).

É reconhecida a importância da influência da qualidade do ar nos ambientes de ensino, e a análise dos trabalhos desenvolvidos por Zimmerman (1999); Jones (1999); Daisey, Angell e Apte (2003); Mendell e Heath (2005); Mumovic *et al.* (2009); Cavaleiro Rufo *et al.* (2016); Yoon, Lee e Park (2011); Dorizas *et al.* (2013); Mainka *et al.* (2015); Yang *et al.* (2015); Fuoco *et al.* (2015); Yang Razali *et al.* (2015); Stabile *et al.* (2016); Finell *et al.* (2017); Marzocca *et al.* (2017) e Telejko (2017) permite afirmar que os estudos nos ambientes de ensino concentram-se na mensuração dos níveis de CO<sub>2</sub>, e principalmente na avaliação do material particulado (MP).

Para uma compreensão ampla e precisa desses estudos, tornou-se necessário entender alguns conceitos importantes: Tipos de poluentes; Material particulado (MP); Interação entre o organismo e o ambiente; e identificação das principais normas para avaliação dessa variável.

### 2.3.1 Tipos de Poluentes

O termo poluição do ar é utilizado para definir a existência de contaminantes em um recurso natural, mais precisamente no ar atmosférico, em quantidades que podem causar danos e influenciar o bem-estar do ser humano, impactando em outros aspectos naturais, sociais e econômicos (FILHO, 1989; BAI, LAM, e LI, 2018; WU, HAO, e LU, 2018). bbbbb

Os tipos de poluentes em ambientes fechados são oriundos de inúmeras fontes, podendo surgir a partir das condições dos edifícios, ou um subproduto das atividades que são realizadas dentro deles (JONES, 1999). Para uma compreensão inicial, Spengler e Sexton (1983) listaram os principais poluentes existentes nesse tipo de ambiente (Quadro 6).

Quadro 6 - Poluente e fontes de emissão

Poluente	Fontes de emissão	Poluente	Fontes de emissão
Alérgenos	Poeira doméstica, animais domésticos, insetos	Monóxido de carbono	Queima de combustível, caldeiras, fogões, aquecedores a gás ou querosene
Amianto	Materiais retardantes de fogo, isolamento	Ozônio	Reações fotoquímicas
Dióxido de carbono	Atividade metabólica, atividades de combustão, veículos motorizados em garagem	Partículas	Re-suspensão, fumaça de tabaco
Formaldeído	Aglomerado, isolamento, mobiliário	Hidrocarbonetos aromáticos	Combustão de combustível
Microrganismos	Pessoas, animais, plantas, sistemas de ar condicionado	Dióxido de enxofre	Ar exterior, combustão de combustível
Dióxido de nitrogênio	Ar exterior, combustão de combustível, veículos motorizados em garagens		

Fonte: Adaptado de Spengler e Sexton 1983

Para facilitar o entendimento acerca dos tipos de poluentes, Mendes (2013) os subdividiu em três tipos que estão descritos abaixo:

**a) Poluentes físicos:** Os poluentes físicos estão associados a desajustes em fatores físicos, tais como temperatura, umidade, luminosidade, ruído, tipo de ventilação (Quadro 7).

Quadro 7 - Poluentes e os principais fatores físicos associados a qualidade do ar

FATORES FÍSICOS	DESCRIÇÃO
Temperatura e Ventilação	<p>Essas duas variáveis são os principais fatores que influenciam na qualidade do ar. A ventilação por sua vez está associada a capacidade de remover os poluentes gerados no ar ou diluí-los. Além disso, baixas taxas de ventilação ocasionam um aumento nos níveis de CO<sub>2</sub> (MENDES, 2013).</p> <p>Com relação a temperatura, está associada com a umidade, podendo resultar no surgimento de fatores biológicos (MENDES, 2013).</p> <p>Em ambientes climatizados os sistemas de refrigeração são projetos para fornecer ar com temperatura e umidade adequadas, livre de concentrações perigosas poluentes. Enquanto estiver desligado acontece um acúmulo gradual dos níveis de poluentes emitidos, devido à falta de renovação desse elemento (MENDES, 2013).</p>
Umidade	<p>A umidade está associada a Temperatura e Ventilação, podendo ser caracterizada pela quantidade de vapor de água no ambiente. Além disso, o surgimento de agentes biológicos está associado com essa variável.</p>

Fonte: Adaptado de Mendes (2013)

**b) Poluentes químicos:** Materiais particulado, aerossóis, vapores e gases, podendo ser orgânicos e inorgânicos (Quadro 8).

Quadro 8 - Principais poluentes químicos

TIPO	DESCRIÇÃO	EFEITO
Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )	Gás incolor, inodoro e não inflamável, que é produzido por processos metabólicos dos ocupantes, assim como em processos de combustão completa de matérias orgânicos.	Pode causar dores de cabeça, tontura e náuseas.
Monóxido de carbono (CO)	Gás inodoro, insípido e incolor; é um intermediário no processo de combustão do carbono e é emitido quando este processo ocorre na presença de quantidade insuficiente de oxigênio para garantir uma combustão completa.	Reduz a habilidade do sangue em transportar oxigênio.
Material Particulado	Consiste no conjunto partículas que ficam suspensas no ar podendo ser coletável.	Irritações nos olhos, nariz, garganta e pulmões.
Compostos orgânicos voláteis	Em sua maioria são considerados inócuos quando concentrações baixas. Nos ambientes fechados pode ser encontrado mediante existência de materiais de construção, acabamento e decoração, processos de combustão, e materiais de limpeza.	Irritação nos olhos e nas vias respiratórias.

Fonte: Adaptado de Mendes (2013)

c) **Poluentes biológicos:** Fungos, bactérias, ácaros domésticos, substâncias orgânicas associadas a esses agentes biológicos. De acordo com Jones (1999), esses microrganismos são considerados uma importante forma de poluição biológica no ambiente interno, sendo encontrados majoritariamente em ambientes que apresentam elevadas condições de umidade.

### 2.3.2 Material Particulado

O material particulado é a forma mais visível de poluição do ar, logo, é considerado o poluente mais estudado e se origina a partir de fontes primárias ou secundárias. As características desse material é a resultante da soma de um conjunto de variáveis, desde o tamanho e formato da partícula, área da superfície e composição química, e condições do local de produção ou fonte de emissão (ARBEX *et al.*, 2012).

Sua constituição pode apresentar inúmeros elementos químicos, desde um núcleo de carbono elementar ou orgânico, compostos inorgânicos (sulfatos e nitratos), compostos orgânicos (hidrocarbonetos), material biológico (bactérias, esporos e resto de animais) e até metais de transição (ARBEX *et al.*, 2012)

Esses materiais também são considerados substâncias simples ou compostas, formados por elementos químicos no estado sólido ou líquido, e quando suspensos no ar são chamados de aerodispersóides (MORAES, 2006). De acordo com Miguel (2014), esses materiais podem se apresentar nos três estados da matéria conforme mostra o Quadro 9.

Quadro 9 - Exemplos generalistas de materiais particulados

<b>ESTADO SÓLIDO</b>	
Poeiras	Suspensão no ar de partículas esféricas de pequeno tamanho, formadas pelo manuseamento de certos materiais e por processos mecânicos e de desintegração.
Fibras	Partículas aciculares provenientes de uma desagregação mecânica e cujo comprimento excede em mais de 3 vezes o seu diâmetro.
Fumos	Suspensão no ar de gotículas cujo tamanho não visível à vista desarmada e provenientes da dispersão mecânica de líquidos.
<b>ESTADO LÍQUIDO</b>	
Aerossóis	Suspensão no ar de gotículas cujo tamanho não é visível à vista desarmada e provenientes da dispersão mecânica de líquidos.
Neblinas	Suspensão no ar de gotículas líquidas visíveis e produzidas por condensação de vapor.
<b>ESTADO GASOSO</b>	
Gases	Estado físico mental de certas substâncias a 25°C e 760 mm Hg de pressão (105 Pa absolutos).
Vapores	Fase gasosa de substâncias que, nas condições padrão (25°C. 760 mm Hg), se encontram no estado sólido ou no estado líquido.

Fonte: Miguel (2014)

Com relação às partículas que estão suspensas no ar, também chamadas de aerodispersóides, elas podem ser classificadas em quatro grandes classes: poeiras, fumos, fumaça e névoas (Quadro 10).

Quadro 10 - Classes de aerodispersóides

Classes	Descrição
Poeiras	São formadas por partículas sólidas, com diâmetros geralmente superiores a 1 $\mu\text{m}$ . Sendo resultado da desintegração mecânica de substâncias inorgânicas ou orgânicas (MORAES, 2006).
Fumos	São partículas sólidas que geralmente apresentam diâmetros inferiores a 10 $\mu\text{m}$ , podendo chegar a 1 $\mu\text{m}$ . Sendo resultado da condensação de partículas em estado gasoso, quase sempre acompanhada de oxidação (MORAES, 2006).
Fumaça	É constituída geralmente por partículas sólidas, sendo resultante da queima de combustíveis fósseis, materiais asfálticos ou madeira (MORAES, 2006).
Névoas	As névoas são constituídas por gotículas líquidas resultantes da condensação de vapores, e podem apresentar gotículas líquidas variando entre $0,1 \mu\text{m} \leq \text{Diâmetro} \leq 100 \mu\text{m}$ (MORAES, 2006).

Fonte: Adaptado de Moraes (2006)

O diâmetro da partícula associado a composição química é considerado uma variável importante, cuja identificação dará indícios dos possíveis malefícios a saúde humana. As partículas podem apresentar diversos diâmetros ( $0 \mu\text{m} \leq \text{Diâmetro} \leq 100 \mu\text{m}$ ), entretanto, as que possuem  $\text{Diâmetro} \leq 10 \mu\text{m}$  são mais nocivas ao sistema respiratório (ALMEIDA, 1999). Segundo Gatto Pereira *et al.* (2015), esses particulados podem carregar consigo outros poluentes e atingir os alvéolos pulmonares.

As partículas também podem ser classificadas em inaláveis ( $\text{Diâmetro} \leq 10 \mu\text{m}$ ) e respiráveis ( $\text{Diâmetro} \leq 2,5 \mu\text{m}$ ). As respiráveis também são chamadas de partículas finas, enquanto que as demais são categorizadas como partículas grossas (GATTO PEREIRA *et al.* 2015; MAGALHÃES 2018). Para facilitar o entendimento, a Tabela 3 indica a fração inalável e respirável de acordo com o diâmetro.

Tabela 3 - Fração inalável e respirável

Diâmetro ( $\mu\text{m}$ )	Fração inalável (%)	Fração respirável (%)
1	97	97
2	94	91
5	87	30
10	77	1

Fonte: Adaptado de Miguel (2014)

Magalhães (2018) explicou que as partículas grossas são menos prejudiciais a saúde humana, pois são rapidamente sedimentadas. Em contrapartida, as partículas finas são respiráveis e sua nocividade é mais conhecida, pois percorrem o sistema respiratório e se instalam em brônquios e alvéolos (MAGALHÃES, 2018; MANIGRASSO *et al.*

2018). A Tabela 4 traz os principais aerodispersóides, o diâmetro da partícula e sua classificação.

Tabela 4 - Diâmetro dos principais aerodispersóides

<b>Aerodispersóides</b>	<b>Diâmetro da partícula (µm)</b>	<b>Classificação da partícula</b>
Atmosférica	0,5	
Alumínio	2,2	
Ar de mineração	0,9	
Fumo de álcalis	1-5	
Fumo de cloreto de amônio	0,05-1,0	
Cimento	0,5-50	
Carvão	5-10	
Ferro-Manganês ou sílica	0,1-1	
Ar em fundições	1,2	
Fumaça de central térmica	0,1-3	<b>Poeira, fumos e fuligens</b>
Ferro (Ferro gusa)	0,1-10	
Óxido de ferro	0,5-2	
Cal	1-50	
Corte de mármore	1,5	
Pigmentos	0,2-2	
Jato de areia	1,4	
Sílica	1-10	
Talco	10	
Fumaça de tabaco	0,2	
Fumo de óxido de zinco	0,05	
Zinco (Jateado)	15	
Zinco (Condesado)	2	
Ácido sulfúrico	2-15	<b>Névoas</b>
Pólen	5-10	
Bactérias	0,5-20	<b>Organismos vivos</b>
Fungos	1-10	

Fonte: Adaptado de Mesquita, Guimaraes, and Nefussi (1998)

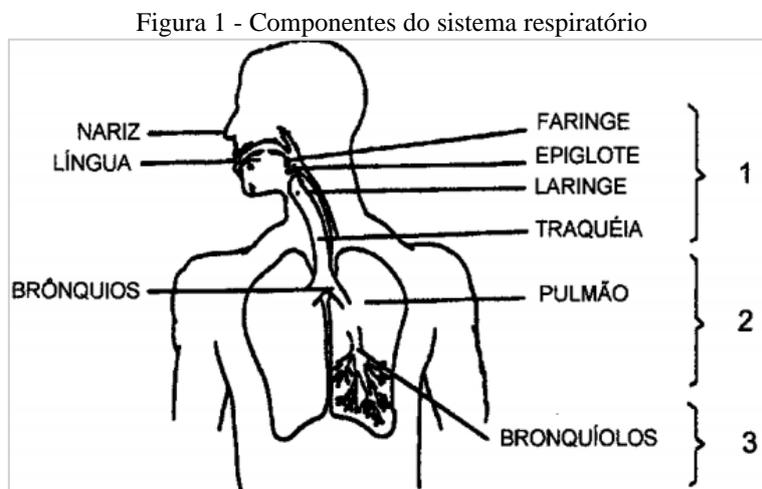
### 2.3.3 Interação entre atmosfera e organismo

A principal forma de interação do corpo humano com os poluentes atmosféricos é através da inalação, contudo, a superfície de revestimento corporal (pele) também pode ser afetada diretamente (KRUTMANN *et al.*, 2014; WHO, 2004). Para essa interação, o corpo não apresenta mecanismo de defesa, conseqüente e de maneira imperceptível fica exposto a uma variedade de agentes físicos, químicos e biológicos (MENDES, 2013).

A respiração consiste no processo de trocas gasosas entre o organismo e o ambiente. Nesse processo, o ar poluído adentra no sistema respiratório por sucção e circula pela cavidade nasal, faringe, laringe, traqueia e brônquios antes de chegar ao pulmão (MARCHESAN, 1998). A Figura 1 representa os principais componentes desse sistema.

As partículas antes de adentrarem no organismo passam por um processo de filtragem. Ao superar essa etapa, se alocam em diferentes locais provocando processos

inflamatórios que debilitam o sistema respiratório (MAGALHÃES, 2018). Aquelas que apresentam  $5 \mu\text{m} \leq \text{Diâmetro} \leq 30 \mu\text{m}$  são retidas no aparelho respiratório superior (1); já no aparelho respiratório inferior (2) se aloca aquelas que apresentam  $\text{Diâmetro} \leq 1$ ; por fim, aquelas que detêm  $1 \mu\text{m} \leq \text{Diâmetro} \leq 5 \mu\text{m}$  se aloca na terceira parte do aparelho respiratório (Figura 1).



Fonte: Brickuse e Neto (1999)

#### 2.3.4 Síntese das normas

A avaliação da qualidade do ar em ambientes fechados é feita a partir da análise do material particulado. As políticas de saúde pública reconheceram a influência das partículas inaláveis ( $\text{MP}_{10}$ ) e respiráveis ( $\text{MP}_{2,5}$ ) na saúde humana, logo, estabeleceram a avaliação desses parâmetros como sendo indicadores de qualidade do ar dentro dos ambientes (POPE III; DOCKERY, 2006).

A avaliação desta variável dentro dos ambientes de ensino segue a linha comentada anteriormente, e utiliza a análise do  $\text{MP}_{10}$  e  $\text{MP}_{2,5}$  como indicadores da qualidade do ar interna (AL-HUBAIL; AL-TEMEEMI, 2015; DIAS PEREIRA *et al.*, 2014; KALIMERI *et al.*, 2016; MADUREIRA *et al.*, 2015; TROMPETTER *et al.*, 2018).

No Brasil, a Resolução CONAMA (1990) e a ANVISA (2003) estabeleceram as concentrações de poluentes toleráveis a saúde humana (Tabela 5). Já no cenário internacional, esses limites foram estabelecidos pela WHO (2013) e *Environmental Protection Agency* (2012) e estão expressos na Tabela 6.

Tabela 5 - Limites de concentração para o BRASIL

<b>RESOLUÇÃO CONAMA</b>			
<b>Poluentes</b>	<b>Tempo de Amostragem</b>	<b>Padrão Primário</b>	<b>Padrão Secundário</b>
MP <sub>10</sub>	24 horas	150	150
	Média aritmética anual	50	50

**Padrão primário:** concentrações de poluentes que, ultrapassadas poderão afetar a saúde da população.  
**Padrão secundário:** concentrações de poluentes atmosféricos abaixo das quais se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem-estar da população.

<b>ANVISA</b>	
<b>Poluentes</b>	<b>Parâmetros</b>
MP <sub>2,5</sub>	80 µg/m <sup>3</sup>
MP <sub>10</sub>	80 µg/m <sup>3</sup>

Fonte: Adaptado de CONAMA (1990) e ANVISA (2003)

Tabela 6 - Limites de concentração no cenário internacional

<b>WHO</b>		<b>Environmental Protection Agency</b>	
<b>Poluentes</b>	<b>Tempo de Amostragem</b>	<b>Poluentes</b>	<b>Padrão Secundário</b>
MP <sub>2,5</sub>	25 µg/m <sup>3</sup>	MP <sub>2,5</sub>	35 µg/m <sup>3</sup>
MP <sub>10</sub>	50 µg/m <sup>3</sup>	MP <sub>10</sub>	150 µg/m <sup>3</sup>

Fonte: Adaptado de WHO (2013) e Environmental Protection Agency (2012)

## 2.4 CONDIÇÕES ACÚSTICAS

A acústica da sala de aula é uma vertente crucial no processo de ensino aprendizagem, influenciando nos aspectos psicossociais dos alunos (BESS, DODD-MURPHY e PARKER, 1998). Nos dias de hoje essa constatação é reafirmada, Peng, Zhang, e Wang (2018) explicaram que o ambiente acústico melhora a qualidade de ensino, e garante a saúde mental e física dos professores e alunos.

Os trabalhos mencionados anteriormente foram publicados em períodos diferentes, com uma diferença de vinte anos. Ao longo desse período foram realizados inúmeros estudos que buscaram avaliar os ambientes acusticamente, identificando as reais condições em prol do bem-estar e eficiência do processo de ensino-aprendizagem (BRADLEY, 2009; DONGRE *et al.*, 2017; HYGGE, 2003; JOHN, THAMPURAN e PREMLET, 2016; KLATTE, LACHMANN e MEIS, 2010; MADBOULY *et al.*, 2016; PÄÄKKÖNEN *et al.*, 2015; PENG, ZHANG e WANG, 2018; RABIYANTI, RAHMANIAR e PUTRA, 2017; SHIELD; DOCKRELL, 2003; YANG; SHIELD *et al.*, 2015).

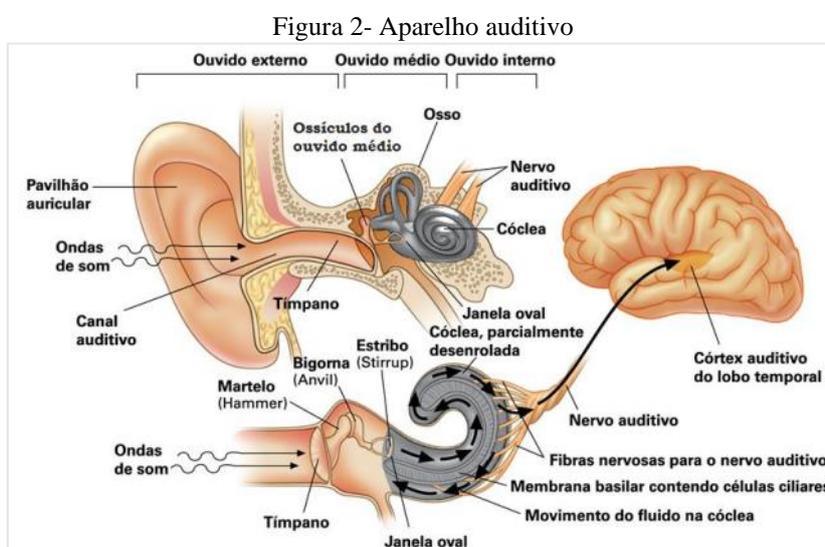
Contudo, para compreender a influência dessa variável na vida dos estudantes torna-se necessário entender: o funcionamento do sistema auditivo; os fundamentos do som; identificar os limites toleráveis e o tempo de exposição do ruído; além de conhecer a normas referente ao ruído.

### 2.4.1 Sistema Auditivo

De acordo com Iida e Buarque (2016), a função do sistema auditivo é captar as ondas de pressão do ar e convertê-las em sinais elétricos, que são transmitidas ao cérebro para produzir as sensações sonoras. Esse sistema é capaz de detectar com precisão, sons dos mais graves (frequências baixas- 16 Hz) aos mais agudos (frequências altas – cerca de 20.000 Hz); dos mais tênues (20 mPa) aos intensos (200 Pa) (MENDES, 2013).

O ouvido é dividido em três partes: externo, médio e interno. Os sons chegam por vibrações do ar e são captados pelo ouvido externo, transformando-se em vibrações mecânicas no ouvido médio e, finalmente, em pressões hidráulicas no ouvido interno. Essas pressões são captadas por células sensíveis no ouvido interno e transformadas em sinais elétricos, que se transmitem ao cérebro (IIDA; BUARQUE, 2016).

A Figura 2 representa o aparelho auditivo humano e suas três partes. De acordo com Iida e Buarque (2016), o ouvido externo é constituído pelo pavilhão auricular ou orelha, e do conduto auditivo externo (Canal auditivo), que chega até a membrana do tímpano. No médio por sua vez, o som é transmitido através dos ossículos, chamados de martelo, bigorna e estribo para outra membrana que separa o ouvido médio do interno. Por fim, no ouvido interno as vibrações sonoras são convertidas em pressões hidráulicas, posteriormente, a existência de células sensíveis captam as diferenças de pressão e as transformam em sinais elétricos, que se transmitem ao cérebro pelo nervo auditivo, onde são decodificadas e transformadas em sensações sonoras (IIDA; BUARQUE, 2016).



Fonte: Alves (2013)

### 2.4.2 Som

O som é definido pela NBR 12179/1992 como sendo “toda e qualquer vibração ou onda mecânica que se propaga num meio dotado de forças internas, capaz de produzir

no homem uma sensação auditiva”. Em outras palavras, é resultado da pressão exercida por movimentos bruscos que se propagam no meio elástico e são captados pelo aparelho auditivo humano (IIDA, 2005).

O som pode ser entendido como uma onda, onde os corpos vibram, fazendo com que ocorra uma transmissão para a atmosfera sob a forma de uma propagação ondulatória, tornando possível a captação através do ouvido e interpretação a partir do cérebro, dando-lhe sentidos (WISNIK, 1999). Portanto, todo som gera uma vibração no meio pelo qual se propaga, entretanto, nem toda vibração produz som audível para nós (RUI; STEFFANI, 2018).

O som também compreende uma variação de pressão muito rápida que se propaga na forma de ondas em um meio elástico, apresentando alguns componentes (Quadro 11), como: Frequência, Período, Velocidade, Comprimento, Intensidade, Pressão e Potência (IAZZETTA, 2010). Entretanto, pode ser caracterizado por apenas três variáveis: frequência, intensidade e duração (IIDA; BUARQUE, 2016).

Quadro 11 - Componentes do som

<b>Componentes</b>	<b>Descrição</b>
Absorção	Consiste na conversão de energia acústica em energia térmica, ocorrendo dissipação ou transmissão, e acontece na superfície dos materiais (MIGUEL; SÉRGIO, 2014).
Reflexão	A onda sonora não é absorvida pela superfície, e sim refletida de volta para o ambiente com ângulo igual ao ângulo de incidência (VALLE, 2009).
Difração	É a propriedade que uma onda sonora possui de transpor obstáculos posicionados entre a fonte sonora e a recepção, mudando sua direção e reduzindo sua intensidade” (CARVALHO, 2010, p. 30).
Reverberação	É um fenômeno acústico que ocorre em um espaço fechado, sendo resultante da repetida reflexão a partir das superfícies ou dos objetos do espaço, tais como janelas, cadeiras ou armários (ANSI, 2002).

Fonte: Elaboração própria (2019)

Quadro 12 - Principais componentes do som

Variáveis	Descrição
Frequência	É o número de flutuações ou vibrações por segundo e é expressa em hertz (Hz) (IIDA; BUARQUE, 2016).
Intensidade	Está relacionada com a energia das oscilações e é definida em termos de potência por unidade de área (IIDA; BUARQUE, 2016).
Duração do som	É uma medida expressa em segundos (IIDA; BUARQUE, 2016).

Fonte: Adaptado de Iida e Buarque (2016)

### 2.4.3 Ruído

Levak, Horvat, e Domitrovic (2008) indicaram que o ruído é um som desagradável que ocorre no ambiente em que as pessoas vivem e trabalham. Ou seja, pode ser entendido como “som indesejável” (IIDA; BUARQUE, 2016). Além disso, o termo também pode ser usado para descrever um sinal acústico aperiódico, originado da superposição de vários movimentos de vibração com diferentes frequências, às quais não apresentam relação entre si (RUSSO, 1993).

Para Oliveira e Arenas (2012), é uma sobreposição de sinais acústicos, não periódicos e com diferentes frequências de vibrações, tendo como poluição sonora a emissão do ruído de forma contínua e fora dos limites normativos. Em cima disso, considera-se que a intensidade sonora audível ao ouvido humano varia entre 20 a 140 dB, quando o som do ambiente se aproxima do extremo máximo poderá surgir sensação de dor física (IIDA, 2005). Logo, valores superiores a essa faixa podem ser considerados nocivos no ser humano, ocasionando em uma sensação auditiva desagradável que interfere na percepção do som desejado (ARAÚJO, 2002).

No aspecto físico, pode ser entendido como uma mistura de vibrações, aferido na escala logarítmica, cuja unidade é o decibel (dB) (IIDA; BUARQUE, 2016). É entendido nessa unidade pois o ouvido humano não apresenta respostas lineares e sim logarítmicas. O decibel é o logaritmo da razão entre o valor medido e um valor de referência padronizado (MIGUEL; SÉRGIO, 2014). O valor medido diz respeito a pressão sonora, que consiste na intensidade das vibrações e é expressa em Newton por metro quadrado ( $N/m^2$ ) ou pascal (Pa).

### 2.4.3.1 Durações dos ruídos

De acordo com a NR-15, o ruído apresenta duas classificações básicas: o ruído de impacto, que apresenta duração inferior a um segundo, em intervalos superiores a um segundo; e o ruído contínuo ou intermitente, que são todos aqueles que não são considerados de impacto. Com relação a duração, o ruído apresenta três classificações: longa, curta e curtíssima duração (Quadro 13).

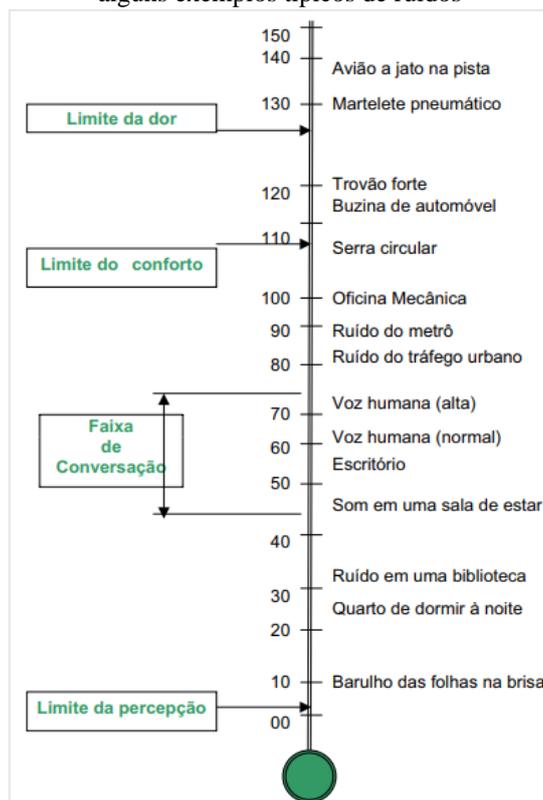
Quadro 13 - Classificação do Ruído

Classificação	Descrição
Ruído de longa duração	Também conhecidos como “ruído de fundo”, ocorre com certa uniformidade durante toda jornada. Na faixa de 70 a 85 dB não provocam mudanças significativas, tanto em tarefas intelectuais como manuais (IIDA; BUARQUE, 2016).
Ruído de curta duração	São ruídos de um ou dois minutos que provocam queda no rendimento tanto no início como no final do período (IIDA; BUARQUE, 2016).
Ruído de curtíssima duração	Também conhecido como ruído de impacto, são aqueles com duração de apenas alguns segundos. São prejudiciais quando os picos de energia acústica atingem níveis de 110 a 135 dB (IIDA; BUARQUE, 2016).

Fonte: Adaptado de Iida e Buarque (2016)

Para entendimento de onde são encontrados os níveis mencionados anteriormente apresenta-se a Figura 3, que expressa a intensidade sonora, o ruído, e os exemplos típicos.

Figura 3 - Escala de ruídos, em decibéis (dB), com os níveis correspondentes das pressões sonoras e alguns exemplos típicos de ruídos



Fonte: Fernandes (2002)

### 2.4.3.2 Limites toleráveis

Segundo Iida e Buarque (2016), os ruídos entre 70 e 90 dB dificultam a conversação e a concentração, podendo provocar aumento dos erros e redução do desempenho, apesar de não trazer sérios danos aos órgãos auditivos. Logo, o cenário ideal consiste na existência de níveis em torno de 70 dB, com uma tolerância máxima de 85 dB para exposições contínuas (IIDA; BUARQUE, 2016).

A Tabela 7 traz um indicativo dos níveis máximos de ruído de acordo com as atividades. Por exemplo, 55 dB é o máximo aceitável para ambientes que exigem silêncio; 60 dB é aceitável em ambientes de trabalho durante o dia; 70 dB é inadequado para trabalhos em escritórios, pois a conversação fica difícil; e 85 dB é o limite máximo tolerado para a jornada de trabalho (IIDA; BUARQUE, 2016).

Tabela 7- Descrição dos níveis de ruído relacionados as atividades

Nível de ruído dB	Atividade
50	A maioria considera como um ambiente silencioso
55	Máximo aceitável para ambiente que exigem silêncio
60	Aceitável em ambientes de trabalho durante o dia
65	Limite máximo aceitável para ambientes ruidosos
70	Inadequado para trabalho em escritórios. Conversação difícil
75	É necessário aumentar a voz para conversação
80	Conversação muito difícil
85	Limite máximo tolerado para jornada de trabalho

Fonte: Iida e Buarque, 2016

A NBR 10152/1987 é mais detalhista nos níveis aceitáveis para os diversos tipos de atividades. A Tabela 8 indica os locais, detalha os ambientes desses locais e apresenta a faixa de ruído aceitável.

Tabela 8 - Níveis de ruídos para os diversos ambientes

Locais	dB(A)
Hospitais	
Apartamentos, Enfermarias, Berçários, Centros cirúrgicos	35 - 45
Laboratórios, Áreas para uso do público	40 - 50
Serviços	45 - 55
Escolas	
Bibliotecas, Salas de música, Salas de desenho	35 - 45
Salas de aula, Laboratórios	40 - 50
Circulação	45 - 55
Hotéis	
Apartamentos	35 - 45
Restaurantes, Salas de Estar	40 - 50
Portaria, Recepção, Circulação	45 - 55
Residências	
Dormitórios	35 - 45

Salas de estar	40 - 50
Auditórios	
Salas de concertos, Teatros	30 - 40
Salas de conferências, Cinemas, Salas de uso múltiplo	35 - 45
Restaurantes	40 - 50
Escritórios	
Salas de reunião	30 - 40
Sala de gerência, Salas de projetos e de administração	35 - 45
Salas de computadores	45 - 65
Salas de mecanografia	50 - 60
Igrejas e Templos (Cultos mediativos)	40 - 50
Locais para esporte	
Pavilhões fechados para espetáculos e atividades esportivas	45-60

Fonte: NBR 1052/1987

### 2.4.3.3 Tempo de exposição

O tempo de exposição permissível foi definido pela NR 15 e está expressa na Tabela 9. Exemplificando, para um nível 85 dB a máxima exposição seria de 8 horas diárias; para 100 dB uma exposição máxima de 1 hora; e para um ruído de 115 dB uma exposição máxima de 7 minutos.

Tabela 9 - Níveis de ruídos para os diversos ambientes

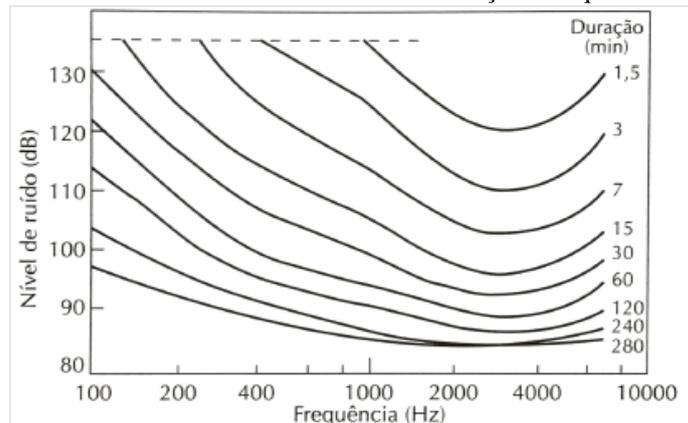
Nível de ruído dB(A)	Máxima exposição diária permissível
85	8 horas
86	7 horas
87	6 horas
88	5 horas
89	4 horas e 30 minutos
90	4 horas
91	3 horas e 30 minutos
92	3 horas
93	2 horas e 40 minutos
94	2 horas e 15 minutos
95	2 horas
96	1 hora e 45 minutos
98	1 hora e 15 minutos
100	1 hora
102	45 minutos
104	35 minutos
105	30 minutos
106	25 minutos
108	20 minutos
110	15 minutos
112	10 minutos
114	8 minutos
115	7 minutos

Fonte: NR 15

Alguns pesquisadores destacaram a frequência do som como um importante indicador no tempo de exposição ao ruído. Por exemplo, para Lida e Buarque (2016) “o tempo de exposição depende também das frequências do som. Para o mesmo nível de

ruído, se a frequência aumentar, esse tempo de exposição tende a diminuir”, esse cenário é mostrado pela Figura 4 abaixo.

Figura 4- Níveis de ruídos levando em consideração a frequência do som



Fonte: Iida e Buarque (2016)

#### 2.4.4 Conforto Acústico

O conforto de maneira geral é um estado de bem-estar quanto às condições existentes. Com o conforto acústico não é diferente, e poder ser definido com o estado de bem-estar com relação às variáveis acústicas existentes, estando intimamente relacionada com a qualidade do som e o isolamento dos ruídos (FREITAS, 2005).

Para obtenção desse estado, deve-se mensurar todas as fontes emissoras de ruído e avaliar a percepção do usuário (FREITAS, 2005; FRONTCZAK; WARGOCKI, 2011). Destaca-se o aspecto subjetivo, pois as condições existentes podem predispor indivíduos a ter uma sensação de aborrecimento ou uma avaliação negativa sobre as condições ambientais (GUSKI, FELSCHER-SUHR e SCHUEMER, 1999).

Além disso, o ambiente acústico está relacionado com a qualidade acústica, apresentando influência na produtividade, ansiedade e condições satisfatórias de saúde (MAK; LUI, 2012; TO, MAK, e CHUNG, 2015). Para garantir a obtenção de um ambiente aceitável nesse aspecto, uma série de normas foram elaboradas e são seguidas no desenvolvimento e otimização dessa variável.

##### 2.4.4.1 Síntese das Normas

A Norma ISO 1999:1990 apresenta a metodologia para a estimativa da exposição ao ruído em dB para uma jornada de trabalho de 40 horas semanais. Além disso, a porcentagem das pessoas que podem desenvolver alterações em seus limiares auditivos para exposições em faixas de frequência 500, 1.000 e 2.000 Hz. Contudo, essa norma foi revisada e substituída pela Norma ISO 1999:2013.

Com relação a NHO 01 (2001) desenvolvida pela FUNDACENTRO, ela avalia a exposição ocupacional ao ruído. Além disso, é uma norma de procedimentos técnicos, que traz em seu escopo métodos de avaliação, definição de critérios e parâmetros, limites de tolerância e indicação de medidas de controle para o ruído.

A NR-15 (2011) por sua vez abrange alguns anexos. O primeiro, referente a ruído contínuo ou intermitente, apresenta os limites de tolerância para um tempo de exposição baseado na jornada de trabalho de 8 horas diárias. O segundo, com relação aos limites de tolerância para ruído de impacto, apresenta os limites de exposição para esse tipo de ruído.

A NBR 10151/2000 especifica as condições exigíveis para avaliação da aceitabilidade do ruído, além disso, também especifica um método para a medição de ruído e a aplicação de correções nos níveis medidos. Já a NBR 10152/2017 estipula o procedimento para execução de medições de níveis de pressão sonora em ambientes internos a edificações, além de determinar os valores de referência para avaliação sonora nesses ambientes.

## **2.5 ASPECTOS LUMÍNICOS**

O processo de ensino aprendizagem ao longo dos anos passou por inúmeras mudanças. Nos últimos anos, o advento da internet, desenvolvimento da tecnologia, e maior acessibilidade a esses aspectos trouxe mudanças radicais no processo de ensino. Nesse contexto, as universidades estão utilizando cada vez mais aparatos tecnológicos, tornando o aprendizado mais interativo e permitindo novas formas de interação entre professor e aluno. Todo esse cenário trouxe mudanças no ambiente físico, e principalmente nas condições de iluminação do ambiente (BECKERS, VAN DER VOORDT e DEWULF, 2015; CASTILLA *et al.*, 2018; UZELAC, GLIGORIC e KRKO, 2015).

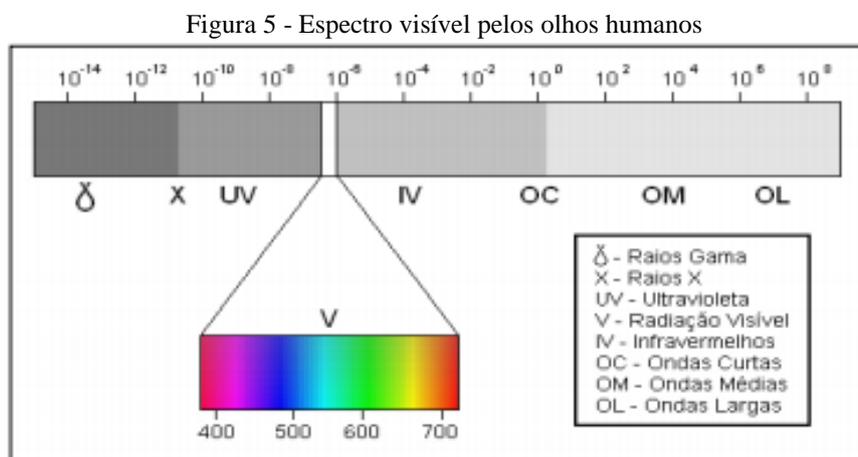
As condições de iluminação dos ambientes de ensino influenciam diretamente na vida dos estudantes e professores. Primeiro, a luz não influencia apenas a visão e as respostas visuais, repercute no relógio biológico, acarretando em influências negativas no funcionamento corporal e no humor. Segundo, influencia no bem-estar, concentração e atenção, apresentando efeitos consideráveis no desempenho visual e no processo de aprendizagem. Terceiro, fazem parte das condições estruturais do ambiente, sendo um fator condicionante no processo de interação entre o estudante e o ambiente físico (BARKMANN, WESSOLOWSKI, SCHULTE-MARKWORT, 2012; BELLIA, PEDACE ; BARBATO, 2013; KORSAVI, ZOMORODIAN e TAHSILDOOST, 2016) .

Os estudantes nos ambientes de ensino compreendem as condições de iluminação a partir da percepção, que capta as condições existentes e pode conduzir ao estado de bem-estar. A percepção apresenta duas características importante no entendimento das condições lumínicas. A primeira característica é a iluminância, que consiste no fluxo luminoso que incide sobre determinada área, sendo expresso em lux (lx). A segunda característica é temperatura da cor, sendo oriunda da combinação dos comprimentos de onda oriundos de uma determinada fonte, estando relacionados com a temperatura térmica do ambiente (BARKMANN, WESSOLOWSKI, SCHULTE-MARKWORT, 2012).

A percepção está diretamente relacionada ao conforto visual, que consiste no estado de contentamento, bem-estar, ou acomodação com as condições lumínicas do ambiente. Essa situação é fácil de ser identificada, entretanto, todo o processo até a captação da luz pelo globo ocular é mais complexo. Logo, para um entendimento geral dessa temática é necessário abordar alguns conceitos: luz, iluminação, visão e síntese das normas.

### 2.5.1 Luz

A luz pode ser entendida como a radiação eletromagnética que produz a sensação visual, entretanto, só é identificada pelos olhos humanos em uma parte restrita do espectro eletromagnético (Entre as frequências 400nm e 700nm), situada entre a radiação infravermelha e ultravioleta (MAGALHÃES, 2001), como mostra a Figura 5. Nunes (2006) enfatizou que radiações ultravioletas e infravermelhas não são visíveis aos olhos humanos, sendo possível enxergar apenas a gama de radiações entre essas duas faixas.

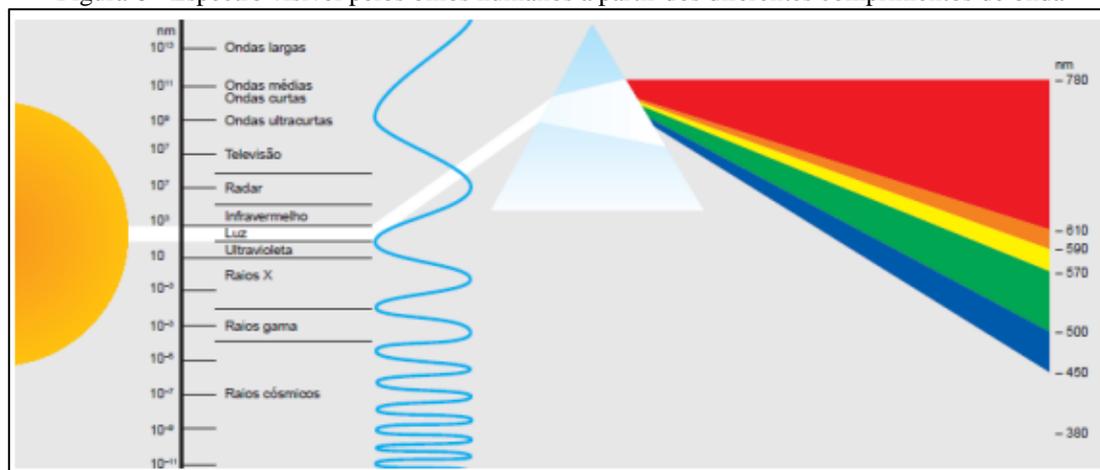


Fonte: Bartolomeu (2003)

Ferreira (2015) explanou que uma fonte emite ondas eletromagnéticas com diferentes comprimentos de onda, entretanto, apenas uma gama é perceptível ao olho

humano (Figura 6). Pritchard (1999), por sua vez, indicou que a forma de energia capaz de incidir na retina e provocar a visão humana é a radiação eletromagnética visível, chamada de luz.

Figura 6 - Espectro visível pelos olhos humanos a partir dos diferentes comprimentos de onda



Fonte: Ferreira (2015) *apud* Manual Osram

A luz é essencial na realização de uma série de atividades (PAIS, 2011), passando pelas atividades domésticas, proporcionando condições satisfatórias no ambiente de trabalho, além de garantir condições básicas para o provimento da saúde e segurança do trabalhador. Nesse sentido, a existência de fontes lumínicas adequadas permite criar um ambiente com condições de iluminação satisfatórias, respeitando a saúde e garantindo o bem-estar dos usuários.

## 2.5.2 Iluminação

Para compreender as condições de iluminação do ambiente é necessário entender as variáveis que compõem essa temática (Quadro 14). Inicialmente, assume-se a existência de uma fonte com uma distância ( $D$ ) de uma superfície, que emite uma energia luminosa, chamada de Fluxo luminoso ( $F$ ). Esse fluxo apresenta uma intensidade, chamada de Intensidade luminosa ( $I$ ). A luz que incide sobre a superfície ( $S$ ) recebe o nome de Iluminamento ( $E$ ), enquanto que a luz emitida por essa superfície e captada pelo olho humano denomina-se Luminância ( $L$ ). Existe ainda a refletância ( $R$ ), que consiste na proporção da luz refletida pela superfície em relação à incidente (IIDA e MAGALHÃES, 2016).

Quadro 14 - Variáveis que compõem a iluminação

Variável	Unidade	Definição
I – Intensidade luminosa	Candela (cd)	Luz emitida por uma fonte ou refletida em uma superfície iluminada
F – Fluxo luminoso	Lúmen (lm)	Energia luminosa que flui a partir de uma fonte

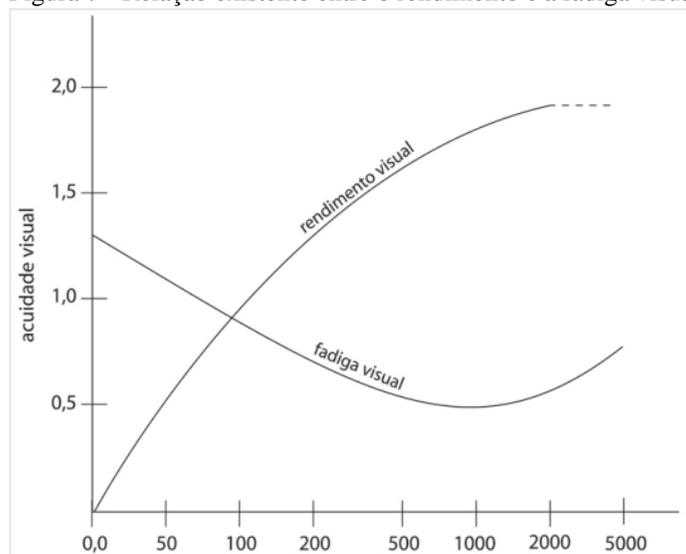
E- Iluminamento	Lux (lx) / Lúmens/m <sup>2</sup>	Quantidade de luz que incide sobre uma superfície
L – Luminância	Cadela por m <sup>2</sup> (cd/m <sup>2</sup> )	Quantidade de luz emitida por uma superfície e percebida pelo olho humano
R –Refletância	(%)	Proporção da luz refletida pela superfície em relação à incidente.
S – Superfície iluminada	m <sup>2</sup>	Área ou espaço iluminado.
D – Distância entre a fonte e a superfície.	m	Distância em metros da fonte geradora a superfície iluminada.

Fonte: Adaptado de Iida e Magalhães (2016)

A iluminação pode ser compreendida como um guia que altera o conteúdo das informações do campo visual, apresentando alguns efeitos no comportamento e bem-estar dos usuários (VIEIRA, 2016 *apud* FLYNN *et al.* 1973). Essa influência fez surgir a necessidade de se obter condições satisfatórias, sendo chamado de conforto luminoso, que é considerado um fator de suma importância para a saúde e produtividade das pessoas (MARINCIC; OCHOA, 2003).

Nesse contexto, não é aumentando os níveis de iluminamento sem precedentes que vão ocorrer melhoras significativas. Segundo Iida e Guimarães (2016), o rendimento visual tende a crescer, com o logaritmo do iluminamento a partir de 10 lux até cerca de 1000 lux, quanto a fadiga visual se reduz nessa faixa. A partir desse ponto, os aumentos do iluminamento não provocam melhoras sensíveis do rendimento, mas a fadiga visual começa a aumentar (Figura 7).

Figura 7 - Relação existente entre o rendimento e a fadiga visual



Fonte: Iida e Guimarães (2016) *apud* Hopkins e Collins (1970)

Para determinados ambientes são estimados níveis de iluminamento. O Quadro 15 desenvolvido por Iida e Guimarães (2016) trouxe um panorama das recomendações, indicando o tipo de iluminação, a recomendação em lux e exemplos de aplicação.

Quadro 15 - Níveis de iluminação recomendado para algumas tarefas típicas

<b>Tipo</b>	<b>Iluminamento recomendado (lux)</b>	<b>Exemplos de aplicação</b>
Iluminação geral de ambientes externos	5 – 50	Iluminação externa de locais públicos, como ruas, estradas, pátios.
Iluminação geral para locais de pouca exigência visual	20 - 50	Iluminação mínima de corredores, almoxarifados e estacionamentos.
	100 – 150	Escadas, corredores, banheiros, zonas de circulação, depósitos e almoxarifados.
Iluminação geral em locais de trabalho	200 – 300	Iluminação mínima de serviço. Fábricas com maquinaria pesada. Iluminação geral de escritórios, hospitais, restaurantes.
	400 – 600	Trabalhos manuais pouco exigentes. Oficinas em geral. Montagem de automóveis, indústria de confecções. Leitura ocasional e arquivo. Sala de primeiros socorros.
	1.000* - 1.500*	Trabalhos manuais precisos. Montagem de pequenas peças, instrumentos de precisão e componentes eletrônicos. Trabalhos com revisão e desenho detalhados.
Iluminação localizada	1.500 – 2.000	Trabalhos minuciosos e muito detalhados. Manipulação de peças pequenas e complexas. Trabalhos de relojoaria.
Tarefas especiais	3.000 – 10.000	Tarefas especiais de curta duração e de baixos contrastes, como em operações cirúrgicas.

Fonte: Iida e Guimarães (2016)

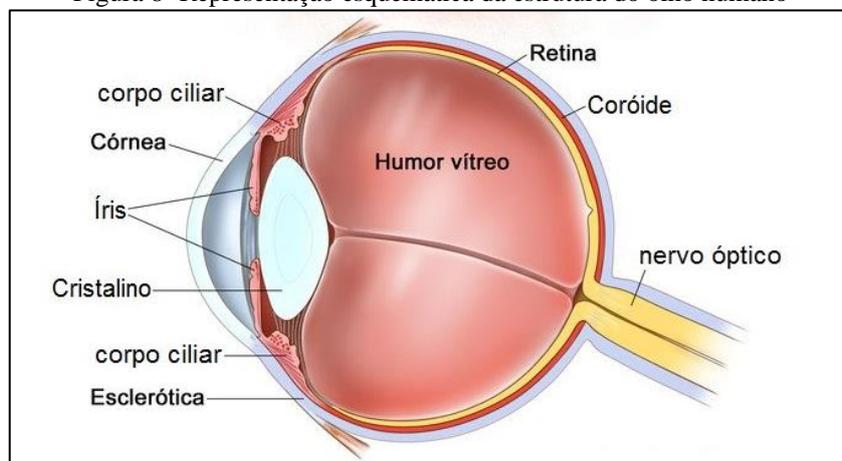
### 2.5.3 Visão

Segundo Iida e Guimarães (2016), a visão é o sentido mais importante que possuímos, tanto para o trabalho como para a vida diária. Essa importância é destacada por Masini (1994), ao indicar que é o sentido que promove a integração das atividades motora, perceptiva e mental. Além disso, pode ser entendido como o mais sofisticado e objetivo dos sentidos, permitindo o reconhecimento do mundo externo e fornece um relato minucioso e simultâneo de posição, forma, cor, tamanho e distância (FIGUEIRA, 2016).

Segundo Iida e Magalhães (2016), o olho humano é um globo em forma esférica, com estrutura que se assemelha a uma câmera fotográfica. É revestido por uma membrana e fica cheio de líquido. Quando os olhos estão abertos, a luz passa através da pupila, que é uma abertura da íris. Tal como acontece na câmara fotográfica, a abertura da pupila ajusta-se automaticamente para controlar a quantidade de luz que penetra no olho. Essa luz aumenta na penumbra e se reduz sob luz forte. Logo atrás da pupila situa-se o

crystalino, que é a lente do olho. O foco é ajustado com alterações na curvatura da lente, provocadas pela musculatura ciliar (pequenos músculos situados dentro do globo ocular). No fundo do olho fica a retina, que seria equivalente ao filme na analogia com a câmara fotográfica (IIDA e MAGALHÃES, 2016). Essa estrutura está sintetizada na Figura 8.

Figura 8- Representação esquemática da estrutura do olho humano



Fonte: [http://www.oftalmologistabh.com.br/manual-anatomicamente-completo-sobre-o-olho-humano/](http://www OftalmologistaBH.com.br/manual-anatomicamente-completo-sobre-o-olho-humano/)

A percepção visual apresenta características próprias, sendo as principais: Acuidade Visual; Acomodação; Convergência; e Percepção das cores (IIDA; MAGALHÃES, 2016). O Quadro 16 descreve cada uma delas.

Quadro 16 - Características da percepção visual

Características	Descrição
Acuidade Visual	Capacidade visual para discriminar pequenos detalhes. Depende de muitos fatores, sendo que os mais importantes são a intensidade luminosa e o tempo de exposição (IIDA e MAGALHÃES, 2016).
Acomodação	Capacidade dos olhos em focalizar objetos a várias distâncias. Isso torna-se possível pela mudança de forma do cristalino, pela ação dos músculos ciliares (IIDA e MAGALHÃES, 2016).
Convergência	Capacidade dos dois olhos se moverem coordenadamente, para focalizar o mesmo objeto. Esses movimentos são provocados por três pares de músculo oculares, que se situam na parte externa do globo ocular (IIDA e MAGALHÃES, 2016).
Percepção das cores	O olho humano é sensível a radiações eletromagnéticas na faixa de 400 a 750 nanômetros, ou a 0,4 a 0,75 microns, mas não tem sensibilidade uniforme para todos os comprimentos de onda dessa faixa (IIDA e MAGALHÃES, 2016).

Fonte: Elaboração própria (2018)

#### 2.5.4 Síntese das Normas

Analisar a iluminação nos ambientes de ensino não é algo recente (HATHAWAY, 1992; SCHULZ, 1977; TREICHEL, 1974). Os estudos mostram que muitos ambientes

aparentam ter condições aceitáveis, entretanto, quando avaliados minuciosamente apresentam pontos deficientes, que podem comprometer a saúde e o bem-estar dos ocupantes.

Corroborando esse cenário, Winterbottom e Wilkins (2009) analisaram a iluminância na mesa dos alunos, o brilho oriundo da projeção dos dados, e o brilho oriundo da cortina das janelas. O estudo desenvolvido em 90 salas de aula, indicou que 80% dos ambientes apresentavam condições propícias ao surgimento de dores de cabeça e prejudicial ao desempenho individual. Além disso, a iluminância média das mesas variaram entre inadequadas e excessiva, resultando em excesso de brilho, podendo ocasionar desconforto mediante a fadiga ocular e dores de cabeça.

Gentile *et al.* (2016) analisaram quatro salas, com um total de 72 alunos na Suécia. O principal resultado desse estudo foi com relação a regulação dos níveis de cortisol, o hormônio do estresse. O sistema de iluminação mecânico, representado pela utilização de lâmpadas, se mostrou menos eficiente do que a iluminação natural no controle dos níveis desse hormônio. Esse resultado reacende o alerta acerca das condições iluminação ambientes de ensino, pois identifica-se que as condições internas podem impactar negativamente nos níveis de estresse dos estudantes.

Barkmann, Wessolowski e Schulte-Markwort (2012) realizaram um estudo comparativo entre salas de aula com iluminação padrão e outra com iluminação variável. A iluminação variável se caracterizava por mudanças das condições iluminância e temperatura de cor durante o período da aula. Um dos resultados encontrados que merece ser destacado é com relação a atenção ou erros de omissão. Durante os nove meses de análise, os estudantes submetidos a iluminação tradicional apresentaram um número de omissões nas tarefas consideravelmente maior do que os alunos submetidos a iluminação variável. Esse resultado, sugere que possivelmente as condições dos ambientes com iluminação tradicional estavam aquém do necessário para otimização do desempenho.

Os estudos citados anteriormente mostram que os ambientes de ensino tendem a apresentar condições insatisfatórias, que só podem ser comprovadas mediante análises minuciosas. Uma das etapas para avaliação desses ambientes é a partir da consulta aos padrões normativos. Quando os ambientes estão compatíveis com as diretrizes normativas, os ocupantes tendem a entrar em um estado de conforto e bem-estar, permitindo o melhor desempenho da atividade, minimizando a possibilidade de erros.

Com relação às normas, cita-se a NBR 5413/1992, a NBR 8995-1/2013 e a NR-17. A primeira estabelece os valores de iluminâncias médias mínimas em serviço para

iluminação artificial em interiores, onde se realizem atividades de comércio, indústria, ensino, esporte e outras. A segunda por sua vez, especifica os requisitos de iluminação para locais de trabalho internos e os requisitos para que as pessoas desempenhem tarefas visuais de maneira eficiente, com conforto e segurança durante todo o período de trabalho. Por fim, a terceira norma no tópico 17.5, estabelece parâmetros que permitam a adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores, visando proporcionar o máximo de conforto e segurança.

Com o domínio dos conceitos aqui apresentados, torna-se possível adentrar em algumas das principais pesquisas desenvolvidas. Para isso, o tópico subsequente apresenta um panorama geral dos principais artigos, que foram publicados em periódicos de alto fator de impacto.

## 2.6 CONSIDERAÇÕES ACERCA DOS ESTUDOS NESSA ÁREA

A revisão da literatura indicou a predominância dos estudos nos continentes asiático e europeu. Esse cenário reforça a importância dada para o processo educacional nessas localidades, além do maior reconhecimento da capacidade de influência das variáveis ambientais no processo de ensino-aprendizagem.

Com relação ao Brasil, apenas três estudos se adequaram aos parâmetros metodológicos utilizados na busca dos científicos. Entretanto, não eram estudos holísticos e nenhum deles investigou a influência das variáveis ambientais no desempenho dos estudantes. Por exemplo, de Abreu-Harbich *et al.* (2018) avaliaram apenas as condições térmicas; Jurado, Bankoff e Sanchez (2014) as condições térmicas e de qualidade do ar; e Zannin e Ferreira (2009) as condições acústicas.

A identificação das variáveis ambientais investigadas permitiu que fossem extraídas algumas informações importantes. Primeiro, identificou-se em grande escala na literatura estudos que analisaram apenas uma variável ambiental. Conforme mostra o Quadro 17, a variável térmica foi a que apresentou o maior número de estudos. A segunda mais analisada foi a variável acústica, seguida pela avaliação da qualidade do ar, e por último, a análise das condições lumínicas.

Quadro 17 - Trabalhos que analisaram uma variável

VARIÁVEIS	AUTORES
Acústica	Yang e Mak (2017); Madbouly <i>et. al.</i> (2016); Minichilli <i>et. al.</i> (2018); Dongre <i>et. al.</i> (2017); Choi <i>et. al.</i> (2016); Hoque (2016); John <i>et. al.</i> (2016); Shiel <i>et. al.</i> (2015); Avsar; Gonullu (2010); Zanin e Ferreira (2009); Dongre <i>et. al.</i> (2017); Wang <i>et. al.</i> (2016); Choi (2016); Zannin e Ferreira (2009);

Lumínica	Barkmann <i>et. al.</i> (2012); van Someren <i>et. al.</i> (2018); Gentili <i>et. al.</i> (2016); Korsavi <i>et. al.</i> (2016); Winterbottom; Wilkins (2009)
Térmica	de Abreu-Harbach <i>et. al.</i> (2018); Zaki <i>et. al.</i> (2017); Mishra e Ramgopal (2015) Kim <i>et. al.</i> (2018); Dear <i>et. al.</i> (2015); Wang <i>et. al.</i> (2017); Kafatygiotou e Serghides (2014); Jian <i>et. al.</i> (2018); Fang <i>et. al.</i> (2018); Wang <i>et. al.</i> (2016); Nico <i>et. al.</i> (2015); Pistore <i>et. al.</i> (2015); Wong; Khoo (2003); Hwang <i>et. al.</i> (2006); Buratti; Ricciardi (2009); Corgnati <i>et. al.</i> (2009); Cao <i>et. al.</i> (2011); Jung <i>et. al.</i> (2012); Wang <i>et. al.</i> (2014); Mishra e Ramgopal (2014); Chen <i>et. al.</i> (2014); Fang <i>et. al.</i> (2018); Wang <i>et. al.</i> (2016); Hoque; Weill (2016); Nico <i>et. al.</i> (2015); Mishra; Ramgopal (2015); Jung <i>et. al.</i> (2011); Ricciardi; Burati (2009); Corgnati <i>et. al.</i> (2009);
Qualidade do ar	Yang <i>et. al.</i> (2015); Jurado <i>et. al.</i> (2014); Al-Hubail e Al-Temeemi (2015); Zee <i>et. al.</i> (2017); Grisoli <i>et. al.</i> (2012); Gaidajis; Angelakoglou (2009); Grisoli <i>et. al.</i> (2012); Gaidajis; Angelakoglou (2009);

Fonte: Elaboração própria (2018)

Na análise dos trabalhos que analisaram duas variáveis, predominou a associação entre as condições térmicas e de qualidade do ar. Entre os estudos que avaliaram duas variáveis ambientais, Krawczyk *et al.* (2017) avaliaram de forma objetiva as condições térmicas e acústicas em ambientes de ensino localizados na Polônia e Espanha. Além disso, também identificaram a percepção dos usuários e a correlacionaram com as condições ambientais existentes. Em contrapartida, o estudo não se propôs a avaliar o desempenho, logo, não compreendeu como as condições existentes estavam impactando no processo de ensino-aprendizagem dos ocupantes.

Na Holanda, Mishra *et al.* (2017) avaliaram como as condições térmicas e de qualidade do ar estavam sendo oferecidas aos alunos. Também foi analisada a percepção dos estudantes e realizou-se uma comparação com as condições ambientais existentes. Logo, identificou-se uma adaptação gradual ao ambiente térmico, em que as condições de ventilação e de qualidade do ar não impactaram negativamente nessa relação. Por fim, o artigo não analisou como as condições existentes estavam influenciando no desempenho.

Partindo para América Central, mais precisamente nos EUA, Haverinen-Shaughnessy *et al.* (2015) examinaram como a térmica e qualidade do ar estavam influenciando no desempenho dos alunos. Nos resultados encontrados, identificou-se uma forte correlação entre o desempenho nos testes de leitura e matemática com a temperatura e taxa de ventilação. Além disso, comprovou-se que baixas temperaturas associadas com altas taxas de ventilação estavam correlacionadas aos melhores desempenhos nos testes citados anteriormente.

O trabalho conseguiu quantificar a influência das variáveis ambientais no desempenho a partir de modelos matemáticos, comprovando quantitativamente a real influência das variáveis no processo de ensino-aprendizagem. Contudo, o estudo não analisou aspectos de iluminação e qualidade do ar, e não utilizou a percepção do usuário no desenvolvimento das modelagens.

Já na região sul da Ásia, no Paquistão, Asif *et al.* (2018) investigaram como as condições térmicas e de qualidade do ar estavam dispostas em ambientes climatizados e ventilados naturalmente. O trabalho pode ser considerado puramente de avaliação, pois não levou em consideração a opinião do usuário e não avaliou o desempenho.

O trabalho se propôs a analisar as condições internas, compreendendo a relação entre as variáveis internas e externas, além de realizar uma análise comparativa entre os ambientes ventilados naturalmente e mecanicamente. Logo, comprovou-se que o tipo de ventilação associado a taxa de ocupação apresentou grande influência nas condições de qualidade do ar. Além disso, identificou-se que as condições arquitetônicas associadas as condições externas influenciaram no ambiente interno.

No continente Europeu, Sarbu e Pacurar (2015) utilizaram correlação e modelos de regressão para compreender como o ambiente estava influenciando no desempenho dos estudantes. Desenvolveu-se o estudo com ênfase nas variáveis térmicas e de qualidade do ar, além de compreender a percepção dos estudantes acerca de duas salas de aula na Romênia. Logo, comprovou-se que as condições ambientais afetaram fortemente o desempenho dos alunos, no qual obtiveram o melhor resultado para a temperatura de 27°C. Além disso, identificou-se que os efeitos da temperatura são sentidos de forma imediata, enquanto que os efeitos da ventilação necessitaram de uma exposição no longo prazo.

O trabalho utilizou modelos quantitativos para mensurar o impacto das variáveis térmicas no desempenho dos estudantes. Entretanto, não analisou os aspectos acústicos e de iluminação, fazendo com que o impacto dessas variáveis não fosse quantificado. Além disso, não introduziu a percepção do usuário no desenvolvimento das modelagens matemáticas.

Os estudos apresentados anteriormente investigaram a influência de duas variáveis ambientais. A partir de agora, apresenta-se os estudos que analisaram a influência de pelo menos três variáveis ambientais.

Os estudos com três variáveis permitem um panorama mais amplo acerca das condições de um ambiente. Nesse sentido, Marchand *et al.* (2014) realizaram um estudo

em salas de aula no EUA, investigando como as condições térmicas, acústicas e lumínicas afetavam o processo de aprendizagem. Entre os resultados encontrados, observou-se que as condições ambientais não apresentaram um efeito mensurável no desempenho das atividades de leitura. Por outro lado, as condições existentes influenciaram negativamente no desempenho de aprendizagem na modalidade de audição.

O trabalho conseguiu comprovar quantitativamente a influência das variáveis ambientais no desempenho da modalidade de audição. Contudo, não investigou os aspectos da qualidade do ar, e não associou a percepção ambiental com o desempenho obtido nas respectivas modalidades.

Na mesma linha, Ricciardi e Buratti (2018) desenvolveram um estudo na Itália. Inicialmente, foram avaliadas as condições térmicas, acústicas e lumínicas. Porém, o foco da pesquisa estava na análise subjetiva, isto é, na percepção dos estudantes. Em decorrência, não investigou o desempenho, inviabilizando a mensuração da influência das condições ambientais e da percepção.

A revisão da literatura também indicou que poucos estudos analisaram o ambiente holisticamente. Entende-se como holístico, aqueles trabalhos que analisaram o impacto das quatro variáveis ambientais: térmica, acústica, lumínica e qualidade do ar no bem-estar e desempenho dos estudantes.

Entre esses estudos, apresenta-se o desenvolvido por Lee *et al.* (2012), que analisaram as condições internas de salas de aula do ensino universitário em Hong Kong. Em paralelo, avaliaram a percepção dos usuários e correlacionaram os resultados encontrados com o desempenho. Logo, identificaram que os problemas relatados acerca da qualidade ambiental interna apresentavam um impacto semelhante no desempenho de aprendizagem. Tal resultado é importante, pois constaram uma correlação entre o número de reclamações e o desempenho dos estudantes.

Apesar de ser um trabalho que analisa o ambiente de forma holística e investiga o desempenho, alguns pontos merecem ser destacados. Primeiro, o estudo não quantificou a influência das variáveis ambientais e da percepção no desempenho. Assumiu-se apenas a existência de uma possível correlação. Além disso, analisou-se o desempenho de forma subjetiva, utilizando desempenho auto referido.

Yang *et al.* (2013) também analisaram todas as áreas ambientais, entretanto de forma subjetiva. No trabalho desenvolvido nos EUA, os autores analisaram de forma holística a percepção dos alunos sobre os diferentes atributos da sala de aula e como essas variáveis influenciavam no desempenho. Os resultados mostraram que os alunos estavam

insatisfeitos com as condições lumínicas e acústicas. Entretanto, apenas a acústica teve alto impacto no desempenho das atividades realizadas no ambiente.

O estudo é interessante por apresentar uma visão holística, entretanto, trabalha apenas com a avaliação subjetiva. Isto é, avalia as condições ambientais exclusivamente através da opinião dos usuários. Em virtude desse enfoque, não aferiu as variáveis físicas e não se propôs a quantificar a influência das variáveis no desempenho dos estudantes.

Outro estudo holístico com enfoque subjetivo foi desenvolvido por Castila *et al.* (2017) na Espanha. Os autores comprovaram estatisticamente que seis fatores explicaram 64% da variabilidade da percepção ambiental: layout; ambiente acolhedor e agradável; conforto ambiental; design moderno; boa iluminação natural; e boa iluminação artificial. Além disso, identificou-se que a otimização do ambiente educacional passa pelo aumento da sensação de conforto, que está diretamente relacionada com a capacidade de concentração na atividade.

Seguindo a linha do enfoque subjetivo, Ramprasad e Subbaiyan (2017) utilizaram a percepção dos estudantes para avaliar a qualidade ambiental interna de uma sala de aula em um instituto localizado na Índia. Logo, identificou-se que os fatores ambientais tiveram uma influência positiva no ambiente, caracterizando-o como propício ao aprendizado. Além disso, teve influência na satisfação acadêmica, repercutindo no desempenho.

Todo estudo holístico é interessante, pois permite um entendimento amplo das condições existentes. Porém, essa pesquisa não analisou o desempenho dos ocupantes, e conseqüentemente não quantificou o impacto das variáveis ambientais e da percepção no desempenho.

Identificar as variáveis abordadas nos estudos permitiu diagnosticar uma possível lacuna quanto a análise conjunta das variáveis térmicas, acústica, lumínicas e de qualidade do ar em ambientes climatizados de ensino superior. Na leitura desses trabalhos holísticos, observou-se uma tendência por análises subjetivas, isto é, utilizar exclusivamente a opinião dos estudantes para avaliar os aspectos ambientais existentes.

No que tange a avaliação subjetiva, cerca de 78% dos artigos que compuseram a revisão da literatura analisaram a opinião do usuário quanto às condições existentes. Entretanto, apenas 10% dos artigos analisou a percepção em associação com desempenho. Além disso, apenas um desses trabalhos quantificou a influência da percepção ambiental no desempenho dos estudantes dentro do ambiente de ensino.

Com relação aos aspectos metodológicos dos trabalhos analisados, predominaram os seguintes métodos: Estudo de Caso e Experimento. O Estudo de Caso apresentou maior incidência na presente amostra. Nesse método, os pesquisadores avaliaram as condições reais, o cenário existente, sem nenhuma modificação ou ajuste. Já nas pesquisas que utilizaram o método experimental, manipulou-se as variáveis para entender as possíveis influências na percepção e no desempenho dos estudantes.

Na avaliação das variáveis ambientais, identificou-se os seguintes aspectos: (i) com relação as condições térmicas, os estudos normalmente aferiam os parâmetros objetivos (temperatura do ar, umidade relativa, temperatura radiante, velocidade relativa) os parâmetros subjetivos (percepção térmica), e utilizam o modelo adaptativo (PMV) avaliar as condições de conforto; (ii) com relação a qualidade do ar, a variável aferida foi o material particulado, com ênfase nas partículas de Diâmetro  $\leq 2,5 \mu\text{m}$ ; com relação à acústica aferia-se predominantemente o nível de ruído; e as condições de iluminação foram predominantemente diagnosticadas a partir da aferição da iluminância.

Por fim, constatou-se uma diversificação quanto ao método estatístico utilizado na análise da influência das variáveis ambientais no desempenho. Por exemplo, Lee *et al.* (2012) e Sarbu e Pacurar (2015) utilizaram correlação. Por outro lado, Barkamann *et al.* (2012), Marchand *et al.* (2014) e Mishra e Ramgopal (2015) utilizaram ANOVA e Teste de Hipótese. Além de Yang *et al.* (2013), que utilizaram Regressão múltipla para desenvolver essa análise.

A diversificação nos métodos estatísticos pode ser explicada por alguns fatores. Como primeiro fator, identificou-se que o objetivo principal da pesquisa tem relação direta com a escolha do método. Por exemplo, trabalhos que buscavam investigar se as variáveis ambientais influenciavam no desempenho dos estudantes, utilizaram apenas correlação. Por outro lado, trabalhos que visavam quantificar a influência dessas variáveis necessitavam de uma estatística mais profunda, por exemplo, modelos de regressão.

O segundo fator refere-se à correlação das variáveis, que podem estar correlacionadas positivamente, negativamente ou não apresentarem relação. Entender essa relação e o tipo de distribuição existente também influencia na escolha do procedimento estatístico. Por último, a variável desempenho também vai influenciar na escolha do método, pois esse tipo de variável pode ser expressa de várias formas: contínua, discreta, nominal, ordinal e dicotômica.

Conhecido esse panorama geral, é importante apresentar os métodos estatísticos básicos e que foram importantes para o desenvolvimento do presente estudo. Logo, o tópico posterior apresenta o aspecto conceitual dos métodos utilizados.

## 2.7 MÉTODOS ESTATÍSTICOS

O presente tópico está subdividido em três vertentes: Modelos Lineares Generalizados, Análise fatorial, Equações Estruturais e Redes Bayesianas.

### 2.7.1 Modelos Lineares Generalizados

Os dados coletados em uma pesquisa, conhecidos como dados brutos, por si só não possibilitam uma compreensão e entendimento crítico. Entretanto, quando eles passam por uma análise estatística, são submetidos a um processo de tratamento e validação, possibilitando a interpretação e inferência (IGNÁCIO, 2010; NORMANDO *et al.*, 2010).

Além da estatística, a modelagem matemática surge como uma importante ferramenta na análise dos dados, pois possibilita compreender como as variáveis estão inter-relacionadas. O modelo pode ser entendido como uma representação da realidade ou de um evento, de modo que as características essenciais e o comportamento da situação analisada devem compor essa representação. Logo, por serem aplicados a situações reais, são utilizados em diferentes campos da atividade humana, como: Matemática, Economia, Física, Química, Psicologia, Comunicação, Demografia, Astronomia e Engenharia (SODRÉ, 2007).

Os Modelos Lineares Generalizados (MLG) estão entre os tipos de modelagem, e correspondem a uma síntese de modelos matemáticos, unificados nos aspectos teóricos e conceitual. Esse tipo de modelagem vem ganhando destaque nas últimas décadas, pois as características unificadas permitem uma análise computacional mais rápida (ANTÓNIA; TURKMAN, 2000).

Antónia e Turkman (2000) exemplificaram os tipos de modelos matemáticos incorporados ao MLG:

- Modelo de regressão linear clássico,
- Modelos de análise de variância e covariância,
- Modelo de regressão logística,
- Modelo de regressão de Poisson,
- Modelos log-lineares para tabelas de contingência multidimensionais,
- Modelos *probit* para estudos de proporções, etc.

Os modelos lineares generalizados (MLG) possuem três componentes principais: (i) Componente aleatório, (ii) Componente sistêmico e (iii) Função de ligação (CORDEIRO; DEMÉTRIO 2008; DOBSON; BARNETT, 2008; TURKMAN; SILVA, 2000).

O primeiro (i), é representado pela variável resposta e deve pertencer a família da distribuição exponencial. O segundo (ii), se caracteriza por um conjunto de  $p$  variáveis explicativas, representadas por  $x_i = (x_1, x_2, x_{pi})$ , para  $i=1,2,..n$ , que entram no modelo na forma de soma linear de seus efeitos; e o terceiro (iii), é uma função monótona e diferenciável, que relaciona o componente aleatório ao componente sistemático.

### 2.7.2 Análise Fatorial

A Análise Fatorial (AF) é uma técnica muito utilizada, pois transforma um conjunto inicial de variáveis em um conjunto simplificado de fatores (FACHEL, 1976; HAIR *et al.*, 2005). Ao tomar como exemplo um questionário, admite-se que ele é composto por inúmeras perguntas, que se relacionam ou não. Com a aplicação dessa técnica, são identificadas as relações fortes e criadas estruturas, denominadas de fatores.

Essa conceituação está intimamente associada ao termo Análise Fatorial Exploratória (AFE), que tem como objetivo investigar o agrupamento de um conjunto de itens, sem que exista uma definição prévia dos agrupamentos (DAMÁSIO, 2013). Em outras palavras, busca definir o número e a natureza das variáveis latentes (fatores) que melhor representam um conjunto de variáveis observadas (WOOD, 2008; HARRINGTON, 2009).

Para aplicabilidade da AFE é necessário que um conjunto de requisitos sejam atendidos, que vão desde o tamanho da amostra, correlações, matriz anti-imagem, Teste de Barlett, Teste KMO, Medida de adequação da amostra, até o alpha de Cronbach. Os respectivos valores de referência estão expressos na Tabela 10.

Tabela 10 – Valores de referência para Análise Fatorial Confirmatória

<b>REQUISITOS</b>	<b>REFERÊNCIA</b>	<b>FONTE</b>
Tamanho da amostra	Utiliza-se um mínimo de 5 vezes mais observações do que o número de variáveis que compõe o banco de dados, sendo recomendável, todavia, que este coeficiente seja de 10 observações para cada variável	(HAIR JR. et al., 2005)
Correlações	Se a inspeção visual não revela um número substancial de correlações maiores que 0,30, então a análise fatorial provavelmente é inapropriada	(FÁVERO <i>et al.</i> 2009)
Matriz Anti-Imagem	Correlações parciais ou correlações anti-imagem maiores são indicativos de uma matriz de dados que talvez não seja	(HAIR JR. et al., 2005)
Teste de Barlett	Hipótese nula: a matriz de correlações é uma matriz identidade, caso p-valor seja inferior a 0,005 rejeita-se a hipótese nula e pode-se aplicar a análise fatorial	(FÁVERO <i>et al.</i> 2009)
Teste KMO	1 – 0,9 (Muito boa) 0,8 – 0,9 (Boa) 0,7 – 0,8 (Média) 0,6 – 0,7 (Razoável) 0,5 – 0,6 (Má) <0,5 (Inaceitável)	(FÁVERO <i>et al.</i> 2009)
Medida de adequação à amostra	Valores de MAS inferiores a 0.5 indicam que essa variável não se ajusta à estrutura definida pelas outras variáveis e, neste caso deve considera-se a sua eliminação da AFE.	(FÁVERO <i>et al.</i> 2009)
Alpha de Cronbach	O valor ideal é acima de 0,7	(HUNDLEBY; NUNNALLY, 1968)

Fonte: Elaboração própria (2019)

Existe também a Análise Fatorial Confirmatória (AFC), que consiste em verificar a adequação de uma estrutura conceitual previamente definida. Ou seja, inicialmente define-se os itens que podem possuir maior relação, em seguida aplica-se essa técnica para verificar e confirmar a estrutura proposta (DAMÁSIO, 2013).

Para aplicabilidade da AFC é necessário que um conjunto de requisitos sejam atendidos. Esses requisitos e os respectivos valores de referência estão expressos na Tabela 11.

Tabela 11 – Valores de referência para Análise Fatorial Confirmatória

ESTATISTICAS	VALORES DE REFERÊNCIA
X <sup>2</sup> (Chi-square)	Significativo (p-valor < 0.05)
p-value	
CFI	[ 0.9 ; 0.95 [ (Ajustamento bom)
GFI	
TLI	
PGFI	[ 0.6 ; 0.8 [ (Ajustamento bom)
PCFI	
RMSEA	[ 0.05 ; 0.10 [ (Ajustamento bom)
p-value	

Fonte: Hair Jr. *et al.* (2005)

### 2.7.3 Equações Estruturais

Os pesquisadores normalmente possuem bancos de dados compostos por inúmeras variáveis, que possuem entre si relações de dependência e independência. Nesses cenários, em que se identifica múltiplas relações de dependência entre as variáveis, recomenda-se a combinação das técnicas de regressão e análise fatorial para desenvolver uma análise fidedigna, precisa e clara das relações (DENISE *et al.*, 2012).

Nesse contexto, a modelagem com equações estruturais, denominada SEM – *Structural Equation Modeling*, em inglês, surge como um importante método, pois consiste em uma técnica multivariada de análise de dados que combina regressão múltipla e análise fatorial para estimar simultaneamente uma série de relações de dependência (DENISE *et al.*, 2012).

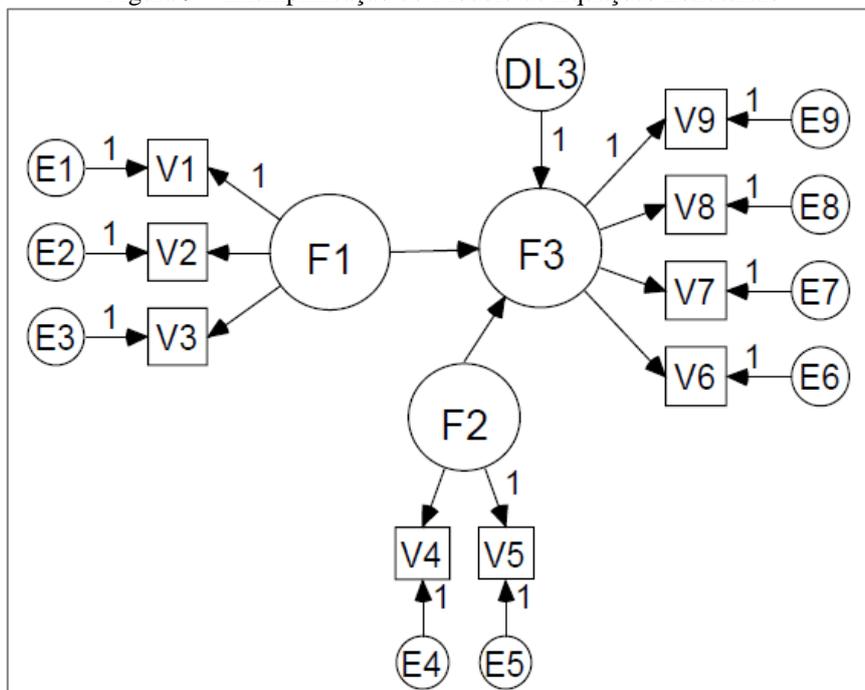
O desenvolvimento dessa técnica parte de um modelo teórico previamente definido, que determinará as múltiplas relações de dependência entre as variáveis. Esse

modelo teórico também chamado de modelo conceitual, é submetido a uma série de testes, visando obter parâmetros que certifiquem a estrutura definida (PILATI; LAROS, 2007; DENISE *et al.*, 2012).

O exposto anterior permite considerar esse tipo de modelagem uma técnica confirmatória, pois o escopo de investigação foi desenvolvido previamente, antes da análise propriamente dita. Além disso, o estabelecimento de relações causais e a verificação da teoria inicial corroboram o caráter confirmatório desse tipo de técnica (PILATI; LAROS, 2007).

Para melhor compreensão dessa temática foi desenvolvida a Figura 9, em que se exemplifica um modelo genérico de equações estruturais. Observa-se que as variáveis coletadas são expressadas pela letra “V”, os erros associados a cada variável são apresentados pela letra “E”, os fatores (dimensões latentes) são representados pela sigla “F”, e os distúrbios, erros associados a cada variável dependente, são representados pela letra “D” (PILATI; LAROS, 2007).

Figura 9 – Exemplificação do Modelo de Equações Estruturais



Fonte: Pilati e Laros (2007)

Por fim, o modelo só é considerado aceitável quando obtém êxito em uma série de testes, que estão expressos na Tabela 12 e podem ser classificados em três grupos: Medidas de ajuste absoluto; Medidas de ajustes incremental e Medidas de ajuste parcimonioso.

Tabela 12 – Medidas de ajuste

<b>Grupo</b>	<b>Medida</b>	<b>Recomendado</b>
Medidas de ajuste absoluto	Qui-Quadrado ( $X^2$ )	Valores menores resultam em maiores níveis de significância
	Parâmetro de não centralidade (NCP)	Valores próximos de zero são melhores.
	Índice de qualidade do ajuste (GFI)	Quanto mais próximo de um melhor (Varia de 0 a 1).
	Raiz do resíduo quadrático médio (RMSR)	Valores inferiores a 0,10.
	Raiz do erro quadrático médio de aproximação (RMSEA)	Valores inferiores a 0,08.
Medidas de ajuste incremental	Índice ajustado de qualidade do ajuste (AGFI)	Recomenda-se acima de 0,9.
	Índice de ajuste não-ponderado (NNFI)	Recomenda-se acima de 0,9.
Medidas de ajuste parcimonioso	Índice de ajuste ponderado (NFI)	Recomenda-se acima de 0,9.
	Índice de ajuste comparativo (CFI)	Varia de zero (ajuste nulo) a um (ajuste perfeito)
	Índice de ajuste incremental (IFI)	Varia de zero (ajuste nulo) a um (ajuste perfeito)
	Índice de ajuste relativo (RFI)	Varia de zero (ajuste nulo) a um (ajuste perfeito)
	Critério de informação Akaike (AIC)	Varia de zero (ajuste perfeito) a um valor negativo (ajuste nulo)

Fonte: Adaptado de Hair Jr *et al.* (2005); Pilati e Laros (2007)

#### 2.7.4 Redes Bayesianas

Uma Rede Bayesiana (RB) pode ser compreendida matematicamente como sendo uma representação otimizada de uma tabela probabilística que explica o relacionamento de um conjunto de variáveis. Além disso, é facilmente visualizada a partir dos modelos gráficos, que expressam as relações de causalidade das variáveis (MARQUES; DUTRA, 2002).

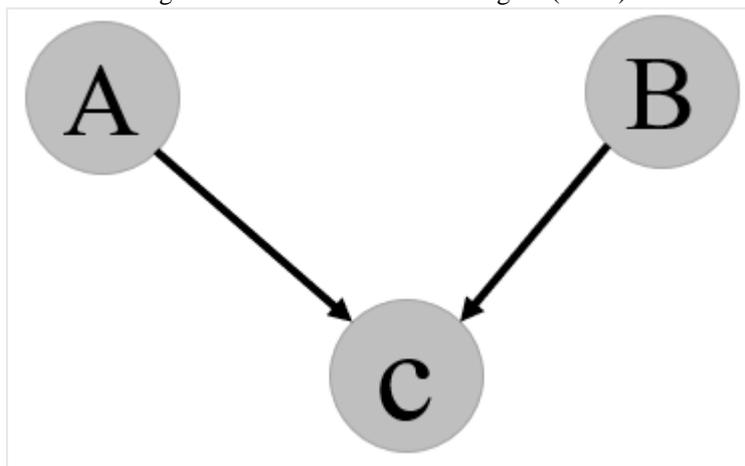
Essas redes se caracterizam pela presença de dois componentes. O primeiro é um componente qualitativo, representado pelo Gráfico Acíclico Dirigido (GAD), que pode ser encontrado a partir do conhecimento prévio ou pela análise do relacionamento entre as variáveis. O segundo, que trata do aspecto quantitativo, visa apresentar as distribuições de probabilidade condicional (GUERRERO-BARBOSA; AMARÍS-CASTRO, 2014).

No que tange o aspecto qualitativo, a representação das variáveis e das relações é desenvolvida a partir da Teoria dos Grafos. Conforme mostra a Figura 10, as variáveis são representadas pelos nós e os arcos identificam as relações entre as variáveis, formando um Gráfico Acíclico e Dirigido (GAD) (MARQUES; DUTRA, 2002).

Dessa forma, uma Rede Bayesiana é expressa a partir da junção de quatro elementos: (1) Um conjunto de variáveis e um conjunto de arcos ligando as variáveis; (2)

Cada variável possui um número limitado de estados mutuamente exclusivos; (3) As variáveis e arcos formam um grafo dirigido e sem ciclos DAG; (4) Para cada variável C que possui como pais A,B,C,...N existe uma tabela de probabilidade condicional (MARQUES; DUTRA, 2002).

Figura 10 – Gráfico Acíclico Dirigido (GAD)



Fonte: Elaboração própria (2019)

Assim, finaliza-se os métodos estatísticos básicos para a presente dissertação. Com isso, é possível adentrar no último tópico do presente capítulo, que trata das condições cognitivas e da forma de avaliar o desempenho.

## 2.8 ASPECTOS COGNITIVOS E AVALIAÇÃO

A aprendizagem consiste em um processo de recebimento, compreensão e armazenamento de um conhecimento, que desperta interesse e é considerado importante para o indivíduo em determinado período de tempo. No âmbito escolar, esse processo apresenta três fatores primordiais: os fatores motivacionais, fatores psicossociais e a capacidade cognitiva (INÁCIO, 2007; RIBEIRO, 2003).

Os fatores motivacionais associados ao comprometimento dos alunos são importantes, pois apresentam implicações na aprendizagem. Para Souza (2010), os alunos possuem estratégias de armazenamento de informações que podem otimizar o processo de aprendizagem, sendo denominadas de capacidades autorregulatórias. Entretanto, nem sempre a utilizam com o nível de envolvimento necessário para otimização desse processo.

Além disso, o contexto histórico, representado pelas experiências pessoais positivas e negativas, também influenciam no processo, criando uma necessidade de compreensão das diferenças cognitivas e psicológicas dos estudantes (FELICETTI, 2011; LOURENÇO; PAIVA, 2010);

Com relação a esses fatores psicossociais, eles podem ser subdivididos em: responsabilidade, conhecimentos prévios e referências, pragmatismo, resistência à mudança, medo de errar e preocupação com a imagem, relação com o poder/autoridade. São elementos que podem resultar em exclusão do convívio social, déficit de atenção, inquietação e hiperatividade (INÁCIO, 2007; REIS, FERNANDES, GOMES 2010; VASCONCELOS *et al.*, 2005).

O último fator é a capacidade cognitiva, sendo expressa por variáveis como: raciocínio, atenção, concentração, memória, associação, compreensão, abstração, intuição e criatividade (ADRIOLA, 1997; ADRIOLA; CAVALCANTE, 1999; INACIO, 2007). A capacidade cognitiva é tratada como o principal fator no processo de ensino-aprendizagem, pois além de nortear o processo de aquisição de conhecimento, são singularidades dos estudantes e podem ser influenciadas diretamente por inúmeras outras variáveis.

Comumente associa-se os aspectos cognitivos com a inteligência, que é considerada um dos atributos psicológicos mais valorizados. É um atributo que possui três habilidades mentais (Quadro 18), podendo ser desenvolvido a partir de um processo de ensino-aprendizagem eficiente. Esse desenvolvimento certifica que o processo educacional é de qualidade, tornando-se uma força motriz interna, possibilitando o avanço científico em diferentes segmentos (FARIA, PEPI e ALESI, 2004; TINOCO, 2007, WINCKLER; SANTAGADA, 2012 ).

Quadro 18 - Habilidades mentais

<b>Habilidade mental</b>	<b>Descrição</b>
Análítica	Processos mentais utilizados na aprendizagem de como solucionar problemas, como escolher uma estratégia de solução de problema e aplicá-la
Criativa	Habilidade de lidar com situações novas usando habilidades e conhecimentos existentes
Prática	Envolve habilidade de adaptar-se ao meio.

Fonte: Adaptado de Tinoco (2007)

Os aspectos cognitivos, representados pelo domínio da linguagem, raciocínio, memória, percepção visual, percepção auditiva, produção de ideias e velocidade cognitiva, estão associadas às capacidades humanas (PRIMI, 2003 *apud* CARROL, 1997). Essas capacidades por sua vez, se organizam em pelo menos dez grandes áreas de raciocínio conforme mostra o Quadro 19 (PRIMI, 2003; PRIMI *et al.*, 2012).

Quadro 19 - Dez áreas do raciocínio

Fator de estrato	Descrição
Inteligência Fluida (Gf)	Capacidade ligada às operações mentais de raciocínio em situações novas minimamente dependentes de conhecimentos adquiridos. Capacidade de resolver problemas novos, relacionar ideias, induzir conceitos abstratos, compreender implicações, extrapolação e reorganização de informações (os testes psicométricos do fator g geralmente avaliam a inteligência fluida tais como Raven, a maioria dos testes da BPR-5, Colúmbia, R1, INV, etc..)
Inteligência cristalizada (Gc)	Extensão e profundidade dos conhecimentos adquiridos de uma determinada cultura e a aplicação efetiva deste conhecimento. Capacidade de raciocínio adquirida pelo investimento da capacidade geral em experiências de aprendizagem. Primariamente baseada na linguagem. Está associado ao conhecimento declarativo (conhecimento de fatos, idéias, conceitos) e ao conhecimento de procedimentos (raciocinar com procedimentos aprendidos previamente para transformar o conhecimento).
Conhecimento Quantitativo (Gq)	Estoque de conhecimentos declarativos e de procedimentos quantitativos. Capacidade de usar informação quantitativa e manipular símbolos numéricos.
Leitura e Escrita (Grw)	Conhecimento adquirido em competências básicas da compreensão de textos e expressão escrita. Inclui desde habilidades elementares como decodificação em leitura e ortografia até habilidades mais complexas como a compreensão de textos e a composição de histórias.
Memória de Curto Prazo (Gsm)	Capacidade associada à manutenção de informações na consciência por um curto espaço de tempo para poder recuperá-las logo em seguida.
Processamento Visual (Gv)	Capacidade de gerar, perceber, armazenar, analisar, e transformar imagens visuais, isto é, os processos cognitivos específicos de processamento mental de imagens (geração, transformação, armazenamento e recuperação).
Processamento Auditivo (Ga)	Capacidade associada à percepção, análise e síntese de padrões sonoros. Capacidade discriminativa de padrões sonoros (incluindo a linguagem oral) particularmente quando apresentados em contextos mais complexos como, por exemplo, a percepção de nuances em estruturas musicais complexas.
Capacidade e Armazenamento e Recuperação da Memória de Longo Prazo (Glr)	Extensão e fluência que itens de informação ou conceitos são recuperados da memória de longo prazo por associação. Está ligada ao processo de armazenamento e recuperação posterior por associação. Capacidade de recuperar os itens de informação da base de conhecimentos por meio de associações. Este fator agrupa os testes psicométricos criados de avaliação da criatividade sendo muitas vezes chamado de domínio da produção de ideais.
Velocidade de Processamento (Gs)	Capacidade de manter a atenção e realizar rapidamente tarefas simples automatizadas em situações que pressionam o foco da atenção. Está geralmente ligado a situações em que há um intervalo fixo definido para que a pessoa execute o maior número possível de tarefas simples e repetitivas (sustentabilidade).
Rapidez de Decisão (Gt)	Rapidez em reagir ou tomar decisões envolvendo processamentos mais complexos. Refere-se à reação rápida a um problema envolvendo processamento e decisão (imediatez).

Fonte: Prime (2003)

No campo científico, avalia-se as habilidades cognitivas dos estudantes para entender como o contexto ambiental e educacional está influenciando no processo de ensino aprendizagem (ADRIOLA, 1997; ADRIOLA, 1999; HOQUE; WEIL, 2016; JIANG *et al.*, 2018; LAN, WARGOCKI, LIAN, 2011; LIU *et al.*, 2017; SHAUGHNESSY *et al.*, 2008). Ou seja, a avaliação cognitiva é a forma utilizada para avaliar o desempenho dos estudantes no ambiente educacional.

Uma das formas de avaliação é a partir da Bateria de Prova de Raciocínio (BPR-5). Diversos estudos utilizam essa metodologia, pois permite uma análise holística do aspecto cognitivo (ALMEIDA e LEMOS, 2005; ALMEIDA *et al.*, 2010; LEMOS *et al.*, 2008; LEMOS *et al.* 2009; MONTEIRO e ANDRADE, 2005; SIQUEIRA, 2015; TORRES, 2016).

### 2.8.1 Bateria de Provas de Raciocínio (BPR)

A Bateria de Provas de Raciocínio (BPR) é um conjunto de provas desenvolvido para avaliar o aspecto cognitivo. De acordo com Lemos *et al.* (2009), esse tipo de avaliação contempla um conjunto sequencial de provas, destinadas a avaliar a capacidade de raciocínio indutivo e dedutivo, mediante análise das relações entre elementos e aplicação dessas relações em novas situações.

O BPR-5 por sua vez, é o resultado da evolução de um conjunto de testes já desenvolvidos. A sua estrutura está subdividida em cinco subtestes: Raciocínio Abstrato (RA), Raciocínio Verbal (RV), Raciocínio Numérico (RN), Raciocínio Espacial (RE) e Raciocínio Mecânico (RM) conforme mostra o Quadro 20. Além disso, apresenta duas vertentes de aplicação: Forma A, destinada a alunos da sexta à oitava séries do Ensino Fundamental e Forma B, para alunos da primeira do Ensino Médio em diante (PRIMI; ALMEIDA, 2000).

Quadro 20 - Subtestes BPR-5

Subteste	Descrição	Duração do teste	Capacidade específica	Área do raciocínio
Raciocínio Abstrato	Prova composta por 25 itens (19 itens são comuns às Formas A e B) de conteúdo abstrato, envolvendo analogia com figuras geométricas	5 minutos	Capacidade de raciocinar em situações novas, criar conceitos e compreender implicações	Inteligência fluida (Gf)

Raciocínio Verbal	Prova composta por 25 itens (18 itens são comuns às Formas A e B) envolvendo analogia, como a prova de raciocínio abstrato, contudo entre palavras.	4 minutos	Extensão e profundidade do conhecimento verbal vocabular, e à capacidade de raciocinar utilizando conceitos previamente aprendidos	Inteligência fluida (Gf) e inteligência cristalizada (Gc)
Raciocínio Numérico	Prova composta por 20 itens (12 itens são comuns às Formas A e B) nos quais existem séries de números; o sujeito deve descobrir qual relação aritmética rege as progressões nas séries e aplicá-la respondendo quais seriam os dois últimos números que completariam a série.	9 minutos	Compreensão de conceitos quantitativos básicos como soma, subtração, multiplicação, divisão e manipulação de símbolos numéricos	Inteligência fluida (Gf) e em parte à habilidade quantitativa (Gq)
Raciocínio espacial	Prova composta de 20 itens (12 itens são comuns às Formas A e B) nos quais existem séries de cubos tridimensionais em diferentes posições que indicam movimento.	8 minutos	Habilidade de representar e manipular imagens mentais	Inteligência fluida, mas, principalmente, à capacidade de processamento visual
Raciocínio Mecânico	Prova composta por 25 itens (19 itens comuns às Formas A e B) constituídos por gravuras que retratam um problema e opções de resposta.	7 minutos	Capacidade de integrar as informações em textos com a figura descritiva da situação-problema.	Inteligência fluida e aos conhecimentos práticos mecânicos

Fonte: Primi e Almeida (2000)

O primeiro passo (I) após aplicação do teste é converter o número de acertos de cada subteste em um Escore Padrão Normalizado (EPN). Posteriormente, no segundo passo (II), converte-se o somatório de todos os acertos em um EPN, com Média = 100 e

Desvio Padrão = 15. Na terceira etapa (III), compara-se os valores obtidos em cada subteste com os valores fornecidos no manual; e por fim, na quarta etapa (IV), denominada análise do Escore Geral (EG), obtém-se um panorama geral da capacidade cognitiva dos indivíduos (SIQUEIRA, 2015; VASCONCELOS, 2013).

Com o exposto anterior finaliza-se o arcabouço conceitual necessário para o desenvolvimento da presente dissertação. Como o conteúdo é extenso, desenvolveu-se o tópico subsequente para sintetizar algumas informações relevantes e mostrar como a análise literária é importante para direcionar os caminhos da pesquisa.

## **2.9 SÍNTESE DO CAPÍTULO**

A análise da literatura permitiu compreender o campo de atuação da ergonomia ambiental, listando as vertentes analisadas e destacando as principais variáveis investigadas. Dessa forma, identificou-se que as condições térmicas, acústicas, lumínicas e de qualidade do ar se caracterizavam como as principais constituintes do termo Qualidade Ambiental Interna (QAI). A partir disso, foi definido que essas variáveis seriam analisadas nesse estudo.

Após a definição das variáveis adentrou-se na literatura científica de cada uma delas. Com relação as condições térmicas, foram identificados os seguintes aspectos: condições que influenciavam no conforto térmico, principais índices de avaliação para ambientes termicamente moderados e as principais normas. Com isso, delimitou-se os parâmetros e as variáveis que seriam analisadas.

No que tange a qualidade do ar, identificou-se que o termo material particulado englobava os diversos tipos de poluentes. Além disso, conhecer os efeitos das partículas no organismo humano permitiu definir qual diâmetro era mais prejudicial. Com essas informações, definiu-se o tamanho do material particulado que necessitava ser mensurado para o pleno desenvolvimento dessa pesquisa.

As condições acústicas também foram analisadas com o objetivo de compreender o comportamento das ondas sonoras no corpo humano. Logo, identificou-se que os níveis, as características e a classificação do ruído são agentes capazes de influenciar negativamente na saúde e bem-estar. A partir disso, delimitou-se as condições acústicas que seriam trabalhadas no presente projeto.

Com relação aos aspectos lumínicos, tomou-se conhecimento das variáveis que constituíam a iluminação e os potenciais efeitos no organismo humano. Após isso,

constatou-se na iluminância a variável que mais influenciava a saúde e o bem-estar. Logo, ela foi escolhida para ser analisada respeitando os parâmetros normativos indicados.

Com o conhecimento básico das variáveis ambientais adentou-se em alguns estudos importantes. A análise apresentada no tópico 2.6 permitiu compreender algumas características das pesquisas e as condições metodológicas utilizadas atualmente. Por exemplo, constatou-se a predominância de estudos experimentais, em que os parâmetros ambientais eram previamente controlados. Além disso, observou-se a forma como condições ambientais eram analisadas e a diversificação estatística para analisar a relação entre variáveis ambientais, percepção e desempenho.

Diante da pluralidade encontrada nas análises estatísticas dos trabalhos presentes na literatura, desenvolveu-se um suporte teórico robusto baseado nos seguintes métodos: Modelos Lineares Generalizados, Análise Fatorial, Equações estruturais e Redes Bayesianas. Esse suporte permitiu que fossem direcionados os caminhos necessários para analisar os dados e atingir os objetivos previamente definidos.

Diante do exposto, o presente capítulo foi de fundamental importância para o desenvolvimento metodológico da presente pesquisa. Além disso, auxiliou no desenvolvimento das discussões, pois deu subsídios para comparar os resultados encontrados na presente dissertação com os achados dos outros pesquisadores.

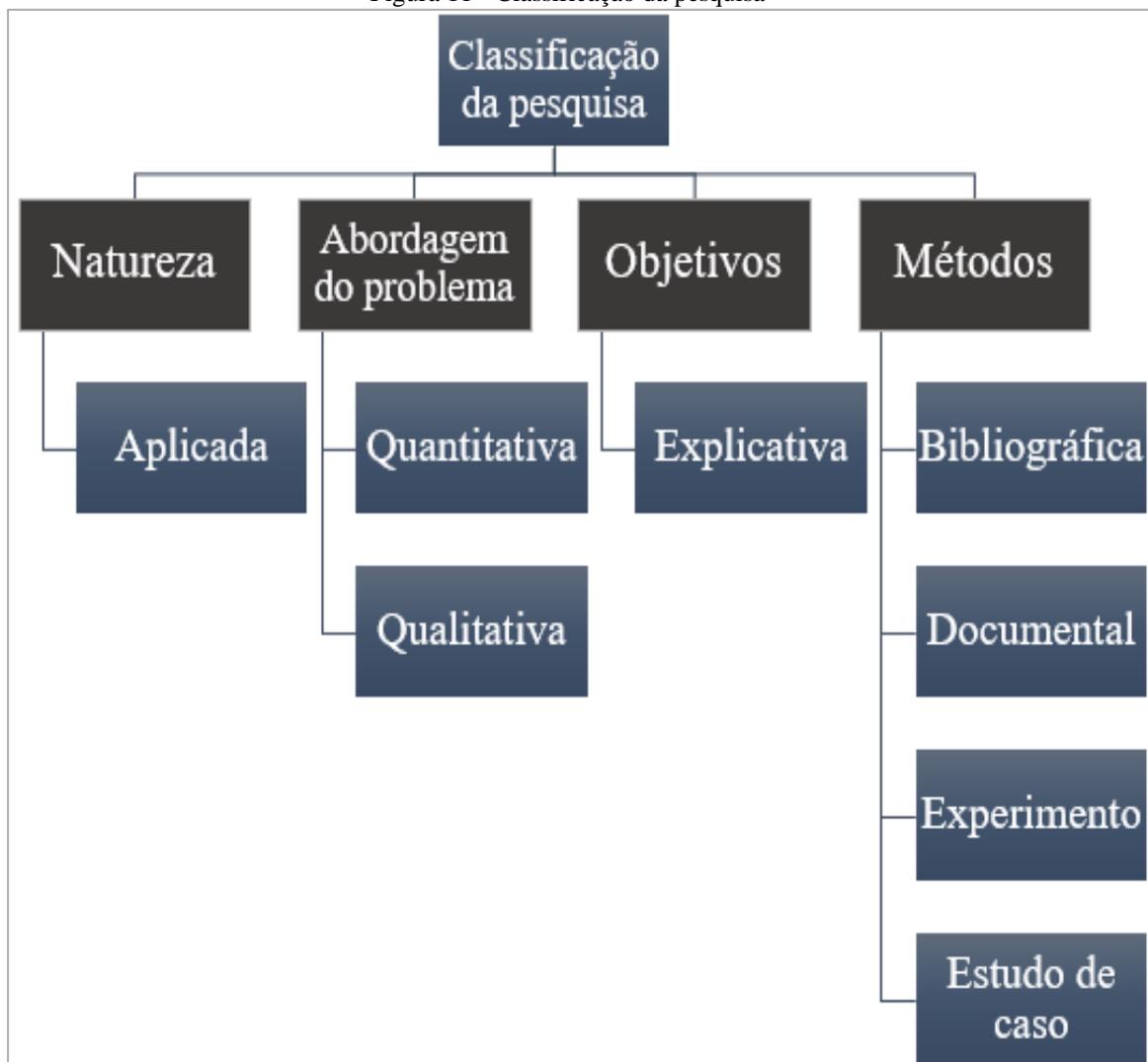
## CAPÍTULO 3: METODOLOGIA

Com o aporte teórico apresentado anteriormente desenvolveu-se o presente capítulo, que apresenta os procedimentos metodológicos utilizados na pesquisa empírica da presente dissertação. Logo, foi subdividido em: Classificação da Pesquisa; Levantamento Bibliográfico; Procedimentos metodológicos do experimento; e por último, Procedimento de análise dos dados.

### 3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

Existem inúmeras formas de classificar a pesquisa, entretanto a forma mais utilizada pode ser dividida: (I) Quanto à natureza; (II) Quanto a forma de abordagem ao problema; (III) Quanto aos objetivos e (IV) Quanto aos procedimentos utilizados. A Figura 11 traz essa subdivisão e as classificações que essa pesquisa se enquadra.

Figura 11 - Classificação da pesquisa



Fonte: Elaboração própria (2019)

O presente estudo é de natureza aplicada, pois visa gerar conhecimentos que auxiliem na otimização da influência das variáveis ambientais no desempenho dos estudantes. Logo, segue a definição de Prodanov e Freitas (2013), que indicaram que esse tipo de pesquisa se compromete a produzir conhecimentos para aplicação prática visando solucionar problemas específicos.

Com relação a forma de abordagem do problema, trata-se de uma pesquisa aplicada com uma abordagem qualiquantitativa, pois utilizou-se os fundamentos matemáticos e estatísticos para identificar a relação existente entre as variáveis previamente estabelecidas. Minayo e Sanches (1993) explanaram que a utilização dos fundamentos matemáticos permite que seja desenvolvido maior capacidade descritiva, representativa e interpretativa.

Sendo assim, para que uma pesquisa seja definida como quantitativa é necessário que se identifique as principais variáveis e utilize linguagem matemática para escrever a relação existente entre as variáveis, permitindo a explicação clara das causas do fenômeno analisado (RICHARDSON, 1989). Mediante essa identificação torna-se possível identificar, compreender, analisar e discorrer acerca das relações encontradas, caracterizando assim, uma pesquisa qualitativa.

No que tange os objetivos, pode ser caracterizada como explicativa, pois nesse tipo de pesquisa almeja-se um estudo mais detalhado, buscando entender as situações, porque elas acontecem, quem são seus agentes causadores e quando eles atuam. Logo, visa identificar os fatores, e os diferentes cenários que repercutem na ocorrência de determinado fenômeno (LUSENI; MARQUES, 2009; PRODANOV; DE FREITAS, 2013).

No que diz respeito aos métodos, assume-se primeiramente que é uma pesquisa bibliográfica, pois buscou-se na literatura científica o conhecimento necessário para fundamentação e estruturação desta dissertação. Além disso, é caracterizada como uma pesquisa experimental, pois submeteu o objeto de estudo a influência de variáveis previamente definidas e controladas pelo pesquisador. Nesse sentido, também pode ser caracterizada como pesquisa de campo, pois foram definidos locais específicos para aplicação dos procedimentos metodológicos previamente definidos. Por fim, também pode ser considerada como documental, pois analisou-se documentos referentes a cada ambiente de ensino para entender as características físicas básicas.

### 3.2 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO

A metodologia do levantamento bibliográfico foi dividida em quatro estágios. No primeiro, foi definido o tema, as áreas a serem trabalhadas e os objetivos da pesquisa. No segundo, definiu-se as palavras-chave, a combinação ideal das palavras-chave, a base de dados, os critérios de inclusão e exclusão e o parâmetro para avaliar a qualidade dos artigos. Esses dois estágios fizeram parte da etapa de planejamento da pesquisa.

No terceiro estágio, a combinação das palavras-chave foi pesquisada nas bases de dados e obteve-se um número total de artigos. A partir disso, leu-se todos os títulos e excluiu-se aqueles que não se enquadraram na temática e nos critérios de inclusão deste trabalho. Os trabalhos remanescentes passaram por um novo refinamento, no qual foram lidos os resumos e foram excluídos os que não se encaixaram nos critérios de inclusão previamente estabelecidos. Por fim, ocorreu o último filtro deste estágio (Verificação da qualidade), exclusão dos trabalhos publicados em revistas com Fator de Impacto  $\leq 1$ .

O quarto estágio iniciou-se com o número total de artigos que foram considerados aptos para leitura integral. Após essa leitura, foram excluídos os últimos trabalhos que não se encaixavam na metodologia proposta. Logo, obteve-se o número final de artigos que compuseram a amostra da revisão sistemática.

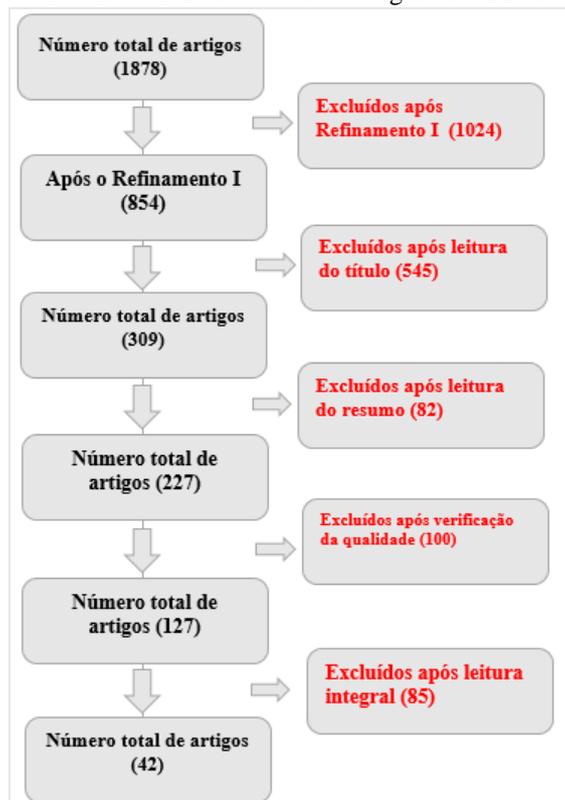
#### 3.2.1 Resultados da busca

A combinação das palavras-chave pesquisada nas bases de dados *Web of Science* e *Science Direct* resultou no número de 1878 artigos. Após o Refinamento I, que consistiu na restrição a artigos e revisões, e trabalhos publicados a partir de 1998, obteve-se o número de 854 trabalhos. Posteriormente, foram lidos os títulos e excluiu-se os trabalhos que não se enquadraram na temática, restando cerca 309 artigos. Na sequência, realizou-se a leitura dos resumos e houve um novo processo de exclusão, resultando em um total de 227 trabalhos aptos. Logo em seguida, após verificação da qualidade obteve-se o número de 127 trabalhos que foram considerados propícios para leitura integral. Por fim, realizou-se uma nova exclusão após leitura integral que resultou na amostra final de 42 artigos. Todo esse processo está descrito na Figura 12.

Após todo processo de triagem representado pelas etapas do processo metodológico, encontrou-se uma amostra concisa. Além de estarem dentro dos critérios de inclusão e exclusão, os trabalhos apresentavam boa qualidade científica comprovada pelo Fator de Impacto das revistas que estavam indexados. Logo, a leitura desses

trabalhos propiciou o entendimento do que vem sendo estudado sob a ótica dos principais pesquisadores, além de indicar as principais tendências adotadas nos últimos vinte anos.

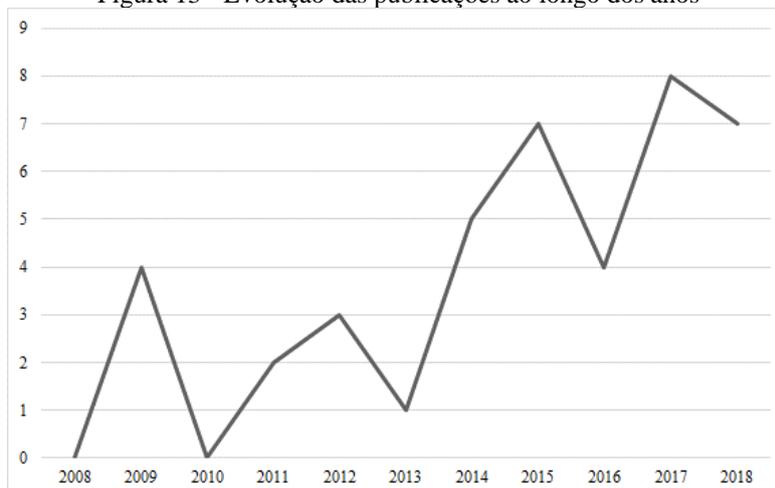
Figura 12 - Detalhamento do número de artigos obtidos em cada etapa



Fonte: Elaboração própria (2019)

A partir desse número amostral foram feitas algumas análises. A primeira delas, expressa pela Figura 13, trata da evolução do número de publicações ao longo dos anos. Os anos de 2008 e 2010 não apresentaram publicações. Além disso, observa-se um viés de crescimento após o ano de 2013, fato comprovado pelos anos 2017 e 2018, que apresentaram os maiores índices de publicações, respectivamente 8 e 7.

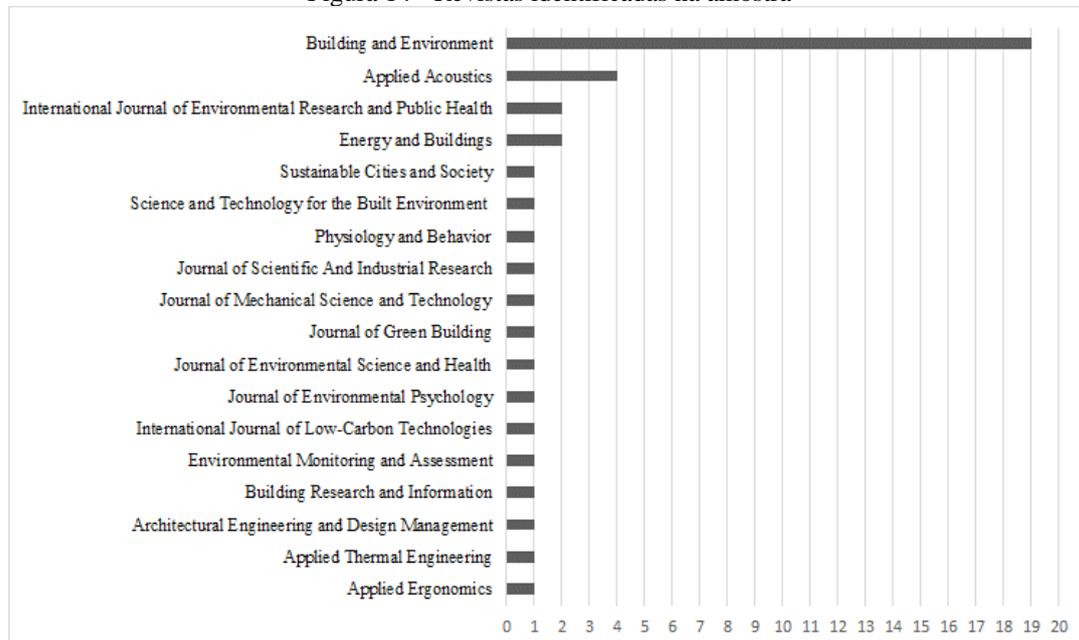
Figura 13 - Evolução das publicações ao longo dos anos



Fonte: Elaboração própria (2019)

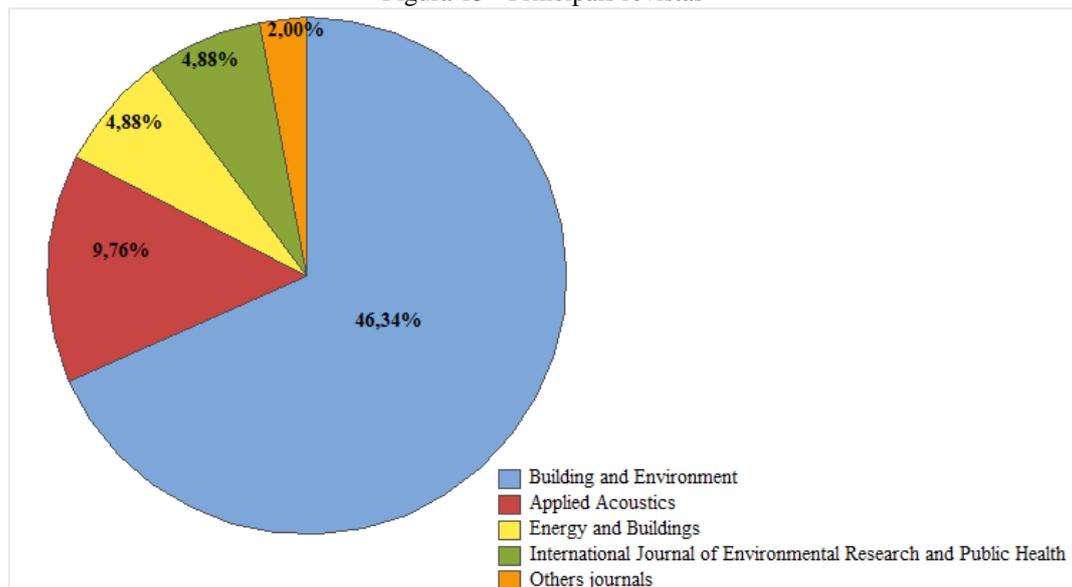
Além disso, a presente amostra abrangeu cerca de 18 revistas conforme mostra a Figura 14. Contudo, destaca-se uma predominância maior em quatro periódicos conforme mostra a Figura 15. A *Building and Environment* absorveu cerca de 46,34%, *Applied Acoustics* aproximadamente 10%, *International Journal of Environmental Research and Public Health* e a *Energy Buildings*, 5% cada uma.

Figura 14 - Revistas identificadas na amostra



Fonte: Elaboração própria (2019)

Figura 15 - Principais revistas



Fonte: Elaboração própria (2019)

Outras informações dessa revisão sistemática que auxiliaram no desenvolvimento do presente estudo podem ser encontradas nos anexos dessa dissertação (Anexo I ao Anexo XVII).

### 3.3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DO EXPERIMENTO

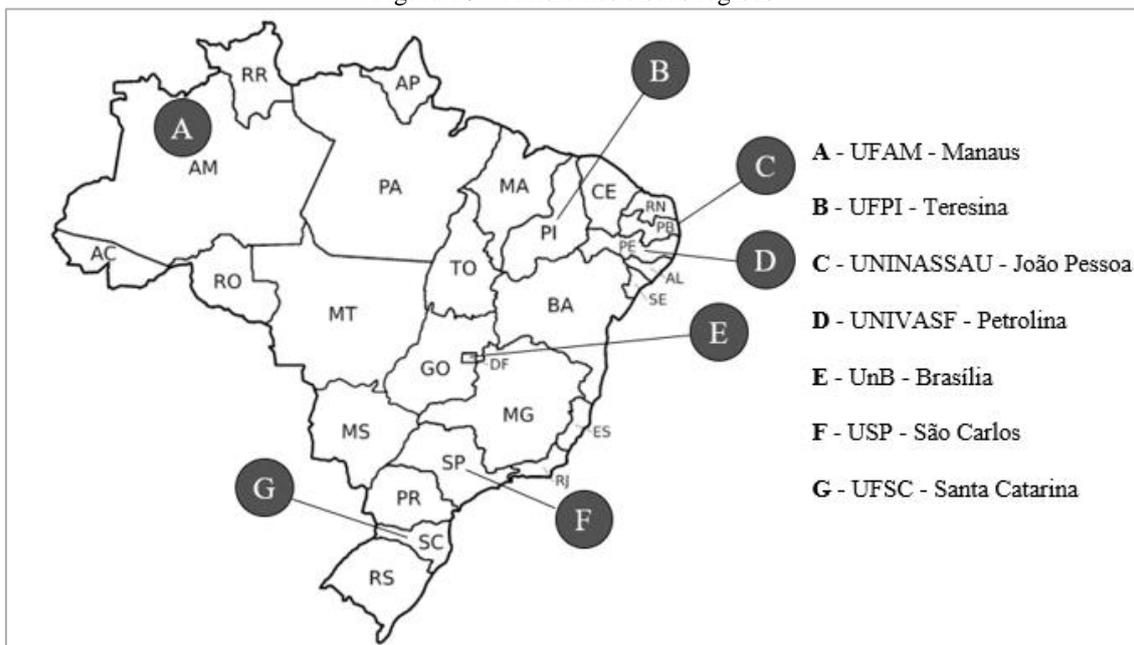
Para compreensão dos procedimentos metodológicos do experimento subdividiu-se o tópico em: Ambientes e amostra; Variáveis e indicadores da pesquisa e Coleta de dados.

#### 3.3.1 Ambientes e amostra

O experimento foi realizado em sete ambientes de ensino, com uma média de 20 alunos por sala (ambientes A,B,C,D,E,F e G), pertencentes a instituições de ensino superior (IES) de diferentes regiões do Brasil (Figura 16).

Os locais eram laboratórios de informática climatizados, atualmente conhecidos como ambientes de ensino com VDT, pois possuem aparatos tecnológicos (computadores, datashow, wireless) que auxiliam no processo de ensino-aprendizagem.

Figura 16 – Ambientes e suas regiões



Fonte: Elaboração própria (2019)

Para garantir uma amostra homogênea e que permitisse a comparação entre os ambientes definiu-se alguns critérios de inclusão (Quadro 21). Assumiu-se que os estudantes fossem das ciências exatas, tivessem idade entre 17 e 30 anos, possuíssem boas condições de saúde, ou seja, não apresentassem doenças cardiovasculares ou crônicas,

não apresentassem um Índice de Massa Corporal (IMC) superior a 30 e, por último, se comprometerem-se em participar dos três dias da pesquisa.

Quadro 21 - Justificativa dos critérios de inclusão

<b>Critérios</b>	<b>Justificativa</b>
Estudantes das ciências exatas	Foi definido essa área para buscar uma padronização amostral nos seis ambientes analisados.
Idade entre 17 e 30 anos	A faixa etária foi definida para buscar uma padronização amostral quanto a essa variável.
Boas condições de saúde	As condições de saúde influenciam na percepção e no desempenho. Para que não houvesse influência nos resultados definiu-se esse critério.
Não apresentasse $IMC \geq 30$	A taxa metabólica é proporcional ao peso e a área da superfície corporal. Além disso, pode influenciar nas trocas térmicas, repercutindo na percepção ambiental.

Fonte: Elaboração própria (2019)

### 3.3.2 Variáveis e indicadores da pesquisa

As variáveis e indicadores da pesquisa foram divididos em cinco parâmetros, categorizados em dois grupos (Quadro 22). No Grupo I, aparecem os parâmetros relacionados às seguintes variáveis: Pessoais; Percepção Ambiental; Raciocínio e Normativas. Enquanto que o Grupo II incorpora apenas o Parâmetro ambiental, representada pelas seguintes variáveis: Térmica, acústica, lumínica e qualidade do ar. As variáveis por sua vez, são representadas por um conjunto de indicadores que estão listados no Quadro 22.

Quadro 22 - Variáveis e indicadores da pesquisa

	PARÂMETROS	VARIÁVEIS	INDICADORES
Grupo I	Característica dos indivíduos	Pessoais	Atividade desempenhada Idade Sexo Peso Altura IMC
	Subjetivo	Percepção ambiental	Sensação térmica Conforto térmico Desejo térmico Percepção de Qualidade do ar Percepção acústica Percepção lumínica
	Desempenho	Raciocínio	Acertos e tempo no Raciocínio Verbal (RV); Acertos e tempo no Raciocínio Abstrato (RA); Acertos e tempo no Raciocínio Mecânico (RM); Acertos e tempo no Raciocínio Espacial (RE); Acertos e tempo no Raciocínio Numérico (RN); Tempo de resposta (BPR5) Número total de acertos (BPR5T)
	Avaliador	Normativas	PMV PPD
Grupo II	Ambiental	Térmicas	Temperatura do ar Temperatura de bulbo úmido Temperatura radiante média Temperatura de globo Umidade relativa Velocidade do ar
		Acústica	Nível de Ruído
		Lumínica	Iluminância
		Qualidade do ar	Material Particulado

Fonte: Elaboração própria (2019)

### 3.3.3 Coleta dos dados

Em todos os ambientes o experimento foi realizado utilizando os mesmos procedimentos metodológicos durante três dias consecutivos. Em cada dia foi aplicada uma condição térmica mediante fixação da temperatura dos aparelhos de ar-condicionado. Logo, simularam-se três situações: desconforto por frio, conforto, e desconforto por calor (Quadro 23).

O ajuste da temperatura para cada situação foi baseado na norma ISO 7730/2005. Essa norma indica que uma temperatura entre 22° e 24°C pode propiciar o conforto

térmico, enquanto que valores abaixo desse intervalo tendem a propiciar o desconforto por frio; e acima, desconforto por calor. Logo, visando simular as três situações mencionadas anteriormente, manipulou-se a temperatura do ar para 20° C; 24° C; e 30°C. Essa variação de temperatura também foi adotada no procedimento metodológico de outras pesquisas (LAN, LIAN, e PAN 2010; LAN, WARGOCKI, e LIAN 2011; SIQUEIRA, 2015; TORRES, 2016).

Quadro 23 - Situações propostas

<b>DIA</b>	<b>TEMPERATURA</b>	<b>SITUAÇÃO</b>
1	20°C	Desconforto por frio
2	24°C	Conforto
3	28°C	Desconforto por calor

Fonte: Elaboração própria (2019)

No primeiro dia, em um ambiente específico (Sala 1), realizou-se uma explanação acerca dos objetivos da pesquisa, metodologia utilizada, e quais os procedimentos a serem feitos durante o período de coleta de dados. Posteriormente, explicou-se detalhadamente os questionários sobre percepção ambiental e a bateria de testes cognitivos. Os estudantes que aceitaram participar da pesquisa tiveram seu peso e altura aferidos.

A coleta de dados propriamente dita não foi realizada no mesmo ambiente da explanação da pesquisa (Sala 1). Pois, a movimentação das pessoas, e o processo de aferição de peso e altura geraram cargas térmicas que poderiam influenciar nas condições experimentais propostas. Logo, utilizou-se uma sala paralela (Sala 2) para coleta de dados propriamente dita.

Nos três dias os estudantes chegaram 30 minutos antes do início da coleta. Procedimento necessário para que ocorresse a estabilização da temperatura corporal e se aclimassem com as condições ambientais propostas. Além disso, em cada dia eles utilizaram os computadores para acessar os questionários e a bateria de testes através da ferramenta on-line para *Survey* “QUALTRICS”.

Enquanto os estudantes respondiam os questionários e realizavam a bateria de testes cognitivos, as variáveis ambientais estavam sendo aferidas paralelamente. Para uma visão holística de todas as atividades realizadas em cada um dos dias de coleta nos respectivos ambientes desenvolveu-se o Quadro 24.

Quadro 24 - Atividades realizadas

	<b>DIA 1</b>	<b>DIA 2 E 3</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>
Sala 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recepção dos alunos</li> <li>• Explicação da pesquisa</li> <li>• Entrega dos termos</li> <li>• Aferição de altura, peso e pressão</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recepção dos alunos</li> </ul>	Realizada na Sala 1 antes do início das coletas. Com a presença de alunos e pesquisadores.
Sala 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adequação das condições ambientais a temperatura proposta.</li> <li>• Instalação dos equipamentos.</li> <li>• Ligar os computadores e deixar pronto para o acesso.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adequação das condições ambientais a temperatura proposta.</li> <li>• Instalação dos equipamentos.</li> <li>• Ligar os computadores e deixar pronto para o acesso.</li> </ul>	Realizada na Sala 2 antes do início das coletas. Sem a presença dos alunos.
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estabilização de 30 minutos necessária tanto para equipamentos como para os estudantes.</li> <li>• Instalação dos aparelhos de pressão.</li> <li>• Acesso aos questionários e bateria de testes.</li> <li>• Aferição das variáveis ambientais .</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estabilização de 30 minutos necessária tanto para equipamentos como para os estudantes.</li> <li>• Instalação dos aparelhos de pressão.</li> <li>• Acesso aos questionários e bateria de testes.</li> <li>• Aferição das variáveis ambientais .</li> </ul>	Realizada na Sala 2 durante as coletas.

Fonte: Elaboração própria (2018)

### 3.3.3.1 Variáveis pessoais

Inicialmente, as primeiras informações pessoais extraídas foram altura e peso. Com relação à altura, utilizou-se o procedimento convencional: fita métrica. Para medir o peso, era necessário que os pesquisados estivessem utilizando apenas a roupa do corpo,

ou seja, qualquer outro tipo de objeto foi retirado no momento da aferição. Diante disso, mediu-se o peso utilizando uma balança digital que possuía capacidade de 150 kg.

Os dados foram anotados manualmente em uma planilha, posteriormente tabulados digitalmente utilizando o Microsoft Excel, que também foi utilizado para calcular o Índice de Massa Corporal (IMC) de cada participante de acordo com a Equação 19. Aqueles que apresentavam  $IMC > 30$ , que indica obesidade, foram retirados da pesquisa.

$$IMC = \frac{Peso (kg)}{altura^2 (m)} \quad (3)$$

Posteriormente, os estudantes acessaram o questionário online e responderam às seguintes questões pessoais: Número de referência do computador, curso, turma, data de nascimento, estado civil, sexo, grupo étnico, praticante ou não de atividade física, portador ou não de doença crônica, principais doenças históricas da família, etc.

Por fim, o questionário também permitiu identificar a vestimenta utilizada. Essa identificação permitiu que fosse calculada a resistência térmica da vestimenta (ICL) de cada estudante em cada dia de análise. Além disso, adotou-se o valor de 69,8 W/m<sup>2</sup> ou 1,2 Met como sendo a taxa metabólica de cada estudante. Pois, a atividade realizada não apresentava grande esforço físico.

A resistência térmica da roupa e a taxa metabólica são duas variáveis importantes, pois, como mencionado em capítulos anteriores, são informações necessárias no cálculo dos índices avaliadores PMV e PPD.

### 3.3.3.2 Variáveis ambientais

Em um determinado ambiente quando se define uma temperatura do ar através do aparelho de ar-condicionado, muito provavelmente as condições térmicas reais apresentarão discordâncias com o que foi proposto. Por exemplo, quando se estipula 24° C no controle do aparelho, a temperatura do ambiente pode ser um pouco superior ou inferior a isso. Tal situação acontece em função de infiltração do ar através de frestas ou ocasionais aberturas de portas, oscilações de voltagem, bem como da perda de eficiência do sistema de ar condicionado por manutenção deficiente.

Diante da situação apresentada e visando posteriormente calcular o índice PMV coletou-se os dados referentes às variáveis térmicas. Para isso, utilizou-se o medidor de estresse térmico TGD 300 e a estação microclimática BABUC A. Tais aparelhos estavam

devidamente calibrados pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) do Rio Grande do Norte (RN) e atendiam às exigências da Norma ISO 7726 (1998).

Ainda baseado nesta norma, os equipamentos foram posicionados e instalados no centro do ambiente, em altura compatível a posição do ombro dos participantes que estavam utilizando os computadores. Esses equipamentos foram instalados cerca de 30 minutos antes do início da coleta para que estabilizassem diante das condições do ambiente. Além disso, os referidos instrumentos foram programados para registrar os dados das variáveis de minuto a minuto e abrangeram as seguintes variáveis: Temperatura do ar (°C), Temperatura de bulbo úmido (°C), Temperatura de globo (°C), Temperatura radiante média (°C), Umidade relativa do ar (%) e Velocidade do ar (m/s).

Outra variável aferida foi a qualidade do ar. Como mencionado em capítulos anteriores, existem inúmeros indicadores de avaliação para essa variável. No entanto, na presente pesquisa utilizou-se a avaliação do Material Particulado com diâmetro  $\leq 2,5 \mu\text{m}$  (PM<sub>2.5</sub>). A metodologia utilizada foi baseada na norma ISO 14644-1 (2005), que estipula o número de pontos de coleta como sendo a raiz quadrada da área ambiental analisada.

A terceira variável analisada foi a iluminação do ambiente, que possui como parâmetros importantes: iluminância; ofuscamento; direcionalidade da luz; aspectos da cor da luz e superfícies; cintilação; luz natural e manutenção. Um dos parâmetros mais utilizados na avaliação dessa variável é a iluminância. Logo, no presente estudo trabalhou-se com esse parâmetro.

Os níveis de iluminância (lux) foram medidos de acordo com a metodologia estabelecida pela norma ISO 8995 (2013). A avaliação foi dividida em duas etapas: Avaliação geral (I) e Avaliação pontual (II), utilizando o Luxímetro modelo *Phywe*. Na primeira avaliação, o equipamento foi posicionado na altura em que a atividade estava sendo desempenhada, com distância mínima de um metro das paredes ou superfícies refletoras; e distante 1,5 metros das janelas e portas. Na segunda avaliação, o equipamento foi posicionado em cada posto de trabalho, visando compreender os níveis existentes em cada local.

A última variável analisada foi o ruído, com enfoque nos níveis de pressão sonora. Para isso, utilizou-se o Decibelímetro Sound Analyser L-2050, que possuía uma escala de medição delimitada entre 30 e 140 dB. Esse tipo de equipamento mede a intensidade da pressão sonora e expõe os valores mensurados em escala de decibéis (dB) mediante escolha do tempo de resposta.

Os procedimentos adotados tiveram como base a norma NBR 10151, logo, os equipamentos foram posicionados em pontos estratégicos a uma distância mínima de 1 metro de qualquer superfície. A pressão sonora dos locais foi a resultante da média aritmética de pelo menos três pontos distintos, afastadas entre si pelo menos 0,5 metros.

O Quadro 25 abaixo traz uma síntese dos equipamentos utilizados para aferição de cada uma das variáveis mencionadas anteriormente.

Quadro 25 - Variáveis e equipamentos utilizados

Grupo	Variáveis	Número de medições por dia	Posição dos pontos de medição	Equipamentos utilizados	Período da medição
Térmica	Temperatura do ar (°C)	Contínuas	No centro e nas extremidades do ambiente.	TGD 300 e BABUC A	Do início ao fim do experimento
	Umidade Relativa (%)	Contínuas			
	Temperatura de globo (°C)	Contínuas			
	Temperatura radiante média(°C)	Contínuas			
	Umidade Relativa (%)	Contínuas			
Qualidade do ar	Material particulado < 5 (P/m <sup>3</sup> )	Dez vezes para cada ponto	Nas extremidades e em quatro pontos centrais.	Fluke 983	Durante a realização da bateria de testes cognitivos.
Lumínica	Iluminância (Lux)	Três vezes para cada ponto.	Os pontos eram os postos de trabalho ocupados.	Luxímetro <i>Phywe</i>	
Acústica	Leq (DB)	Cinco vezes em cada ponto	No centro e nas extremidades do ambiente.	Sound Analyser L-2050	

Fonte: Elaboração própria (2019)

### 3.3.3.3 Percepção ambiental

No questionário respondido pelos estudantes haviam indagações acerca das variáveis ambientais. Logo, os parâmetros subjetivos foram aferidos durante os três dias de coleta para entender a percepção dos estudantes com relação às condições a que foram submetidos.

Com relação a variável térmica questionou-se a sensação, percepção de conforto e a preferência térmica. Para isso, as questões foram baseadas nas escalas de sete pontos de percepção e preferência da norma ISO 10551 (1995) e ASHRAE 55 (2013). A Tabela 13 apresenta as escalas utilizadas, em que a escala (I) refere-se à sensação térmica; a escala (II) à preferência térmica; e a escala (III) o conforto térmico.

Tabela 13 – Escalas de sensação, preferência e conforto térmico

Sensação térmica (I)		Preferência térmica (II)		Conforto térmico (III)	
-3	Muito frio	-3	Muito mais frio	1	Confortável
-2	Frio	-2	Mais frio		
-1	Levemente frio	-1	Um pouco mais frio	2	Levemente desconfortável
0	Neutro	0	Assim mesmo		
1	Levemente quente	1	Um pouco mais quente	3	Desconfortável
2	Quente	2	Mais quente		
3	Muito quente	3	Muito mais quente	4	Muito desconfortável

Fonte: Elaboração própria (2019)

Para avaliar a percepção com relação a qualidade do ar, questionou-se acerca da satisfação com relação a essa variável e a satisfação com a circulação do ar no posto de trabalho.

Para avaliar a percepção com relação a iluminação, questionou-se acerca da satisfação com relação a quantidade de luz na mesa de trabalho; a satisfação com relação a quantidade de luz para o trabalho com computador; a satisfação com a quantidade de luz refletida ou de ofuscamento na tela do computador; e por último, a satisfação com relação a quantidade da iluminação na área de trabalho.

Por fim, para avaliar a percepção com relação ao ruído do ambiente, questionou-se a satisfação quanto ao nível de ruído proveniente de outras pessoas; e a satisfação com relação ao nível de ruído de fundo (não proveniente de conversas) existente na área de trabalho.

A escala de satisfação utilizada na avaliação da percepção quanto a qualidade do ar, iluminação e ruído, variou em uma escala de sete pontos. Essa variação pode ser visualizada no Quadro 26, que resume todas as questões levantadas de acordo com as variáveis e as respectivas escalas de avaliação.

Quadro 26 - Resumo das questões e escalas de avaliação utilizadas

VARIÁVEIS	QUESTÕES	ESCALA DE AVALIAÇÃO
<b>Térmica</b>	Qual sua percepção quanto a sensação térmica	-3=Muito frio; -2=Frio; -1=Levemente frio; 0=Neutro; 1= Levemente quente; 2= Quente; 3= Muito quente
	Qual sua percepção quanto ao Conforto térmico	-3=Muito mais frio; -2= Mais Frio; -1= Muito mais frio; 0=Assim mesmo; 1= Um pouco mais quente; 2= Mais Quente; 3= Muito mais quente

	Qual sua percepção quanto ao Desejo térmico	1=Confortável; 2= Levemente desconfortável; 3= Desconfortável; 4=Muito desconfortável
<b>Qualidade do ar</b>	Qual sua satisfação com relação qualidade do ar (em geral) na sua área de trabalho	1=Muito insatisfatório; 2=Insatisfatório; 3=Levemente insatisfatório; 4=Neutro; 5=Levemente satisfatório; 6=Satisfatório; 7=Muito insatisfatório
	Qual sua satisfação com relação a circulação do ar no posto de trabalho	1=Muito insatisfatório; 2=Insatisfatório; 3=Levemente insatisfatório; 4=Neutro; 5=Levemente satisfatório; 6=Satisfatório; 7=Muito insatisfatório
<b>Iluminação</b>	Qual sua satisfação com relação a quantidade de luz na mesa de trabalho	1=Muito insatisfatório; 2=Insatisfatório; 3=Levemente insatisfatório; 4=Neutro; 5=Levemente satisfatório; 6=Satisfatório; 7=Muito insatisfatório
	Qual sua satisfação com relação a quantidade de luz para o trabalho com computador	1=Muito insatisfatório; 2=Insatisfatório; 3=Levemente insatisfatório; 4=Neutro; 5=Levemente satisfatório; 6=Satisfatório; 7=Muito insatisfatório
	Qual sua satisfação com relação a quantidade de luz refletida ou de ofuscamento na tela do computador	1=Muito insatisfatório; 2=Insatisfatório; 3=Levemente insatisfatório; 4=Neutro; 5=Levemente satisfatório; 6=Satisfatório; 7=Muito insatisfatório
	Qual sua satisfação com relação a qualidade da iluminação na sua área de trabalho	1=Muito insatisfatório; 2=Insatisfatório; 3=Levemente insatisfatório; 4=Neutro; 5=Levemente satisfatório; 6=Satisfatório; 7=Muito insatisfatório
<b>Ruído</b>	Qual sua satisfação com relação ao nível de ruído proveniente de outras pessoas	1=Muito insatisfatório; 2=Insatisfatório; 3=Levemente insatisfatório; 4=Neutro; 5=Levemente satisfatório; 6=Satisfatório; 7=Muito insatisfatório
	Qual sua satisfação com o nível de ruído de fundo (não proveniente de conversas) que você ouve da sua área de trabalho	1=Muito insatisfatório; 2=Insatisfatório; 3=Levemente insatisfatório; 4=Neutro; 5=Levemente satisfatório; 6=Satisfatório; 7=Muito insatisfatório

Fonte: Elaboração própria (2019)

### 3.3.3.4 Desempenho dos estudantes

O desempenho dos estudantes foi avaliado através da avaliação das habilidades cognitivas. Para isso, desenvolveu-se três testes a partir da decomposição do Teste BPR-5, que é subdividido em cinco baterias: Raciocínio verbal (RV); Raciocínio abstrato (RA); Raciocínio Mecânico (RM); Raciocínio espacial (RE); e Raciocínio numérico (RN).

Para o teste de raciocínio verbal analisa-se a classe e o tipo de relação entre as palavras. Com relação ao teste de raciocínio numérico, é abordado o tamanho da sequência numérica, as operações matemáticas utilizadas, o número de sequências lógicas utilizadas e a complexidade das sequências lógicas. Com relação ao teste de raciocínio abstrato, compreende-se o entendimento acerca das regras de modificação e o número de

tipos de regras de modificação. Já no teste de raciocínio espacial, analisa-se o número de eixos de rotação, sentidos de rotação, faces visíveis dos cubos e presença de estímulos visuais nas bordas das faces dos cubos. Por fim, a prova de raciocínio mecânico, que analisa o tipo de conhecimento em física (ALMEIDA; PRIMI, 2004; CAMPOS, 2005; PRIMI; ALMEIDA, 2000; SIQUEIRA, 2015; TORRES, 2016; VASCONCELOS, 2013).

Como o experimento foi realizado em três dias, e buscava-se analisar o desempenho de acordo com as diferentes condições ambientais, desenvolveu-se três testes. Os testes apresentavam níveis idênticos de dificuldade, e foram desenvolvidos a partir da decomposição e reorganização das baterias de testes do BPR-5.

Em cada dia os estudantes realizavam um dos testes, não podendo repetir o teste já realizado. Cada bateria apresentava 4 questões com um tempo máximo para resolução. Além disso, cada questão apresentava a variável tempo de resposta, para aferir o tempo utilizado na resolução da questão.

A estrutura dos testes aplicados está descrita no Quadro 27 abaixo.

Quadro 27 - Estrutura dos testes aplicados

TESTE	QUESTÕES	DURAÇÃO	DESCRIÇÃO
Raciocínio verbal (RV)	4	4 minutos	A relação analógica existente entre um primeiro par de palavras deverá ser descoberta e aplicada de forma que identifique a quarta palavra entre as cinco alternativas de resposta que mantenha a mesma relação com uma terceira apresentada (PRIMI; ALMEIDA, 2000; ALMEIDA; PRIMI, 2004).
Raciocínio Abstrato (RA)	4	8 minutos	É necessário que se descubra a relação existente entre os dois primeiros termos e aplicá-la ao terceiro, para se identificar a quarta figura entre as cinco alternativas de resposta (PRIMI; ALMEIDA, 2000; ALMEIDA; PRIMI, 2004).
Raciocínio Mecânico (RM)	4	8 minutos	Constituídos por gravuras que retratam um problema e opção de resposta. As questões são compostas por problemas práticos que envolvem conteúdos físico-mecânicos. A resposta é dada escolhendo-se entre as alternativas de resposta aquela que melhor responde à questão proposta pelo problema (PRIMI; ALMEIDA, 2000; ALMEIDA; PRIMI, 2004).
Raciocínio Espacial (RE)	4	10 minutos	Existem séries de cubos tridimensionais em movimento. Os movimentos podem ser constantes, por exemplo, sempre para a direita, ou alternados, por exemplo, para esquerda e para cima. Descobrimo-se o movimento, por meio da análise das diferentes faces, deve escolher-se entre as alternativas de resposta a representação do cubo que se seguiria se o movimento descoberto fosse aplicado ao último cubo da série (PRIMI; ALMEIDA, 2000; ALMEIDA; PRIMI, 2004).

Raciocínio Numérico (RN)	4	10 minutos	Prova composta na forma de séries de números lineares ou alternadas, em que o sujeito deve descobrir qual a relação aritmética que rege as progressões nas séries e aplicá-la respondendo quais seriam os dois últimos números que completariam a série (PRIMI; ALMEIDA, 2000; ALMEIDA; PRIMI, 2004).
--------------------------	---	------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Fonte: Elaboração própria (2019)

### 3.4 PROCEDIMENTO DE ANÁLISE DOS DADOS

A análise dos dados foi subdividida em dois grupos conforme mostra Quadro 28. O primeiro representa os tópicos que foram analisados sob a ótica descritiva, enquanto que o segundo apresenta as análises que demandaram tratamento estatístico mais refinado.

Quadro 28 – Grupo, tipo de análise e tópicos

Grupo	Tipo de análise	Tópicos
I	Descritiva	Descrição da amostra
		Descrição das variáveis ambientais
		Descrição da percepção ambiental
II	Estatística	Influência das variáveis ambientais no desempenho
		Dimensões perceptivas
		Influência das dimensões perceptivas no desempenho
		Relações entre as dimensões perceptivas

Fonte: Elaboração própria (2019)

#### 3.4.1 Análises descritivas

Com relação a descrição da amostra, calculou-se a média e o desvio padrão da idade e do índice de massa corporal dos estudantes de cada ambiente. Além disso, mensurou-se o percentual amostral pertencente ao sexo masculino e feminino de cada ambiente.

No que tange a descrição das variáveis ambientais, calculou-se as médias das seguintes variáveis: Temperatura do ar, Temperatura de globo, Temperatura radiante média, Umidade relativa, Iluminância, Nível de ruído e Material Particulado. Esses valores foram obtidos para os três dias de análise realizados em cada ambiente.

Além disso, o questionário perceptivo foi analisado e calculou-se os percentuais das respostas obtidas em cada dia de investigação realizada nos sete ambientes de ensino.

Por fim, destaca-se que todas as análises mencionadas anteriormente foram desenvolvidas utilizando os softwares Microsoft Excel e R-Project 3.6.1.

### **3.4.2 Análises estatísticas**

Para analisar a influência das variáveis ambientais no desempenho utilizou-se modelos lineares generalizados. Antes de adentrar nos procedimentos utilizados, é importante salientar que as variáveis ambientais testadas foram anteriormente apresentadas no tópico 3.4.1.

Além disso, o desempenho foi representado pelo número total de acertos e tempo de resposta dos testes. Com relação ao primeiro, categorizou-se em dois grupos: Bom desempenho, para os que acertaram mais que 70%; e mau desempenho, para os que acertaram menos que 70% das questões. Com relação ao segundo, categorizou-se o tempo de resposta em curto, médio e longo para que se pudesse desenvolver as análises de forma mais efetiva.

De posse dessas informações básicas é possível adentrar no procedimento para desenvolvimento dos modelos. Primeiramente, analisou-se a influência das variáveis ambientais no número total de acertos utilizando um modelo de regressão logístico binomial, com a função de ligação logit.

Em seguida, analisou-se a influência das variáveis ambientais no tempo de resposta utilizando um modelo de regressão logístico binomial, com a função de ligação logit.

O desenvolvimento desses modelos seguiu as mesmas etapas. Inicialmente, definiu-se o desempenho como variável dependente e as variáveis ambientais como independentes.

Posteriormente, analisou-se o nível de significância (p-valor) das variáveis ambientais presentes no modelo. As que possuíam  $p\text{-valor} > 0,05$  não apresentavam relação com a variável dependente e foram retiradas do modelo.

Diante disso, os modelos finais que apresentavam apenas relações significativas entre as variáveis ambientais e o desempenho foram submetidos a uma série de diagnósticos: Análise da função de ligação e variância, verificação da distribuição da variável resposta e análise de resíduos.

Após aprovação nesses testes os modelos estavam prontos para serem interpretados. Entre as informações existentes encontrava-se a razão da chance, que foi a vertente escolhida para explicar a influência das variáveis ambientais no desempenho.

Após o término dessa primeira análise, direcionou-se as atenções aos aspectos subjetivos. As questões perceptivas individualmente não apresentavam relação direta com o desempenho, logo tornou-se necessário o desenvolvimento de dimensões, isto é, criar grupos com as questões aplicadas para investigar a potencial relação com o desempenho.

Diante dessa necessidade, aplicou-se inicialmente uma Análise Fatorial Exploratória (AFE) para identificar as questões que estavam associadas e poderiam constituir um grupo ou dimensão.

A aplicabilidade desse método passou por inúmeras análises: Teste de Bartlett, Teste Kaiser-Meyer-Olkin (KMO), Medida de Adequação da Amostra e Alfa de Cronbach.

Posteriormente, aplicou-se uma Análise Fatorial Confirmatória (AFC) para averiguar e comprovar o modelo teórico proposto na AFE. Os resultados encontrados foram diagnosticados a partir dos seguintes testes: P-valor, Qui-Quadrado, Índice de Qualidade do Ajuste (GFI), Raiz do erro quadrático médio de aproximação (RMSEA), Índice de ajuste comparativo (CFI) e outros (GFI, TLI, PGFI, PCFI).

Após confirmação das dimensões perceptivas na AFC, aplicou-se modelos de equações estruturais para relacioná-las com o desempenho. Dessa forma, obteve-se um modelo que envolveu as dimensões perceptivas que apresentaram relações significativas com o número total de acertos e o tempo de resposta nos testes.

O processo inicial para desenvolvimento de modelo de equações estruturais é o mesmo utilizado na Análise Fatorial Confirmatória (AFC). Dessa forma, os diagnósticos iniciais foram os mesmos utilizados nesse método.

Posteriormente, analisou-se a significância das dimensões e retirou-se as que possuíam p-valor  $> 0,005$ . As dimensões remanescentes constituíram o modelo final, que explicou a relação entre os aspectos subjetivos e o desempenho.

Por fim, era importante compreender como as dimensões perceptivas estavam se relacionando. Dessa forma, aplicou-se Redes Bayesianas para encontrar uma estrutura gráfica que expressasse as relações entre as dimensões e as relacionassem com o tempo de resposta e o total de acertos nos testes a partir de cenários probabilísticos.

O desenvolvimento da rede partiu da busca de um grafo inicial a partir de dois critérios: *Mutual Information* (MI) e Qui-quadrado, através dos algoritmos Hill-Climbing e Tabu.

Em seguida, diagnosticou-se as relações encontradas a partir da Curva Roc, expressa pelos valores AUC. Após aprovação e validação da rede, desenvolveu-se cenários probabilísticos para o número total de acertos e o tempo de resposta.

As análises mencionadas nesse tópico, sintetizadas no Quadro 29, foram desenvolvidas utilizando o software estatístico R-Project 3.6.1.

Quadro 29 – Tópicos e métodos estatísticos utilizados

<b>Tópicos</b>	<b>Métodos Estatísticos</b>
Influência das variáveis ambientais no desempenho	Modelo de regressão logística
Dimensões perceptivas	Análise Fatorial Exploratória Análise Fatorial Confirmatória
Influência das dimensões perceptivas no desempenho	Equações Estruturais
Relações entre as dimensões perceptivas	Redes Bayesianas

Fonte: Elaboração própria (2019)

### 3.5 ASPECTOS ÉTICOS

A presente pesquisa, cadastrada junto à Plataforma Brasil com o número 31037614.0.0000.5188, foi aprovada junto ao Comitê de Ética da Universidade Federal da Paraíba.

Dessa forma, o presente estudo está em concordância com os aspectos éticos cabíveis a todas as pesquisas envolvendo seres humanos, que são baseados nas diretrizes éticas brasileiras.

## **CAPÍTULO 4: RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Este capítulo apresenta os resultados encontrados, que estão distribuídos nos seguintes tópicos: (1) Descrição dos ambientes; (2) Descrição da amostra; (3) Descrição das variáveis ambientais; (4) Descrição da percepção ambiental; (5) Influência das variáveis ambientais no desempenho; (6) Dimensões perceptivas; (7) Influência das dimensões perceptivas no desempenho; e (8) Relações entre as dimensões perceptivas.

### **4.1 DESCRIÇÃO DOS AMBIENTES ANALISADOS**

#### **4.1.1 Ambiente A**

O ambiente “A” estava situado na Universidade Federal do Amazonas (UFAM), localizada cidade de Manaus, estado do Amazonas, região norte. O ambiente possuía uma área de cerca 70 m<sup>2</sup>; ocupada por 10 bancadas com 3 computadores cada, totalizando 30 estações de trabalho.

O ambiente era climatizado por um aparelho do tipo Split; apresentava iluminação artificial; e possuía as paredes laterais compostas por janelas que propiciam iluminação natural durante o dia.

#### **4.1.2 Ambiente B**

O ambiente “B” pertencia à Universidade Federal do Piauí (UFPI), localizada na cidade de Teresina, estado do Piauí, região nordeste. O ambiente possuía uma área de cerca de 112 m<sup>2</sup>, ocupada por 10 bancadas que possuíam no seu total 48 computadores.

O ambiente era climatizado por dois aparelhos do tipo Split; apresentava iluminação artificial; e possuía duas janelas que permitiam em determinados momentos a iluminação natural.

#### **4.1.3 Ambiente C**

O ambiente “C” pertencia a uma faculdade privada (UNINASSAU) localizada na cidade de João Pessoa, Estado da Paraíba, região nordeste. O ambiente possuía área de 76,44 m<sup>2</sup>; ocupado por 12 bancadas com 3 computadores cada, totalizando 36 postos de trabalho; existia um sistema de climatização tipo Split; a iluminação era artificial; e apresentava duas janelas com proteções na cor preta que impediam o fluxo da energia solar e da iluminação natural.

#### **4.1.4 Ambiente D**

O ambiente “D” estava situado em uma universidade pública (UNIVASF) localizada na cidade de Petrolina, estado de Pernambuco, região nordeste. Esse ambiente

possuía 100 m<sup>2</sup>; ocupado por 5 bancadas com 5 computadores cada, totalizando 25 postos de trabalho; por fim, continha bancadas e cadeiras para livre utilização.

O ambiente possuía climatização mecânica através de dois aparelhos do tipo Split; apresentava iluminação artificial; e possuía seis janelas com proteção contra incidência direta da radiação solar.

#### **4.1.5 Ambiente E**

O ambiente “E” estava situado na Universidade de Brasília (UNB), campus de Brasília, Distrito Federal, região centro-oeste. O ambiente possuía uma área de 86,93 m<sup>2</sup>, sendo ocupado por 10 bancadas com 4 mesas de trabalho, totalizando 40 estações de trabalho.

O ambiente era climatizado com dois aparelhos do tipo Split, apresentando iluminação artificial e janelas com proteção contra incidência direta da radiação solar.

#### **4.1.6 Ambiente F**

O ambiente “F” estava situado no Instituto de Matemática da Universidade de São Paulo (USP), campus de São Carlos, estado de São Paulo, região sudeste. O ambiente possuía uma área de 61,68 m<sup>2</sup>, sendo ocupado por 10 bancadas com 4 estações cada, totalizando 40 estações de trabalho.

O ambiente era climatizado com dois aparelhos do tipo Split, apresentando iluminação artificial, sendo toda a parede inferior dotadas de janelas.

#### **4.1.7 Ambiente G**

O ambiente “G” pertencia à Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), campus de Florianópolis, estado de Santa Catarina, região sul. Esse ambiente possuía uma área de aproximadamente 49,7 m<sup>2</sup>; ocupada por 25 estações de trabalho.

O ambiente era climatizado com dois aparelhos do tipo Split; possuía iluminação artificial e apresentava a parede inferior composta por três janelas vedadas por cortinas.

Os layouts dos ambientes citados anteriormente estão expressos nos Anexos 18 a 23.

## **4.2 DESCRIÇÃO DA AMOSTRA**

As características da amostra analisada estão expressas na Tabela 14, que apresenta o número de indivíduos por ambiente; a idade média e o desvio padrão; o IMC médio e o desvio padrão; e a porcentagem de indivíduos por sexo em cada ambiente.

Além disso, apresenta-se também os números totais da amostra. Observa-se que a amostra analisada no presente estudo foi de 187 indivíduos, com uma idade média 21

anos, apresentando um índice de massa corporal médio de 24,15, sendo composta prioritariamente por indivíduos do sexo masculino (70%).

Por fim, como o presente experimento foi realizado em três dias consecutivos, os 187 indivíduos que compuseram o número amostral total foram os mesmos nos três dias de análises, o que resultou no número total 561 análises subjetivas.

Tabela 14 - Características da amostra

Amb.	Amostra	Idade		IMC		Masculino	Feminino
<b>A</b>	73	$\bar{X}=20$	DP=4,95	$\bar{X}=24$	DP = 5,25	48 (65,75%)	25 (34,25%)
<b>B</b>	14	$\bar{X}=22$	DP=1,12	$\bar{X}=23,70$	DP = 3,37	9 (65%)	5 (35%)
<b>C</b>	26	$\bar{X}=23$	DP= 1,41	$\bar{X}=24$	DP = 3,29	20 (77%)	6 (23%)
<b>D</b>	27	$\bar{X}=19$	DP= 1,42	$\bar{X}=24,78$	DP = 5,61	15(56%)	12 (44%)
<b>E</b>	15	$\bar{X}=22,7$	DP= 1,83	$\bar{X}=22,95$	DP = 3,18	11 (73%)	4 (27%)
<b>F</b>	15	$\bar{X}=26,3$	DP= 6,89	$\bar{X}=25,06$	DP = 6,47	11(73%)	4(27%)
<b>G</b>	17	$\bar{X}=19$	DP= 2,46	$\bar{X}=23$	DP = 3,74	17 (100%)	0 (0%)
<b>Total amostral</b>	<b>187</b>	$\bar{X}=21$	<b>DP= 4,70</b>	$\bar{X}=24,15$	<b>DP= 4,78</b>	<b>131 (70%)</b>	<b>56 (30%)</b>

Fonte: Elaboração própria (2019)

### 4.3 DESCRIÇÃO DAS VARIÁVEIS AMBIENTAIS

As condições ambientais obtidas durante o experimento para cada ambiente estão expressas em três tabelas a seguir. A Tabela 15 apresenta os parâmetros encontrados no Dia 1, em que foi proposto a menor temperatura do ar. A Tabela 16 apresenta os parâmetros encontrados no Dia 2, em que foi proposta a temperatura intermediária; e a Tabela 17 apresenta os parâmetros encontrados no Dia 3, em que foi proposta a maior temperatura do ar.

Tabela 15 – Variáveis ambientais mensuradas no Dia 1

	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>
	<b>UFAM</b>	<b>UFPI</b>	<b>NASSAU</b>	<b>UNIVASF</b>	<b>UnB</b>	<b>USP</b>	<b>UFSC</b>
<b>Ta (°C)</b>	22,8±0,02	20,07±0,1	20,3±0,02	22,4±0,01	24,5±0,07	23,09±0,01	22,7±0,01
<b>Tg (°C)</b>	22,9±0,01	21,03±0,1	23,3±0,02	23,2±0,01	24,37±0,1	23,73±0,1	23,2±0,01

<b>Trm (°C)</b>	22,97±0,1	21,41±0,1	24,1±0,01	23,7±0,01	24,02±0,1	23,94±0,1	24,1±0,01
<b>UR (%)</b>	51,54±1,5	69,21±0,1	64,53±0,3	64,53±0,01	65,1±5,91	48,17±0,6	66,3±0,05
<b>Iluminância (LUX)</b>	208±49,3	203±16,1	237 ±49,1	321 ±83,48	154±49	315±106	106±55,48
<b>Leq (dB)</b>	57,3 ±1,6	59,02±1,1	54,64±1,4	65,41±5,05	57,87±2,91	51,76±0,93	50,53±5,
<b>MP ≤ 5 µm (P/m³)</b>	34.923	29.206	24.850	23.720	25.683	22.063	17.321

Fonte: Elaboração própria (2019)

Tabela 16 – Variáveis ambientais mensuradas no Dia 2

	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>
	<b>UFAM</b>	<b>UFPI</b>	<b>NASSAU</b>	<b>UNIVASF</b>	<b>UnB</b>	<b>USP</b>	<b>UFSC</b>
<b>Ta (°C)</b>	24,9±0,03	22,95±0,2	23,4±0,01	23,04±0,01	24,5±0,02	23,30±0,07	24±0,04
<b>Tg (°C)</b>	25,1±0,03	24,12±0,2	24,2±0,01	24,04±0,02	24,5±0,03	23,95±0,03	24,7±0,02
<b>Trm (°C)</b>	25,5±0,15	24,74±0,2	24,3±0,01	24,64±0,08	24,4±0,3	24,17±0,14	24,7±0,02
<b>UR (%)</b>	55,46±1,1	67,54±0,2	59,5±0,06	64,53±0,01	58,04±1,9	53,92±0,73	62,9±0,22
<b>Iluminância (LUX)</b>	284±48,72	193±21	203±49	246,23±73	157±45	328±105	124±53
<b>Leq (dB)</b>	53,63±1,8	56,02±1,3	56,07±4,1	61,42±9,3	58,1±1,35	53,42±1,82	57,32±3,7
<b>MP ≤ 5 µm (P/m³)</b>	33.846	25.252	22.387	23.440	24.240	15.271	19.208

Fonte: Elaboração própria (2019)

Tabela 17 – Variáveis ambientais mensuradas no Dia 3

	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>
	<b>UFAM</b>	<b>UFPI</b>	<b>NASSAU</b>	<b>UNIVASF</b>	<b>UnB</b>	<b>USP</b>	<b>UFSC</b>
<b>Ta (°C)</b>	30,8±0,08	33,72±0,1	29,39±0,1	28,52±0,05	24,8±0,06	28,80±0,02	28,5±0,05
<b>Tg (°C)</b>	29,7±0,02	29,95±0,1	29,5±0,05	27,94±0,18	24,58±0,03	27,79±0,06	28,7±0,05
<b>Trm (°C)</b>	29,6±0,07	30,01±0,2	29,5±0,04	28,63±0,06	24,43±0,03	27,41±0,03	28,5±0,05
<b>UR (%)</b>	69,72±0,5	67,54±0,2	76,4±0,27	71,77±0,8	71,48±1,30	45,38±0,34	82,7±0,33
<b>Iluminância (LUX)</b>	306±49,25	199±18,64	246±50	299±78	191±47	303±104	124±52,20

<b>Leq (dB)</b>	54,61±4	56,02±1,3	53,93	59,40±0,95	54,78±4,32	47,33±2,7	57,88±5,3
<b>MP ≤ 5 µm</b>	51.308	27.796	32.984	23.468	39.362	26.355	21.413

Fonte: Elaboração própria (2019)

#### 4.4 DESCRIÇÃO DA PERCEPÇÃO AMBIENTAL

Para compreender a percepção ambiental subdividiu-se a análise em quatro vertentes: Percepção térmica; Percepção lumínica; Percepção de ruído e Percepção dos aspectos gerais.

Além disso, é importante destacar três situações neste tópico: os resultados estão apresentados na forma de termos percentuais; o termo “alguma satisfação”, indica o somatório dos percentuais das seguintes respostas: levemente satisfatório; satisfatório e muito satisfatório; e o termo “alguma insatisfação”, indica o somatório dos percentuais das seguintes respostas: levemente insatisfatório; insatisfatório e muito insatisfatório.

##### 4.4.1 Percepção térmica

###### 4.4.1.1 Sensação térmica

No primeiro dia (Tabela 18), em que foi proposta a menor temperatura do ar, prevaleceu para toda amostra duas sensações: sensação de neutralidade (47,06%) e de que o ambiente estava levemente frio (33,62%).

Analisando alguns resultados específicos, destaca-se que 50% dos estudantes pertencentes à UNIVASF consideraram o ambiente levemente quente. Além deles, cerca de 24% dos estudantes presentes na UNB também consideraram o ambiente levemente quente.

Tabela 18 – Percentual das sensações térmicas para o dia 1

<b>Ambiente</b>	<b>Sensação térmica (%)</b>						
	Muito Frio (-3)	Frio (-2)	Levemente Frio (-1)	Neutro (0)	Levemente Quente (1)	Quente (2)	Muito Quente (3)
<b>UNINASSAU (A)</b>	2,74	9,59	41,10	41,10	5,48	0	0
<b>UNIVASF (B)</b>	0	0	0	35,71	50	14,29	0
<b>UFPI (C)</b>	11,54	11,54	50	26,92	0	0	0
<b>UFAM (D)</b>	0	7,41	22,22	62,96	7,41	0	0
<b>UNB (E)</b>	0	0	17,65	58,82	23,53	0	0
<b>USP (F)</b>	0	0	26,67	60	6,67	6,67	0
<b>UFSC (G)</b>	0	0	33,33	66,67	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>2,67</b>	<b>6,42</b>	<b>32,62</b>	<b>47,06</b>	<b>9,63</b>	<b>1,60</b>	<b>0</b>

Fonte: Elaboração própria (2019)

No segundo dia (Tabela 19), em que foi proposta a temperatura de conforto, prevaleceu para toda amostra a sensação de neutralidade térmica. Entretanto, é importante destacar que cerca de 37% dos estudantes pertencentes à UFAM consideraram o ambiente levemente quente.

Tabela 19 – Percentual das sensações térmicas para o dia 2

Ambiente	Sensação térmica (%)						
	Muito Frio (-3)	Frio (-2)	Levemente Frio (-1)	Neutro (0)	Levemente Quente (1)	Quente (2)	Muito Quente (3)
<b>UNINASSAU (A)</b>	0	1,37	15,07	58,90	20,55	2,74	1,37
<b>UNIVASF (B)</b>	0	0	28,57	57,14	14,29	0	0
<b>UFPI (C)</b>	3,85	3,85	19,23	73,08	0	0	0
<b>UFAM (D)</b>	0	0	3,70	44,44	37,04	14,81	0
<b>UNB (E)</b>	0	0	5,88	70,59	17,65	5,88	0
<b>USP (F)</b>	0	6,67	26,67	53,33	13,33	0	0
<b>UFSC (G)</b>	0	0	20	60	13,33	6,67	0
<b>TOTAL</b>	<b>0,53</b>	<b>1,60</b>	<b>15,51</b>	<b>59,36</b>	<b>18,18</b>	<b>4,28</b>	<b>0,53</b>

Fonte: Elaboração própria (2019)

No terceiro dia (Tabela 20), em que foi proposta a maior temperatura do ar, prevaleceu para toda amostra a sensação de que o ambiente estava quente (42,25%) ou muito quente (30,48%).

Analisando alguns resultados específicos, destaca-se que cerca de 13% dos estudantes presentes na UNINASSAU indicaram a sensação de neutralidade térmica. Além disso, cerca de 58,82% dos estudantes pertencentes à UNB indicaram a sensação de neutralidade térmica.

Tabela 20 – Percentual das sensações térmicas para o dia 3

Ambiente	Sensação térmica (%)						
	Muito Frio (-3)	Frio (-2)	Levemente Frio (-1)	Neutro (0)	Levemente Quente (1)	Quente (2)	Muito Quente (3)
<b>UNINASSAU (A)</b>	0	0	0	12,33	26,03	42,47	19,18
<b>UNIVASF (B)</b>	0	0	0	0	7,14	42,86	50
<b>UFPI (C)</b>	0	0	0	0	3,85	57,69	38,46
<b>UFAM (D)</b>	0	0	0	0	11,11	29,63	59,26
<b>UNB (E)</b>	0	0	17,65	58,82	17,65	5,88	0
<b>USP (F)</b>	0	0	0	0	6,67	80	13,33
<b>UFSC (G)</b>	0	0	0	0	6,67	40	53,33
<b>TOTAL</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1,60</b>	<b>10,16</b>	<b>15,51</b>	<b>42,25</b>	<b>30,48</b>

Fonte: Elaboração própria (2019)

#### 4.4.1.2 Conforto térmico

No primeiro dia, prevaleceu para toda amostra a percepção de que o ambiente estava confortável, cerca de 55,08%. Entretanto, o percentual de indivíduos que consideraram o ambiente levemente desconfortável foi de 37,43%.

Por fim, é importante destacar que a maior parte dos estudantes pertencentes à UNB (58,82%) e à UFSC (52,33%) tiveram a percepção de que o ambiente estava levemente desconfortável.

Os resultados descritos anteriormente podem ser visualizados na Tabela 21.

Tabela 21 – Percentual das percepções de conforto térmico para o dia 1

Ambiente	Conforto térmico (%)			
	Confortável	Levemente Desconfortável	Desconfortável	Muito Desconfortável
<b>UNINASSAU (A)</b>	53,42	35,62	10,96	0
<b>UNIVASF (B)</b>	50	42,86	7,14	0
<b>UFPI (C)</b>	61,54	30,77	7,69	0
<b>UFAM (D)</b>	66,67	29,63	3,70	0
<b>UNB (E)</b>	41,18	58,82	0	0
<b>USP (F)</b>	60	26,67	6,67	6,67
<b>UFSC (G)</b>	46,67	53,33	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>55,08</b>	<b>37,43</b>	<b>6,95</b>	<b>0,53</b>

Fonte: Elaboração própria (2019)

No segundo dia (Tabela 22), prevaleceu para toda amostra a percepção de que o ambiente estava confortável, cerca de 57,22%. Entretanto, quando se analisa individualmente cada ambiente, identifica-se que nos ambientes pertencentes à UFAM, UNB, USP e UFSC o percentual de indivíduos confortáveis foi inferior ao percentual de indivíduos que indicaram sentir algum desconforto.

Tabela 22 – Percentual das percepções de conforto térmico para o dia 2

Ambiente	Conforto térmico (%)			
	Confortável	Levemente Desconfortável	Desconfortável	Muito Desconfortável
<b>UNINASSAU (A)</b>	54,79	38,36	6,85	0
<b>UNIVASF (B)</b>	71,43	28,57	0	0
<b>UFPI (C)</b>	96,15	3,85	0	0
<b>UFAM (D)</b>	40,74	59,26	0	0
<b>UNB (E)</b>	47,06	41,18	11,76	0
<b>USP (F)</b>	46,67	40	6,67	6,67
<b>UFSC (G)</b>	40	60	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>57,22</b>	<b>37,97</b>	<b>4,28</b>	<b>0,53</b>

Fonte: Elaboração própria (2019)

Para o terceiro dia (Tabela 23), o percentual total de indivíduos que indicaram conforto foi de 14,97%. Logo, o percentual de indivíduos que indicaram algum desconforto foi de 85,03%, subdividido em: 34,22% levemente desconfortável; 34,76% desconfortável; e 16,04% muito desconfortável. Por fim, é importante destacar que no ambiente pertencente à UNB o percentual de indivíduos que indicaram conforto foi considerável, cerca de 41,18%.

Tabela 23 – Percentual das percepções de conforto térmico para o dia 3

Ambiente	Conforto térmico (%)			
	Confortável	Levemente Desconfortável	Desconfortável	Muito Desconfortável
<b>UNINASSAU (A)</b>	20,55	35,62	32,88	10,96
<b>UNIVASF (B)</b>	7,14	35,71	50	7,14
<b>UFPI (C)</b>	0	7,69	65,38	26,92
<b>UFAM (D)</b>	3,70	29,63	33,33	33,33
<b>UNB (E)</b>	41,18	58,82	0	0
<b>USP (F)</b>	13,33	60	20	6,67
<b>UFSC (G)</b>	13,33	26,67	33,33	26,67
<b>TOTAL</b>	<b>14,97</b>	<b>34,22</b>	<b>34,76</b>	<b>16,04</b>

Fonte: Elaboração própria (2019)

#### 4.4.1.3 Preferência térmica

As respostas de preferência térmica corroboraram a abrangência perceptiva dentro de um ambiente. Logo, identificou-se para o primeiro dia que cerca de 43% da amostra preferiu o ambiente do jeito que estava, isto é, que não sofresse nenhuma alteração térmica. Além disso, os indivíduos que desejavam o ambiente levemente mais quente representaram 26% da amostra total. Os resultados descritos anteriormente estão expressos na Tabela 24.

Tabela 24 – Percentual de preferência térmica para o dia 1

Ambiente	Preferência térmica (%)						
	Muito mais Frio (-3)	Mais Frio (-2)	Levemente mais Frio (-1)	Do jeito que está (0)	Levemente mais quente (1)	Mais Quente (2)	Muito Mais Quente (3)
<b>UNINASSAU (A)</b>	10,96	5,48	0	39,73	35,62	5,48	2,74
<b>UNIVASF (B)</b>	42,86	21,43	0	35,71	0	0	0
<b>UFPI (C)</b>	0	0	7,69	34,62	0	15,38	42,31
<b>UFAM (D)</b>	11,11	3,70	0	55,56	29,63	0	0
<b>UNB (E)</b>	23,53	0	5,88	47,06	23,53	0	0
<b>USP (F)</b>	26,67	0	0	40	26,67	6,67	0
<b>UFSC (G)</b>	6,67	0	0	53,33	40	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>13,90</b>	<b>4,28</b>	<b>1,60</b>	<b>42,78</b>	<b>25,67</b>	<b>4,81</b>	<b>6,95</b>

Fonte: Elaboração própria (2019)

Para o segundo dia, cerca de 49% da amostra total indicou preferir o ambiente do jeito que estava. Além disso, cerca de 22,29% da amostra total desejou que o ambiente estivesse muito mais frio. Nesse sentido, é importante destacar que os ambientes pertencentes à UFAM (40,64%), UFSC (33,33%) e UNINASSAU (28,77%) apresentaram os maiores percentuais. Os resultados descritos anteriormente estão expressos na Tabela 25.

Tabela 25 – Percentual de preferência térmica para o dia 2

Ambiente	Preferência térmica (%)						
	Muito mais Frio (-3)	Mais Frio (-2)	Levemente mais Frio (-1)	Do jeito que está (0)	Levemente mais quente (1)	Mais Quente (2)	Muito Mais Quente (3)
UNINASSAU (A)	28,77	6,85	1,37	41,10	16,44	4,11	1,37
UNIVASF (B)	0	0	14,29	64,29	0	7,14	14,29
UFPI (C)	3,85	0	0	80,77	15,38	0	0
UFAM (D)	40,74	22,22	0	25,93	11,11	0	0
UNB (E)	17,65	0	11,76	52,94	11,76	5,88	0
USP (F)	13,33	0	0	60	20	6,67	0
UFSC (G)	33,33	0	0	40	26,67	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>22,29</b>	<b>5,88</b>	<b>2,67</b>	<b>48,66</b>	<b>14,97</b>	<b>3,21</b>	<b>1,60</b>

Fonte: Elaboração própria (2019)

Para o terceiro dia, os maiores percentuais encontrados foram: 33,16% que desejavam o ambiente mais frio; 30,46% que desejavam o ambiente levemente mais frio; e 19,79% que desejavam o ambiente muito mais frio. Com os resultados descritos anteriormente, cerca de 83,41% da amostra desejava que o ambiente estivesse mais frio. Os valores mencionados anteriormente podem ser visualizados na Tabela 26.

Tabela 26 – Percentual de preferência térmica para o dia 3

Ambiente	Preferência térmica (%)						
	Muito mais Frio (-3)	Mais Frio (-2)	Levemente mais Frio (-1)	Do jeito que está (0)	Levemente mais quente (1)	Mais Quente (2)	Muito Mais Quente (3)
UNINASSAU (A)	28,77	27,40	28,77	10,96	2,74	1,37	0
UNIVASF (B)	14,29	42,86	35,71	7,14	0	0	0
UFPI (C)	7,69	57,69	34,62	0	0	0	0
UFAM (D)	11,11	22,22	55,56	0	3,70	3,70	3,70
UNB (E)	11,76	5,88	0	64,71	11,76	5,88	0
USP (F)	26,67	46,67	13,33	13,33	0	0	0
UFSC (G)	20	46,67	33,33	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>19,79</b>	<b>33,16</b>	<b>30,46</b>	<b>11,76</b>	<b>2,67</b>	<b>1,60</b>	<b>0,53</b>

Fonte: Elaboração própria (2019)

#### 4.4.2 Percepção lumínica

A compreensão da percepção lumínica foi subdividida em: Quantidade de luz na mesa; Quantidade de luz para trabalho com computador; Quantidade de luz refletida ou de ofuscamento na tela do computador; e Quantidade de iluminação na sua área de trabalho.

##### 4.4.2.1 Quantidade de luz na mesa

A percepção da quantidade de luz na mesa não apresentou grandes variações nos três dias de análise conforme mostram as Tabela 27, Tabela 28 e Tabela 29. Logo,

diagnosticou-se que a maioria dos estudantes compreendeu como sendo satisfatória as condições dessa variável.

No primeiro dia, como apresentado na Tabela 27, cerca de 10,16% indicaram que o ambiente estava levemente satisfatório; 41,71% indicaram satisfação e 10,70% indicaram muita satisfação. Dessa forma, aproximadamente 62,57% da amostra indicou alguma satisfação.

Tabela 27 – Percepção da Quantidade de luz na mesa no dia 1

Ambiente	QA1 - Quantidade de luz na mesa (%)						
	Muito insatisfatório	Insatisfatório	Levemente Insatisfatório	Neutro	Levemente Satisfatório	Satisfatório	Muito Insatisfatório
UNINASSAU	0	4,11	6,85	28,77	9,59	39,73	10,96
UNIVASF	0	0	14,29	21,43	0	50	14,29
UFPI	0	0	15,38	3,85	0	65,38	15,38
UFAM	0	0	3,70	33,33	14,81	37,04	11,11
UNB	0	0	17,65	23,53	23,53	23,53	11,76
USP	0	0	13,33	13,33	20	46,67	6,67
UFSC	0	0	46,67	20	6,67	26,67	0
<b>TOTAL</b>	<b>0</b>	<b>1,60</b>	<b>12,83</b>	<b>22,49</b>	<b>10,16</b>	<b>41,71</b>	<b>10,70</b>

Fonte: Elaboração própria (2019)

No segundo dia, conforme mostra a Tabela 28, cerca de 11,23% indicaram que o ambiente estava levemente satisfatório; 37,97% indicaram satisfação e 9,09% indicaram muita satisfação. Dessa forma, aproximadamente 58,29% da amostra indicou alguma satisfação.

Tabela 28 – Percepção da Quantidade de luz na mesa do no dia 2

Ambiente	QA1 - Quantidade de luz na mesa (%)						
	Muito insatisfatório	Insatisfatório	Levemente Insatisfatório	Neutro	Levemente Satisfatório	Satisfatório	Muito Insatisfatório
UNINASSAU	0	8,22	16,44	30,14	12,33	23,29	9,59
UNIVASF	0	0	14,29	7,14	7,14	50	21,43
UFPI	0	0	3,85	7,69	11,54	69,23	7,69
UFAM	0	0	7,41	55,56	3,70	25,93	7,41
UNB	0	5,88	11,76	11,76	23,53	41,18	5,88
USP	0	0	6,67	13,33	13,33	60	6,67
UFSC	0	0	26,67	20	6,67	40	6,67
<b>TOTAL</b>	<b>0</b>	<b>3,74</b>	<b>12,83</b>	<b>25,13</b>	<b>11,23</b>	<b>37,97</b>	<b>9,09</b>

Fonte: Elaboração própria (2019)

No terceiro dia, conforme mostra a Tabela 29, cerca de 11,76% indicaram que o ambiente estava levemente satisfatório; 30,48% indicaram satisfação e 6,42% indicaram muita satisfação. Dessa forma, aproximadamente 48,13% da amostra indicou alguma satisfação.

Tabela 29 – Percepção da Quantidade de luz na mesa no dia 3

Ambiente	QA1 - Quantidade de luz na mesa (%)						
	Muito insatisfatório	Insatisfatório	Levemente Insatisfatório	Neutro	Levemente Satisfatório	Satisfatório	Muito Insatisfatório
UNINASSAU	4,11	9,59	17,81	30,14	13,70	19,18	5,48

<b>UNIVASF</b>	7,14	0	42,86	7,14	7,14	28,57	7,14
<b>UFPI</b>	0	0	7,69	23,08	0	61,54	7,69
<b>UFAM</b>	0	0	0	55,56	7,41	25,93	11,11
<b>UNB</b>	0	5,88	17,65	23,53	17,65	23,53	11,76
<b>USP</b>	0	6,67	13,33	6,67	20	53,33	0
<b>UFSC</b>	0	0	20	33,33	20	26,67	0
<b>TOTAL</b>	<b>2,14</b>	<b>4,81</b>	<b>15,51</b>	<b>28,88</b>	<b>11,76</b>	<b>30,48</b>	<b>6,42</b>

Fonte: Elaboração própria (2019)

#### 4.4.2.2 Quantidade de luz para o trabalho com computador

A percepção da quantidade de luz para o trabalho com computador também não apresentou grandes variações nos três dias de análise conforme mostram as Tabela 30, Tabela 31 e Tabela 32.

No primeiro dia, conforme mostra a Tabela 30, cerca de 11,76% indicaram que o ambiente estava levemente satisfatório; 41,71% indicaram satisfação e 10,16% indicaram muita satisfação. Dessa forma, aproximadamente 63,63% da amostra indicou alguma satisfação.

Tabela 30 – Percepção da Quantidade de luz para o trabalho com computador no dia 1

Ambiente	QA8 – Quantidade de luz para o trabalho com computador (%)						
	Muito insatisfatório	Insatisfatório	Levemente Insatisfatório	Neutro	Levemente Satisfatório	Satisfatório	Muito Satisfatório
<b>UNINASSAU</b>	1,37	8,22	12,33	16,44	13,70	36,99	10,96
<b>UNIVASF</b>	0	0	14,29	7,14	14,29	57,14	7,10
<b>UFPI</b>	0	0	11,54	15,38	3,85	61,54	7,69
<b>UFAM</b>	0	3,70	3,70	37,04	7,41	37,04	11,11
<b>UNB</b>	0	0	11,76	47,06	11,76	17,65	11,76
<b>USP</b>	0	6,67	13,33	0	6,67	60	13,33
<b>UFSC</b>	0	6,67	13,33	13,33	26,67	33,33	6,67
<b>TOTAL</b>	<b>0,53</b>	<b>4,81</b>	<b>11,23</b>	<b>19,79</b>	<b>11,76</b>	<b>41,71</b>	<b>10,16</b>

Fonte: Elaboração própria (2019)

No segundo dia, conforme mostra a Tabela 31, cerca de 12,20% indicaram que o ambiente estava levemente satisfatório; 38,17% indicaram satisfação e 9,14% indicaram muita satisfação. Dessa forma, aproximadamente 59,51% da amostra indicou alguma satisfação.

Tabela 31 - Percepção da Quantidade de luz para o trabalho com computador no dia 2

Ambiente	QA8 – Quantidade de luz para o trabalho com computador (%)						
	Muito insatisfatório	Insatisfatório	Levemente Insatisfatório	Neutro	Levemente Satisfatório	Satisfatório	Muito Satisfatório
<b>UNINASSAU</b>	1,39	4,17	20,83	27,78	8,33	27,78	9,72
<b>UNIVASF</b>	0	0	21,43	14,29	7,14	50	7,14
<b>UFPI</b>	0	0	7,69	15,38	7,69	61,54	7,69
<b>UFAM</b>	0	7,41	14,81	29,63	7,41	33,33	7,41
<b>UNB</b>	0	0	5,88	17,65	29,41	41,18	5,88
<b>USP</b>	0	6,67	6,67	0	13,33	53,33	20
<b>UFSC</b>	6,67	6,67	13,33	0	40	26,67	6,67
<b>TOTAL</b>	<b>1,08</b>	<b>3,76</b>	<b>15,05</b>	<b>19,89</b>	<b>12,90</b>	<b>38,17</b>	<b>9,14</b>

Fonte: Elaboração própria (2019)

No terceiro dia, conforme mostra a Tabela 32, cerca de 12,30% indicaram que o ambiente estava levemente satisfatório; 32,09% indicaram satisfação e 5,88% indicaram muita satisfação. Dessa forma, aproximadamente 50,27% da amostra indicou alguma satisfação.

Tabela 32 - Percepção da Quantidade de luz para o trabalho com computador no dia 3

Ambiente	QA8 – Quantidade de luz para o trabalho com computador (%)						
	Muito insatisfatório	Insatisfatório	Levemente Insatisfatório	Neutro	Levemente Satisfatório	Satisfatório	Muito Satisfatório
UNINASSAU	6,85	15,07	19,18	17,81	15,07	20,55	5,48
UNIVASF	0	14,29	21,43	7,14	21,43	28,57	7,14
UFPI	0	0	15,38	19,23	3,85	53,85	7,69
UFAM	3,70	0	25,93	33,33	7,41	22,22	7,41
UNB	0	5,88	17,65	23,53	17,65	29,41	5,88
USP	0	6,67	13,33	6,67	13,33	53,33	6,67
UFSC	0	6,67	6,67	26,67	6,67	53,33	0
<b>TOTAL</b>	<b>3,21</b>	<b>8,56</b>	<b>18,18</b>	<b>19,79</b>	<b>12,30</b>	<b>32,09</b>	<b>5,88</b>

Fonte: Elaboração própria (2019)

#### 4.4.2.3 Quantidade de luz refletida ou de ofuscamento na tela do computador

As percepções da quantidade de luz refletida estão expressas nas Tabela 33, Tabela 34 e Tabela 35. No primeiro dia, conforme mostra a Tabela 33, cerca de 12,30% consideraram as condições levemente satisfatórias; 32,62% indicaram satisfação e 10,70% indicaram muita satisfação. Somando os percentuais apresentados anteriormente, conclui-se que aproximadamente 55,62% apresentou alguma satisfação.

Tabela 33 - Percepção da Quantidade de luz refletida ou de ofuscamento na tela do computador no dia 1

Ambiente	QA9 – Quantidade de luz refletida ou de ofuscamento na tela do computador (%)						
	Muito insatisfatório	Insatisfatório	Levemente Insatisfatório	Neutro	Levemente Satisfatório	Satisfatório	Muito Satisfatório
UNINASSAU	4,11	15,07	17,81	17,81	9,59	26,03	9,59
UNIVASF	0	0	0	35,71	14,29	42,86	7,14
UFPI	0	3,85	19,23	7,69	11,54	46,15	11,54
UFAM	7,41	11,11	0	25,93	14,81	29,63	11,11
UNB	11,76	5,88	17,65	11,76	11,76	53,53	17,65
USP	0	6,67	6,67	6,67	13,33	46,67	20
UFSC	0	0	13,33	33,33	20	33,33	0
<b>TOTAL</b>	<b>3,74</b>	<b>9,09</b>	<b>12,83</b>	<b>18,72</b>	<b>12,30</b>	<b>32,62</b>	<b>10,70</b>

Fonte: Elaboração própria (2019)

No segundo dia, conforme mostra a Tabela 34, cerca de 10,75% consideraram as condições levemente satisfatórias; 27,69% indicaram satisfação e 11,29% indicaram muita satisfação. Somando os percentuais apresentados anteriormente, conclui-se que aproximadamente 49,73% apresentou alguma satisfação.

Tabela 34 - Percepção da Quantidade de luz refletida ou de ofuscamento na tela do computador no dia 2  
**Ambiente** **QA9 – Quantidade de luz refletida ou de ofuscamento na tela do computador (%)**

	Muito insatisfatório	Insatisfatório	Levemente Insatisfatório	Neutro	Levemente Satisfatório	Satisfatório	Muito Insatisfatório
<b>UNINASSAU</b>	1,39	16,67	30,56	19,44	8,33	16,67	6,94
<b>UNIVASF</b>	0	0	21,43	14,29	14,29	42,86	7,14
<b>UFPI</b>	0	3,85	15,38	15,38	11,54	46,15	7,69
<b>UFAM</b>	3,70	7,41	14,81	25,93	18,52	18,52	11,11
<b>UNB</b>	5,88	0	23,53	11,76	5,88	52,94	0
<b>USP</b>	0	6,67	0	13,33	0	26,67	53,33
<b>UFSC</b>	6,67	0	13,33	20	20	26,67	13,33
<b>TOTAL</b>	<b>2,15</b>	<b>8,60</b>	<b>20,97</b>	<b>18,28</b>	<b>10,75</b>	<b>27,69</b>	<b>11,29</b>

Fonte: Elaboração própria (2019)

No terceiro dia, conforme mostra a Tabela 35, cerca de 8,56% consideraram as condições levemente satisfatórias; 28,88% indicaram satisfação e 6,42% indicaram muita satisfação. Somando os percentuais apresentados anteriormente, conclui-se que aproximadamente 43,86% apresentou alguma satisfação.

Tabela 35 - Percepção da Quantidade de luz refletida ou de ofuscamento na tela do computador no dia 3  
**Ambiente** **QA9 – Quantidade de luz refletida ou de ofuscamento na tela do computador (%)**

	Muito insatisfatório	Insatisfatório	Levemente Insatisfatório	Neutro	Levemente Satisfatório	Satisfatório	Muito Insatisfatório
<b>UNINASSAU</b>	12,33	21,92	16,44	20,55	5,48	19,18	4,11
<b>UNIVASF</b>	0	7,14	21,43	28,57	7,14	28,57	7,14
<b>UFPI</b>	0	3,85	19,23	19,23	0	50	7,69
<b>UFAM</b>	0	0	11,11	40,74	11,11	29,63	7,41
<b>UNB</b>	5,88	0	11,76	47,06	17,65	11,76	5,88
<b>USP</b>	0	6,67	6,67	6,67	13,33	46,67	20
<b>UFSC</b>	0	0	6,67	33,33	20	40	0
<b>TOTAL</b>	<b>5,35</b>	<b>10,16</b>	<b>14,44</b>	<b>26,20</b>	<b>8,56</b>	<b>28,88</b>	<b>6,42</b>

Fonte: Elaboração própria (2019)

#### 4.4.2.4 Quantidade de iluminação na sua área de trabalho

A última análise desenvolvida dentro da percepção lumínica trata-se da percepção quanto a quantidade de iluminação na área de trabalho. Durante os três dias de experimento não existiram grandes variações perceptivas conforme mostram as Tabela 36, Tabela 37 e Tabela 38.

No primeiro dia (Tabela 36), cerca de 16,04% indicaram que o ambiente estava levemente satisfatório; 42,25% indicaram satisfação e 13,37% indicaram muita satisfação. O somatório dos percentuais apresentados anteriormente indica que cerca de 71,66% apresentou alguma satisfação.

Tabela 36 – Percepção da Quantidade de iluminação na sua área de trabalho no dia 1

<b>Ambiente</b>	<b>QA14 – Quantidade de iluminação na sua área de trabalho (%)</b>						
	Muito insatisfatório	Insatisfatório	Levemente Insatisfatório	Neutro	Levemente Satisfatório	Satisfatório	Muito Insatisfatório
<b>UNINASSAU</b>	0	2,74	5,48	20,55	9,59	42,47	19,18

<b>UNIVASF</b>	0	0	14,29	14,29	14,29	50	7,14
<b>UFPI</b>	0	0	7,69	0	11,54	65,38	15,38
<b>UFAM</b>	0	3,70	3,70	18,52	22,22	40,74	11,11
<b>UNB</b>	0	0	17,65	23,53	29,41	17,65	11,76
<b>USP</b>	0	6,67	6,67	6,67	26,67	46,67	6,67
<b>UFSC</b>	0	0	33,33	26,67	20	20	0
<b>TOTAL</b>	<b>0</b>	<b>2,14</b>	<b>9,63</b>	<b>16,58</b>	<b>16,04</b>	<b>42,25</b>	<b>13,37</b>

Fonte: Elaboração própria (2019)

No segundo dia (Tabela 37), cerca de 13,90% indicaram que o ambiente estava levemente satisfatório; 41,71% indicaram satisfação e 8,56% indicaram muita satisfação. O somatório dos percentuais apresentados anteriormente indica que cerca de 64,17% apresentou alguma satisfação.

Tabela 37 – Percepção da Quantidade de iluminação na sua área de trabalho no dia 2

Ambiente	QA14 – Quantidade de iluminação na sua área de trabalho (%)						
	Muito insatisfatório	Insatisfatório	Levemente Insatisfatório	Neutro	Levemente Satisfatório	Satisfatório	Muito Satisfatório
<b>UNINASSAU</b>	1,37	6,85	16,44	17,81	16,44	32,88	8,22
<b>UNIVASF</b>	0	0	21,43	7,14	0	57,14	14,29
<b>UFPI</b>	0	0	7,69	11,54	7,69	61,54	11,54
<b>UFAM</b>	0	0	14,81	37,04	3,70	37,04	7,41
<b>UNB</b>	0	5,88	11,76	11,76	23,53	41,18	5,88
<b>USP</b>	0	0	0	6,67	26,67	60	6,67
<b>UFSC</b>	6,67	0	20	20	20	26,67	6,67
<b>TOTAL</b>	<b>1,07</b>	<b>3,21</b>	<b>13,90</b>	<b>17,65</b>	<b>13,90</b>	<b>41,71</b>	<b>8,56</b>

Fonte: Elaboração própria (2019)

No terceiro dia (Tabela 38), cerca de 13,90% indicaram que o ambiente estava levemente satisfatório; 32,62% indicaram satisfação e 6,42% indicaram muita satisfação. O somatório dos percentuais apresentados anteriormente indica que cerca de 52,94% apresentou alguma satisfação.

Tabela 38 – Percepção da Quantidade de iluminação na sua área de trabalho no dia 3

Ambiente	QA14 – Quantidade de iluminação na sua área de trabalho (%)						
	Muito insatisfatório	Insatisfatório	Levemente Insatisfatório	Neutro	Levemente Satisfatório	Satisfatório	Muito Satisfatório
<b>UNINASSAU</b>	4,11	9,59	17,81	28,77	10,96	23,29	5,48
<b>UNIVASF</b>	0	0	35,71	14,29	14,29	28,57	7,14
<b>UFPI</b>	0	0	15,38	15,38	3,85	53,85	11,54
<b>UFAM</b>	3,70	7,41	14,81	18,52	11,11	37,04	7,41
<b>UNB</b>	0	5,88	17,65	23,53	29,41	17,65	5,88
<b>USP</b>	0	0	20	6,67	20	53,33	0
<b>UFSC</b>	0	0	26,67	6,67	26,67	33,33	6,67
<b>TOTAL</b>	<b>2,14</b>	<b>5,35</b>	<b>19,25</b>	<b>20,32</b>	<b>13,90</b>	<b>32,62</b>	<b>6,42</b>

Fonte: Elaboração própria (2019)

As análises anteriores permitiram visualizar que a maioria dos estudantes indicou, nos três dias, satisfação com relação as questões lumínicas. Entretanto, o percentual de indivíduos que indicaram alguma satisfação apresentou o maior índice no primeiro dia, decresceu no segundo dia e caiu ainda mais no terceiro dia.

A conclusão destacada anteriormente pode ser comprovada pela análise dos percentuais. Para a quantidade de luz na mesa, o percentual total de satisfação no primeiro dia foi de 62,57%, decresceu para 58,29% no segundo dia, e para 48,66% no terceiro dia.

No que tange a quantidade de luz para trabalho com computador, o percentual de indivíduos que indicaram alguma satisfação no primeiro dia foi de 63,63%, decresceu para 60,21% no segundo dia, e para 50,27% no terceiro dia.

Com relação a quantidade de iluminação na área de trabalho, o percentual de indivíduos que indicaram alguma satisfação foi de 55,62%; decresceu para 49,73% no segundo dia, e caiu para 43,86% no terceiro dia.

Por fim, para a quantidade de luz refletida ou de ofuscamento na tela do computador, o percentual de indivíduos que indicaram alguma satisfação no primeiro dia foi de 71,66%; caiu para 64,17% no segundo dia; e decresceu para 52,94% no terceiro dia.

#### 4.4.3 Percepção de ruído

A compreensão da percepção ruído foi subdividida em: Percepção do nível de ruído proveniente de outras pessoas e Percepção do nível de ruído de fundo.

##### 4.4.3.1 Nível de ruído proveniente de outras pessoas

No que tange a percepção do nível de ruído proveniente de outras pessoas, observou-se no primeiro dia, conforme indicado na Tabela 39, uma variação perceptiva. Entretanto, identificou-se que cerca de 12,83% considerou o ambiente levemente satisfatório; 30,48% considerou as condições satisfatórias e 10,16% considerou muito satisfatório. Somando os percentuais apresentados anteriormente, conclui-se que aproximadamente 53,47% apresentou alguma satisfação.

Tabela 39 – Percepção do nível de ruído proveniente de outras pessoas no dia 1

Ambiente	QA5 – Nível de ruído proveniente de outras pessoas						
	Muito insatisfatório	Insatisfatório	Levemente Insatisfatório	Neutro	Levemente Satisfatório	Satisfatório	Muito Satisfatório
UNINASSAU	1,37	4,11	17,81	23,29	13,70	24,66	15,07
UNIVASF	0	0	7,14	21,43	0	64,29	7,14
UFPI	0	0	23,08	19,23	11,54	30,77	15,38
UFAM	0	3,70	22,22	29,63	18,52	22,22	3,70
UNB	0	11,76	23,53	23,53	23,53	17,65	0
USP	0	0	13,33	20	6,67	46,67	13,33
UFSC	0	0	26,67	26,67	6,67	40	0
<b>TOTAL</b>	<b>0,53</b>	<b>3,21</b>	<b>19,25</b>	<b>23,53</b>	<b>12,83</b>	<b>30,48</b>	<b>10,16</b>

Fonte: Elaboração própria (2019)

O segundo dia, conforme mostra a Tabela 40, apresentou uma variação perceptiva similar ao primeiro dia. Entretanto, observou-se que cerca de 13,90% considerou o ambiente levemente satisfatório; 31,02% considerou as condições satisfatórias e 10,70% considerou muito satisfatório. Somando os percentuais apresentados anteriormente, conclui-se que aproximadamente 55,62% apresentou alguma satisfação.

Tabela 40 – Percepção do nível de ruído proveniente de outras pessoas no dia 2

Ambiente	QA5 – Nível de ruído proveniente de outras pessoas						
	Muito insatisfatório	Insatisfatório	Levemente Insatisfatório	Neutro	Levemente Satisfatório	Satisfatório	Muito Insatisfatório
UNINASSAU	5,48	8,22	17,81	16,44	13,70	26,03	12,33
UNIVASF	0	0	28,57	7,14	7,14	42,86	14,29
UFPI	0	0	3,85	23,08	19,23	46,15	7,69
UFAM	3,70	7,41	22,22	18,52	18,52	22,22	7,41
UNB	5,88	0	17,65	35,29	17,65	23,53	0
USP	0	6,67	0	13,33	0	46,67	33,33
UFSC	0	13,33	20	26,67	13,33	26,67	0
<b>TOTAL</b>	<b>3,21</b>	<b>5,88</b>	<b>16,04</b>	<b>19,25</b>	<b>13,90</b>	<b>31,02</b>	<b>10,70</b>

Fonte: Elaboração própria (2019)

As percepções obtidas no terceiro dia estão expressas na Tabela 41, em que se observa que a maior parte dos indivíduos indicaram a percepção de neutralidade (30,48%). Além disso, 19,25% consideraram o ambiente como sendo levemente insatisfatório.

Por outro lado, cerca de 11,76% considerou o ambiente levemente satisfatório; 22,16% considerou as condições satisfatórias e 4,28% considerou muito satisfatório. Somando os percentuais apresentados anteriormente, conclui-se que aproximadamente 38,2% apresentou alguma satisfação.

Tabela 41 – Percepção do nível de ruído proveniente de outras pessoas no dia 3

Ambiente	QA5 – Nível de ruído proveniente de outras pessoas						
	Muito insatisfatório	Insatisfatório	Levemente Insatisfatório	Neutro	Levemente Satisfatório	Satisfatório	Muito Insatisfatório
UNINASSAU	4,11	4,11	17,81	36,99	9,59	23,29	4,11
UNIVASF	0	7,14	21,43	14,29	7,14	42,86	7,14
UFPI	0	19,23	30,77	19,23	19,23	7,69	3,85
UFAM	3,70	7,41	18,52	33,33	14,81	14,81	7,41
UNB	5,88	17,65	5,88	41,18	17,65	11,76	0
USP	6,67	0	13,33	20	6,67	46,67	6,67
UFSC	0	13,33	26,67	26,67	6,67	26,67	0
<b>TOTAL</b>	<b>3,21</b>	<b>8,56</b>	<b>19,25</b>	<b>30,48</b>	<b>11,76</b>	<b>22,16</b>	<b>4,28</b>

Fonte: Elaboração própria (2019)

#### 4.4.3.2 Nível de ruído de fundo

Com relação a percepção do nível de ruído de fundo, identificou-se no primeiro dia que a maior parte dos estudantes da amostra, cerca de 30,48%, indicaram que as condições estavam satisfatórias. Além disso, 13,90% indicaram que o ambiente estava

levemente satisfatório e 10,16% indicaram muita satisfação (Tabela 42). O somatório dos percentuais apresentados anteriormente indica que cerca de 54,54% apresentou alguma satisfação.

Tabela 42 – Percepção do nível de ruído de fundo que você ouve da sua área de trabalho no dia 1

Ambiente	QA7 – Nível de ruído de fundo que você ouve da sua área de trabalho (%)						
	Muito insatisfatório	Insatisfatório	Levemente Insatisfatório	Neutro	Levemente Satisfatório	Satisfatório	Muito Satisfatório
UNINASSAU	2,74	5,48	10,96	23,29	12,33	34,25	10,96
UNIVASF	0	0	7,14	21,43	28,57	35,71	7,14
UFPI	0	0	7,69	26,92	11,54	30,77	23,08
UFAM	0	3,70	11,11	37,04	11,11	29,63	7,41
UNB	5,88	23,53	11,76	35,29	0	23,53	0
USP	6,67	0	26,67	13,33	26,67	20	6,67
UFSC	0	0	33,33	13,33	20	26,67	6,6
<b>TOTAL</b>	<b>2,14</b>	<b>4,81</b>	<b>13,37</b>	<b>25,13</b>	<b>13,90</b>	<b>30,48</b>	<b>10,16</b>

Fonte: Elaboração própria (2019)

No segundo dia (Tabela 43), identificou-se que cerca de 12,30% considerou o ambiente levemente satisfatório; 28,88% considerou as condições satisfatórias e 10,16% considerou muito satisfatório. Somando os percentuais apresentados anteriormente, conclui-se que aproximadamente 51,34% apresentou alguma satisfação.

Tabela 43 – Percepção do nível de ruído de fundo que você ouve da sua área de trabalho no dia 2

Ambiente	QA7 – Nível de ruído de fundo que você ouve da sua área de trabalho (%)						
	Muito insatisfatório	Insatisfatório	Levemente Insatisfatório	Neutro	Levemente Satisfatório	Satisfatório	Muito Satisfatório
UNINASSAU	4,11	5,48	16,44	27,40	12,33	21,92	12,33
UNIVASF	0	0	14,29	28,57	7,14	35,71	14,29
UFPI	0	0	7,69	15,38	7,69	61,54	7,69
UFAM	0	3,70	25,93	18,52	14,81	25,93	11,11
UNB	5,88	5,88	11,76	35,29	11,76	29,41	0
USP	0	13,33	6,67	26,67	26,67	20	6,67
UFSC	0	6,67	26,67	33,33	6,67	13,33	13,33
<b>TOTAL</b>	<b>2,14</b>	<b>4,81</b>	<b>16,04</b>	<b>25,67</b>	<b>12,30</b>	<b>28,88</b>	<b>10,16</b>

Fonte: Elaboração própria (2019)

No terceiro dia (Tabela 44), identificou-se que cerca de 12,30% considerou o ambiente levemente satisfatório; 25,67% considerou as condições satisfatórias e 4,81% considerou muito satisfatório. Somando os percentuais apresentados anteriormente, conclui-se que aproximadamente 42,78% apresentou alguma satisfação.

Tabela 44 – Percepção do nível de ruído de fundo que você ouve da sua área de trabalho

Ambiente	QA7 – Nível de ruído de fundo que você ouve da sua área de trabalho (%)						
	Muito insatisfatório	Insatisfatório	Levemente Insatisfatório	Neutro	Levemente Satisfatório	Satisfatório	Muito Satisfatório
UNINASSAU	2,74	9,59	13,70	26,03	17,81	24,66	5,48
UNIVASF	0	0	35,71	14,29	14,29	28,57	7,14
UFPI	0	15,38	26,92	11,54	11,54	30,77	3,85
UFAM	3,70	7,41	25,93	23,33	0	22,22	7,41
UNB	11,76	17,65	35,29	11,76	5,88	17,65	0
USP	13,33	0	0	26,67	6,67	46,67	6,67
UFSC	13,33	26,67	13,33	13,33	20	13,33	0

<b>TOTAL</b>	4,81	10,70	19,79	21,93	12,30	25,67	4,81
--------------	------	-------	-------	-------	-------	-------	------

Fonte: Elaboração própria (2019)

A análise da percepção de ruído permite extrair algumas observações. Com relação a percepção do nível de ruído proveniente de outras pessoas, identificou-se que o percentual de indivíduos que indicaram alguma insatisfação cresceu a cada dia de experimento. Isto é, no primeiro dia que foi proposta a menor temperatura, o percentual total de insatisfeitos foi de 23%. No segundo dia, em que foi proposta uma temperatura de conforto, o percentual cresceu para 25,13%; e no terceiro dia, em que foi proposta a maior temperatura, o total de indivíduos que indicaram satisfação subiu para 31,02%.

Com relação a percepção do nível de ruído de fundo, identificou-se que os indivíduos que indicaram alguma satisfação decresceram a cada dia de experimento. Isto é, no primeiro dia que foi proposta a menor temperatura, o percentual total de satisfeitos foi de 54,54%. No segundo dia, em que foi proposta uma temperatura de conforto, o percentual decresceu para 51,34%; e no terceiro dia, em que foi proposta a maior temperatura, o total de indivíduos que indicaram satisfação caiu para 42,78%.

#### 4.4.4 Percepção dos aspectos gerais

A compreensão da percepção dos aspectos gerais foi subdividida em: Qualidade do ar; Temperatura do ar; Movimento do ar e Satisfação geral com relação as condições ambientais.

##### 4.4.4.1 Qualidade do ar

No primeiro dia, conforme mostra a Tabela 45, a maioria da amostra (54,01%) indicou a percepção de satisfação. Além disso, 11,23% indicaram que as condições estavam muito satisfatórias; e 10,16% indicaram que estava levemente satisfatório. Somando os percentuais apresentados anteriormente, conclui-se que cerca de 75,40% indicaram algum tipo de satisfação.

Tabela 45 – Percepção da Qualidade do ar na área de trabalho no dia 1

Ambiente	QA2 – Qualidade do ar na área de trabalho (%)						
	Muito insatisfatório	Insatisfatório	Levemente Insatisfatório	Neutro	Levemente Satisfatório	Satisfatório	Muito Satisfatório
<b>UNINASSAU</b>	1,37	5,48	5,48	13,70	12,33	49,32	12,33
<b>UNIVASF</b>	0	0	7,14	21,43	0	64,29	7,14
<b>UFPI</b>	0	0	0	7,69	15,38	57,69	19,23
<b>UFAM</b>	0	3,70	7,41	11,11	7,41	62,96	7,41
<b>UNB</b>	0	5,88	0	29,41	5,88	52,94	5,88
<b>USP</b>	0	0	0	20	20	53,33	6,67
<b>UFSC</b>	0	0	6,67	33,33	0	46,67	13,33
<b>TOTAL</b>	0,53	3,21	4,28	16,58	10,16	54,01	11,23

Fonte: Elaboração própria (2019)

No segundo dia, conforme mostra a Tabela 46, a maioria da amostra (40,11%) indicou a percepção de satisfação. Além disso, 11,76% indicaram que as condições estavam muito satisfatórias; e 15,51% indicaram que estava levemente satisfatório. Somando os percentuais apresentados anteriormente, conclui-se que cerca de 67,38% indicaram algum tipo de satisfação.

Tabela 46 – Percepção da Qualidade do ar na área de trabalho no dia 2

Ambiente	QA2 – Qualidade do ar na área de trabalho (%)						
	Muito insatisfatório	Insatisfatório	Levemente Insatisfatório	Neutro	Levemente Satisfatório	Satisfatório	Muito Satisfatório
<b>UNINASSAU</b>	1,37	2,74	9,59	23,29	20,55	27,40	15,07
<b>UNIVASF</b>	0	0	7,14	7,14	0	71,43	14,29
<b>UFPI</b>	0	0	0	11,54	19,23	57,69	11,54
<b>UFAM</b>	3,70	0	22,22	29,63	14,81	25,93	3,70
<b>UNB</b>	5,88	11,76	0	0	11,76	64,71	5,88
<b>USP</b>	0	0	0	26,67	20	53,33	0
<b>UFSC</b>	0	0	6,67	40	0	26,67	26,67
<b>TOTAL</b>	<b>1,60</b>	<b>2,14</b>	<b>8,02</b>	<b>20,86</b>	<b>15,51</b>	<b>40,11</b>	<b>11,76</b>

Fonte: Elaboração própria (2019)

No terceiro dia, conforme mostra a Tabela 47, a maioria da amostra (26,74%) indicou a percepção de que o ambiente estava levemente insatisfatório. Além disso, 11,76% indicaram que o ambiente estava levemente satisfatório; 14,44% indicaram que as condições estavam satisfatórias; e 2,67% indicaram que estava muito satisfatório. Somando os percentuais apresentados anteriormente, conclui-se que apenas 28,87% indicaram algum tipo de satisfação.

Tabela 47 – Percepção da Qualidade do ar na área de trabalho no dia 3

Ambiente	QA2 – Qualidade do ar na área de trabalho (%)						
	Muito insatisfatório	Insatisfatório	Levemente Insatisfatório	Neutro	Levemente Satisfatório	Satisfatório	Muito Satisfatório
<b>UNINASSAU</b>	6,85	24,66	24,66	21,92	10,96	9,59	1,37
<b>UNIVASF</b>	0	0	35,71	28,57	7,14	21,43	7,14
<b>UFPI</b>	0	26,92	26,92	19,23	11,54	11,54	3,85
<b>UFAM</b>	22,22	22,22	33,33	7,41	0	11,11	3,70
<b>UNB</b>	0	5,88	5,88	17,65	35,29	29,41	5,88
<b>USP</b>	6,67	6,67	33,33	13,33	20	20	0
<b>UFSC</b>	13,33	6,67	33,33	20	6,67	20	0
<b>TOTAL</b>	<b>7,49</b>	<b>18,18</b>	<b>26,74</b>	<b>18,72</b>	<b>11,76</b>	<b>14,44</b>	<b>2,67</b>

Fonte: Elaboração própria (2019)

#### 4.4.4.2 Temperatura do ar

No primeiro dia, conforme mostra a Tabela 48, a maioria da amostra (36,36%) indicou a percepção de satisfação. Além disso, 8,56% indicaram que as condições estavam muito satisfatórias; e 19,79% indicaram que o ambiente estava levemente satisfatório. Somando os percentuais apresentados anteriormente, conclui-se que cerca de 64,71% indicaram algum tipo de satisfação.

Tabela 48 – Percepção da Temperatura do ar na área de trabalho no dia 1

Ambiente	QA3 - Temperatura do ar na área de trabalho (%)						
	Muito insatisfatório	Insatisfatório	Levemente Insatisfatório	Neutro	Levemente Satisfatório	Satisfatório	Muito Satisfatório
<b>UNINASSAU</b>	2,74	10,96	10,96	12,33	15,07	41,10	6,85
<b>UNIVASF</b>	0	7,14	28,57	0	28,57	28,57	7,14
<b>UFPI</b>	0	11,54	15,38	3,85	26,92	30,77	11,54
<b>UFAM</b>	0	3,70	11,11	11,11	18,52	44,44	11,11
<b>UNB</b>	0	0	17,65	23,53	23,53	29,41	5,88
<b>USP</b>	0	6,67	6,67	13,33	26,67	40	6,67
<b>UFSC</b>	0	0	26,67	26,67	13,33	20	13,33
<b>TOTAL</b>	<b>1,07</b>	<b>7,49</b>	<b>14,44</b>	<b>12,30</b>	<b>19,79</b>	<b>36,36</b>	<b>8,56</b>

Fonte: Elaboração própria (2019)

No segundo dia, conforme mostra a Tabela 49, a maioria da amostra (32,62%) indicou a percepção de satisfação. Além disso, 13,37% indicaram que as condições estavam muito satisfatórias; e 13,37% indicaram que estava levemente satisfatório. Somando os percentuais apresentados anteriormente, conclui-se que cerca de 59,36% indicaram algum tipo de satisfação.

Tabela 49 – Percepção da Temperatura do ar na área de trabalho no dia 2

Ambiente	QA3 - Temperatura do ar na área de trabalho (%)						
	Muito insatisfatório	Insatisfatório	Levemente Insatisfatório	Neutro	Levemente Satisfatório	Satisfatório	Muito Satisfatório
<b>UNINASSAU</b>	2,74	9,59	16,44	19,18	17,81	23,29	10,96
<b>UNIVASF</b>	0	0	7,14	7,14	0	57,14	28,57
<b>UFPI</b>	0	0	3,85	11,54	7,69	53,85	23,08
<b>UFAM</b>	0	3,70	33,33	18,52	25,93	14,81	3,70
<b>UNB</b>	0	5,88	17,65	17,65	0	47,06	11,76
<b>USP</b>	0	0	13,33	20	6,67	53,33	6,67
<b>UFSC</b>	0	6,67	33,33	13,33	13,33	13,33	20
<b>TOTAL</b>	<b>1,07</b>	<b>5,35</b>	<b>17,65</b>	<b>16,58</b>	<b>13,37</b>	<b>32,62</b>	<b>13,37</b>

Fonte: Elaboração própria (2019)

No terceiro dia, conforme mostra a Tabela 50, a maioria da amostra (34,76%) indicou que as condições estavam levemente insatisfatórias. Além disso, 26,74% indicaram que as condições estavam muito insatisfatórias. Por fim, 5,35% indicaram satisfação; 9,09% indicaram que o ambiente estava levemente satisfatório e 2,14% consideraram o ambiente muito satisfatório. Somando os percentuais apresentados anteriormente, conclui-se que cerca de 16,58% indicaram algum tipo de satisfação.

Tabela 50 – Percepção da Temperatura do ar na área de trabalho no dia 3

Ambiente	QA3 - Temperatura do ar na área de trabalho (%)						
	Muito insatisfatório	Insatisfatório	Levemente Insatisfatório	Neutro	Levemente Satisfatório	Satisfatório	Muito Satisfatório
<b>UNINASSAU</b>	27,40	30,14	16,44	9,59	9,59	4,11	2,74
<b>UNIVASF</b>	7,14	28,57	42,86	0	21,43	0	0
<b>UFPI</b>	26,92	57,69	3,85	7,69	3,85	0	0
<b>UFAM</b>	55,56	33,33	3,70	3,70	0	3,70	0
<b>UNB</b>	0	0	11,76	29,41	23,53	23,53	11,76
<b>USP</b>	6,67	53,33	13,33	0	13,33	13,33	0
<b>UFSC</b>	40	46,67	6,67	6,67	0	0	0

<b>TOTAL</b>	26,74	34,76	13,37	8,56	9,09	5,35	2,14
--------------	-------	-------	-------	------	------	------	------

Fonte: Elaboração própria (2019)

#### 4.4.4.3 Movimento do ar

No primeiro dia, conforme mostra a Tabela 51, a maioria da amostra (32,62%) indicou a percepção de satisfação. Além disso, 10,70% indicaram que as condições estavam muito satisfatórias; e 16,58% indicaram que estava levemente satisfatório. Somando os percentuais apresentados anteriormente, conclui-se que cerca de 59,9% indicaram algum tipo de satisfação.

Tabela 51 – Percepção do movimento do ar na área de trabalho no dia 1

Ambiente	QA10 – Movimento do ar na sua área de trabalho (%)						
	Muito insatisfatório	Insatisfatório	Levemente Insatisfatório	Neutro	Levemente Satisfatório	Satisfatório	Muito Insatisfatório
UNINASSAU	1,37	2,74	6,85	24,66	15,07	38,36	10,96
UNIVASF	0	14,29	21,43	35,71	14,29	7,14	7,14
UFPI	3,85	0	0	26,92	11,54	38,45	19,23
UFAM	0	7,41	3,70	29,63	14,81	37,04	7,41
UNB	0	5,88	0	41,18	23,53	29,41	0
USP	0	0	0	26,67	33,33	26,67	13,33
UFSC	0	0	13,33	40	13,33	20	13,33
<b>TOTAL</b>	<b>1,07</b>	<b>3,74</b>	<b>5,88</b>	<b>29,41</b>	<b>16,58</b>	<b>32,62</b>	<b>10,70</b>

Fonte: Elaboração própria (2019)

No segundo dia, conforme mostra a Tabela 52, a maioria da amostra (34,95%) indicou a percepção de satisfação. Além disso, 10,75% indicaram que as condições estavam muito satisfatórias; e 15,59% indicaram que estava levemente satisfatório. Somando os percentuais apresentados anteriormente, conclui-se que cerca de 61,29% indicaram algum tipo de satisfação.

Tabela 52 – Percepção do movimento do ar na área de trabalho no dia 2

Ambiente	QA10 – Movimento do ar na sua área de trabalho (%)						
	Muito insatisfatório	Insatisfatório	Levemente Insatisfatório	Neutro	Levemente Satisfatório	Satisfatório	Muito Insatisfatório
UNINASSAU	1,39	4,17	11,11	26,39	25	23,61	8,33
UNIVASF	0	7,14	7,14	14,29	7,14	35,71	28,57
UFPI	0	0	11,54	11,54	11,54	57,69	7,69
UFAM	0	3,70	18,52	29,63	14,81	29,63	3,70
UNB	11,76	0	23,53	11,76	0	52,94	0
USP	0	0	6,67	6,67	20	40	26,67
UFSC	0	6,67	20	20	0	33,33	20
<b>TOTAL</b>	<b>1,61</b>	<b>3,23</b>	<b>13,44</b>	<b>20,43</b>	<b>15,59</b>	<b>34,95</b>	<b>10,75</b>

Fonte: Elaboração própria (2019)

No terceiro dia, conforme mostra a Tabela 53, a maioria da amostra (25,67%) indicou a percepção de que o ambiente estava insatisfatório. Além disso, 19,25% indicaram que as condições estavam muito insatisfatórias. No sentido contrário, 10,16% indicaram satisfação; 7,49% indicaram que o ambiente estava levemente satisfatório e

2,67% indicaram que o ambiente estava muito satisfatório. Somando os percentuais apresentados anteriormente, conclui-se que apenas 20,32% indicaram algum tipo de satisfação.

Tabela 53 – Percepção do movimento do ar na área de trabalho no dia 3

Ambiente	QA10 – Movimento do ar na sua área de trabalho (%)						
	Muito insatisfatório	Insatisfatório	Levemente Insatisfatório	Neutro	Levemente Satisfatório	Satisfatório	Muito Satisfatório
UNINASSAU	23,29	26,03	13,70	15,07	5,48	12,33	4,11
UNIVASF	0	21,43	42,86	7,14	28,57	0	0
UFPI	19,23	34,62	19,23	11,54	0	15,38	0
UFAM	25,93	29,63	29,63	3,70	3,70	3,70	3,70
UNB	5,88	0	17,65	35,29	23,53	11,76	5,88
USP	13,33	26,67	20	26,67	0	13,33	0
UFSC	26,67	33,33	13,33	13,33	6,67	6,67	0
<b>TOTAL</b>	<b>19,25</b>	<b>25,67</b>	<b>19,79</b>	<b>14,97</b>	<b>7,49</b>	<b>10,16</b>	<b>2,67</b>

Fonte: Elaboração própria (2019)

#### 4.4.4.4 Satisfação geral

No primeiro dia, conforme mostra a Tabela 54, a maioria da amostra (36,36%) indicou a percepção de satisfação. Além disso, 4,28% indicaram que as condições estavam muito satisfatórias; e 27,81% indicaram que o ambiente estava levemente satisfatório. Somando os percentuais apresentados anteriormente, conclui-se que cerca de 68,45% indicaram algum tipo de satisfação.

Tabela 54 – Percepção com relação as condições ambientais de forma geral no dia 1

Ambiente	QA17 – Qual satisfação com as condições ambientais de forma geral? (%)						
	Muito insatisfatório	Insatisfatório	Levemente Insatisfatório	Neutro	Levemente Satisfatório	Satisfatório	Muito Satisfatório
UNINASSAU	0	6,85	9,59	17,81	26,03	32,88	6,85
UNIVASF	0	0	21,43	0	28,57	42,86	7,14
UFPI	0	0	7,69	11,54	26,92	50	3,85
UFAM	0	7,41	14,81	11,11	18,52	44,44	3,70
UNB	0	11,76	17,65	11,76	47,06	11,76	0
USP	0	6,67	6,67	13,33	26,67	46,67	0
UFSC	0	0	20	20	33,33	26,67	0
<b>TOTAL</b>	<b>0</b>	<b>5,35</b>	<b>12,30</b>	<b>13,90</b>	<b>27,81</b>	<b>36,36</b>	<b>4,28</b>

Fonte: Elaboração própria (2019)

No segundo dia, conforme mostra a Tabela 55, a maioria da amostra (36,90%) indicou a percepção de satisfação. Além disso, 3,74% indicaram que as condições estavam muito satisfatórias; e 20,32% indicaram que estava levemente satisfatório. Somando os percentuais apresentados anteriormente, conclui-se que cerca de 60,96% indicaram algum tipo de satisfação.

Tabela 55 – Percepção com relação as condições ambientais de forma geral no dia 2

Ambiente	QA17 – Qual satisfação com as condições ambientais de forma geral? (%)						
	Muito insatisfatório	Insatisfatório	Levemente Insatisfatório	Neutro	Levemente Satisfatório	Satisfatório	Muito Satisfatório
UNINASSAU	2,74	5,48	20,55	17,81	19,18	30,14	4,11

<b>UNIVASF</b>	0	0	0	14,29	28,57	50	7,14
<b>UFPI</b>	0	0	3,85	11,54	11,54	65,38	7,69
<b>UFAM</b>	0	0	25,93	29,63	22,22	18,52	3,70
<b>UNB</b>	0	5,88	23,53	23,53	11,76	35,29	0
<b>USP</b>	0	0	6,67	6,67	40	46,67	0
<b>UFSC</b>	0	13,33	6,67	26,67	20	33,33	0
<b>TOTAL</b>	<b>1,07</b>	<b>3,74</b>	<b>15,51</b>	<b>18,42</b>	<b>20,32</b>	<b>36,90</b>	<b>3,74</b>

Fonte: Elaboração própria (2019)

No terceiro dia, conforme mostra a Tabela 56, a maioria da amostra (27,27%) indicou a percepção de que o ambiente estava muito insatisfatório. Além disso, 13,37% indicaram que as condições estavam muito insatisfatórias. No sentido contrário, 10,16% indicaram satisfação; 12,83% indicaram que o ambiente estava levemente satisfatório e 0,53% indicaram que o ambiente estava muito satisfatório. Somando os percentuais apresentados anteriormente, conclui-se que apenas 23,52% indicaram algum tipo de satisfação.

Tabela 56 - Percepção com relação as condições ambientais de forma geral no dia 3

Ambiente	QA17 – Qual satisfação com as condições ambientais de forma geral? (%)						
	Muito insatisfatório	Insatisfatório	Levemente Insatisfatório	Neutro	Levemente Satisfatório	Satisfatório	Muito Satisfatório
<b>UNINASSAU</b>	10,96	19,18	17,81	21,92	13,70	15,07	1,37
<b>UNIVASF</b>	0	28,57	14,29	28,57	21,43	7,14	0
<b>UFPI</b>	23,08	61,54	3,85	7,69	0	3,85	0
<b>UFAM</b>	29,63	44,44	11,11	0	11,11	3,70	0
<b>UNB</b>	0	0	35,29	29,41	17,65	17,65	0
<b>USP</b>	13,33	6,67	33,33	13,33	20	13,33	0
<b>UFSC</b>	6,67	26,67	46,67	6,67	13,33	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>13,37</b>	<b>27,27</b>	<b>19,79</b>	<b>16,04</b>	<b>12,83</b>	<b>10,16</b>	<b>0,53</b>

Fonte: Elaboração própria (2019)

Os resultados apresentados anteriormente indicaram que o percentual de indivíduos que indicaram alguma satisfação (somatório de levemente insatisfatório, satisfatório e muito satisfatório) decresceu durante os dias do experimento. Tal cenário fez com que esse percentual fosse consideravelmente menor no terceiro dia, em que foi proposta a maior temperatura do ar.

A única questão que não seguiu essa tendência foi a percepção quanto ao movimento do ar, que no primeiro dia o percentual total de satisfação indicou 59,0%; no segundo dia ocorreu um leve aumento, ficando na casa de 61,29%. Entretanto, no terceiro dia ocorreu um decréscimo considerável nesse percentual, cerca de 20,32%.

#### 4.4.5 Análise dos resultados perceptivos com base na literatura

A análise da percepção dos estudantes indicou a seguinte tendência: o terceiro dia, em que foi proposta a temperatura mais elevada, apresentou o maior percentual de

indivíduos insatisfeitos. Tal situação se fez presente na análise da percepção térmica, percepção lumínica; percepção de ruído e percepção dos aspectos gerais.

Esse resultado merece ser destacado, pois a única variável manipulada no experimento foi a temperatura do ar. Logo, como as demais variáveis ambientais não foram manipuladas e se mantiveram relativamente constantes nos três dias, esperava-se que a percepção quanto a elas não sofresse tantas variações.

Analisando a literatura, é comum identificar que a percepção térmica é capaz de impactar na percepção das demais variáveis. Frontczak e Wargocki (2011) explanaram que o conforto ambiental é resultante de uma série de variáveis, mas os aspectos térmicos apresentaram maior peso e são capazes de influenciar na percepção geral independentemente das condições das outras variáveis.

Seguindo essa linha, Kim e Dear (2012) constataram que os ocupantes indicaram satisfação geral com o ambiente quando ele possuía boas condições de temperatura e ruído, mesmo quando outras variáveis, como iluminação e qualidade do ar, não apresentavam condições ideais.

No que tange aspectos lumínicos, Haldi e Robinson (2010) mostraram que a maioria dos indivíduos, cerca de 80%, quando submetidos a temperaturas propícias ao conforto térmico, indicaram sensação de conforto visual mesmo com drásticas variações nos níveis de iluminação.

A constatação anterior também foi encontrada por Huang *et al.* (2012), ao explanarem que níveis elevados de iluminação e ruído foram mais bem aceitos e a satisfação geral com as condições ambientais foram maiores quando as temperaturas propiciavam o conforto térmico.

A influência dos aspectos térmicos na percepção de ruído também é muito destacada na literatura. Pellerin e Candas (2003) e Nagano e Horikoshi (2005) identificaram que as condições térmicas do ambiente influenciaram na percepção térmica, e tenderam a tornar os ocupantes mais críticos com relação a outras variáveis, por exemplo, o ruído.

Corroborando o cenário identificado, Yang e Moon (2019) constataram que o conforto acústico foi fortemente afetado pelas condições acústicas e térmicas. Além disso, o conforto visual sofreu influência das condições acústicas, e principalmente, das condições térmicas.

Para sintetizar a discussão apresentada, considera-se que os resultados encontrados no presente tópico vão de encontro ao que está presente na literatura. Dessa forma, diagnosticou-se que as condições térmicas tendem a influenciar percepção das demais variáveis e impactar na percepção global do ambiental.

#### 4.5 INFLUÊNCIA DAS VARIÁVEIS AMBIENTAIS NO DESEMPENHO

Para compreender a influência das variáveis ambientais no desempenho, subdividiu-se a análise em duas vertentes: Influência das variáveis ambientais no número total de acertos e Influência das variáveis ambientais no tempo de resposta.

##### 4.5.1 Influência das variáveis ambientais no número total de acertos

A partir de Modelos Lineares Generalizados, em que se utilizou um modelo de regressão logística binomial e a função de ligação Logit, desenvolveu-se a análise da influência das variáveis ambientais no número total de acertos. Com o objetivo de mostrar os parâmetros básicos do modelo obtido, apresenta-se a Figura 17.

Figura 17 – Parâmetros básicos do modelo 1

```

Deviance Residuals:
  Min       1Q   Median       3Q      Max
-1.6754  -1.0641  -0.7783   1.2046   1.7885

Coefficients:
              Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept) -3.106338   0.588606  -5.277 1.31e-07 ***
UR           0.035228   0.008663   4.067 4.77e-05 ***
Ilumina     0.002801   0.001101   2.543 0.01099 *
taf         0.554866   0.177312   3.129 0.00175 **
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for binomial family taken to be 1)

Null deviance: 767.11 on 560 degrees of freedom
Residual deviance: 737.17 on 557 degrees of freedom
AIC: 745.17

Number of Fisher Scoring iterations: 4

```

Fonte: Elaboração própria (2019)

A partir da análise da figura anterior é possível extrair alguns parâmetros que são importantes nas análises posteriores:

$$\beta_0 = -3.10638$$

$$\beta_1 = 0.035228$$

$$\beta_2 = 0.002801$$

$$\beta_3 = 0.554866$$

x1= UR = Umidade relativa

$x_2 = \text{Ilumina} = \text{Iluminância}$

$x_3 = \text{taf} = 22.4^\circ \leq \text{Temperatura do ar} \leq 24.7^\circ$

Para que se chegasse na equação final do modelo iniciou-se o processo a partir da equação 4. Posteriormente, substituí-se os parâmetros listados anteriormente e obteve-se primeiramente a equação 5, e por último a equação 6.

A equação 6 expressa as variáveis ambientais que apresentaram influência no número de acertos. Logo, identificou-se que foram três variáveis que apresentaram influência: Umidade Relativa, Iluminância e a Temperatura do ar no intervalo que variou entre  $22.4^\circ \leq \text{Temperatura do ar} \leq 24.7^\circ$ .

$$p(y = 1) = \frac{1}{1 + e^{-(\beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3)}} \quad (4)$$

$$p(\text{acertos} \geq 70\%) = \frac{1}{1 + e^{-(\beta_0 + \beta_1 \text{UR} + \beta_2 \text{Ilumina} + \beta_3 \text{taf})}} \quad (5)$$

$$p(\text{acertos} \geq 70\%) = \frac{1}{1 + e^{-(-3.11 + 0,036 \cdot \text{UR} + 0,003 \cdot \text{Ilumina} + 0,55 \cdot \text{taf})}} \quad (6)$$

A segunda forma de representar essa influência é a partir da equação da razão da chance, que é a forma mais utilizada para interpretar o modelo de regressão logística desenvolvido.

A razão da chance pode ser demonstrada a partir da equação 7, que pode ser reescrita conforme mostra a equação 8. A partir da substituição dos parâmetros listados anteriormente, obteve-se a equação 9. Por fim, os valores obtidos de razão da chance para cada variável estão expressos na equação 10.

$$\text{Razão da chance (odds ratio)} = e^{(\beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3)} \quad (7)$$

$$\text{Razão da chance (odds ratio)} = (e^{\beta_0}) \cdot (e^{\beta_1})^{x_1} \cdot (e^{\beta_2})^{x_2} \cdot (e^{\beta_3})^{x_3} \quad (8)$$

$$\text{Razão da chance (odds ratio)} = (e^{-3.11}) \cdot (e^{0,0036})^{\text{UR}} \cdot (e^{0,003})^{\text{ILUMINA}} \cdot (e^{0,55})^{\text{taf}}$$

(9)

$$\text{Razão da chance (odds ratio)} = (e^{-3.11}) \cdot (1.036)^{\text{UR}} \cdot (1.003)^{\text{ILUMINA}} \cdot (1.742)^{\text{taf}}$$

(10)

As considerações que podem ser extraídas a partir da análise da razão da chance são as seguintes: (i) O aumento de 1% da umidade relativa do ar implica na chance do desempenho aumentar em 3,6%; (ii) se o indivíduo estiver dentro do intervalo  $22.4^{\circ} \leq \text{Temperatura do ar} \leq 24.7^{\circ}$ , a chance do desempenho aumentar tende a ser cerca de 74,20% em comparação com quem está fora dessa faixa; por fim, (iii) o aumento da iluminação em um lux implica na chance do desempenho aumentar em 0,3%.

As considerações listadas anteriormente e o nível de significância das relações estão expressas no Quadro 30.

Quadro 30 – Resultados identificados e nível de significância no modelo 1

Descrição	Significância	Razão da chance
Umidade relativa	***	O aumento de 1% da Umidade Relativa implica na chance de o desempenho aumentar em 3,6%.
Temperatura do ar (22.4 & 24.7)	**	Se o indivíduo estiver dentro da faixa da temperatura do ar, a chance de o desempenho aumentar (Em comparação com quem está fora da faixa) tende a ser de cerca de 74,20%.
Iluminância	*	O aumento da iluminação em um lux implica na chance de o desempenho aumentar em 0,3%
“***” 0.001    “**” 0.01    “*” 0.05		

Fonte: Elaboração própria (2019)

#### 4.5.2 Influência das variáveis ambientais no tempo de resposta

A partir de Modelos Lineares Generalizados, em que se utilizou um modelo de regressão logística ordinal e a função de ligação Logit, desenvolveu-se a análise da influência das variáveis ambientais no tempo de resposta. Com o objetivo de mostrar os parâmetros básicos do modelo obtido, apresenta-se a Figura 18.

Figura 18 – Parâmetros básicos do modelo 2

		Model Likelihood		Discrimination		Rank Discrim.	
		Ratio Test		Indexes		Indexes	
Obs	561	LR chi2	61.10	R2	0.120	C	0.665
max  deriv	2e-07	d.f.	6	g	0.770	Dxy	0.331
		Pr(> chi2)	<0.0001	gr	2.160	gamma	0.334
				gp	0.160	tau-a	0.187
				Brier	0.213		
		Coef	S.E.	Wald Z	Pr(> Z )		
y>=(427,748]		2.2962	0.4967	4.62	<0.0001		
y>=(748,1.07e+03]		-1.0031	0.4805	-2.09	0.0368		
y>=(1.07e+03,1.39e+03]		-4.3096	0.5563	-7.75	<0.0001		
Idade		0.0618	0.0204	3.03	0.0024		
fxta4=2		-0.7119	0.2310	-3.08	0.0021		
fxta4=3		-1.9516	0.2998	-6.51	<0.0001		
fxta4=4		-1.1391	0.3052	-3.73	0.0002		
fximc=1		-0.4171	0.1788	-2.33	0.0197		
il=2		0.3484	0.1754	1.99	0.0470		

Fonte: Elaboração própria (2019)

Para a referida análise, subdividiu-se o tempo de resposta em três grupos: (i) Tempo de resposta baixo ( $y \geq 1$ ); (ii) tempo de resposta intermediário ( $y \geq 2$ ); e (iii) tempo de resposta mais alto ( $y \geq 3$ ). De posse dessa informação, os modelos encontrados estão expressos nas equações 11, 12 e 13.

$$P(y \geq 1) = \frac{1}{1 + e^{-(2.2962 + \text{Faixa1} \cdot -0,7119 + \text{Faixa2} \cdot -1,9516 + \text{Faixa3} \cdot -1,1391 + \text{Illum} \cdot 0,35)}} \quad (11)$$

$$P(y \geq 2) = \frac{1}{1 + e^{-(1,003 + \text{Faixa1} \cdot -0,7119 + \text{Faixa2} \cdot -1,9516 + \text{Faixa3} \cdot -1,1391 + \text{Illum} \cdot 0,35)}} \quad (12)$$

$$P(y \geq 3) = \frac{1}{1 + e^{-(4,31 + \text{Faixa1} \cdot -0,7119 + \text{Faixa2} \cdot -1,9516 + \text{Faixa3} \cdot -1,1391 + \text{Illum} \cdot 0,35)}} \quad (13)$$

onde,

Faixa 1:  $21^\circ \leq \text{Temperatura do ar} \leq 26.2^\circ$

Faixa 2:  $26^\circ \leq \text{Temperatura do ar} \leq 29^\circ$

Faixa 3: Temperatura do ar  $> 29^\circ$

Illum: Iluminância  $\geq 187$  lux

Logo, é importante destacar que foram quatro variáveis que apresentaram influência no tempo de resposta: Faixa 1 ( $21^\circ \leq \text{Temperatura do ar} \leq 26.2^\circ$ ); Faixa 2 ( $26^\circ \leq \text{Temperatura do ar} \leq 29^\circ$ ); Faixa 3 (Temperatura do ar  $> 29^\circ$ ) e Illum (Iluminância  $\geq 187$  lux).

A partir das equações apresentadas extraiu-se a razão da chance, que está expressa na Tabela 57. Para a Faixa 1, a razão da chance foi de 0,49729; para a Faixa 2, o valor foi de 0,1420413; para a Faixa 3, o valor foi de 0,3200953 e a variável Ilum apresentou uma razão da chance de 1,416356.

Tabela 57 – Razão da chance para a influência das variáveis ambientais no tempo de resposta

Variável	Razão da chance (odds ratio)
Faixa 1	0,490729
Faixa 2	0,1420413
Faixa 3	0,1200953
Ilum	1,416356

Fonte: Elaboração própria (2019)

As considerações extraídas da razão da chance são as seguintes: (i) a chance de gastar mais tempo diminuiu em aproximadamente 50% para os estudantes que estavam na faixa 1 de temperatura; (ii) a chance de gastar mais tempo diminuiu em cerca de 86% para os estudantes que estavam dentro da faixa 2 de temperatura; (iii) a chance de gastar mais tempo diminuiu em aproximadamente 88% para indivíduos que estavam dentro da faixa 3 de temperatura; e por fim, (iv) a chance de responder o teste em mais tempo, aumentou em aproximadamente 41% quando submetido a Iluminância  $\geq 187$  lux. Esses resultados podem ser identificados no Quadro 31.

Logo, é possível inferir que os indivíduos que estavam submetidos a temperaturas mais elevadas tenderam a gastar menos tempo para responder o teste, ou seja responderam mais rapidamente. Além disso, indivíduos que estavam submetidos a níveis elevados de iluminância tenderam a gastar mais tempo para responder o teste.

Quadro 31 - Resultados identificados e nível de significância no modelo 1

Variável	Significância	Razão da chance
Faixa 1 de temperatura do ar (21 & 26,2)	**	A chance de gastar mais tempo diminuiu em aproximadamente 50% para indivíduos que estavam dentro dessa faixa.
Faixa 2 de temperatura do ar (26 & 29)	***	A chance de gastar mais tempo diminuiu em cerca de 86% para indivíduos que estavam dentro dessa faixa.
Faixa 3 de temperatura do ar (>29)	***	A chance de gastar mais tempo diminuiu em 88% para indivíduos que estavam dentro dessa faixa.
Iluminância	*	A chance de responder o teste em mais tempo aumentou em aproximadamente 41% para indivíduos submetidos a iluminância superior a 187 lux

Fonte: Elaboração própria (2019)

### 4.5.3 Discussão dos achados da influência das variáveis ambientais no desempenho

Os principais resultados encontrados podem ser sintetizados da seguinte forma: estudantes submetidos a  $22.4^{\circ} \leq \text{Temperatura do ar} \leq 24.7^{\circ}$  apresentaram chance de o desempenho aumentar em cerca de 74,20% em comparação com quem estava fora desse intervalo. Além disso, indivíduos em faixas de temperatura mais altas tenderam a responder o teste mais rapidamente.

Analisando os resultados, identificou-se que a principal variável que influenciou no desempenho foi a temperatura do ar. Tal resultado já era esperado e foi de encontro à literatura. Por exemplo, Hwang *et al.* (2006) constaram que características acústicas, lumínicas e de qualidade do ar não apresentaram significância estatística. Além deles, Jiang *et al.* (2018) explanaram que apenas condições térmicas insatisfatórias, seja por altas ou baixas temperaturas, influenciaram negativamente no desempenho dos estudantes.

Antes de adentrar nos achados de outras pesquisas é importante ressaltar que cada estudo apresenta suas peculiaridades. Além disso, as condições das respectivas regiões analisadas e o processo de aclimatação dos indivíduos tende a influenciar nos resultados. Partindo dessas premissas básicas, é importante confrontar os resultados da presente dissertação com as análises desenvolvidas por outros autores.

Niemelä *et al.* (2002) identificaram um decréscimo no desempenho quando a temperatura do ar estava além de  $25^{\circ}\text{C}$ . Tal resultado se aproxima do valor encontrado no presente trabalho, em que faixas  $22.4^{\circ} \leq \text{Temperatura do ar} \leq 24.7^{\circ}$  propiciaram maior chance de o desempenho aumentar.

Tham (2004) indicou que a faixa ideal para o desempenho da atividade é entre  $20^{\circ} \leq \text{Temperatura do ar} \leq 24^{\circ}$ . Logo, constata-se que não existe diferenças significativas com o resultado identificado na presente dissertação. A única diferença encontra-se na amplitude da faixa, pois Tham (2004) indicou o limite inferior com temperaturas mais amenas.

Nessa linha, Wargocki *et al.* (2019) observaram que a redução da temperatura do ar de  $30^{\circ}\text{C}$  para  $20^{\circ}\text{C}$  resultou no aumento do desempenho das atividades estudantis em 20%. Esse resultado indica que existe uma maior afeição para temperaturas mais amenas. Entretanto, é importante destacar que a comparação foi feita entre temperaturas extremas e não se levou em consideração valores intermediários.

Por outro lado, Jaber *et al.* (2017) identificaram que para temperaturas entre  $23^{\circ} \leq$  Temperatura do ar  $\leq 24^{\circ}$  o desempenho foi maior que para temperaturas no entorno de  $20^{\circ}\text{C}$ . Esse resultado também segue a tendência dos achados na presente dissertação.

Apesar de alguns autores indicarem que o desempenho decai com temperaturas elevadas, existe uma linha que caminha no sentido inverso. Para Tham e Willem (2010), temperaturas mais elevadas geram a ativação do sistema nervoso, elevando o estado de alerta ou excitação mental, cenário preferido para execução de tarefas que requerem atenção e resistência.

Nesse sentido, Wang *et al.* (2018) indicaram que a temperatura propícia para o desempenho da atividade foi um pouco maior do que o esperado, no entorno de  $27^{\circ}\text{C}$ . Lau *et al.* (2019) seguiram essa tendência e constataram que a temperatura ideal para ambientes climatizados é no entorno de  $26,7^{\circ}\text{C}$ , com variantes até  $24^{\circ}\text{C}$ .

A análise dos estudos, sintetizada no Quadro 32, mostra que os resultados encontrados na presente dissertação estão em concordância com o que foi diagnosticado ao longo dos anos pelos diversos pesquisadores. Diante dessa constatação, é possível considerar que a principal contribuição dessa análise consiste no intervalo de temperatura do ar encontrado, e principalmente, o valor quantitativo (74,20%) que indica a chance do desempenho dos estudantes aumentar ao estar dentro desse intervalo.

Quadro 32 – Síntese da análise da literatura no que tange a influência da temperatura do ar no desempenho

AUTOR	Resultados encontrados que se relacionaram com aumento do desempenho ( $^{\circ}\text{C}$ )
Niemelä <i>et al.</i> (2002)	$22.4^{\circ} \leq$ Temperatura do ar $\leq 24.7^{\circ}$
Tham (2004)	$20^{\circ} \leq$ Temperatura do ar $\leq 24^{\circ}$
Lan <i>et al.</i> (2009)	Temperatura do ar $< 28^{\circ}\text{C}$
Jaber <i>et al.</i> (2017)	Para temperaturas entre $23^{\circ} \leq$ Temperatura do ar $\leq 24^{\circ}$ o desempenho foi maior que para temperaturas no entorno de $20^{\circ}\text{C}$
Wang <i>et al.</i> (2018)	$\pm 27^{\circ}\text{C}$
Lau <i>et al.</i> (2019)	$26,7^{\circ}$ com variantes até $24^{\circ}\text{C}$
Wargocki <i>et al.</i> (2019)	Redução da temperatura do ar de $30^{\circ}\text{C}$ para $20^{\circ}\text{C}$

Fonte: Elaboração própria (2019)

O segundo resultado encontrado indicou que indivíduos em faixas de temperatura mais altas tenderam a responder o teste mais rapidamente. Inúmeros aspectos podem explicar tal situação, entretanto, Parsons (2009) explana que em situações desconfortantes termicamente o corpo humano envia pulsos elétricos ao cérebro, que responde buscando comportamentos que minimizem os efeitos insalubres. Dessa maneira, o tempo de

resposta em condições térmicas elevadas torna-se mais rápido em virtude da necessidade de sair do estado de desconforto.

Apesar disso, é importante destacar que alguns estudantes apresentaram o tempo de resposta similar nos três dias. Esse resultado caminha em direção as constatações desenvolvidas por Abreu-Harbich *et al.* (2018), quando indicaram que os alunos acostumados a estar em ambientes térmicos diversificados e submetidos a diferentes condições climáticas, apresentam maior grau de adaptabilidade térmica e sentem menos os efeitos da variação da temperatura.

#### 4.6 DIMENSÕES PERCEPTIVAS

A análise fatorial é o nome dado a uma classe de métodos estatísticos multivariados, que busca sintetizar as relações observadas entre um conjunto de variáveis inter-relacionadas e identificar fatores comuns (HAIR JR *et al.*, 2005; FÁVERO *et al.*, 2009).

No presente estudo foram desenvolvidas duas análises. A primeira consistiu em uma Análise Fatorial Exploratória (AFE), que permitiu identificar o número de fatores adequado e desenvolver um modelo conceitual. Posteriormente, foi desenvolvido uma Análise Fatorial Confirmatória (AFC) com o objetivo de atestar a adequação do modelo conceitual à amostra.

##### 4.6.1 Análise Fatorial Exploratória (AFE)

O questionário proposto que está expresso no Quadro 33 foi aplicado nos ambientes de ensino universitário e gerou um total de 561 respostas. Diante do número amostral, infere-se que é passível a aplicação de uma análise fatorial confirmatória, pois como regra geral, utiliza-se um mínimo de 5 vezes mais observações do que o número de variáveis que compõe o banco de dados, sendo recomendável, todavia, que este coeficiente seja de 10 observações para cada variável (HAIR JR *et al.*, 2005).

Quadro 33 - Questionário proposto

CÓDIGO	QUESTÃO	RESPOSTAS POSSÍVEIS
Q1	Quantidade de luz na mesa de trabalho	1=Muito insatisfatório; 2=Insatisfatório; 3=Levemente insatisfatório; 4=Neutro; 5=Levemente satisfatório; 6=Satisfatório; 7=Muito insatisfatório
Q2	Qualidade do ar (em geral) na área de trabalho	1=Muito insatisfatório; 2=Insatisfatório; 3=Levemente insatisfatório; 4=Neutro; 5=Levemente satisfatório; 6=Satisfatório; 7=Muito insatisfatório
Q3	Temperatura do ar na sua área de trabalho	1=Muito insatisfatório; 2=Insatisfatório; 3=Levemente insatisfatório; 4=Neutro; 5=Levemente satisfatório; 6=Satisfatório; 7=Muito insatisfatório

Q5	Nível de ruído proveniente de outras pessoas	1=Muito insatisfatório; 2=Insatisfatório; 3=Levemente insatisfatório; 4=Neutro; 5=Levemente satisfatório; 6=Satisfatório; 7=Muito insatisfatório
Q7	Nível de ruído de fundo (não proveniente de conversas) que você ouve da sua área de trabalho	1=Muito insatisfatório; 2=Insatisfatório; 3=Levemente insatisfatório; 4=Neutro; 5=Levemente satisfatório; 6=Satisfatório; 7=Muito insatisfatório
Q8	Quantidade de luz para o trabalho com computador	1=Muito insatisfatório; 2=Insatisfatório; 3=Levemente insatisfatório; 4=Neutro; 5=Levemente satisfatório; 6=Satisfatório; 7=Muito insatisfatório
Q9	Quantidade de luz refletida ou de ofuscamento na tela do computador	1=Muito insatisfatório; 2=Insatisfatório; 3=Levemente insatisfatório; 5=Levemente satisfatório; 6=Satisfatório; 7=Muito insatisfatório
Q10	Movimento do ar na sua área de trabalho	1=Muito insatisfatório; 2=Insatisfatório; 3=Levemente insatisfatório; 4=Neutro; 5=Levemente satisfatório; 6=Satisfatório; 7=Muito insatisfatório
Q14	Qualidade da iluminação na sua área de trabalho	1=Muito insatisfatório; 2=Insatisfatório; 3=Levemente insatisfatório; 4=Neutro; 5=Levemente satisfatório; 6=Satisfatório; 7=Muito insatisfatório
Q17	Considerando todas as condições ambientais da sua área de trabalho, qual é o seu nível de satisfação com o ambiente interno da sua área de trabalho, como um todo?	1=Muito insatisfatório; 2=Insatisfatório; 3=Levemente insatisfatório; 4=Neutro; 5=Levemente satisfatório; 6=Satisfatório; 7=Muito insatisfatório
SENS	Com relação à sua sensação térmica, como você está se sentindo neste momento?	1= Com muito calor; 2= Com calor; 3= Com um pouco de calor; 4= Bem, nem calor nem frio; 5 = Com um pouco de frio; 6=Com frio; 7=Com muito frio
DES	Como você preferia estar se sentindo agora?	1= Bem mais aquecido; 2= Mais aquecido; 3= Um pouco mais aquecido; 4= Como está; 5= Um pouco mais refrescado; 6= Mais refrescado; 7= Bem mais refrescado

Fonte: Elaboração própria (2019)

O Teste de Bartlett foi o primeiro objeto de análise e os resultados obtidos estão expressos na Tabela 58 abaixo. Logo, constatou-se nesse primeiro teste que é possível a aplicação da análise fatorial.

Tabela 58 - Resultados do Teste de Bartlett

<b>Teste de Bartlett</b>	
Teste de Hipótese (Hipótese nula: a matriz de correlações é uma matriz identidade, caso p-valor seja inferior a 0,005 rejeita-se a hipótese nula e pode-se aplicar a análise fatorial)	
Qui-Quadrado 614.5424	p-valor 6.052271e-90

Fonte: Elaboração própria (2019)

O segundo teste foi o Kaiser-Meyer-Olkin (KMO), que varia entre  $0 \leq KMO \leq 1$ , e indica a aplicabilidade da análise fatorial para valores próximos de um (FÁVERO *et al.*, 2009). Logo, a Tabela 59 indica o KMO obtido, que pode ser considerado bom, garantindo a adequação da técnica aos dados.

Tabela 59 - KMO encontrado e valores de referência

<b>KMO encontrado</b>	<b>Valores de referência</b>
0.86	1 – 0,9 (Muito boa)
	0,8 – 0,9 (Boa)
	0,7 – 0,8 (Média)
	0,6 – 0,7 (Razoável)
	0,5 – 0,6 (Má)
	<0,5 (Inaceitável)
	(FÁVERO et al., 2009)

Fonte: Elaboração própria (2019)

Outra medida importante é a Medida de Adequação da Amostra ou Measure of Sampling Adequacy (MSA). Valores de MSA inferiores a 0.5 indicam que essa variável não se ajusta à estrutura definida e, neste caso considera-se a sua eliminação da AFE. De porte dessa informação identifica-se que todas as variáveis estavam acima do especificado e não precisavam ser retiradas da análise realizada (Tabela 60).

Tabela 60 - MSA encontrados

<b>CÓDIGO</b>	<b>MSA</b>
Q1	0.86
Q2	0.92
Q3	0.86
Q5	0.85
Q7	0.83
Q8	0.85
Q9	0.85
Q10	0.94
Q14	0.86
SENS	0.77
DES	0.65

Fonte: Elaboração própria (2019)

Além disso, o alfa de Cronbach é um importante parâmetro para indicar a confiabilidade do instrumento, em que o valor ideal é acima de 0,7 (NUNNALLY, 1967). Para o presente instrumento o valor encontrado foi de 0.82, logo pode ser considerado aceitável.

Diante do exposto, considera-se que o presente instrumento obteve êxito em todos os parâmetros que garantem a aplicabilidade da análise fatorial. Dessa forma, os quatro fatores encontrados que explicavam cerca de 66% da variabilidade dos dados e as cargas fatoriais apresentadas na Figura 19 são consideradas estatisticamente significativas.

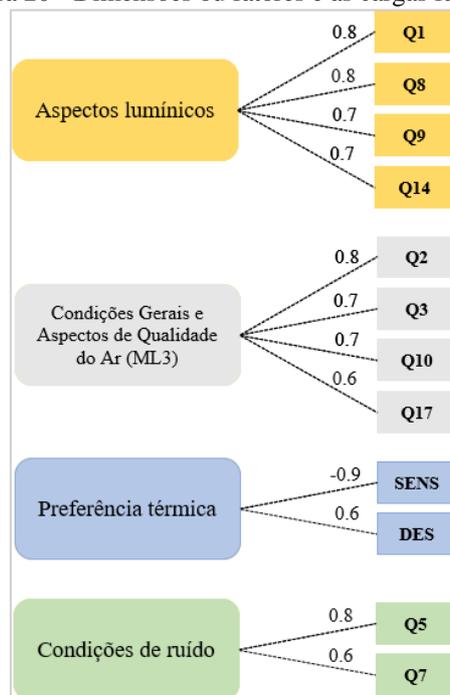
Figura 19 - Dados da análise fatorial

	ML2	ML3	ML1	ML4	h2	u2
SENSACAO	-0.01	-0.36	-0.93	-0.07	1.00	0.005
DESEJO	0.03	0.14	0.57	-0.01	0.35	0.651
QA1	0.77	0.26	0.03	0.12	0.67	0.328
QA10	0.26	0.58	0.28	0.22	0.52	0.476
QA14	0.73	0.24	0.04	0.20	0.64	0.365
QA17	0.22	0.70	0.23	0.29	0.68	0.323
QA2	0.31	0.69	0.20	0.16	0.63	0.366
QA3	0.14	0.84	0.23	0.11	0.79	0.206
QA5	0.29	0.31	-0.02	0.64	0.59	0.412
QA7	0.24	0.16	0.05	0.78	0.69	0.311
QA8	0.81	0.18	0.06	0.19	0.73	0.266
QA9	0.75	0.09	0.02	0.19	0.60	0.399
			ML2	ML3	ML1	ML4
SS loadings			2.71	2.45	1.42	1.31
Proportion Var			0.23	0.20	0.12	0.11
Cumulative Var			0.23	0.43	0.55	0.66
Proportion Explained			0.34	0.31	0.18	0.17
Cumulative Proportion			0.34	0.65	0.83	1.00

Fonte: Software R versão 3.6.0

Para facilitar o entendimento foi desenvolvida a Figura 20, em que se observa as dimensões ou fatores e as cargas fatoriais. A primeira dimensão incorporou as questões de código Q1, Q8, Q9 e Q14 e recebeu o nome de “Aspectos Lumínicos (ML2)”. A segunda dimensão absorveu as questões Q2, Q3, Q10 e Q17 e foi denominado de “Condições Gerais e Aspectos de Qualidade do Ar (ML3)”. A terceira dimensão incorporou as questões SENS e DES e recebeu o nome de “Preferência Térmica (ML1)”. Por fim, a quarta dimensão incorporou as questões Q5 e Q7 e foi denominado de “Condições de ruído (ML4)”.

Figura 20 - Dimensões ou fatores e as cargas fatoriais



Fonte: Elaboração própria (2019)

#### 4.6.2 Análise Fatorial Confirmatória (AFC)

Após o desenvolvimento do modelo de Análise Fatorial Exploratória obteve-se as dimensões ou fatores e as respectivas cargas fatoriais. Logo, para verificar a adequação desse modelo conceitual à amostra desenvolveu-se também um modelo de Análise Fatorial Confirmatória (AFC).

Para que o modelo de AFC seja adequado é necessário a avaliação de um conjunto de itens (Tabela 61). Os resultados dos itens de avaliação encontrados estão expressos na Tabela 62. Logo, verificou-se que o modelo conceitual apresentado pode ser considerado adequado para analisar a qualidade ambiental interna de ambientes climatizados que comportam estudantes de ensino superior.

Tabela 61 - Valores de referência

Estatísticas	Valores de referência
X <sup>2</sup> (Chi-square)	Significativo (p-valor < 0.05)
p-value	
CFI	[ 0.9 ; 0.95 [ (Ajustamento bom)
GFI	
TLI	
PGFI	
PCFI	[ 0.6 ; 0.8 [ (Ajustamento bom)
RMSEA	[ 0.05 ; 0.10 [ (Ajustamento bom)
p-value	Significativo (p-valor < 0.05)

Fonte: Marôco (2010)

Tabela 62 - Valores do modelo e avaliação

<b>Estatísticas</b>	<b>Valores do modelo</b>	<b>Avaliação</b>
<b>X<sup>2</sup> (Chi-square)</b>	247.197	Significativo
<b>p-value</b>	0.000	
<b>CFI</b>	0.945	Ajustamento bom
<b>GFI</b>	0.928	
<b>TLI</b>	0.924	
<b>PGFI</b>	0.671	
<b>PCFI</b>	0.678	Ajustamento bom
<b>RMSEA</b>	0.086	Ajustamento bom
<b>p-value</b>	0.000	Significativo (p-valor < 0.05)

Fonte: Elaboração própria (2019)

Após verificar a adequação do modelo conceitual proposto à amostra, identificou-se os pesos de cada um dos itens nas quatro dimensões latentes (Tabela 63). Essa análise trouxe informações consideráveis, pois permitiu comparar a importância dos itens na dimensão de acordo com as respostas obtidas.

Na avaliação da dimensão Aspectos Lumínicos (ML2), identificou-se que o item de maior peso foi a “Quantidade de luz para o trabalho com computador” (QA8). O segundo item mais importante foi a “Quantidade de luz refletida ou de ofuscamento na tela do computador” (Q9). Por fim, a “Quantidade de luz na mesa de trabalho” (Q1) e a “Qualidade da iluminação na sua área de trabalho” (Q14) apresentaram pesos similares.

No que tange a dimensão Condições Gerais e Aspectos de Qualidade do Ar (ML3), identificou-se que o item de maior peso foi a “Temperatura do ar na área de trabalho” (Q3). O segundo item mais importante foi o “Nível de satisfação com o ambiente interno” (Q17). Na sequência, apareceu o “Movimento do ar na área de trabalho” (Q10); e por fim, a “Qualidade do ar na área de trabalho” (Q2).

A terceira dimensão tratou da Preferência Térmica (ML1). O item de maior peso foi “Como você está se sentindo?” (SENS), seguido pelo item “Como você preferia estar se sentido agora” (DES).

Por fim, a quarta dimensão tratou das Condições de ruído (ML4). Verificou-se que o item de maior peso foi a “Nível de ruído proveniente de outras pessoas” (Q5); seguido pelo “Nível de ruído de fundo que você ouve da sua área de trabalho” (Q7).

Tabela 63 - Cargas fatoriais e significância

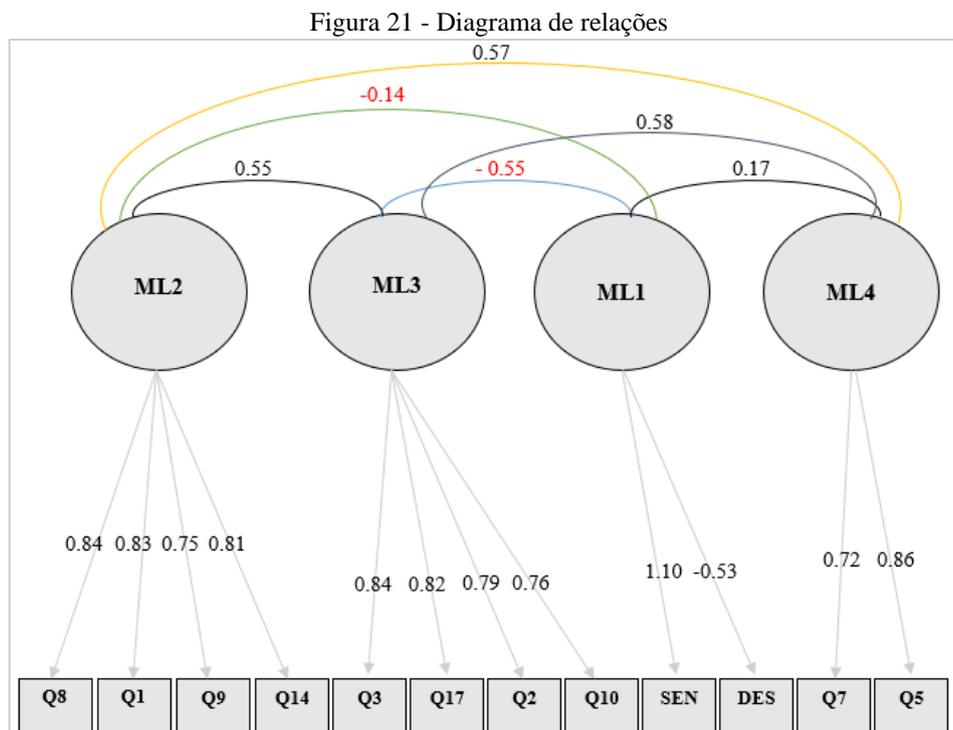
<b>Dimensão</b>	<b>Item</b>	<b>Estimativa</b>	<b>Z-Value</b>	<b>P-Value</b>
ML2 (Aspectos lumínicos)	Quantidade de luz para o trabalho com computador (Q8)	1.00	-	-
	Quantidade de luz na mesa de trabalho (Q1)	0.914	22.525	0.000
	Quantidade de luz refletida ou de ofuscamento na tela do computador (Q9)	0.981	19.752	0.000
	Qualidade da iluminação na sua área de trabalho (Q14)	0.913	21.971	0.000
ML3 (Condições gerais e de qualidade do ar)	Temperatura do ar na sua área de trabalho (Q3)	1.00	-	-
	Nível de satisfação com o ambiente interno da sua área de trabalho, como um todo? (Q17)	0.843	22.482	0.000
	Qualidade do ar (em geral) na área de trabalho (Q2)	0.813	21.486	0.000
	Movimento do ar na sua área de trabalho (Q10)	0.821	19.525	0.000
ML1 (Preferência térmica)	Como você está se sentindo neste momento? (SENS)	1.00	-	-
	Como você preferia estar se sentindo agora? (DES)	-0.571	-8.319	0.000
ML4 (Condições de ruído)	Nível de ruído de fundo (não proveniente de conversas) que você ouve da sua área de trabalho (Q7)	1.00	-	-
	Nível de ruído proveniente de outras pessoas (Q5)	1.158	13.306	0.000

Fonte: Elaboração própria (2019)

Posteriormente, foi desenvolvido o digrama de relações, que apresenta uma análise gráfica dos pesos padronizados das dimensões. A padronização é importante, pois permite uma comparação mais precisa quando existe uma variação significativamente diferente entre as respostas dos itens.

Verifica-se na Figura 21 que a ordem de importância foi praticamente idêntica a apresentada anteriormente. Para a dimensão ML2, a ordem de importância dos itens foi: Q8, Q1, Q14 e Q9. Para a dimensão ML3, a ordem de importância foi: Q3, Q17, Q2 e Q10. No que tange a dimensão ML1, o item SENS foi mais importante que o item DES. Por fim, na dimensão ML4, o item Q5 foi mais importante que o item Q7.

O diagrama de relações também apresenta as covariâncias entre as dimensões, ou seja, o grau de associação entre elas. O diagrama de relações também indica as covariâncias entre dimensões. Essas covariâncias estão relacionadas ao grau de associação entre aquelas dimensões. Verifica-se que a dimensão Aspectos lumínicos (ML2) está associada a Condições Gerais e de Qualidade do ar (ML3) e Condições de ruído (ML4). Além disso, identifica-se que as Condições Gerais e de Qualidade do ar (ML3) está associada as Condições de ruído (ML4) e a Preferência Térmica (ML1).



Fonte: Elaboração própria (2019)

#### 4.6.3 Considerações do tópico

A primeira etapa, desenvolvida a partir da Análise Fatorial Exploratória (AFE), permitiu que fosse estruturado um modelo conceitual composto de quatro dimensões latentes, também denominado de fatores. Na etapa posterior, a partir da Análise Fatorial Confirmatória (AFC) verificou-se a adequação do modelo conceitual à amostra. Logo, essa análise possibilitou comprovar estatisticamente que o modelo conceitual proposto na etapa anterior estava adequado.

Sendo assim, conclui-se que o presente instrumento abrangeu quatro dimensões: (i) Aspectos lumínicos, em que os itens mais importantes foram: “Quantidade de luz para o trabalho com computador” e Quantidade de luz na mesa de trabalho; (ii) Condições gerais e de Qualidade do ar, em que os itens mais importantes foram: “Temperatura do ar na sua área de trabalho” e “Nível de satisfação com o ambiente interno da sua área de

trabalho”; (iii) Preferência térmica, em que o item mais importante foi “Como você está se sentindo no momento?”; e (iv) Aspectos acústicos, cujo item mais importante foi “Nível de ruído proveniente de outras pessoas”.

Diante dos resultados encontrados, admite-se que o questionário aplicado pode ser considerado como um potencial instrumento para avaliação subjetiva da qualidade ambiental interna, pois abrange a avaliação das diferentes áreas ambientais.

Logo, é possível concluir que a avaliação subjetiva da qualidade ambiental interna de ambientes climatizados de ensino superior pode ser realizada mediante utilização deste questionário. Tal constatação é importante, haja vista que na literatura faltam instrumentos de avaliação subjetiva para esse tipo de ambiente de ensino.

#### **4.7 INFLUÊNCIA DAS DIMENSÕES PERCEPTIVAS NO DESEMPENHO**

A Análise Fatorial permitiu que fosse identificada estatisticamente quatro dimensões. Isso possibilitou analisar a relação dessas dimensões com o desempenho dos estudantes a partir de Equações Estruturais. As variáveis utilizadas para avaliar o desempenho foram o tempo de resposta (BPR5) e o total de acertos (BPRT).

Primeiramente foi desenvolvido o Modelo 1, em que o processo inicial é igual ao método de verificação de adequação da AFC. Em um primeiro momento observou-se que o modelo passou por todos os parâmetros de avaliação (Tabela 64). Posteriormente, observou-se as dimensões, as respectivas cargas fatoriais e o nível de significância (Tabela 65). Além disso, a Tabela 66 apresenta as covariâncias e verifica-se que todas foram significativas.

Tabela 64 - Parâmetros do Modelo 1

<b>Estatísticas</b>	<b>Valores do modelo</b>	<b>Avaliação</b>
<b>X<sup>2</sup> (Chi-square)</b>	279.236	Significativo
<b>p-value</b>	0.000	
<b>CFI</b>	0.941	Ajustamento bom
<b>TLI</b>	0.917	
<b>RMSEA</b>	0.077	Ajustamento bom

<b>p-value</b>	0.000	Significativo
<b>Minimum Function Test Statistic</b>	3758.432	Significativo
<b>p-value</b>	0.000	

Fonte: Elaboração própria (2019)

Tabela 65 - Dimensões e cargas fatoriais do Modelo 1

<b>Dimensão</b>	<b>Item</b>	<b>Estimativa</b>	<b>z-value</b>	<b>p-value</b>
ML2 (Aspectos lumínicos)	Quantidade de luz para o trabalho com computador (Q8)	1.00	-	-
	Quantidade de luz na mesa de trabalho (Q1)	0.907	22.537	0.000
	Quantidade de luz refletida ou de ofuscamento na tela do computador (Q9)	0.983	19.992	0.000
	Qualidade da iluminação na sua área de trabalho (Q14)	0.906	21.959	0.000
ML3 (Condições gerais e de qualidade do ar)	Temperatura do ar na sua área de trabalho (Q3)	1.00	-	-
	Nível de satisfação com o ambiente interno da sua área de trabalho, como um todo? (Q17)	0.842	22.493	0.000
	Qualidade do ar (em geral) na área de trabalho (Q2)	0.812	21.489	0.000
	Movimento do ar na sua área de trabalho (Q10)	0.821	19.531	0.000

ML1 (Preferência térmica)	Como você está se sentindo neste momento? (SENS)	1.00	-	-
	Como você preferia estar se sentindo agora? (DES)	-0.613	-9.324	0.000
ML4 (Condições de ruído)	Nível de ruído de fundo (não proveniente de conversas) que você ouve da sua área de trabalho (Q7)	1.00	-	-
	Nível de ruído proveniente de outras pessoas (Q5)	1.168	13.340	0.000

Fonte: Elaboração própria (2019)

Tabela 66 - Covariância

Relações	Estimativa	z-value	p-value
ML2 ~~ ML3	1.077	9.649	0.000
ML2 ~~ ML1	-0.267	-3.456	0.001
ML2 ~~ ML4	0.808	8.737	0.000
ML3 ~~ ML1	-1.284	-11.272	0.000
ML3 ~~ ML4	1.013	8.787	0.000
ML1 ~~ ML4	-0.282	-3.829	0.000

Fonte: Elaboração própria (2019)

O principal resultado desse modelo está expresso na Tabela 67, que apresenta a relação entre o desempenho e as dimensões encontradas. Verifica-se que apenas duas dimensões tiveram influência no desempenho: (1) ML2, também chamado de “Aspectos Lumínicos”, teve influência no BPR5T, que indica o número total de acertos; e (2) ML1, também chamado de “Preferência Térmica”, teve influência no BPR5, que indica o tempo de resposta.

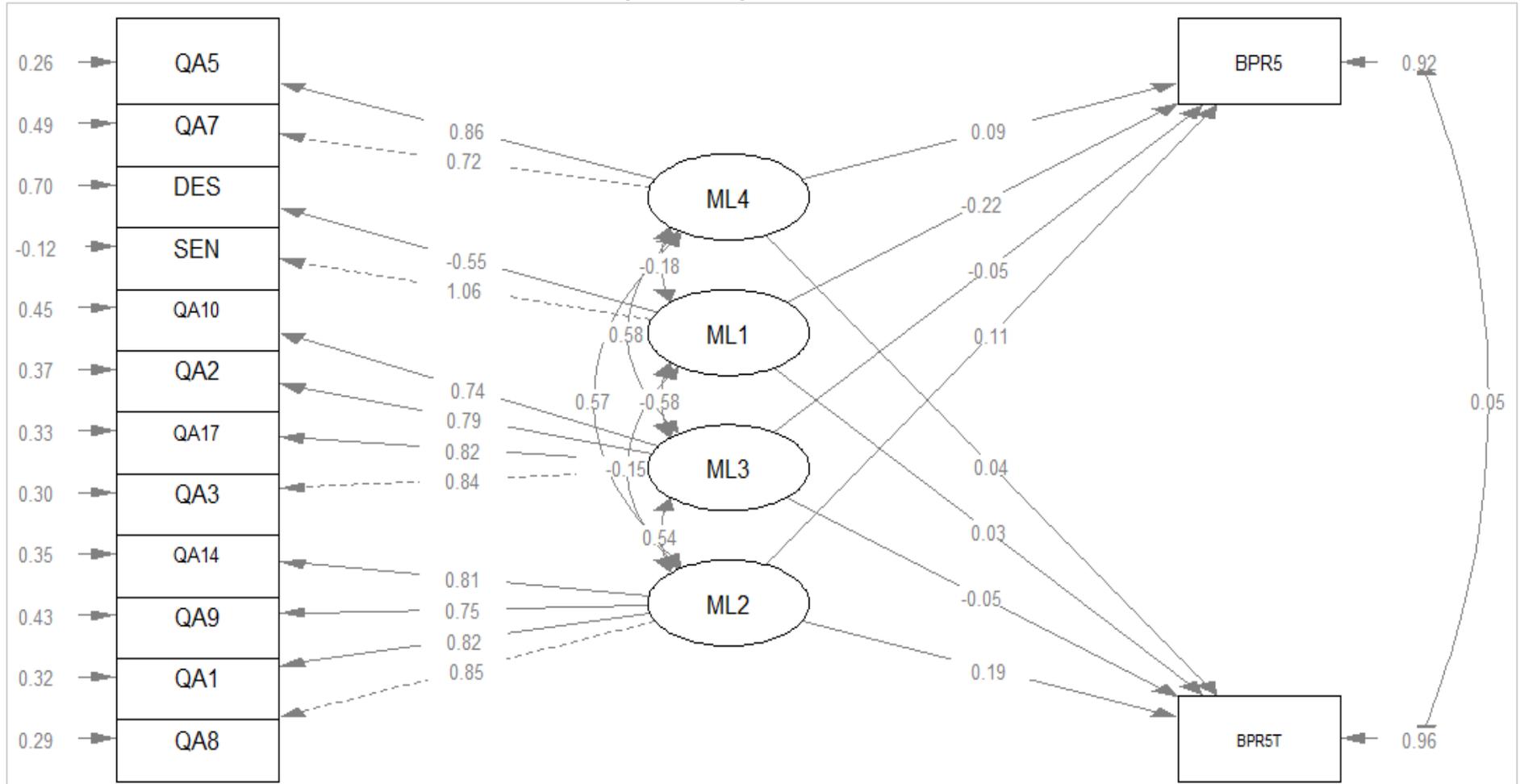
Tabela 67 - Relação entre o desempenho e as dimensões

Relações	Estimativa	z-value	p-value
ML2 ~~ BPR5T	0.507	3.063	0.002
ML3 ~~ BPR5	-0.110	-0.638	0.524
ML1 ~~ BPR5T	0.067	0.545	0.586
ML4 ~~ BPR5	0.119	0.571	0.568
ML2 ~~ BPR5	16.493	1.821	0.069
ML3 ~~ BPR5T	-5.560	-0.573	0.566
ML1 ~~ BPR5	-29.046	-3.637	0.000
ML4 ~~ BPR5T	15.932	1.392	0.164

Fonte: Elaboração própria (2019)

Para representar graficamente o modelo foi desenvolvida a Figura 22. Verifica-se todas as relações testadas nesse modelo, entretanto como apenas duas relações foram significativas (ML2 ~~ BPR5T; ML1 ~~ BPR5), desenvolveu-se um novo modelo com essas relações.

Figura 22 - Diagrama do Modelo 1



Fonte: Elaboração própria (2019)

Diante do cenário diagnosticado anteriormente, foi desenvolvido um novo modelo com as dimensões que apresentaram relação com o desempenho. Logo, verificou-se que os parâmetros de avaliação (Tabela 68) foram similares aos apresentados anteriormente. As dimensões, as respectivas cargas fatoriais e o nível de significância também foram similares (Tabela 69). Além disso, a Tabela 70 apresenta as covariâncias e verifica-se que todas foram significativas.

Tabela 68 - Parâmetros do Modelo 2

<b>Estatísticas</b>	<b>Valores do modelo</b>	<b>Avaliação</b>
<b>X<sup>2</sup> (Chi-square)</b>	293.972	Significativo
<b>p-value</b>	0.000	
<b>CFI</b>	0.939	Ajustamento bom
<b>TLI</b>	0.921	
<b>RMSEA</b>	0.076	Ajustamento bom
<b>p-value</b>	0.000	Significativo
<b>Minimum Function Test Statistic</b>	3758.432	Significativo
<b>p-value</b>	0.000	

Fonte: Elaboração própria (2019)

Tabela 69 - Dimensões e cargas fatoriais do Modelo 1

<b>Dimensão</b>	<b>Item</b>	<b>Estimativa</b>	<b>z-value</b>	<b>p-value</b>
ML2 (Aspectos lumínicos)	Quantidade de luz para o trabalho com computador (Q8)	1.00	-	-
	Quantidade de luz na mesa de trabalho (Q1)	0.909	22.555	0.000
	Quantidade de luz refletida ou de ofuscamento na tela do computador (Q9)	0.982	19.944	0.000
	Qualidade da iluminação na sua área de trabalho (Q14)	0.907	21.940	0.000
ML3 (Condições gerais e de qualidade do ar)	Temperatura do ar na sua área de trabalho (Q3)	1.00	-	-
	Nível de satisfação com o ambiente interno da sua área de trabalho, como um todo? (Q17)	0.842	22.467	0.000

	Qualidade do ar (em geral) na área de trabalho (Q2)	0.813	21.495	0.000
	Movimento do ar na sua área de trabalho (Q10)	0.822	19.535	0.000
ML1 (Preferência térmica)	Como você está se sentindo neste momento? (SENS)	1.00	-	-
	Como você preferia estar se sentindo agora? (DES)	-0.624	-9.902	0.000
ML4 (Condições de ruído)	Nível de ruído de fundo (não proveniente de conversas) que você ouve da sua área de trabalho (Q7)	1.00	-	-
	Nível de ruído proveniente de outras pessoas (Q5)	1.161	13.309	0.000

Fonte: Elaboração própria (2019)

Tabela 70 - Covariâncias

Relações	Estimativa	z-value	p-value
ML2 ~~ ML3	1.074	9.640	0.000
ML2 ~~ ML1	-0.260	-3.364	0.001
ML2 ~~ ML4	0.811	8.753	0.000
ML3 ~~ ML1	-1.281	-11.252	0.000
ML3 ~~ ML4	1.017	8.800	0.000
ML1 ~~ ML4	-0.79	-3.772	0.000

Fonte: Elaboração própria (2019)

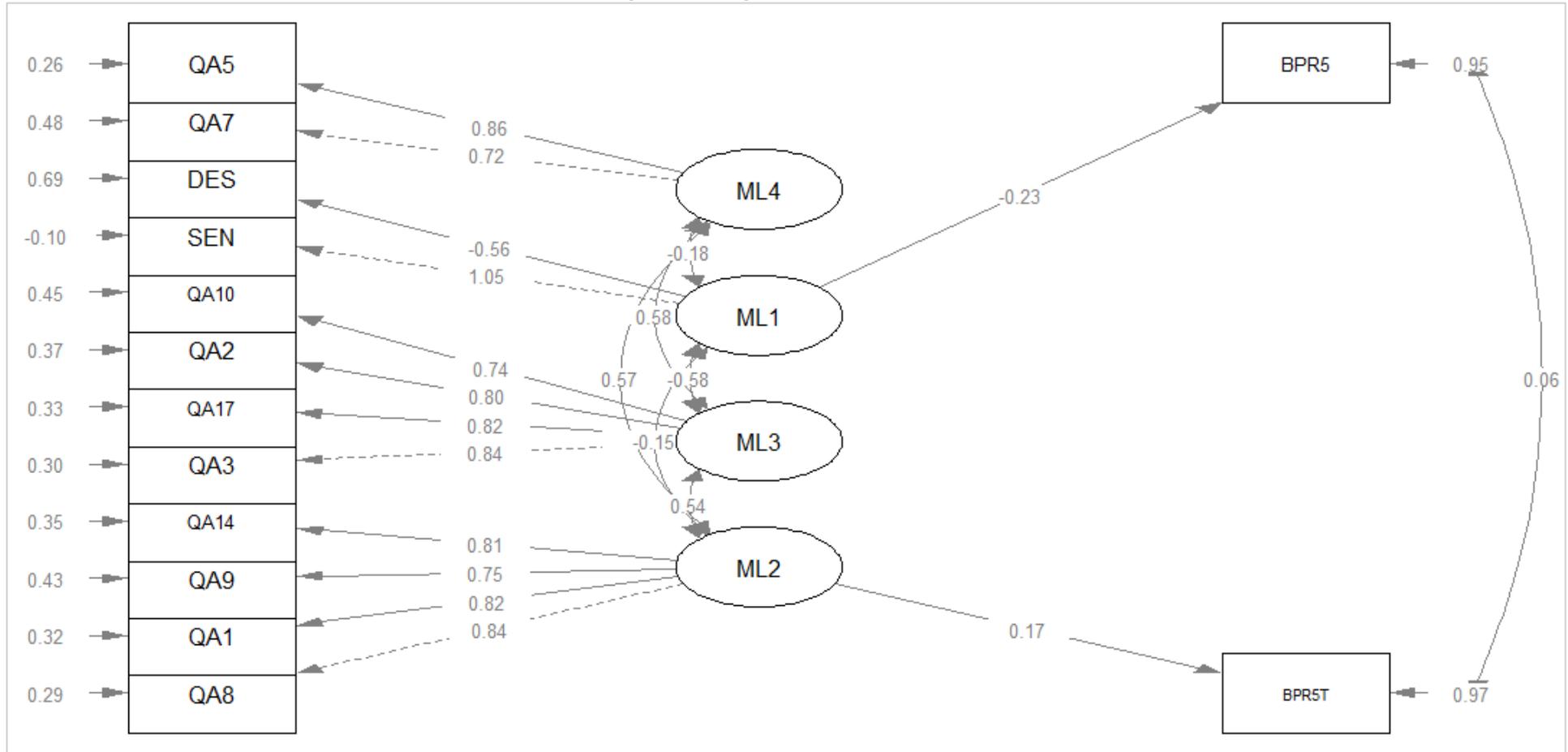
O principal resultado desse novo modelo está expresso na Tabela 71, que apresenta a relação entre as dimensões e o desempenho que foram significativas. Para que essa relação ficasse clara foi desenvolvida uma análise gráfica, que está expressa na Figura 23.

Tabela 71 - Relação entre o desempenho e as dimensões

Relações	Estimativa	z-value	p-value
ML2 ~~ BPR5T	0.458	3.898	0.000
ML1 ~~ BPR5	-30.604	-5.284	0.000

Fonte: Elaboração própria (2019)

Figura 23 - Diagrama do Modelo 2



Fonte: Elaboração própria (2019)

#### 4.7.1 Considerações do tópico

A presente análise comprovou estatisticamente que duas das quatro dimensões apresentaram relação com o desempenho. Identificou-se uma relação direta entre a dimensão ML2 (Aspectos Lumínicos) e o número total de acertos (BPR5T). Além disso, a dimensão ML1 (Preferência térmica) se relacionou inversamente com o tempo de resposta (BPR5).

Esses achados indicaram duas coisas: o maior número de acertos esteve atrelado as melhores percepções quanto a dimensão lumínica; e o menor tempo de resposta esteve associado as piores percepções quanto a dimensão térmica.

Esses resultados comprovaram estatisticamente que o aspecto subjetivo apresentou relação com o desempenho nos testes. Entretanto, apenas as dimensões referentes às condições térmicas e lumínicas tiveram significância.

Também é importante ressaltar que as variáveis isoladas, que consistem na análise individual das questões propostas aos indivíduos, não apresentaram relação com o desempenho. Entretanto, quando foram agrupadas e analisadas de forma conjunta apresentaram significância.

Por exemplo, com relação aos aspectos lumínicos foram feitos quatro questionamentos, que individualmente não apresentaram relação com o desempenho. Entretanto, o agrupamento deles formou uma dimensão, que apresentou relação significativa com o desempenho. A mesma situação foi encontrada para as questões que avaliavam as condições térmicas, que individualmente não apresentaram significância, mas agrupadas tiveram influência.

O diagnóstico feito anteriormente mostra que é importante ampliar os questionamentos, pois como se trata de aspectos subjetivos outras variáveis podem influenciar na percepção ambiental. Logo, o maior número de questões torna a avaliação subjetiva mais precisa.

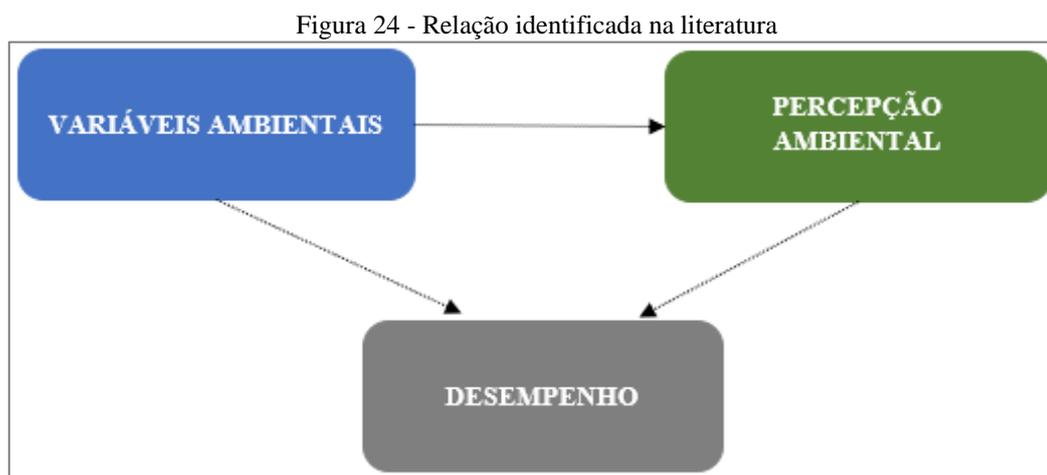
Por fim, identifica-se que esses resultados estão alinhados com os achados na análise da influência das variáveis ambientais no desempenho (Tópico 4.5), em que se identificou que a temperatura do ar e a iluminância foram as únicas variáveis que apresentaram relação com o desempenho.

Esse alinhamento mostra que uma análise subjetiva bem feita é capaz de avaliar quais aspectos ambientais influenciam no desempenho. Essa informação é importante, pois na literatura predominam análises objetivas, em que se avalia apenas a influência dos parâmetros ambientais no desempenho.

O cenário apresentado anteriormente é corroborado pela análise da literatura, quando se identifica que as condições térmicas e lumínicas influenciam diretamente o desempenho dos indivíduos dentro de ambientes de ensino (BAKÓ-BIRÓ *et al.*, 2012; SARBU; PACURAR, 2015; RAMPRASAD; SUBBAIYAN, 2017; DE ABREU-HARBICH *et al.*, 2018; JIANG *et al.*, 2018).

#### 4.8 RELAÇÕES ENTRE AS DIMENSÕES PERCEPTIVAS

Tomando como base a literatura científica da temática do presente estudo identifica-se as seguintes relações: (1) as variáveis ambientais tendem a influenciar na percepção ambiental e no desempenho dos estudantes; (2) e a percepção ambiental também pode influenciar no desempenho dos estudantes. A Figura 24 expressa esse modelo conceitual.



Fonte: Elaboração própria (2019)

Esse modelo conceitual foi corroborado pelos achados da presente dissertação. Nesse sentido, é importante relembrar que a análise fatorial subdividiu o questionário em quatro dimensões: Preferência térmica (ML1); Aspectos lumínicos (ML2); Condições gerais e de qualidade do ar (ML3) e Condições de ruído (ML4).

Além disso, as equações estruturais mostraram que a dimensão Preferência térmica (ML1) influenciou no Tempo de Resposta (BPR5); e a dimensão Aspectos lumínicos (ML2) influenciou no Número Total de Acertos (BPR5T).

Tomando como base as dimensões encontradas e as relações com o desempenho, desenvolveu-se análises probabilísticas a partir de Redes Bayesianas. Para isso, identificou-se inicialmente como as dimensões estavam se relacionando através dos algoritmos Hill-Climbing e Tabu, seguindo o critério Mutual Information.

A significância das relações encontradas estão expressas na Figura 25, que podem ser graficamente visualizadas a partir da rede apresentada na Figura 26. Logo, constatou-se que o índice PMV influenciou nas dimensões Preferência térmica (ML1) e Condições gerais e de qualidade do ar (ML3). Além disso, a dimensão Preferência térmica (ML1) influenciou na dimensão Aspectos lumínicos (ML2), Condições gerais e de qualidade do ar (ML3) e no tempo de resposta (BPR5).

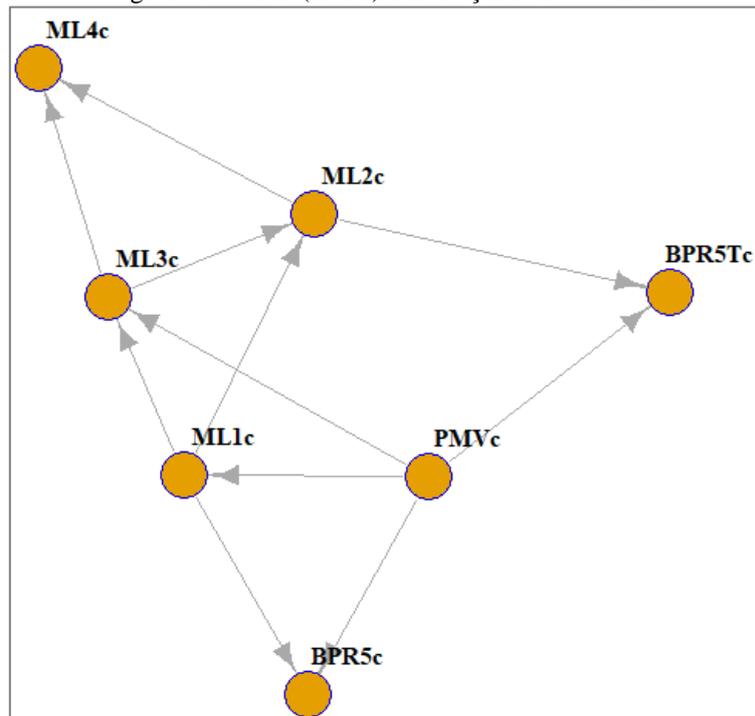
Além disso, também foi constatado que a dimensão Aspectos lumínicos (ML2) influenciou na dimensão Condições de ruído (ML4) e no número total de acertos (BPR5T). Por fim, é importante destacar que a dimensão Aspectos gerais e de qualidade do ar (ML3) influenciou nas dimensões Aspectos lumínicos (ML2) e Condições de ruído (ML4).

Figura 25 – Relações identificadas

```
> arc.strength(d.hc.aic, data = m, criterion = "x2")
  from      to      strength
1  PMVc    ML1c  8.491465e-52
2  ML1c    BPR5c  4.020903e-04
3  ML1c    ML2c  1.250081e-08
4  ML1c    ML3c  1.958000e-03
5  ML2c    BPR5Tc 2.009146e-02
6  ML3c    ML4c  4.852226e-12
7  ML2c    ML4c  5.362751e-11
8  PMVc    ML3c  3.578775e-12
9  ML3c    ML2c  1.393526e-41
10 PMVc    BPR5c  1.073336e-03
11 PMVc    BPR5Tc 4.222905e-02
> arc.strength(d.hc.aic, data = m, criterion = "mi")
  from      to      strength
1  PMVc    ML1c  1.593849e-53
2  ML1c    BPR5c  2.460208e-03
3  ML1c    ML2c  4.628892e-10
4  ML1c    ML3c  2.152045e-03
5  ML2c    BPR5Tc 1.609660e-02
6  ML3c    ML4c  1.574459e-11
7  ML2c    ML4c  2.013761e-10
8  PMVc    ML3c  4.979865e-11
9  ML3c    ML2c  7.671630e-50
10 PMVc    BPR5c  4.508231e-04
11 PMVc    BPR5Tc 3.979758e-02
```

Fonte: Elaboração própria (2019)

Figura 26 – Rede (Grafo) das relações identificadas



Fonte: Elaboração própria (2019)

Para validação da rede foi necessário avaliar a área da curva ROC para cada nó, que é gerada a partir dos valores de sensibilidade e especificidade da estimação. Levando em consideração que 0,7 é o valor de referência, observa-se que todos os nós da rede encontrada apresentaram índices aceitáveis (Tabela 72).

Tabela 72 – Valores da curva ROC para cada nó

VARIÁVEL DE DECISÃO	NÓ PAI	AUC
<b>BPR5c</b>	PMV,ML1	0.8014706
<b>BPR5Tc</b>	ML2,PMV	0.7352941
<b>ML1</b>	PMV	0.7573529
<b>ML2</b>	ML1,ML3	0.8014706
<b>ML3</b>	PMV,ML1	0.786747
<b>ML4</b>	ML2,ML3	0.8308824
<b>PMV</b>	-	0.779418

Fonte: Elaboração própria (2019)

#### 4.8.1 Cenários probabilísticos para o desempenho

A partir das relações encontradas na rede é possível simular cenários probabilísticos para o desempenho. A Tabela 73 mostra as probabilidades de se ter um bom ou mau desempenho de acordo com as condições do PMV e da dimensão Aspectos lumínicos.

Entre as análises feitas, diagnosticou-se que os cenários 2,3,8 e 9 apresentaram maior probabilidade de bom desempenho, enquanto os demais cenários maiores probabilidades de mau desempenho.

Com relação ao cenário 2, em que o PMV é quente e a dimensão aspectos lumínicos é acima da média, identificou-se que a probabilidade de obter bom desempenho foi de aproximadamente 63%.

No que tange o cenário 3, para situações em que o PMV indicou quente e a dimensão aspectos lumínicos estava na média, a probabilidade de obter bom desempenho foi de cerca de 55%,

No que diz respeito ao cenário 8, que o PMV indicou neutralidade térmica e a dimensão Aspectos lumínicos estava acima da média, a probabilidade de ter bom desempenho foi de aproximadamente 63%.

Por fim, no cenário 9, quando o PMV indicou neutralidade térmica e a dimensão Aspectos lumínicos estava na média, a probabilidade de ter bom desempenho foi de aproximadamente 59%.

Em contrapartida, quando o PMV indicou frio, independente da condição existente na dimensão Aspectos lumínicos, predominou a probabilidade de ter um mau desempenho. Nessa linha, destaca-se o percentual de 80% obtido no cenário 4.

Tabela 73 – Cenários probabilísticos para o número de acertos

CENÁRIOS	PMV	ML2	BOM DESEMPENHO	MAU DESEMPENHO
1	Quente	Abaixo da média	0.3578387	0.6451613
2	Quente	Acima da média	0.627907	0.372093
3	Quente	Na média	0.5483871	0.4516129
4	Frio	Abaixo da média	0.2058824	0.7941176
5	Frio	Acima da média	0.4339623	0.5660377
6	Frio	Na média	0.4186047	0.5813953
7	Neutro	Abaixo da média	0.4054054	0.5945946
8	Neutro	Acima da média	0.6285714	0.3714286
9	Neutro	Na média	0.5909091	0.5909091

Fonte: Elaboração própria (2019)

A Tabela 74 mostra as probabilidades referentes ao tempo de resposta de acordo com as condições do PMV e da dimensão Preferência térmica. Quando o PMV indicou quente e a dimensão Preferência térmica esteve abaixo da média, a probabilidade de ter um tempo de resposta baixo foi de 42%. Por outro lado, quando o PMV indicou quente e a dimensão Preferência térmica esteve na média ou abaixo dela, a maior probabilidade foi para um tempo de resposta médio.

Em contrapartida, quando o PMV indicou frio e a dimensão Preferência térmica esteve acima da média, a probabilidade de ter um tempo de resposta mais baixo foi de 60%. Por fim, para todos os cenários em que o PMV indicou neutralidade, o maior percentual probabilístico foi para um tempo de resposta médio.

Tabela 74 – Cenários probabilísticos para o tempo de resposta

CENÁRIOS	PMV	ML1	TEMPO BAIXO DE RESPOSTA	TEMPO MÉDIO DE RESPOSTA	TEMPO ALTO DE RESPOSTA
1	Quente	Abaixo da média	0.41666667	0.50000000	0.08333333
2	Quente	Acima da média	0.21621622	0.7297297	0.05405405
3	Quente	Na média	0.07692308	0.92307692	0.00000000
4	Frio	Abaixo da média	0.1307692	0.6846154	0.1846154
5	Frio	Acima da média	0.58333333	0.41666667	0.00000000
6	Frio	Na média	0.05333333	0.76000000	0.18666667
7	Neutro	Abaixo da média	0.13513514	0.83783784	0.02702703
8	Neutro	Acima da média	0.3125	0.6875	0.0000
9	Neutro	Na média	0.14634146	0.82926829	0.02439024

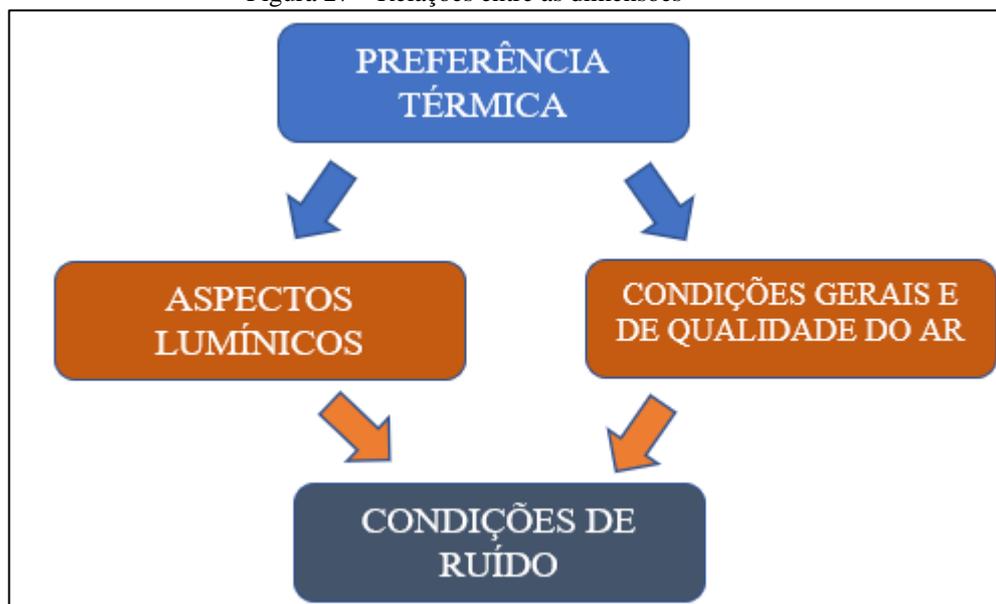
Fonte: Elaboração própria (2019)

#### 4.8.2 Considerações do tópico

O desenvolvimento da Rede Bayesiana mostrou estatisticamente que a percepção térmica influenciou na percepção das demais variáveis, cenário que foi previamente identificado na Descrição da Percepção Ambiental (Tópico 4.4).

Observou-se que a dimensão Preferência térmica repercutiu nas dimensões Aspectos lumínicos e Condições gerais. Essas duas por sua vez, influenciaram na dimensão Condições acústicas. Tal situação fez da percepção térmica a principal variável subjetiva desse estudo (Figura 27).

Figura 27 – Relações entre as dimensões



Fonte: Elaboração própria (2019)

Esses achados comprovam a existência de uma prioridade perceptiva, também encontrada por outros autores, quando indicaram que percepções térmicas influenciaram na percepção das demais variáveis ambientais (HALDI; ROBINSON, 2010; FRONTZAK; WARGOCKI, 2011; KIM; DEAR, 2012).

No que tange os cenários probabilísticos, alguns pontos merecem ser destacados. Quando o PMV indicou frio, independente da percepção quanto aos Aspectos lumínicos, predominou a probabilidade de se ter um mau desempenho. Por outro lado, quando o PMV indicou quente, mas a dimensão Aspectos lumínicos estava na média ou acima dela, predominou a probabilidade de se ter um bom desempenho.

Esses resultados podem ser justificados com base em outros pesquisadores, ao observarem que temperaturas mais amenas diminuem a ativação do sistema nervoso e a eficiência na execução da tarefa, gerando mau desempenho (DUNCKO *et al.*, 2009; LARRA *et al.*, 2014). Além disso, outros pesquisadores diagnosticaram que condições térmicas levemente superiores estavam diretamente correlacionadas ao aumento de desempenho (LAN *et al.*, 2009; THAM; WILLEM, 2010).

Além deles, Wang *et al.* (2018) diagnosticaram que o desempenho foi mais adequado quando os alunos estavam submetidos a condições mais quentes. Além disso, condições térmicas mais frias apresentaram repercussões negativas no processo de aprendizagem. Tal estudo se alinha perfeitamente com os resultados que foram encontrados na presente dissertação.

O cenário apresentado, em que temperaturas mais elevadas influenciam positivamente no desempenho, não é o padrão. Prova disso, é que outros autores diagnosticaram que ambientes levemente frios ou neutro promovem o aumento do desempenho e temperaturas mais elevadas repercutem negativamente (CUI *et al.*, 2013; WARGOCKI *et al.*, 2019).

Em função disso, não é possível definir para uma amostra se o desempenho aumenta ou diminui com o aumento de temperatura sem uma análise prévia. É necessário que se faça um estudo, pois as condições climáticas e de ambientação dos estudantes tendem a influenciar nos resultados encontrados. Para a amostra desse estudo identificou-se que temperaturas um pouco mais elevadas apresentaram relação com bom desempenho nos testes, entretanto em outros locais não é obrigatório que essa tendência seja seguida.

## CAPÍTULO 5: CONCLUSÕES

O presente estudo buscou analisar a influência das variáveis ambientais e da percepção ambiental no desempenho de estudantes universitários em ambientes de ensino climatizados de diferentes regiões brasileiras. Para isso, a metodologia experimental previamente proposta foi devidamente aplicada e foram obtidas as condições necessárias para analisar essas relações.

Para sintetizar os resultados encontrados serão expostas as principais contribuições dessa pesquisa. Em um primeiro momento, apresenta-se os achados referentes a percepção ambiental, em seguida as informações relacionadas as variáveis ambientais.

A primeira contribuição foi diagnosticada na análise da percepção ambiental dos estudantes. Contudo, antes de adentrar nessas descobertas é importante lembrar que a temperatura do ar foi a única variável manipulada durante o experimento, enquanto que as variáveis acústicas, lumínicas e de qualidade do ar mantiveram-se constantes.

Por este motivo, esperava-se que os percentuais referentes a percepção térmica variassem, enquanto que os referentes às demais variáveis se mantivessem constantes durante o experimento. Entretanto, identificou-se que os percentuais das percepções acústicas, lumínicas e de qualidade do ar seguiram uma variação similar aos obtidos para a percepção térmica.

Esse cenário ficou explícito no dia em que foi proposta a temperatura do ar mais alta, pois constatou-se para todas as questões aplicadas os maiores percentuais de insatisfação. Além disso, para todas as variáveis ambientais analisadas os estudantes indicaram insatisfação.

Esse diagnóstico permitiu concluir que a percepção térmica foi capaz de influenciar na percepção acústica, lumínica e de qualidade do ar. Dessa forma, as condições das variáveis térmicas influenciaram diretamente na percepção da qualidade ambiental interna, fazendo dessas variáveis as mais importantes.

Ainda com relação a percepção ambiental, identificou-se que individualmente as questões aplicadas não apresentaram relação com o desempenho. Para resolver esse problema, aplicou-se análise fatorial para agrupá-la e criar dimensões perceptivas, pois assim existia a possibilidade de identificar potenciais relações com o desempenho.

Após isso, desenvolveu-se modelos de equações estruturais e comprovou-se a existência de relações significativas entre as dimensões perceptivas e o desempenho. Assim, foram identificados dois resultados: relação direta entre a dimensão Aspectos Lumínicos e o número total de acertos; e relação inversa entre a dimensão Preferência térmica e o tempo de resposta.

Além disso, aplicou-se o método denominado de Redes Bayesianas para compreender como as dimensões perceptivas estavam se relacionando. Logo, constatou-se que a dimensão Preferência térmica repercutiu nas dimensões Aspectos lumínicos e Condições gerais. Essas duas por sua vez, influenciaram na dimensão Condições acústicas.

Esse resultado indicou a existência de prioridade perceptiva, haja vista que a dimensão Preferência térmica repercutiu nas demais dimensões perceptivas. Essa situação foi observada inicialmente na análise da percepção ambiental e comprovada estatisticamente a partir dos resultados obtidos pelo método aplicado.

A aplicação de Redes Bayesianas também permitiu que fossem identificados cenários probabilísticos para o desempenho. Os cenários analisados levaram em consideração as relações significativas encontradas a partir do modelo de equações estruturais.

Dessa forma, quando o PMV indicou frio, independente da percepção quanto aos Aspectos lumínicos, predominou a probabilidade de se ter um mau desempenho. Por outro lado, quando o PMV indicou quente, mas a dimensão Aspectos lumínicos estava na média ou acima dela, predominou a probabilidade de se ter um bom desempenho.

Essas descobertas mostraram que os estudantes apresentam maior probabilidade de bom desempenho diante de condições mais quentes do que quando submetidos a condições mais frias. Entretanto, é importante destacar que esses resultados são para testes de curta duração, que duraram no máximo quarenta minutos.

Com isso, finaliza-se as considerações da percepção ambiental. Em linhas gerais, identificou-se a existência de uma prioridade perceptiva, em que a percepção térmica influenciou na percepção das demais variáveis. Além disso, constatou-se relação significativa entre a percepção e o desempenho a partir do momento em que foram criadas dimensões perceptivas.

No que tange a influência das variáveis ambientais no desempenho, comprovou-se que apenas a temperatura do ar, umidade relativa e iluminância apresentaram significância. A primeira foi mais determinante, enquanto que as duas últimas apresentaram menor influência.

Dessa maneira, os estudantes submetidos a  $22.4^{\circ} \leq \text{Temperatura do ar} \leq 24.7^{\circ}$  apresentaram chance de o desempenho aumentar em cerca de 74,20% na comparação com quem estava fora desse intervalo. Além disso, indivíduos em faixas de temperatura mais altas tenderam a responder o teste mais rapidamente.

Com relação as outras variáveis, o aumento de 1% da Umidade Relativa implicou na chance de o desempenho aumentar em 3,6%; e o aumento da iluminação em um lux implicou na chance de o desempenho aumentar em 0,3%

Esses resultados indicam que variáveis térmicas e lumínicas apresentaram relação com desempenho. Tais resultados estão alinhados com os encontrados na influência da percepção ambiental no desempenho, em que se identificou que as dimensões preferência térmica e aspectos lumínicos apresentaram relação com o tempo de resposta e o número total de acertos, respectivamente.

Dessa forma, uma análise perceptiva bem-feita é capaz de identificar quais são as principais variáveis que influenciam no bem-estar e no desempenho dos ocupantes. Logo, análises subjetivas mais precisas, com um maior número de questionamentos e com métodos estatísticos mais profundos permitem que se tenham informações mais concisas e realistas.

A compreensão dos aspectos subjetivos torna as análises mais fidedignas, pois levam em consideração a opinião dos usuários, que expressam nas respostas todo processo de ambientação e aclimação que carregam consigo. Quando são desenvolvidas apenas análises objetivas, esses aspectos não são levados em consideração e as análises ficam mais distantes da realidade.

Na presente dissertação, elencou-se alguns estudos que diagnosticaram que condições térmicas mais altas estavam associadas aos melhores desempenhos. Por outro lado, também foram apresentadas pesquisas que constataram que condições térmicas mais frias estavam associadas ao aumento de desempenho.

Essas diferenças podem ser explicadas por uma série de fatores, que vão desde o processo de aclimação e ambientação, as condições antropométricas dos indivíduos, as

condições metabólicas, as vestimentas utilizadas, entre inúmeras outras variáveis que influenciam na percepção e no bem-estar diante das diferentes condições ambientais.

Esses fatores foram listados para mostrar a gama de variáveis que podem influenciar na percepção ambiental e gerar repercussões no desempenho. Tal situação justifica os motivos pelos quais as condições ambientais podem influenciar de um jeito em determinado local e de forma diferente em outros.

Diante disso, o desenvolvimento de estudos com ênfase usuário e nos aspectos perceptivos é extremamente importante, pois possibilita minimizar os efeitos das variáveis incontrolláveis que repercutem no bem-estar e na percepção ambiental.

Além disso, permite compreender os principais agentes ambientais sob a ótica dos ocupantes e compará-los com os resultados encontrados a partir das análises objetivas, em que se mensura os parâmetros ambientais e realiza-se análises a partir dos índices normativos.

Diante dos resultados apresentados, é possível afirmar que os objetivos geral e específicos da presente pesquisa foram atendidos como expõe o Quadro 34.

Quadro 34 – Objetivos e onde foram alcançados

<b>Amplitude do objetivo</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Seções</b>
Objetivo geral	Analisar a influência das variáveis ambientais e da percepção ambiental no desempenho de estudantes universitários em ambientes de ensino climatizados de diferentes regiões brasileiras.	4.5 Influência das variáveis ambientais no desempenho. 4.7 Influência das dimensões perceptivas no desempenho.
Objetivo específico	Descrever os ambientes de ensino climatizados das diferentes regiões;	4.1 Descrição dos ambientes analisados
Objetivo específico	Descrever as condições das variáveis ambientais	4.3 Descrição das variáveis ambientais
Objetivo específico	Identificar a percepção dos estudantes quanto a qualidade ambiental	4.4 Descrição da percepção ambiental
Objetivo específico	Compreender a relação existente entre as variáveis ambientais a partir da percepção dos estudantes.	4.4 Descrição da percepção ambiental 4.8 Relações entre as dimensões perceptivas

Fonte: Elaboração própria (2019)

## RECOMENDAÇÕES

Para finalizar, cita-se algumas vertentes que podem ser investigadas em estudos futuros. Primeiro, pode existir uma ampliação das variáveis ambientais analisadas e incluir a radiação não ionizante, pois o avanço tecnológico faz com que os ambientes de ensino possuam cada vez mais aparelhos tecnológicos que emitem radiação de baixa frequência.

Além disso, sugere-se análises comparativas entre os membros da amostra. Ou seja, investigue como as variáveis ambientais e a percepção ambiental influenciam no desempenho de acordo com o sexo ou idade, por exemplo.

Por fim, a tendência futura é que as percepções dos indivíduos sejam captadas pelos sinais elétricos emitidos pelo cérebro através dos encefalogramas. Em decorrência disso, uma nova perspectiva se abre para avaliar a percepção ambiental. Logo, realizar comparações entre a metodologia atual, que é a partir de questionários, e essa nova perspectiva surge como um importante objeto de estudo.

## REFERÊNCIAS

- ANDRIOLA, W. B. Avaliação do raciocínio verbal em estudantes do 2º grau. **Estudos de Psicologia**, v.2, p.277-285, 1997.
- ANDRIOLA, W. B. ; CAVALCANTE L. R. Avaliação do raciocínio abstrato em estudantes do ensino médio. **Estudos de Psicologia**, v.4, p.23-37, 1999.
- AL-HUBAIL, J.; AL-TEMEEMI, A.-S. Assessment of school building air quality in a desert climate. **Building and Environment**, v. 94, p. 569–579, 1 dez. 2015a.
- AL-HUBAIL, J.; AL-TEMEEMI, A. S. Assessment of school building air quality in a desert climate. **Building and Environment**, v. 94, p. 569–579, 2015b.
- Alcobia, C. **Ergonomia Ambiental em Veículos**. Dissertação para Doutorado em Ciências de Engenharia Mecânica (Aerodinâmica). Faculdade de Ciência e Tecnologia da Universidade de Coimbra, Departamento de Engenharia Mecânica, Coimbra, 2016.
- ALMEIDA, I. T. A poluição atmosférica por material particulado na mineração a céu aberto. **Universidade de São Paulo**, p. 194, 1999.
- ALMEIDA, L. S.; NASCIMENTO, E.; LIMA, A. O. F.; VASCONCELOS, A. G.; AKAMA, C.T.; SANTOS, M.T. Bateria de provas de raciocínio (bpr-5): estudo exploratório em alunos universitários. **Avaliação Psicológica**, v.9, n.2, 2010.
- ALMEIDA, L. S.; LEMOS, G. C. Aptidões cognitivas e rendimento acadêmico: A validade preditiva dos testes de inteligência. **Psicologia, Educação e Cultura** Aptidões cognitivas e rendimento acadêmico: A validade preditiva dos testes de inteligência, vol. IX, p.277-289, 2005.
- ALMEIDA, L. S.; PRIMI, R. Perfis de capacidades cognitivas na bateria de provas de raciocínio (BPR-5). **Psicologia Escolar e Educacional**, v. 8, n. 2, p. 135–144, dez. 2004.
- ALMEIDA, R. M. S. F.; DE FREITAS, V. P. Indoor environmental quality of classrooms in Southern European climate. **Energy and Buildings**, v. 81, p. 127–140, 2014.
- ASHRAE 55. Thermal environmental conditions for human occupancy. **American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers Inc. Atlanta, GA, USA**, 2004.
- ANVISA. Resolução nº 899. **Agência Nacional de Vigilância Sanitária**, p. 1–15, 2003.
- ARAÚJO, S. A. Perda auditiva induzida pelo ruído em trabalhadores de metalúrgica. **Revista Brasileira de Otorrinolaringologia**, v. 68, n. 1, p. 47–52, 2002.
- ARBEX, M. A. et al. A poluição do ar e o sistema respiratório. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, v. 38, n. 5, p. 643–655, 2012.
- ARGUNHAN, Z.; AVCI, A. S. Statistical Evaluation of Indoor Air Quality Parameters in Classrooms of a University. **Advances in Meteorology**, v. 2018, p. 1–10, 18 mar. 2018.
- ASADI, I.; HUSSEIN, I.; PALANISAMY, K. Indoor Environmental Quality (IEQ) Acceptance of Air Conditioned Buildings in Malaysia: Case Study of Universiti Tenaga Nasional. **Advanced Materials Research**, v. 953–954, p. 1513–1519, 2014.
- ASADI, I.; MAHYUDDIN, N.; SHAFIGH, P. A review on indoor environmental quality (IEQ) and energy consumption in building based on occupant behavior. **Facilities**, vol.35, p.684-695, 2017.

- ASIF, A.; ZEESHAN, M.; JAHANZAIB, M. Indoor temperature, relative humidity and CO2 levels assessment in academic buildings with different heating, ventilation and air-conditioning systems. **Building and Environment**, v. 133, n. January, p. 83–90, 2018.
- ASIYAI, R. Students' Perception of the Condition of Their Classroom Physical Learning Environment and Its Impact on Their Learning and Motivation. **College Student Journal**, v. 48, n. n4, p. 716–726, 2014.
- ASMAR, M. EL; CHOKOR, A.; SROUR, I. Are Building Occupants Satisfied with Indoor Environmental Quality of Higher Education Facilities? **Energy Procedia**, v. 50, p. 751–760, 2014.
- ASTOLFI, A.; PELLEREY, F. Subjective and objective assessment of acoustical and overall environmental quality in secondary school classrooms. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 123, n. 1, p. 163–173, 4 jan. 2008.
- BAI, R.; LAM, J. C. K.; LI, V. O. K. A review on health cost accounting of air pollution in China. **Environment International**, v. 120, p. 279–294, 1 nov. 2018.
- BAKÓ-BIRÓ, ZS.; CLEMENTS-CROOME, D.J.; KOCHHAR, N.; AWBI, H.B.; WILLIAMS, M. J. Ventilation rates in schools and pupils' performance. **Building and Environment**, v. 48, p. 215–223, fev. 2012.
- BARKMANN, C.; WESSOLOWSKI, N.; SCHULTE-MARKWORT, M. Applicability and efficacy of variable light in schools. **Physiology and Behavior**, v. 105, n. 3, p. 621–627, 2012a.
- BARKMANN, C.; WESSOLOWSKI, N.; SCHULTE-MARKWORT, M. Applicability and efficacy of variable light in schools. **Physiology & Behavior**, v. 105, n. 3, p. 621–627, 1 fev. 2012b.
- BATIZ, E. C. et al. Avaliação do conforto térmico no aprendizado: estudo de caso sobre influência na atenção e memória. **Production**, v. 19, n. 3, p. 477–488, 2009.
- BELL, P. A. Effects of Noise and Heat Stress on Primary and Subsidiary Task Performance. **Human Factors: The Journal of Human Factors and Ergonomics Society**, v. 20, n. 6, p. 749–752, 1978.
- BELLIA, L.; PEDACE, A.; BARBATO, G. Lighting in educational environments: An example of a complete analysis of the effects of daylight and electric light on occupants. **Building and Environment**, v. 68, p. 50–65, 1 out. 2013.
- BERNARDI, N.; KOWALTOWSKI, D. C. C. K. Environmental comfort in school buildings: A case study of awareness and participation of users. **Environment and Behavior**, v. 38, n. 2, p. 155–172, 2006.
- BESS, F. H.; DODD-MURPHY, J.; PARKER, R. A. Children with minimal sensorineural hearing loss: prevalence, educational performance, and functional status. **Ear and hearing**, v. 19, n. 5, p. 339–54, out. 1998.
- BINS ELY, V.; TURKIENICZ, B. Método da grade de atributos: avaliando a relação entre usuário e ambiente. **Ambiente Construído**, v. 5, n. Jun. 2005, p. 77–88, 2005.
- BLUYSSSEN, P. M. Towards new methods and ways to create healthy and comfortable buildings. **Building and Environment**, v. 45, n. 4, p. 808–818, 2010.
- BOWMAN, J. S.; VON BECKH, H. J. Physiologic and performance measurements in simulated airborne combined stress environments. **Aviation Space and Environmental Medicine**, v. 50, n. 6, p. 604–608, 1979.

- BRASIL. Norma Regulamentadora nº 9 - Programa de Prevenção de Riscos Ambientais. **Ministério do Trabalho e Emprego**, n. 9, p. 3–6, 2014.
- BRICKUS, L. S. R.; DE, F. R.; NETO, A. A qualidade do ar de interiores e a química. **Química Nova**, v.22, p.65-74, 1999.
- BURATTI, C.; RICCIARDI, P. Adaptive analysis of thermal comfort in university classrooms: Correlation between experimental data and mathematical models. **Building and Environment**, v. 44, n. 4, p. 674–687, abr. 2009.
- CAO, B. et al. Field study of human thermal comfort and thermal adaptability during the summer and winter in Beijing. **Energy and Buildings**, v. 43, n. 5, p. 1051–1056, maio 2011.
- CASTILLA, N. et al. Subjective assessment of university classroom environment. **Building and Environment**, v. 122, p. 72–81, 2017.
- CAVALEIRO RUFO, J. et al. Indoor air quality and atopic sensitization in primary schools: A follow-up study. **Porto Biomedical Journal**, v. 1, n. 4, p. 142–146, 2016.
- CENA, K.; DE DEAR, R. Thermal comfort and behavioural strategies in office buildings located in a hot-arid climate. **Journal of Thermal Biology**, v. 26, n. 4–5, p. 409–414, set. 2001.
- CHUNG, T. M.; BURNETT, J. Lighting quality surveys in office premises. **Indoor and Built Environment**, v. 9, n. 6, p. 335–341, 2000.
- CONCEIÇÃO, E. Z. E.; LÚCIO, M. M. J. R. Evaluation of thermal comfort conditions in a classroom equipped with radiant cooling systems and subjected to uniform convective environment. **Applied Mathematical Modelling**, v. 35, n. 3, p. 1292–1305, 2011.
- CORDEIRO, G. M.; DEMÉTRIO, C. G. B. **Modelos Lineares Generalizados e Extensões**. Piracicaba: USP, 2008.
- CORGNATI, S. P.; ANSALDI, R.; FILIPPI, M. Thermal comfort in Italian classrooms under free running conditions during mid seasons: Assessment through objective and subjective approaches. **Building and Environment**, v. 44, n. 4, p. 785–792, 2009a.
- CORGNATI, S. P.; ANSALDI, R.; FILIPPI, M. Thermal comfort in Italian classrooms under free running conditions during mid seasons: Assessment through objective and subjective approaches. **Building and Environment**, v. 44, p. 785–792, 2009b.
- CUI, W. et al. Influence of indoor air temperature on human thermal comfort, motivation and performance. **Building and Environment**, v.68, p. 114-122, 2013.
- DA GRAÇA, V. A. C.; KOWALTOWSKI, D. C. C. K.; PETRECHE, J. R. D. An evaluation method for school building design at the preliminary phase with optimisation of aspects of environmental comfort for the school system of the State São Paulo in Brazil. **Building and Environment**, v. 42, n. 2, p. 984–999, 2007.
- DAISEY, J. M.; ANGELL, W. J.; APTE, M. G. Indoor air quality, ventilation and health symptoms in schools: An analysis of existing information. **Indoor Air**, v.13, p.53-64, 2003.
- DAMÁSIO, B. F. Contribuições da Análise Fatorial Confirmatória Multigrupo (AFCMG) na avaliação de invariância de instrumentos psicométricos. **Psico-USF**, v.18, n.2, p.211-220, 2013.

- DASCALAKI, E. G. et al. Indoor environmental quality in Hellenic hospital operating rooms. **Energy and Buildings**, v. 41, n. 5, p. 551–560, 2009.
- DE ABREU-HARBICH, L. V.; CHAVES, V. L. A.; BRANDSTETTER, M. C. G. O. Evaluation of strategies that improve the thermal comfort and energy saving of a classroom of an institutional building in a tropical climate. **Building and Environment**, v. 135, n. March, p. 257–268, 2018a.
- DE ABREU-HARBICH, L. V.; CHAVES, V. L. A.; BRANDSTETTER, M. C. G. O. Evaluation of strategies that improve the thermal comfort and energy saving of a classroom of an institutional building in a tropical climate. **Building and Environment**, 2018b.
- DENISE, L. et al. **Modelagem com Equações Estruturais: Princípios Básicos e Aplicações**. Salvador, 2012.
- DIAS PEREIRA, L. et al. Assessment of indoor air quality and thermal comfort in Portuguese secondary classrooms: Methodology and results. **Building and Environment**, v. 81, p. 69–80, 2014.
- DIAZ LOZANO PATINO, E.; SIEGEL, J. A. Indoor environmental quality in social housing: A literature review. **Building and Environment**, v. 131, p. 231–241, 2018.
- DJONGYANG, NOËL; TCHINDA, RENÉ; NJOMO, D. Thermal comfort: A review paper. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 14, n. 9, p. 2626–2640, dez. 2010.
- DJONGYANG, N.; TCHINDA, R.; NJOMO, D. Thermal comfort: A review paper. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 14, n. 9, p. 2626–2640, 2010.
- DOBSON, A. J.; BARNETT, A. G. **An Introduction to Generalized Linear Models**. New York, Chapman and Hall/CRC, 2008.
- DORIZAS, P. V. et al. Correlation of particulate matter with airborne fungi in schools in Greece. **International Journal of Ventilation**, v. 12, n. 1, p. 1–15, 2013.
- DUL, J.; WEERDMEEESTER, B. **Ergonomia prática**. Edgard Blücher, 2004.
- DUNCKO, R. et al. Working memory performance after acute exposure to the cold pressor stress in healthy volunteers. **Neurobiology of Learning and Memory**, v.91, n.4, p.377-381, 2009.
- DUNN, R. et al. Light up Their Lives: A Review of Research on the Effects of Lighting on Children's Achievement and Behavior. **The Reading Teacher**, v.38, n.9, p.863 -869, 1985.
- E VASCONCELOS, C. S. F.; VILLAROUÇO, V.; SOARES, M. M. Avaliação Ergonômica do Ambiente Construído: Estudo de caso em uma biblioteca universitária. **Revista Ação Ergonômica**, v. 4, n. 1, 2011.
- ETTINGER, K. **Direção e Produtividade. Direção, Organização e Administração de Empresas. Manual de Ensino 1**. Manual de Ensino 1. 1ª ed. São Paulo: IBRASA, 1964.
- FABBRI, K. Thermal comfort evaluation in kindergarten: PMV and PPD measurement through datalogger and questionnaire. **Building and Environment**, v. 68, p. 202–214, out. 2013.
- FARIA, L.; PEPI, A.; ALESI, M. **Concepções pessoais de inteligência e auto-estima: Que diferenças entre estudantes portugueses e italianos?** *Análise Psicológica*, v.22,

n.4, p.747 - 764, 2004.

FÁVERO, L. P. L.; BELFIORE, P. P.; SILVA, F.L.; CHAN, B.L. **Análise de dados: modelagem multivariada para tomada de decisões**. [S.I: s.n], 2009.

FELICETTI, V. L. **Comprometimento do estudante: um elo entre aprendizagem e inclusão social na qualidade da educação superior**. Tese (Doutorado em Educação) - Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

FERREIRA, M. D. L. **Ciclos de comutação de uma lâmpada até ao seu fim de vida- Investigação, construção e implementação de uma ferramenta de análise**. Dissertação (Mestrado em Ciências da engenharia e tecnologias) - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2015.

FIGUEIRA, M. M. A. **Assistência fisioterapia à criança portadora de cegueira congênita**. Revista Benjamim Constant, Rio de Janeiro, n.5, p.8 - 23, 1996,

FLEMING, D. B.; GRIFFIN, M. J. A study of the subjective equivalence of noise and whole-body vibration. **Journal of Sound and Vibration**, v. 42, n. 4, p. 453–461, 1975.

FRONTCZAK, M.; WARGOCKI, P. Literature survey on how different factors influence human comfort in indoor environments. **Building and Environment**, v. 46, n. 4, p. 922–937, 2011.

FUOCO, F. et al. Indoor Air Quality in Naturally Ventilated Italian Classrooms. **Atmosphere**, v. 6, n. 11, p. 1652–1675, 2 nov. 2015.

GATTO PEREIRA, J. L. et al. Poluição Do Ar Por Material Particulado Em Área Intraurbana No Rio De Janeiro: Alguns Aspectos Metodológicos. **REEC - Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 10, n. 3, 2015.

GENTILE, N. et al. A field study of fluorescent and LED classroom lighting. **Lighting Research & Technology**, v. 50, n. 4, p. 631–650, 25 jun. 2016.

GRANDJEAN, E. (ETIENNE). **Fitting the task to the man: a textbook of occupational ergonomics**. [s.l.] Taylor & Francis, 1988.

GRETHER, W. F. Vibration and Human Performance. **Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society**, v. 13, n. 3, p. 203–216, 25 jun. 1971.

GUSKI, R.; FELSCHER-SUHR, U.; SCHUEMER, R. The concept of noise annoyance: How international experts see it. **Journal of Sound and Vibration**, v. 223, n. 4, p. 513–527, 1999.

HADDAD, S.; OSMOND, P.; KING, S. Revisiting thermal comfort models in Iranian classrooms during the warm season. **Building Research and Information**, v. 45, n. 4, p. 457–473, 2017.

HAIR JR., J. F. et al. **Análise Fatorial Análise Multivariada de Dados**. [S.I: s.n], 2005.

HALDI, F.; ROBINSON, D. On the unification of thermal perception and adaptive actions. **Building and Environment**, v.45, n.11, p. 2440 - 2457, 2010.

HARRINGTON, D. **Confirmatory Factor Analysis**. New York, Oxford University Press, 2009.

HATHAWAY, W. E. Effects of School Lighting on Physical Development and School Performance. **The Journal of Educational Research**, v.88, p.228-242, 2010.

HAVERINEN-SHAUGHNESSY, U. et al. An assessment of indoor environmental

quality in schools and its association with health and performance. **Building and Environment**, v. 93, p. 35–40, 1 nov. 2015.

HEDGE, A. Where are we in understanding the effects of where we are? **Ergonomics**, v. 43, n. 7, p. 1019–29, 2000.

HILL, M. C.; EPPS, K. K. Does Physical Classroom Environment Affect Student Performance, Student Satisfaction, and Student Evaluation of Teaching in the College Environment? **Evaluation**, v. 14, n. 1, p. 15–20, 2009.

HIRASHIMA, S. Q. DA S.; ASSIS, E. S. DE; NIKOLOPOULOU, M. Daytime thermal comfort in urban spaces: A field study in Brazil. **Building and Environment**, v. 107, p. 245–253, 2016.

HOQUE, S.; WEIL, B. THE RELATIONSHIP BETWEEN COMFORT PERCEPTIONS AND ACADEMIC PERFORMANCE IN UNIVERSITY CLASSROOM BUILDINGS. **Journal of Green Building**, v. 11, n. 1, p. 108–117, 1 mar. 2016.

HUANG, L. et al. A study on the effects of thermal, luminous, and acoustic environments on indoor environmental comfort in offices. **Building and Environment**, v. 49, n. 1, p. 304–309, 2012a.

HUMPHREYS, R. M. A. An adaptive approach to the thermal comfort of office workers in North West Pakistan. **Renewable Energy**, v. 5, n. 5–8, p. 985–992, ago. 1994.

HUNDLEBY, J. D.; NUNNALLY, J. Psychometric Theory. **American Educational Research Journal**, 1968.

HUSSIN, M.; ISMAIL, M. R.; AHMAD, M. S. Subjective Perception of Thermal Comfort Study in Air-conditioned University Laboratories. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, v. 91, p. 192–200, out. 2013.

HWANG, R.-L.; LIN, T.-P.; KUO, N.-J. Field experiments on thermal comfort in campus classrooms in Taiwan. **Energy and Buildings**, v. 38, n. 1, p. 53–62, jan. 2006.

HYGGE, S. Classroom experiments on the effects of different noise sources and sound levels on long-term recall and recognition in children. **Applied Cognitive Psychology**, v. 17, n. 8, p. 895–914, 2003.

HYGGE, S.; KNEZ, I. EFFECTS OF NOISE, HEAT AND INDOOR LIGHTING ON COGNITIVE PERFORMANCE AND SELF-REPORTED AFFECT. **Journal of Environmental Psychology**, v. 21, n. 3, p. 291–299, 1 set. 2001.

IAZZETTA, F. **Tutoriais de Áudio e Acústica**. Departamento de Música da ECA-USP. Disponível em <http://www.eca.usp.br/prof/iazzetta/tutor/>. Acesso em 20/01/2019.

IGNÁCIO, S. A. Importância da Estatística para o Processo de Conhecimento e Tomada de Decisão. **Revista Paranaense de Desenvolvimento**, Curitiba, n.118, 2010.

IIDA, I. **Ergonomia: projeto e produção**. Editora Edgard Blucher, 2ª ed., São Paulo, 2005.

IIDA, I. **Ergonomia: projeto e produção**. Editora Edgard Blucher, 3ª ed. São Paulo: 2016.

INDRAGANTI, M. Adaptive use of natural ventilation for thermal comfort in Indian apartments. **Building and Environment**, v. 45, n. 6, p. 1490–1507, jun. 2010.

International Ergonomics Association. **Ergonomics**, v. 6, n. 1, p. 108, 1963.

INTERNATIONAL ERGONOMICS ASSOCIATION (IEA). **Definition and Domains of Ergonomics**. Disponível em: <<https://www.iea.cc/whats/>>. Acesso em: 29 jun. 2018.

ISMAILA, S. O.; SAMUEL, T. M. Human-centered engineering: The challenges of Nigerian engineer. **Journal of Engineering, Design and Technology**, v.12, n.2, p.195-208, 2014.

JABER, A. R.; DEJAN, M.; MARCELLA, U. The Effect of Indoor Temperature and CO2 Levels on Cognitive Performance of Adult Females in a University Building in Saudi Arabia. **Energy Procedia**, v.122, p.451-456, 2017.

JALIL, N. A. A.; DIN, N. B. C.; DAUD, N. I. M. K. A literature analysis on acoustical environment in Green Building design strategies. **Applied Mechanics and Materials**, v.471, p.138-142, 2013.

JAMALUDIN, N. M.; MAHYUDDIN, N.; AKASHAH, F. W. Assessment of Indoor Environmental Quality (IEQ): Students Well-Being in University Classroom with the Application of Landscaping. **MATEC Web of Conferences**, v. 66, n.1, 2016.

JIANG, J. et al. A study on pupils' learning performance and thermal comfort of primary schools in China. **Building and Environment**, v. 134, p. 102–113, 15 abr. 2018.

JOHNSON, D. L. et al. Indoor air quality in classrooms: Environmental measures and effective ventilation rate modeling in urban elementary schools. **Building and Environment**, v. 136, p. 185–197, 2018.

JONES, A. P. Indoor air quality and health. **Atmospheric Environment**, v. 33, n. 28, p. 4535–4564, 1 dez. 1999.

JURADO, S. R.; BANKOFF, A. D. P.; SANCHEZ, A. Indoor air quality in Brazilian universities. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 11, n. 7, p. 7081–7093, 2014.

KALIMERI, K. K. et al. Indoor air quality investigation of the school environment and estimated health risks: Two-season measurements in primary schools in Kozani, Greece. **Atmospheric Pollution Research**, v. 7, n. 6, p. 1128–1142, 1 nov. 2016.

KAWADA, T. Noise and health--sleep disturbance in adults. **Journal of occupational health**, v. 53, n. 6, p. 413–6, 2011.

KIM, J.; DE DEAR, R. Nonlinear relationships between individual IEQ factors and overall workspace satisfaction. **Building and Environment**, 2012.

KLATTE, M.; LACHMANN, T.; MEIS, M. Effects of noise and reverberation on speech perception and listening comprehension of children and adults in a classroom-like setting. **Noise and Health**, v. 12, n. 49, p. 270, 2010.

KORSAVI, S. S.; ZOMORODIAN, Z. S.; TAHSILDOOST, M. Visual comfort assessment of daylight and sunlit areas: A longitudinal field survey in classrooms in Kashan, Iran. **Energy and Buildings**, v. 128, p. 305–318, 2016.

KRAWCZYK, D. A. et al. CO2 concentration in naturally ventilated classrooms located in different climates—Measurements and simulations. **Energy and Buildings**, v. 129, p. 491–498, 2016.

LAN, L. et al. Neurobehavioral approach for evaluation of office workers' productivity: The effects of room temperature. **Building and Environment**, 2009.

LAN, L.; LIAN, Z.; PAN, L. The effects of air temperature on office workers' well-being,

- workload and productivity-evaluated with subjective ratings. **Applied Ergonomics**, v. 42, n. 1, p. 29–36, 2010.
- LAN, L.; WARGOCKI, P.; LIAN, Z. Quantitative measurement of productivity loss due to thermal discomfort. **Energy and Buildings**, v. 43, n. 5, p. 1057–1062, 1 maio 2011b.
- LARRA, M. F. et al. Heart rate response to post-learning stress predicts memory consolidation. **Neurobiology of Learning and Memory**, v. 109, p.74-81, 2014.
- LEE, M. C. et al. Student learning performance and indoor environmental quality (IEQ) in air-conditioned university teaching rooms. **Building and Environment**, v. 49, n. 1, p. 238–244, 2012.
- LE MOS, G. C. E. M. P. et al. **O impacto das variáveis cognitivas no rendimento escolar**. X Congresso Internacional Galego-Português de Psiopedagogia, p.4524 - 4535. Braga: Universidade do Minho.
- LE MOS, G. et al. Inteligência e rendimento escolar: análise da sua relação ao longo da escolaridade. **Revista Portuguesa de Educação**, v.21, n.1, p.83-99, 2008.
- LEVAK, K.; HORVAT, M.; DOMITROVIC, H. Effects of Noise on Humans. **50th International Symposium ELMAR-2008**, p. 333–336, 2008.
- LIU, Y. et al. The indoor thermal environment of rural school classrooms in Northwestern China. **Indoor and Built Environment**, v. 26, n. 5, p. 662–679, 7 jun. 2017.
- LOFTNESS, V. et al. Elements that contribute to healthy building design. **Environmental health perspectives**, v. 115, n. 6, p. 965–70, jun. 2007.
- LOMOV, B.; VENDA, V. **La Interrelacion Hombre Maquina En los Sistemas de Informacion**. Moscou: Progreso, 1983.
- LOURENÇO, A. A.; PAIVA, M. O. A. DE. A motivação escolar e o processo de aprendizagem. **Ciências Cognição**, v. 15, n. 2, p. 132–141, 2010.
- MADUREIRA, J. et al. Indoor air quality in schools and its relationship with children's respiratory symptoms. **Atmospheric Environment**, v. 118, p. 145–156, 1 out. 2015.
- MAGALHÃES, L. C. **ESTUDO DO MATERIAL PARTICULADO ATMOSFÉRICO E METAIS ASSOCIADOS ÀS PARTÍCULAS TOTAIS EM SUSPENSÃO NA CIDADE DE OURO PRETO, MG**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Minas Gerais: Engenharia Ambiental, Ouro Preto: Minas Gerais, 2005.
- MAGALHÃES, M. R. **A arquitectura paisagista: morfologia e complexidade**. Editorial Estampa, Lisboa, 525 pp., 2001.
- MAK, C. M.; LUI, Y. P. The effect of sound on office productivity. **Building Services Engineering Research and Technology**, v. 33, n. 3, p. 339–345, 2012.
- MALLICK, F. H. Thermal comfort and building design in the tropical climates. **Energy and Buildings**, v. 23, n. 3, p. 161–167, mar. 1996.
- MANIGRASSO, M. et al. Ultrafine particles in domestic environments: Regional doses deposited in the human respiratory system. **Environment International**, v. 118, p. 134–145, 2018.
- MARCHAND, G. C. et al. The impact of the classroom built environment on student perceptions and learning. **Journal of Environmental Psychology**, v. 40, p. 187–197, 1 dez. 2014.

- MARCHESAN, I. Q. **AVALIAÇÃO E TERAPIA DOS PROBLEMAS DA RESPIRAÇÃO**. Fundamentos em fonoaudiologia: aspectos clínicos da motricidade oral. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, p.23-36, 1998.
- MARQUES, R.; DUTRA, I. Redes Bayesianas: o que são, para que servem, algoritmos e exemplos de aplicações. **Coppe Sistemas–Universidade Federal do Rio de Janeiro**, 2002.
- MÁSCULO, F. S.; VIDAL, M. C. **Ergonomia - Trabalho Adequado e Eficiente**. São Paulo: Editora Atlas, 2009.
- MASINI, E. F. S. A educação do portador de deficiência visual: as perspectivas do vidente e do não vidente. **Aberto**, p. 61–76, 1994.
- MENDELL, M. J.; HEATH, G. A. Do indoor pollutants and thermal conditions in schools influence student performance? A critical review of the literature. **Indoor Air**, v. 15, n. 1, p. 27–52, jan. 2005.
- MENDES, R. **Patologia do trabalho**. 3<sup>o</sup> Edição ed. São Paulo: Editora Atheneu 2013a.
- MIGUEL, A. S. S. . **Manual de Higiene e Segurança do Trabalho**. 13<sup>a</sup> Edição ed. Porto: [s.n.].
- MIGUEL, S. R.; SÉRGIO, A. **Manual de Higiene e Segurança do Trabalho**. 13<sup>a</sup> ed. Porto, Porgugal: 2012.
- MINAYO, M. C. DE S.; SANCHES, O. Quantitativo-qualitativo: oposição ou complementaridade? **Cadernos de Saúde Pública**, v. 9, n. 3, p. 237–248, 1993.
- MIRANDA, I. K. A ergonomia no sistema organizacional ferroviário. **Revista brasileira de saúde ocupacional**, v.8, p. 63, -70, 1980.
- MISHRA, A. K. et al. Analysing thermal comfort perception of students through the class hour, during heating season, in a university classroom. **Building and Environment**, v. 125, p. 464–474, 15 nov. 2017.
- MISHRA, A. K.; RAMGOPAL, M. Thermal comfort field study in undergraduate laboratories - An analysis of occupant perceptions. **Building and Environment**, v. 76, p. 62–72, jun. 2014.
- MONTEIRO, J. K.; ANDRADE, C. G. Avaliação do raciocínio abstrato, numérico e espacial em adolescentes surdos. **Aletheia**, n.21, p.93-99, 2005.
- MORAES, A. P. DE. **Qualidade do ar interno com ênfase na concentração de aerodispersóides nos edifícios**. São Paulo: Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da Universidade de São Paulo, 28 jun. 2006.
- MORS, S. TER et al. Adaptive thermal comfort in primary school classrooms: Creating and validating PMV-based comfort charts. **Building and Environment**, v. 46, n. 12, p. 2454–2461, dez. 2011.
- MUMOVIC, D. et al. Winter indoor air quality, thermal comfort and acoustic performance of newly built secondary schools in England. **Building and Environment**, v. 44, n. 7, p. 1466–1477, jul. 2009.
- NAGANO, K.; HORIKOSHI, T. New comfort index during combined conditions of moderate low ambient temperature and traffic noise. **Energy and Buildings**, v.37, n.3, p. 287-294, 2005.
- NEMATCHOUA, MODESTE KAMENI;TCHINDA, RENÉ;OROSA, J. A. Adaptation

- and comparative study of thermal comfort in naturally ventilated classrooms and buildings in the wet tropical zones. **Energy and Buildings**, v. 85, p. 321–328, dez. 2014.
- NIEMELÄ, R. et al. The effect of air temperature on labour productivity in call centres - A case study. **Energy and Buildings**, v.34, n.8, p.759-764, 2002.
- NIMLYAT, P. S.; KANDAR, M. Z.; SEDIADI, E. Multitrait-multimethod analysis of subjective and objective methods of indoor environmental quality assessment in buildings. **Building Simulation**, v. 11, n. 2, p. 347–358, 23 abr. 2018.
- NIX, E. et al. Indoor Environmental Quality of Low-Income Housing in Delhi, India: Findings from a Field Study. **Energy Procedia**, v. 78, p. 495–500, 1 nov. 2015.
- OLE FANGER, P.; TOFTUM, J. Extension of the PMV model to non-air-conditioned buildings in warm climates. **Energy and Buildings**, v. 34, n. 6, p. 533–536, jul. 2002.
- OLIVEIRA, C. R. D.; ARENAS, G. W. N. Occupational exposure to noise pollution in anesthesiology. **Revista brasileira de anesthesiologia**, v. 62, n. 2, p. 253–61, 2012.
- PÄÄKKÖNEN, R. et al. Acoustics and new learning environment - A case study. **Applied Acoustics**, v. 100, p. 74–78, 2015.
- PAIS, A. M. G. Condições de iluminação em ambiente de escritório: influência no conforto visual. Dissertação (Mestrado), Universidade Técnica de Lisboa, 2011.
- PARSONS, K. C. Environmental ergonomics: A review of principles, methods and models. **Applied Ergonomics**, v.31, n.6, p. 581 - 594, 2000.
- PELLERIN, N.; CANDAS, V. Combined effects of temperature and noise on human discomfort. **Physiology and Behavior**, v.78, n.1, p.99 - 106, 2003.
- PENG, J.; ZHANG, H.; WANG, D. Measurement and analysis of teaching and background noise level in classrooms of Chinese elementary schools. **Applied Acoustics**, v. 131, p. 1–4, 1 fev. 2018.
- PENG, Z.; DENG, W.; TENORIO, R. Investigation of Indoor Air Quality and the Identification of Influential Factors at Primary Schools in the North of China. **Sustainability**, v. 9, n. 7, p. 1180, 2017.
- PILATI, R.; LAROS, J. A. Modelos de equações estruturais em psicologia: Conceitos e aplicações. **Psicologia: Teoria e Pesquisa**, 2007.
- PISTORE, L. et al. Assessment of the IEQ in Two High Schools by Means of Monitoring, Surveys and Dynamic Simulation. **Energy Procedia**, v. 82, p. 519–525, 1 dez. 2015.
- POPE III, C. A.; DOCKERY, D. W. Health Effects of Fine Particulate Air Pollution: Lines that Connect. **Journal of the Air & Waste Management Association**, v. 56, p. 709–742, 2006.
- PRIMI, R. Inteligência: Avanços nos Modelos Teóricos e nos Instrumentos de Medida. **Avaliação Psicológica**, v. 1, n. 1, p. 67–77, 2003.
- PRIMI, R. et al. Intelligence, age and schooling: data from the Battery of Reasoning Tests (BRT-5). **Psicologia: Reflexão e Crítica**, v. 25, n. 1, p. 79–88, 2012.
- PRIMI, R.; ALMEIDA, L. S. Estudo de Validação da Bateria de Provas de Raciocínio (BPR-5). **Psicologia: Teoria e Pesquisa**, v. 16, n. 2, p. 165–173, 2000.
- PRODANOV, C. C.; DE FREITAS, E. C. **Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico**. 2ª ed. Feevale, Novo

Hamburgo, Rio Grande do Sul: 2009.

PUTEH, MARZITA; IBRAHIM, MOHD HAIRY; ADNAN, MAZLINI; CHE'AHMAD, CHE NIDZAM; NOH, N. M. Thermal Comfort in Classroom: Constraints and Issues. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, v. 46, p. 1834–1838, 2012.

RAMPRASAD, V.; SUBBAIYAN, G. Perceived indoor environmental quality of classrooms and outcomes: a study of a higher education institution in India. **Architectural Engineering and Design Management**, v. 13, n. 3, p. 202–222, 4 maio 2017.

REBELO, F. **Ergonomia no Dia a Dia**. 2ª ed. Lisboa: Edições Sílabo Ltda, 2017.

RIBEIRO, C. Metacognição: Um Apoio ao Processo de Aprendizagem. **Psicologia: Reflexão e Crítica**, v. 16, n. 1, p. 109–116, 2003.

RICCIARDI, P.; BURATTI, C. Environmental quality of university classrooms: Subjective and objective evaluation of the thermal, acoustic, and lighting comfort conditions. **Building and Environment**, v. 127, p. 23–36, 1 jan. 2018.

RICHARDSON, R. J. **Pesquisa Social, métodos e técnicas**. São Paulo: Editora Atlas, 2010.

RUI, L.R.; STEFFANI, M.H. **Física: Som e audição humana**. XVII Simpósio Nacional de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Disponível em: <[http://www.cienciamao.uspb.br/dados/snef/\\_fisicasomeaudicaohumana.trabalho.pdf](http://www.cienciamao.uspb.br/dados/snef/_fisicasomeaudicaohumana.trabalho.pdf)> Acesso em: 14 de março de 2019.

RUSSO, I. C. P. (IÊDA C. P. **Acústica e psicoacústica : aplicadas à fonoaudiologia**. [s.l.] Editora Lovise, 1993.

SAKHARE, V. V.; RALEGAONKAR, R. V. Indoor environmental quality: Review of parameters and assessment models. **Architectural Science Review**, v.57, n.2, p.147 - 154, 2014.

SARBU, I.; PACURAR, C. Experimental and numerical research to assess indoor environment quality and schoolwork performance in university classrooms. **Building and Environment**, v. 93, p. 141–154, nov. 2015a.

SARBU, I.; PACURAR, C. Experimental and numerical research to assess indoor environment quality and schoolwork performance in university classrooms. **Building and Environment**, v. 93, p. 141–154, 1 nov. 2015b.

SCANNELL, L. et al. The Role of Acoustics in the Perceived Suitability of, and Well-Being in, Informal Learning Spaces. **Environment and Behavior**, v. 48, n. 6, p. 769–795, 2014.

SCHULZ, J. Lighting and the learning space. **OSSC Bulletin**, v. 21, n. 2, p. 43, 1977.

SERGHIDES, D. K.; CHATZINIKOLA, C. K.; KATAFYGIOTOU, M. C. Comparative studies of the occupants' behaviour in a university building during winter and summer time. **International Journal of Sustainable Energy**, v. 34, n. 8, p. 528–551, 2015.

SHAUGHNESSY, R. et al. Indoor environmental quality in schools and academic performance of students: Studies from 2004 to present. **IAQ Conference, Healthy and Sustainable Buildings**, Baltimore, USA, 2008.

SHIELD, B. et al. A survey of acoustic conditions and noise levels in secondary school classrooms in England. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 137, n. 1,

p. 177–188, 2015.

SHIELD, B. M.; DOCKRELL, J. E. The Effects of Noise on Children at School: A Review. **Building Acoustics**, v. 10, n. 2, p. 97–116, 2003.

SINGH, M. K. et al. Status of thermal comfort in naturally ventilated classrooms during the summer season in the composite climate of India. **Building and Environment**, v.128, p. 287 - 304, 2018.

SOARES, C. S. F. V. V. M. M. AVALIAÇÃO ERGONÔMICA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO : Estudo de caso em uma biblioteca universitária . **Ação Ergonômica**, v. 4, n. 1, p. 5–25, 2009.

SOUZA, L. F. N. I. DE. Estratégias de aprendizagem e fatores motivacionais relacionados. **Educar em Revista**, n. 36, p. 95–107, 2010.

SPENGLER, J.; SEXTON, K. Indoor air pollution: a public health perspective. **Science**, v. 221, n. 4605, p. 9–17, 1 jul. 1983.

STABILE, L. et al. Effect of natural ventilation and manual airing on indoor air quality in naturally ventilated Italian classrooms. **Building and Environment**, v. 98, p. 180–189, 1 mar. 2016.

STESKENS, P. W. M. H.; LOOMANS, M. G. L. C. Performance indicators for health, comfort and safety of the indoor environment. **Proceedings clima - 10th RHVA Word Congress**, 2010.

STEVANOVIĆ, Ž. Ž. et al. CFD simulations of thermal comfort in naturally ventilated primary school classrooms. **Thermal Science**, v. 20, 2016.

TELI, DESPOINA; JENTSCH, MARK F.; JAMES, P. A. B. Naturally ventilated classrooms: An assessment of existing comfort models for predicting the thermal sensation and preference of primary school children. **Energy and Buildings**, v. 53, p. 166–182, out. 2012.

TELI, D.; JENTSCH, M. F.; JAMES, P. A. B. Naturally ventilated classrooms: An assessment of existing comfort models for predicting the thermal sensation and preference of primary school children. **Energy and Buildings**, v. 53, p. 166–182, 2012.

TER MORS, S. et al. Adaptive thermal comfort in primary school classrooms: Creating and validating PMV-based comfort charts. **Building and Environment**, v. 46, n. 12, p. 2454–2461, 2011.

THAM, K. W. Effects of temperature and outdoor air supply rate on the performance of call center operators in the tropics. **Indoor Air**, v.14, p.119-125, 2004.

THAM, K. W. Indoor air quality and its effects on humans—A review of challenges and developments in the last 30 years. **Energy and Buildings**, v. 130, p. 637–650, 2016.

THAM, K. W.; WILLEM, H. C. Room air temperature affects occupants' physiology, perceptions and mental alertness. **Building and Environment**, 2010.

TO, W. M.; MAK, C. M.; CHUNG, W. L. Are the noise levels acceptable in a built environment like Hong Kong? **Noise and Health**, v. 17, n. 79, p. 429–439, 2015.

TOFTUM, J. et al. Association between classroom ventilation mode and learning outcome in Danish schools. **Building and Environment**, v. 92, p. 494–503, 2015.

TREICHEL, A. J. School lights and problem pupils. **Science News**, v. 105, n. 16, p. 258–259, 1974.

TRICKETT, E. J.; MOOS, R. H. Social environment of junior high and high school classrooms. **Journal of Educational Psychology**, v. 65, n. 1, p. 93–102, 1973.

TROMPETTER, W. J. et al. The effect of ventilation on air particulate matter in school classrooms. **Journal of Building Engineering**, v. 18, p. 164–171, 1 jul. 2018.

TURKMAN, M. A. A.; SILVA, G. L. **Modelos Lineares Generalizados-da teorià a prática**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<https://docs.ufpr.br/~taconeli/CE225/tp.pdf>>. Acesso em: 4 out. 2018.

TURUNEN, M. et al. Indoor environmental quality in school buildings, and the health and wellbeing of students. **International Journal of Hygiene and Environmental Health**, v. 217, n. 7, p. 733–739, 2013.

UZELAC, A.; GLIGORIC, N.; KRKO, S. A comprehensive study of parameters in physical environment that impact students' focus during lecture using Internet of Things. **Computers in Human Behavior**, v. 53, p. 427–434, 2015.

VAN DIJKEN, F.; VAN BRONSWIJK, J. E. M. H.; SUNDELL, J. Indoor environment and pupils' health in primary schools. **Building Research and Information**, v. 34, n. 5, p. 437–446, 2006.

VASCONCELOS, M. M. et al. Contribuição dos fatores de risco psicossociais para o transtorno de déficit de atenção/hiperatividade. **Arq Neuropsiquiatr**, v.63, n.1, p. 68- 74, 2005.

VILCEKOVA, S. et al. Indoor environmental quality of classrooms and occupants' comfort in a special education school in Slovak Republic. **Building and Environment**, v. 120, p. 29–40, 2017.

WALBERG, H. J.; ANDERSON, G. J. Classroom climate and individual learning. **Journal of Educational Psychology**, v. 59, n. 6 PART 1, p. 414–419, 1968.

WALDRIP, B. G.; FISHER, D. L. Identifying exemplary science teachers through their classroom interactions with students. **Learning Environments Research**, v. 6, n. 2, p. 157–174, 2003.

WANG, ZHAOJUN;LI, AIXUE;REN, JING;HE, Y. Thermal adaptation and thermal environment in university classrooms and offices in Harbin. **Energy and Buildings**, v. 77, p. 192–196, jul. 2014.

WANG, D. et al. Student responses to classroom thermal environments in rural primary and secondary schools in winter. **Building and Environment**, v. 115, p. 104–117, abr. 2017.

WANG, Z. A field study of the thermal comfort in residential buildings in Harbin. **Building and Environment**, v. 41, n. 8, p. 1034–1039, ago. 2006.

WARGOCKI, P. What are indoor air quality priorities for energy-efficient buildings? **Indoor and Built Environment**, v. 24, n. 5, p. 579–582, 2015.

WARGOCKI, P.; PORRAS-SALAZAR, J. A.; CONTRERAS-ESPINOZA, S. The relationship between classroom temperature and children's performance in school. **Building and Environment**, v.157, p.197 - 204, 2019.

WARGOCKI, P.; WYON, D. P. The effects of moderately raised classroom temperatures and classroom ventilation rate on the performance of schoolwork by children (RP-1257). **HVAC and R Research**, v. 13, n. 2, p. 193–220, 2007.

- WHO. Health Effects of Particulate Matter: Policy implications for countries in eastern Europe, Caucasus and central Asia. **Journal of the Korean Medical Association**, v. 50, n. 2, p. 20, 2013.
- WILSON, J. R. Fundamentals of ergonomics in theory and practice. **Applied ergonomics**, v. 31, n. 6, p. 557–67, dez. 2000.
- WILSON, J. R. Fundamentals of systems ergonomics/human factors. **Applied Ergonomics**, v. 45, n. 1, p. 5–13, jan. 2014.
- WINTERBOTTOM, M.; WILKINS, A. Lighting and discomfort in the classroom. **Journal of Environmental Psychology**, v. 29, n. 1, p. 63–75, 1 mar. 2009.
- WISNER, A. **Por Dentro do Trabalho: Ergonomia, método e técnica**. São Paulo: FTD/Oboré, 189 p., 1987.
- WONG, N. H.; KHOO, S. S. Thermal comfort in classrooms in the tropics. **Energy and Buildings**, v. 35, n. 4, p. 337–351, maio 2003.
- WOOD, P. Confirmatory Factor Analysis for Applied Research. **The American Statistician**, v.62, 2008.
- WHO, WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Comparative quantification of health risks: Global and Regional Burden of Disease Attributable to Selected Major Risk Factors**, 2004. Disponível em: <<http://www.who.int/publications/cra/en/>> Acesso em: 12/02/2019.
- WU, Q.; HAO, Y.; LU, J. Air pollution, stock returns, and trading activities in China. **Pacific-Basin Finance Journal**, v. 51, p. 342–365, 1 out. 2018.
- YANG, D.; MAK, C. M. An assessment model of classroom acoustical environment based on fuzzy comprehensive evaluation method. **Applied Acoustics**, v. 127, p. 292–296, 2017.
- YANG RAZALI, N. Y. et al. Concentration of particulate matter, CO and CO<sub>2</sub> in selected schools in Malaysia. **Building and Environment**, v. 87, p. 108–116, 2015a.
- YANG RAZALI, N. Y. et al. Concentration of particulate matter, CO and CO<sub>2</sub> in selected schools in Malaysia. **Building and Environment**, v. 87, p. 108–116, 2015b.
- YANG, W.; MOON, H. J. Combined effects of acoustic, thermal, and illumination conditions on the comfort of discrete senses and overall indoor environment. **Building and Environment**, v.148, p.623 - 633, 2019.
- YANG, Z.; BECERIK-GERBER, B.; MINO, L. A study on student perceptions of higher education classrooms: Impact of classroom attributes on student satisfaction and performance. **Building and Environment**, v. 70, p. 171–188, 2013a.
- YANG, Z.; BECERIK-GERBER, B.; MINO, L. A study on student perceptions of higher education classrooms: Impact of classroom attributes on student satisfaction and performance. **Building and Environment**, v. 70, p. 171–188, 1 dez. 2013b.
- YOON, C.; LEE, K.; PARK, D. Indoor air quality differences between urban and rural preschools in Korea. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 18, n. 3, p. 333–345, 2011.
- YUN, HYUNJUN; NAM, INSICK; KIM, JINMAN; YANG, JINHO; LEE, KYOUNGHO; SOHN, J. A field study of thermal comfort for kindergarten children in Korea: An assessment of existing models and preferences of children. **Building and**

**Environment**, v. 75, p. 182–189, maio 2014.

ZAKI, S. A. et al. Adaptive thermal comfort in university classrooms in Malaysia and Japan. **Building and Environment**, v. 122, p. 294–306, 2017a.

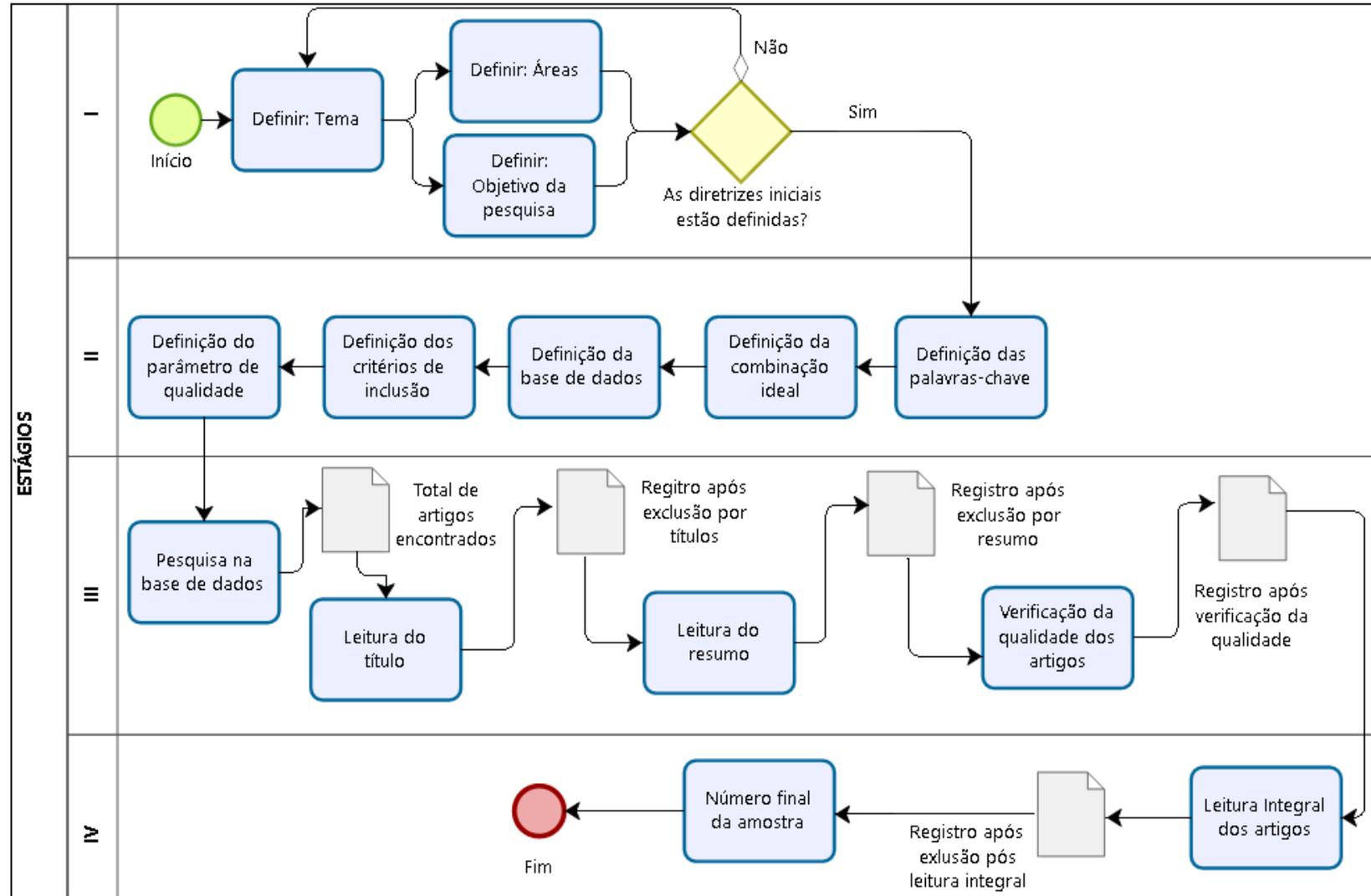
ZAKI, S. A. et al. Adaptive thermal comfort in university classrooms in Malaysia and Japan. **Building and Environment**, v. 122, p. 294–306, 2017b.

ZIMMERMAN, J. R. S. **Indoor Air Quality Guidelines for Pennsylvania Schools**. Pennsylvania Departmente of Health, Harrisburg, Pa, USA, 1999.

ZOMORODIAN, Z. S.; TAHSILDOOST, M.; HAFEZI, M. Thermal comfort in educational buildings: A review article. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.59, p. 895 - 906, 2016.

ZUHAIB, S. et al. An Indoor Environmental Quality (IEQ) assessment of a partially-retrofitted university building. **Building and Environment**, v. 139, p. 69–85, 2018.

## ANEXO 1: PROCEDIMENTO PARA OBTENÇÃO DOS ARTIGOS NA REVISÃO SISTEMÁTICA



## ANEXO 2: INFORMAÇÕES GERAIS DOS ARTIGOS PARTE I

Autor	Revista	Ambiente	País	Amostra	Térmica	Acústica	Lumínica	Qualidade do ar	Percepção	Desempenho
Ricciardi; Buratti (2018)	Building and Environment	Sala de aula	Itália	331-térmica e 597 demais variáveis	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Não
Haverinen-Shaughnessy <i>et. al.</i> (2015)	Building and Environment	Sala de aula	EUA	-	Sim	Não	Não	Sim	Não	Sim
Lee <i>et. al.</i> (2012)	Building and Environment	Sala de aula	Hong Kong	298	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Mishra <i>et. al.</i> (2017)	Building and Environment	Sala de aula	Holanda	384	Sim	Não	Não	Sim	Sim	Não
Marchand <i>et. al.</i> (2014)	Journal of Environmental Psychology	Sala de aula	EUA	158	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Sim
Yang, Becerik-Gerber, Mino (2013)	Building and Environment	Sala de aula	EUA	674	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
de Abreu-Harbich <i>et. al.</i> (2018)	Building and Environment	Sala de aula	Brasil	200	Sim	Não	Não	Não	Sim	Não

### ANEXO 3: INFORMAÇÕES GERAIS DOS ARTIGOS PARTE II

Autor	Revista	Ambiente	País	Amostra	Térmica	Acústica	Lumínica	Qualidade do ar	Percepção	Desempenho
Asif, Zeeshan, Jahanzaib (2018)	Building and Environment	Sala de aula	Paquistão	-	Sim	Não	Não	Sim	Não	Não
Castilla <i>et. al.</i> (2017)	Building and Environment	Sala de aula	Espanha	987	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não
Krawczyk, Gładyszewska- Fiedoruk, Rodero (2017)	Applied Thermal Engineering	Sala de aula	Espanha/Polónia	267	Sim	Sim	Não	Não	Sim	Não
Zaki <i>et. al.</i> (2017)	Building and Environment	Sala de aula	Malásia / Japão	1415	Sim	Não	Não	Não	Sim	Não

### ANEXO 4: INFORMAÇÕES GERAIS DOS ARTIGOS PARTE III

Autor	Revista	Ambiente	País	Amostra	Térmica	Acústica	Lumínica	Qualidade do ar	Percepção	Desempenho
Yang ; Mak (2016)	Applied Acoustics	Sala de aula	Hong Kong	20	Não	Sim	Não	Não	Sim	Não
Madbouly <i>et. al.</i> (2016)	Applied Acoustics	Sala de aula	Arábia Saudita	4903	Não	Sim	Não	Não	Sim	Não
Yang Razali <i>et. al.</i> (2015)	Building and Environment	Sala de aula	Malásia	3 Ambientes	Não	Não	Não	Sim	Não	Não
Wang <i>et. al.</i> (2014)	Energy and Buildings	Sala de aula	China	488	Sim	Não	Não	Não	Sim	Não
Mishra ; Ramgopal (2014)	Building and Environment	Sala de aula	Índia	121	Sim	Não	Não	Não	Sim	Não

### ANEXO 5: INFORMAÇÕES GERAIS DOS ARTIGOS PARTE IV

Autor	Revista	Ambiente	País	Amostra	Térmica	Acústica	Lumínica	Qualidade do ar	Percepção	Desempenho
Kim <i>et. al.</i> (2018)	Building and Environment	Sala de aula	Austrália	4866	Sim	Não	Não	Não	Sim	Não
De Dear <i>et. al.</i> (2015)	Building Research and Information	Sala de aula	Austrália	2850	Sim	Não	Não	Não	Sim	Não
Jurado <i>et. al.</i> (2014)	International Journal of Environmental Research and Public Health	Sala de aula	Brasil	802	Sim	Não	Não	Sim	Sim	Não
Barkmann <i>et. al.</i> (2012)	Physiology and Behavior	Sala de aula	Alemanha	116	Não	Não	Sim	Não	Sim	Sim
Cao <i>et. al.</i> (2011)	Energy and Buildings	Sala de aula	China	206	Sim	Não	Não	Não	Sim	Não

**ANEXO 6: INFORMAÇÕES GERAIS DOS ARTIGOS PARTE V**

<b>Autor</b>	<b>Revista</b>	<b>Ambiente</b>	<b>País</b>	<b>Amostra</b>	<b>Térmica</b>	<b>Acústica</b>	<b>Lumínica</b>	<b>Qualidade do ar</b>	<b>Percepção</b>	<b>Desempenho</b>
Wang <i>et. al.</i> (2017)	Building and Environment	Sala de aula	China	1126	Sim	Não	Não	Não	Sim	Não
Ramprasad ; Subbaiyan (2017)	Architectural Engineering and Design Management	Sala de aula	India	1295	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não
van Someren <i>et. al.</i> (2018)	International Journal of Low-Carbon Technologies	Sala de aula	Reino Unido	3 salas de aula	Não	Não	Sim	Não	Não	Não
Minichilli <i>et. al.</i> (2018)	International Journal of Environmental Research and Public Health	Sala de aula	Itália	521	Não	Sim	Não	Não	Sim	Não
Al-Hubail ; Al-Temeemi (2015)	Building and Environment	Sala de aula	Kuwait	46 salas de aula e 460 alunos	Não	Não	Não	Sim	Sim	Não

### ANEXO 7: INFORMAÇÕES GERAIS DOS ARTIGOS PARTE VI

Autor	Revista	Ambiente	País	Amostra	Térmica	Acústica	Lumínica	Qualidade do ar	Percepção	Desempenho
Katafygiotou ;Serghides (2014)	Sustainable Cities and Society	Laboratório e Sala de aula	Chipre	100	Sim	Não	Não	Não	Sim	Não
Fang <i>et. al.</i> (2018)	Building and Environment	Sala de aula	Hong Kong	82 estudante	Sim	Não	Não	Não	Sim	Não
Dongre <i>et. al.</i> (2017)	Applied Acoustics	Salas de aula	India	9 salas de aula	Não	Sim	Não	Não	Não	Não
Wang <i>et. al.</i> (2016)	Science and Technology for the Built Environment	Salas de aula	China	30 estudantes	Sim	Não	Não	Não	Sim	Não
Choi (2016)	Applied Acoustics	Sala de aula	Coréia do Sul	2 salas de aula	Não	Sim	Não	Não	Não	Não

**ANEXO 8: INFORMAÇÕES GERAIS DOS ARTIGOS PARTE VII**

Revista	Ambiente	País	Amostra	Térmica	Acústica	Lumínica	Qualidade do ar	Percepção	Desempenho
Journal of Green Building	Salas de aula	EUA	6 salas de aula e 409 estudantes	Sim	Não	Não	Não	Sim	Não
Applied Ergonomics	Salas de aula	Itália	126 alunos	Sim	Não	Não	Não	Sim	Não
Building and Environment	Sala de aula	Romênia	2 salas de aula - 40 estudantes	Sim	Não	Não	Sim	Sim	Sim
Building and Environment	Sala de aula	Índia	50 alunos	Sim	Não	Não	Não	Sim	Sim
Environmental Monitoring and Assessment	Sala de aula	Itália	10 salas de aula	Não	Não	Não	Sim	Não	Não

**ANEXO 9: INFORMAÇÕES GERAIS DOS ARTIGOS PARTE VIII**

<b>Autor</b>	<b>Revista</b>	<b>Ambiente</b>	<b>País</b>	<b>Amostra</b>	<b>Térmica</b>	<b>Acústica</b>	<b>Lumínica</b>	<b>Qualidade do ar</b>	<b>Percepção</b>	<b>Desempenho</b>
Jung <i>et. al.</i> (2011)	Journal of Mechanical Science and Technology	Sala de aula	Coréia do Sul	1 Sala de aula, com 50 alunos	Sim	Não	Não	Não	Sim	Não
Zannin;Ferreira (2009)	JOURNAL OF SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH	Sala de aula	Brasil	8 salas de aula	Não	Sim	Não	Não	Não	Não
Ricciardi;Burati (2009)	Building and Environment	Sala de aula	Itália	3 salas de aula (1-300 assentos;2-96;30-160)	Sim	Não	Não	Não	Sim	Não
Corgnati <i>et. al.</i> (2009)	Building and Environment	Sala de aula	Itália	2 salas de aula- 430 estudantes	Sim	Não	Não	Não	Sim	Não
Gaidajis; Angelakoglou (2009)	Journal of Environmental Science and Health	Sala de aula	Grécia	5 salas de aula	Não	Não	Não	Sim	Não	Não

**ANEXO 10: OUTRAS INFORMAÇÕES GERAIS DOS ARTIGOS PARTE I**

<b>Autor</b>	<b>QAI ~Desempenho</b>	<b>Percepção~Desempenho</b>	<b>Metodologia objetiva</b>	<b>Metodologia subjetiva</b>	<b>Desempenho auto-referido</b>
Ricciardi ;Buratti (2018)	Não	Não	Sim	Sim	Não
Haverinen-Shaughnessy <i>et. al.</i> (2015)	Sim	Não	Sim	Não	Não
Lee <i>et. al.</i> (2012)	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Mishra <i>et. al.</i> (2017)	Não	Não	Sim	Sim	Não
Marchand <i>et. al.</i> (2014)	Sim	Não	Sim	Sim	Não
Yang, Becerik-Gerber, Mino (2013)	Sim	Sim	Não	Sim	Sim
de Abreu-Harbich <i>et. al.</i> (2018)	Não	Não	Sim	Sim	Não
Asif, Zeeshan, Jahanzaib (2018)	Não	Não	Sim	Não	Não
Castilla <i>et. al.</i> (2017)	Não	Não	Não	Sim	Não
Krawczyk, Gładyszewska-Fiedoruk, Rodero (2017)	Não	Não	Sim	Sim	Não
Zaki <i>et. al.</i> (2017)	Não	Não	Sim	Sim	Não

**ANEXO 11: OUTRAS INFORMAÇÕES GERAIS DOS ARTIGOS PARTE II**

<b>Autor</b>	<b>QAI ~Desempenho</b>	<b>Percepção~Desempenho</b>	<b>Metodologia objetiva</b>	<b>Metodologia subjetiva</b>	<b>Desempenho auto-referido</b>
Yang; Mak (2017)	Não	Não	Sim	Sim	Não
Madbouly <i>et. al.</i> (2016)	Não	Não	Não	Sim	Não
Yang Razali <i>et. al.</i> (2015)	Não	Não	Sim	Não	Não
Wang <i>et. al.</i> (2014)	Não	Não	Sim	Sim	Não
Mishra; Ramgopal (2014)	Não	Não	Sim	Sim	Não
Kim <i>et. al.</i> (2018)	Não	Não	Sim	Sim	Não
De Dear <i>et. al.</i> (2015)	Não	Não	Sim	Sim	Não
Jurado <i>et. al.</i> (2014)	Não	Não	Sim	Sim	Não
Barkmann <i>et. al.</i> (2012)	Sim	Sim	Sim	Sim	Não
Cao <i>et. al.</i> (2011)	Não	Não	Sim	Sim	Não
Wang <i>et. al.</i> (2017)	Não	Não	Sim	Sim	Não

**ANEXO 12: OUTRAS INFORMAÇÕES GERAIS DOS ARTIGOS PARTE III**

<b>Autor</b>	<b>QAI ~Desempenho</b>	<b>Percepção~Desempenho</b>	<b>Metodologia objetiva</b>	<b>Metodologia subjetiva</b>	<b>Desempenho auto-referido</b>
Ramprasad; Subbaiyan (2017)	Não	Não	Sim	Sim	Não
van Someren <i>et. al.</i> (2018)	Não	Não	Sim	Não	Não
Minichilli <i>et. al.</i> (2018)	Não	Não	Sim	Sim	Não
Al-Hubail; Al-Temeemi (2015)	Não	Não	Sim	Sim	Não
Katafygiotou ;Serghides (2014)	Não	Não	Sim	Sim	Não
Fang <i>et. al.</i> (2018)	Não	Não	Sim	Sim	Não
Dongre <i>et. al.</i> (2017)	Não	Não	Sim	Não	Não
Wang <i>et. al.</i> (2016)	Não	Não	Sim	Sim	Não
Choi (2016)	Não	Não	Sim	Não	Não
Hoque;Weill (2016)	Não	Não	Sim	Sim	Não
Nico <i>et.al.</i> (2015)	Não	Não	Sim	Sim	Não

**ANEXO 13: OUTRAS INFORMAÇÕES GERAIS DOS ARTIGOS PARTE IV**

<b>Autor</b>	<b>QAI ~Desempenho</b>	<b>Percepção~Desempenho</b>	<b>Metodologia objetiva</b>	<b>Metodologia subjetiva</b>	<b>Desempenho auto-referido</b>
Sarbu;Pacurar (2015)	Sim	Não	Sim	Sim	Não
Mishra;Rangopal (2015)	Sim	Sim	Sim	Sim	Não
Grisoli <i>et. al.</i> (2012)	Não	Não	Sim	Não	Não
Jung <i>et. al.</i> (2011)	Não	Não	Sim	Sim	Não
Zannin;Ferreira (2009)	Não	Não	Sim	Não	Não
Ricciardi;Burati (2009)	Não	Não	Sim	Sim	Não
Corgnati <i>et. al.</i> (2009)	Não	Não	Sim	Sim	Não
Gaidajis; Angelakoglou (2009)	Não	Não	Sim	Não	Não

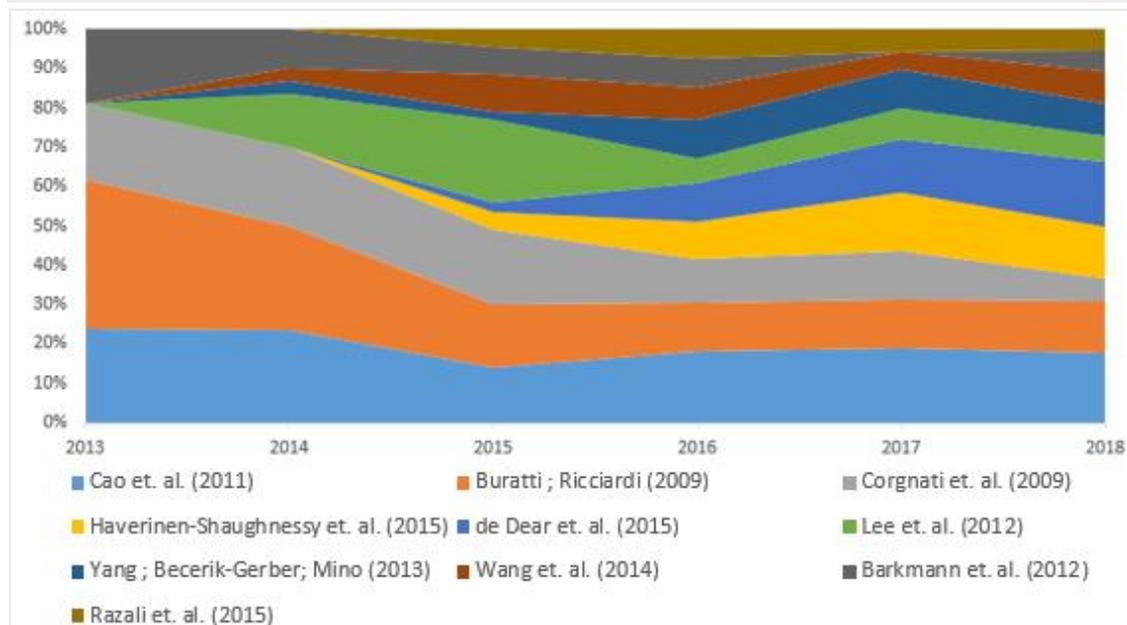
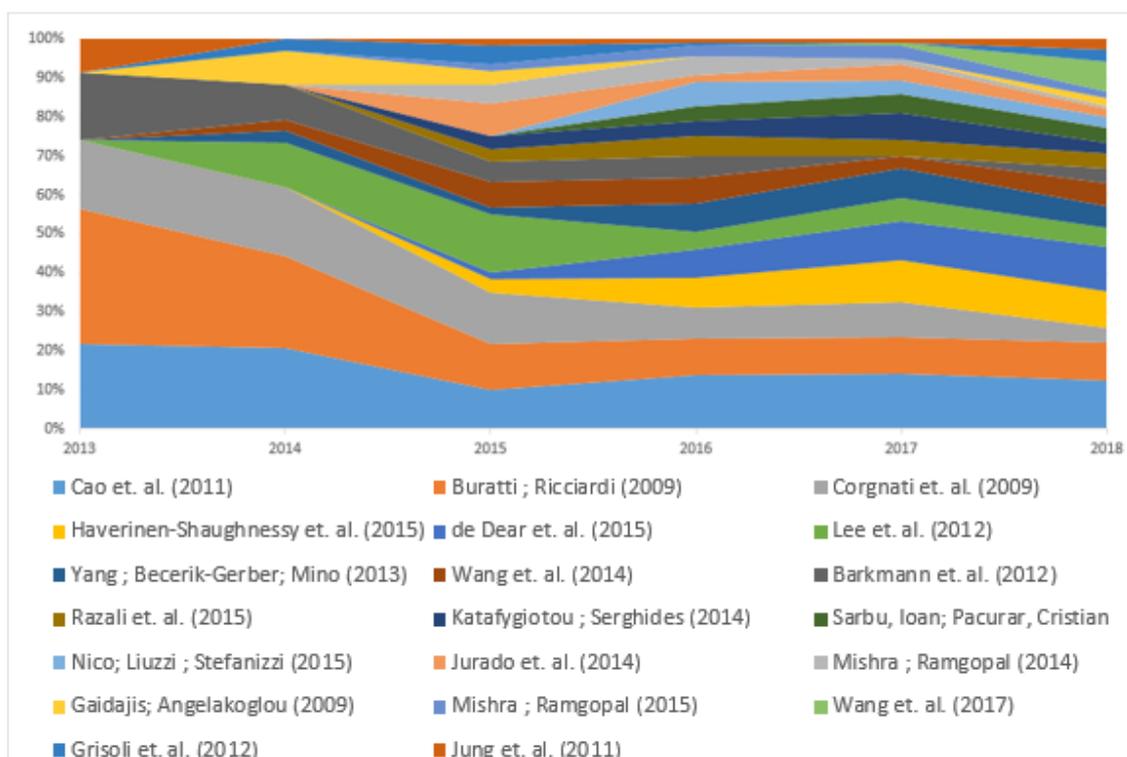
### ANEXO 14: IDENTIFICAÇÃO DOS PONTOS ABORDADOS NESTA DISSERTAÇÃO QUE NÃO SÃO TRABALHADOS NOS ARTIGOS

Autor	Pontos	Autor	Pontos	Autor	Pontos	Legenda	
Ricciardi ;Buratti (2018)	4,7,9	Yang Razali <i>et. al.</i> (2015)	1,23,7,9,10	Katafygiotou ;Serghides (2014)	2,3,4,7,9,10	1 - Não trabalha com térmica	8 - Trabalha com desempenho auto-referido
Haverinen-Shaughnessy <i>et. al.</i> (2015)	2,3,6,7,9	Wang <i>et. al.</i> (2014)	2,3,4,7,9,10	Fang <i>et. al.</i> (2018)	2,3,4,7,9,10		
Lee <i>et. al.</i> (2012)	8,9	Mishra; Ramgopal (2014)	2,3,4,7,9,10	Dongre <i>et. al.</i> (2017)	1,2,4,6,7,9,10	2- Não trabalha com acústica	9 - Não quantifica o impacto das variáveis ambientais no desempenho
Mishra <i>et. al.</i> (2017)	2,3,7,9	Kim <i>et. al.</i> (2018)	2,3,4,7,9,10	Wang <i>et. al.</i> (2016)	2,3,4,7,9,10		
Marchand <i>et. al.</i> (2014)	4,dez	De Dear <i>et. al.</i> (2015)	2,3,4,7,9,10	Choi (2016)	1,3,4,6,7,9,10	3- Não trabalha com iluminação	
Yang, Becerik-Gerber, Mino (2013)	5,8,9,dez	Jurado <i>et. al.</i> (2014)	2,3,7,9,10	Hoque;Weill (2016)	2,3,4,7,9,10		
de Abreu-Harbach <i>et. al.</i> (2018)	2,3,4,7,9,10	Barkmann <i>et. al.</i> (2012)	1,2,4	Nico <i>et.al.</i> (2015)	2,3,4,7,9,10	4- Não trabalha com qualidade do ar	10 -Não quantifica o impacto da percepção no desempenho
Asif, Zeeshan, Jahanzaib (2018)	2,3,6,7,9,10	Cao <i>et. al.</i> (2011)	2,3,4,7,9,10	Sarbu;Pacurar (2015)	2,3,10		
Castilla <i>et. al.</i> (2017)	5,7,9,10	Wang <i>et. al.</i> (2017)	2,3,4,7,9,10	Mishra;Ramgopal (2015)	2,3,4,9,10	5 - Não realiza avaliação objetiva	
Krawczyk,Gładyszewska-Fiedoruk, Rodero (2017)	3,4,7,9,10	Ramprasad; Subbaiyan (2017)	7,9,10	Grisoli <i>et. al.</i> (2012)	1,2,3,6,7,9,10		
Zaki <i>et. al.</i> (2017)	2,3,4,7,9,10	van Someren <i>et. al.</i> (2018)	2,3,4,7,9,10	Jung <i>et. al.</i> (2011)	2,3,4,7,9,10	6 - Não realiza avaliação subjetiva	Observação: Avaliação objetiva consiste na mensuração das variáveis ambientais e Avaliação subjetiva consiste na análise da percepção do usuário
Yang; Mak (2017)	1,2,4,7,9,10	Minichilli <i>et. al.</i> (2018)	1,3,4,7,9,10	Zannin;Ferreira (2009)	1,3,4,6,7,9,10		
Madbouly <i>et. al.</i> (2016)	1,3,4,7,9,10	Al-Hubail; Al-Temeemi (2015)	1,2,3,7,9,10	Ricciardi;Burati (2009)	2,3,4,7,9,10	7 - Não trabalha com desempenho	
Corgnati <i>et. al.</i> (2009)	2,3,4,7,9,10	Gaidajis; Angelakoglou (2009)	1,2,3,6,7,9,10	-	-		

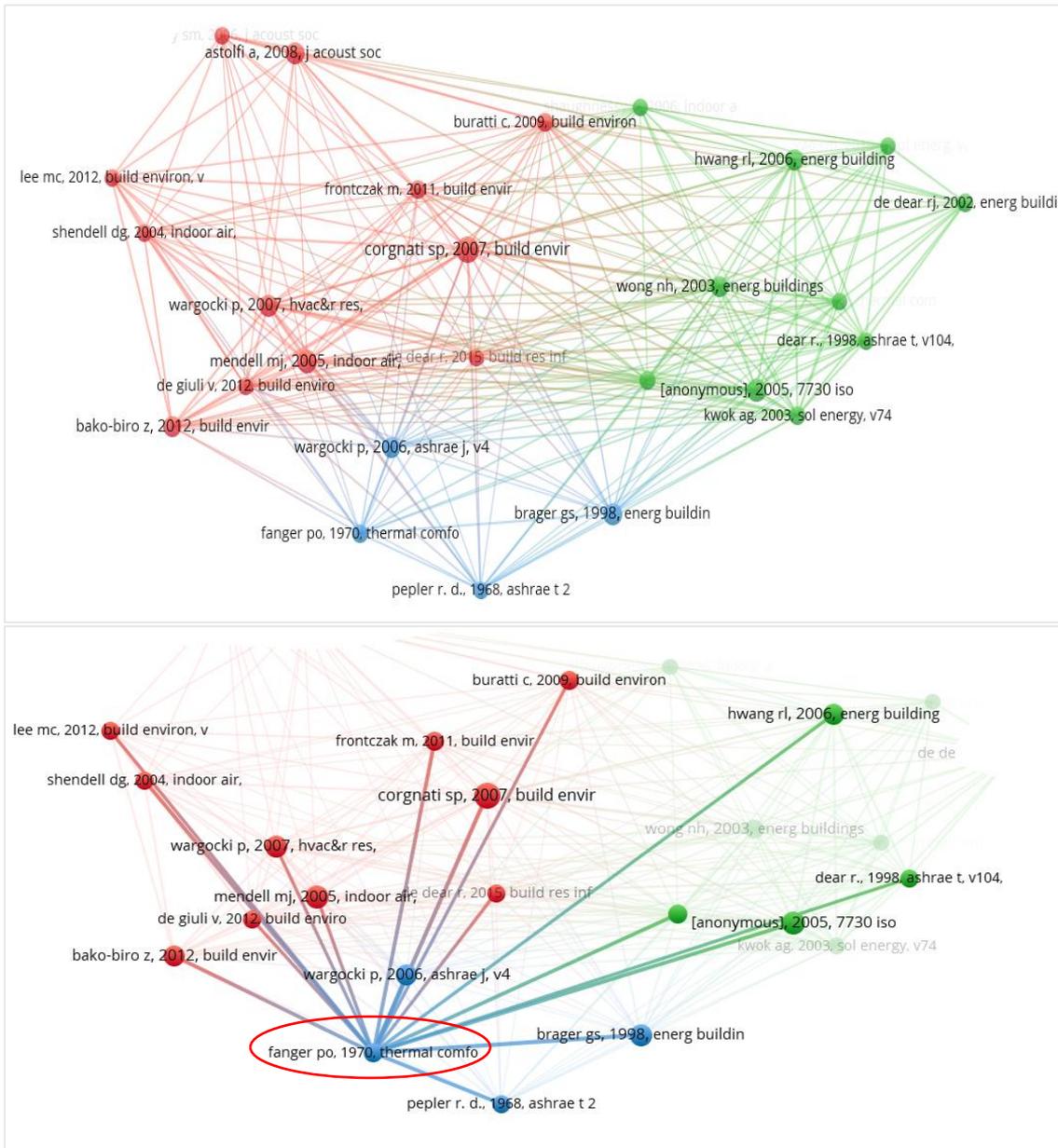
### ANEXO 15: TOTAL DE CITAÇÕES E MÉDIA DE CITAÇÕES POR ANO

<b>Autores</b>	<b>Total de citações</b>	<b>Autores</b>	<b>Média por ano</b>	<b>Posição</b>
Cao et. al. (2011)	65	Haverinen-Shaughnessy et. al. (2015)	8,25	1º
Buratti ; Ricciardi (2009)	64	de Dear et. al. (2015)	8,25	2º
Corgnati et. al. (2009)	58	Cao et. al. (2011)	8,13	3º
Haverinen-Shaughnessy et. al. (2015)	33	Buratti ; Ricciardi (2009)	6,4	4º
de Dear et. al. (2015)	33	Corgnati et. al. (2009)	5,8	5º
Lee et. al. (2012)	33	Ricciardi; Buratti (2018)	5	6º
Yang ; Becerik-Gerber; Mino (2013)	25	Lee et. al. (2012)	4,71	7º
Wang et. al. (2014)	22	Razali et. al. (2015)	4,25	8º
Barkmann et. al. (2012)	22	Yang ; Becerik-Gerber; Mino (2013)	4,17	9º
Razali et. al. (2015)	17	Wang et. al. (2017)	4,5	10º
Katafygiotou ; Serghides (2014)	17	Minichilli et. al. (2018)	4	11º
Sarbu, Ioan; Pacurar, Cristian	14	Kim; de Dear (2018)	4	12º
Nico; Liuzzi ; Stefanizzi (2015)	14	Sarbu; Pacurar (2015)	3,5	13º
Jurado et. al. (2014)	14	Mishra ; Ramgopal (2015)	3,5	14º
Mishra ; Ramgopal (2014)	11	Nico; Liuzzi ; Stefanizzi (2015)	3,5	15º
Gaidajis; Angelakoglou (2009)	11	Katafygiotou ; Serghides (2014)	3,4	16º
Mishra ; Ramgopal (2015)	10	Barkmann et. al. (2012)	3,14	17º
Wang et. al. (2017)	9	Asif et. al. (2018)	3	18º
Grisoli et. al. (2012)	8	Jurado et. al. (2014)	2,8	19º
Jung et. al. (2011)	8	Choi (2016)	2,33	20º

## ANEXO 16: GRÁFICOS DE ÁREA COM OS TRABALHOS MAIS CITADOS



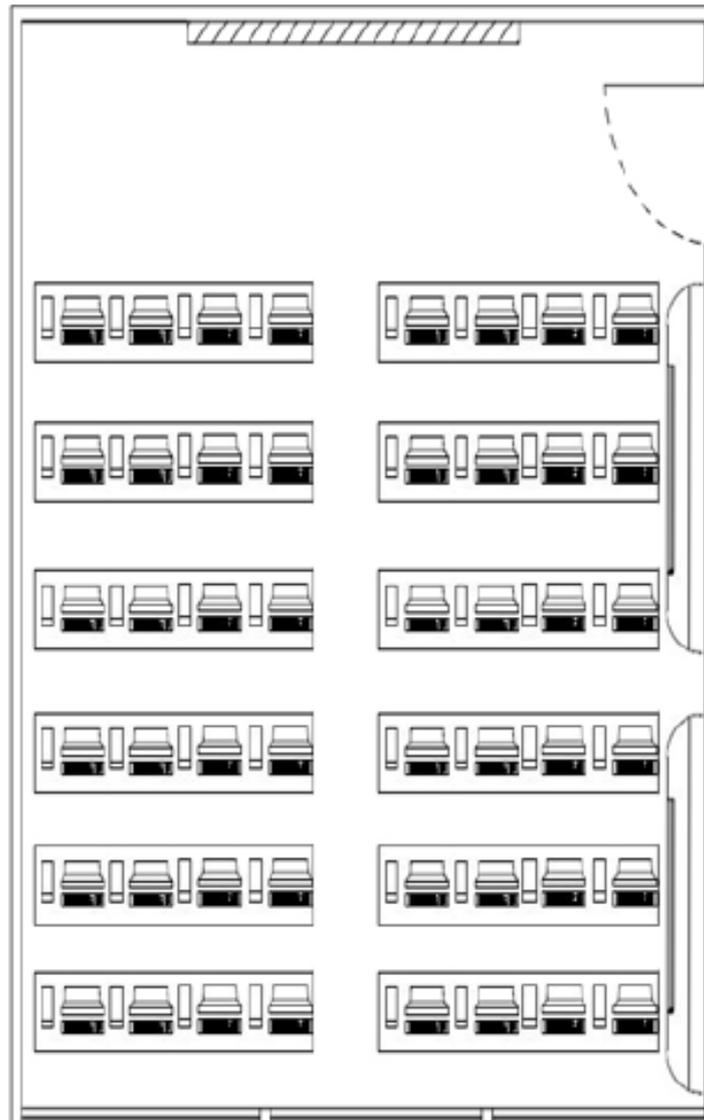
### ANEXO 17: GRÁFICOS DE REDE

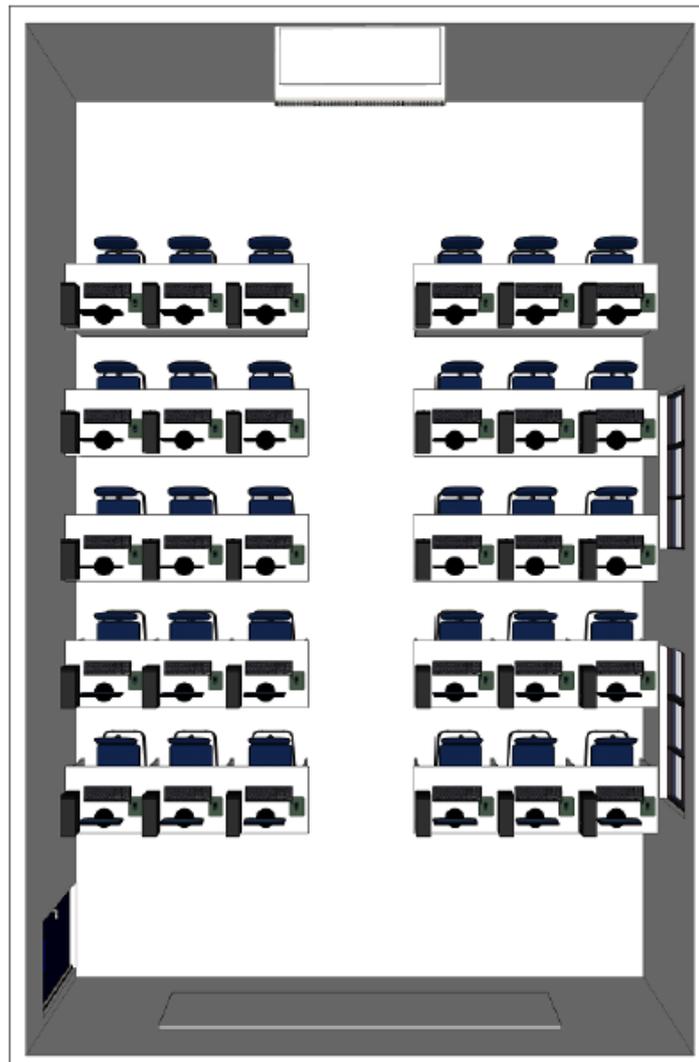


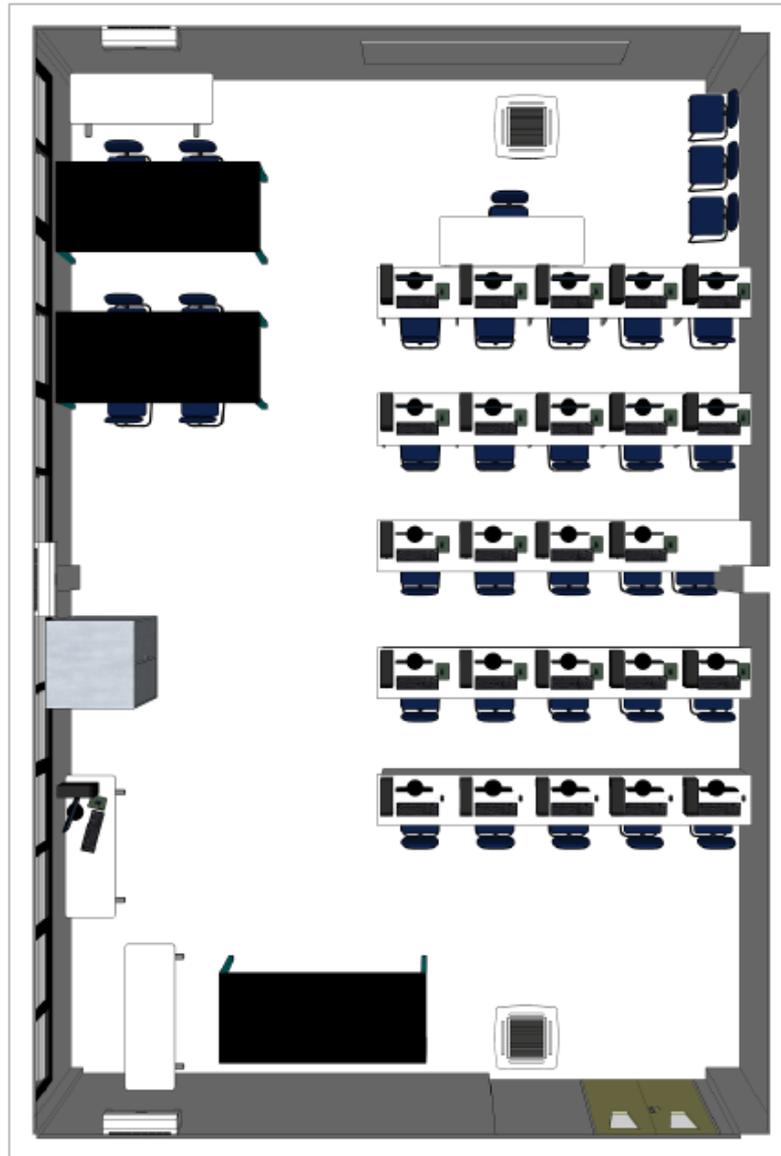
## ANEXO 17: DISTRIBUIÇÃO DOS TRABALHOS POR PAÍSES

Continente	Autores	País
Americano	Marchand <i>et al.</i> (2014)	EUA
	Yang <i>et al.</i> (2013)	EUA
	de Abreu-Harbich <i>et al.</i> (2018)	Brasil
	Jurado, Bankoff e Sanchez (2014)	Brasil
	Zannin;Ferreira (2009)	Brasil
	Hoque;Weill (2016)	EUA
	Haverinen-Shaughnessy <i>et al.</i> (2015)	EUA
Asiático	Lee <i>et al.</i> (2012)	Hong Kong
	Asif, Zeeshan e Jahanzaib (2018)	Paquistão
	Zaki <i>et al.</i> (2017)	Malásia / Japão
	Yang e Mak (2016)	Hong Kong
	Yang Razali <i>et al.</i> (2015)	Malásia
	Wang <i>et al.</i> (2014)	China
	Mishra e Ramgopal (2014)	Índia
	Cao <i>et al.</i> (2011)	China
	Wang <i>et al.</i> (2017)	China
	Ramprasad e Subbaiyan (2017)	India
	Al-Hubail e Al-Temeemi (2015)	Kuwait
	Fang <i>et al.</i> (2018)	Hong Kong
	Dongre <i>et al.</i> (2017)	India
	Wang <i>et al.</i> (2016)	China
	Choi (2016)	Coréia do Sul
	Mishra;Ramgopal (2015)	Índia
	Jung <i>et al.</i> (2011)	Coréia do Sul
	Madbouly <i>et al.</i> (2016)	Arábia Saudita
	Europeu	Ricciardi e Buratti (2018)
Grisoli <i>et al.</i> (2012)		Itália
Mishra <i>et al.</i> (2017)		Holanda
Castilla <i>et al.</i> (2017)		Espanha
Krawczyk, Gładyszewska-Fiedoruk e Rodero (2017)		Espanha/Polônia
Barkmann <i>et al.</i> (2012)		Alemanha
van Someren, Beaman e Shao (2018)		Reino Unido
Minichilli <i>et al.</i> (2018)		Itália
Katafygiotou e Serghides (2014)		Chipre
Nico <i>et al.</i> (2015)		Itália
Sarbu;Pacurar (2015)		Romênia
Ricciardi;Burati (2009)		Itália
Corgnati <i>et al.</i> (2009)		Itália
Gaidajis e Angelakoglou (2009)	Grécia	
Oceania	Kim <i>et al.</i> (2018)	Austrália
	De Dear <i>et al.</i> (2015)	Austrália

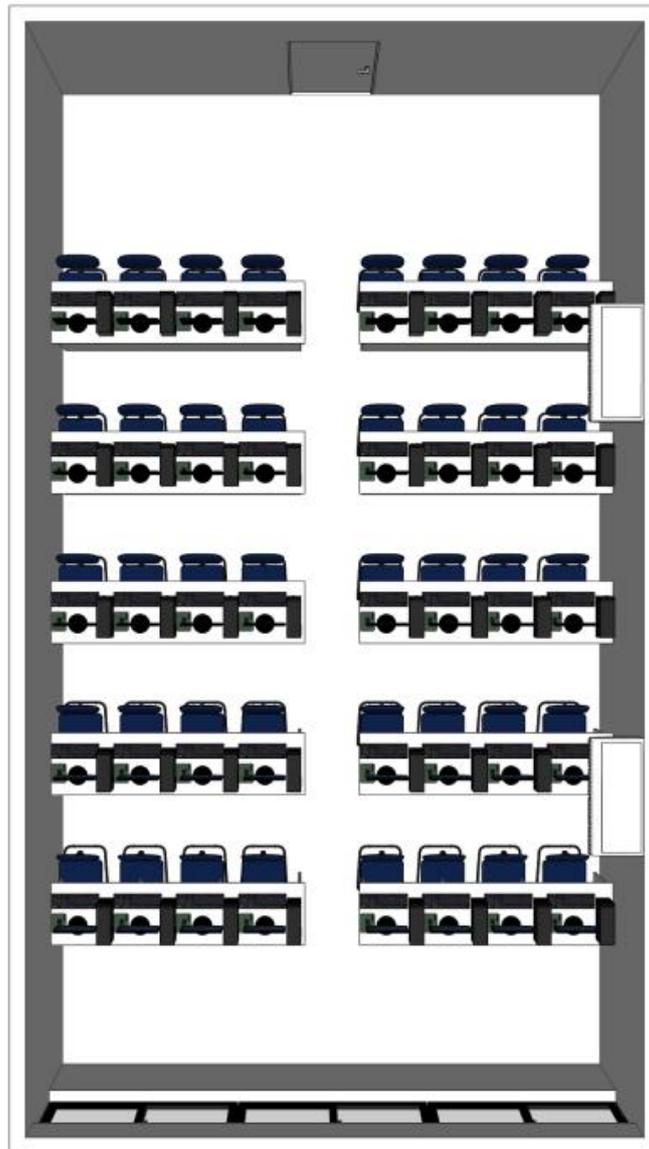
**ANEXO 18: LAYOUT DO AMBIENTE A**

**ANEXO 19: LAYOUT DO AMBIENTE B**

**ANEXO 20: LAYOUT DO AMBIENTE C**

**ANEXO 21: LAYOUT DO AMBIENTE D**

**ANEXO 22: LAYOUT DO AMBIENTE E**



**ANEXO 23: LAYOUT DO AMBIENTE F**

