



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA - CT
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO – PPGE

ADRIANA GOMES LISBOA DE SOUZA

AVALIAÇÃO DA PRESSÃO ARTERIAL E DA FREQUÊNCIA CARDÍACA DE
ALUNOS NA REALIZAÇÃO DE ATIVIDADES COGNITIVAS EM AMBIENTES
CLIMATIZADOS

João Pessoa/PB

2017

ADRIANA GOMES LISBOA DE SOUZA

AVALIAÇÃO DA PRESSÃO ARTERIAL E DA FREQUÊNCIA CARDÍACA DE
ALUNOS NA REALIZAÇÃO DE ATIVIDADES COGNITIVAS EM AMBIENTES
CLIMATIZADOS

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

João Pessoa/PB

2017

S729a Souza, Adriana Gomes Lisboa de.

Avaliação da pressão arterial e da frequência cardíaca de alunos na realização de atividades cognitivas em ambientes climatizados / Adriana Gomes Lisboa de Souza.- João Pessoa, 2017.
154 f. : il.-

Orientador: Luis Bueno da Silva.
Dissertação (Mestrado) – UFPB/CT

1. Pressão Arterial. 2. Frequência Cardíaca. 3. Conforto Térmico.
4. Ergonomia Cognitiva - Aprendizagem. I. Título.

UFPB/BC

CDU – 616.12-008.33(043)

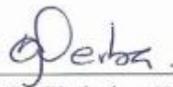
AVALIAÇÃO DA PRESSÃO ARTERIAL E DA FREQUÊNCIA CARDÍACA DE
ALUNOS NA REALIZAÇÃO DE ATIVIDADES COGNITIVAS EM AMBIENTES
CLIMATIZADOS

ADRIANA GOMES LISBOA DE SOUZA

Essa dissertação foi julgada e aprovada na sua forma final em 24 de fevereiro de 2017 para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Produção pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal da Paraíba



Prof. Dr. Luiz Bueno da Silva
(Orientador)
Universidade Federal da Paraíba



Prof. Dra. Maria Christine Werba Saldanha
(Examinador interno)
Universidade Federal da Paraíba



Prof. Dr. Juscelino de Farias Maribondo
(Examinador Externo)
Universidade Federal de Campina Grande

Dedico esta dissertação ao meu esposo Antonio Augusto e aos meus filhos Catarina e Leonardo, grandes amores da minha vida, que involuntariamente abdicaram de horas de lazer em família.

AGRADECIMENTOS

A Deus, que me deu força e saúde para não desistir dessa jornada.

Ao Departamento de Engenharia de Produção da UFPB pela oportunidade de ingresso no programa de pós-graduação.

À CAPES pela disponibilização de bolsas de mestrado.

Ao meu orientador, professor Luiz Bueno, que me acolheu como orientanda e me apontou ferramentas para que o trabalho acontecesse.

Agradeço ao meu esposo e maior estimulador, Antonio Augusto, que sempre apoiou meu crescimento profissional com muito amor e paciência.

Aos amigos feitos no Laboratório de Análise do Trabalho da UFPB: Wilza Leite, Erivaldo Lopes, Ana Isabela Andrade, Flávia de Brito, Elamara Marana, Jonhatan Magno, Rafaela Martins, Cláudio Anselmo, Ruan Eduardo, Thainá Santiago, Juliana Peixoto e Sonaly de Lima que com companheirismo tornaram o ambiente de pesquisa mais solidário e alegre.

Às companheiras de Mestrado Mayra e Kaline, pelos momentos de estudo, dúvidas sanadas e mútuo apoio.

SOUZA, Adriana Gomes Lisboa. **Avaliação da Pressão Arterial e da Frequência Cardíaca de Alunos na Realização de Atividades Cognitivas em Ambientes Climatizados**, 2016.

154 páginas. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal da Paraíba – PB.

RESUMO

A inclusão de tecnologias de comunicação e informação (news ICT) torna o ambiente de ensino mais versátil, visto que amplia as práticas educativas, coloca os alunos em comunicação com outras instituições e possibilita o acesso às informações em tempo real. No entanto, estas ferramentas, somadas às características do próprio ambiente, podem elevar a carga térmica interna, que já sofre influência direta do ambiente externo, influenciando a fisiologia corporal dos estudantes. Neste sentido, torna-se importante investigar como as variáveis de conforto térmico afetam o sistema termorregulador, com possíveis reflexos na saúde e desempenho cognitivo de alunos universitários. O objetivo deste trabalho foi a investigação da relação entre as variáveis temperatura do ar, pressão arterial e frequência cardíaca de estudantes no exercício de suas atividades cognitivas em laboratórios de informática de 4 universidades públicas (3 na região Nordeste, e 1 na região Norte). A metodologia utilizada consistiu em submeter os alunos às alterações da temperatura do ar durante a realização dos testes de raciocínio cognitivo BPR-5 modificado, com temperatura mínima desejada de 20 °C e máxima desejada de 28 °C. Durante a realização dos testes, foram mensuradas a pressão arterial e a frequência cardíaca antes, durante e depois dos testes. As condições térmicas e parâmetros fisiológicos foram analisados durante três dias consecutivos, de acordo com a norma ISO 7730 e 7726. Os resultados experimentais colhidos nos permitem concluir que ocorrem alterações significativas da pressão arterial diastólica e frequência cardíaca em temperaturas elevadas, mas que não se pode afirmar haver impacto estatisticamente significativo da temperatura ambiente no desempenho cognitivo dos alunos, na faixa de temperatura utilizada, apesar das temperaturas mais altas terem resultado em um alto percentual de alunos termicamente desconfortáveis.

Palavras-chave: Pressão arterial, Frequência cardíaca, conforto térmico, Ergonomia Cognitiva e Aprendizagem.

SOUZA, Adriana Gomes Lisboa. **Assessment of the Arterial Pressure and Heart Rate of Students in the Performing of Cognitive Activities in Climatized Environments**, 2016. 154 pages. Dissertation (Master in Production Engineering) – Postgraduate Program in Production Engineering, Federal University of Paraíba, João Pessoa – PB.

ABSTRACT

The inclusion of information and communication technologies (ICT news) makes the teaching environment more versatile, as it expands educational practices, places students in communication with other institutions and provides access to information in real time. However, these tools, added to the characteristics of the environment itself, can increase the internal thermal load, which is already influenced directly by the external environment, influencing the students' body physiology. In this sense, it is important to investigate how the thermal comfort variables affect the thermoregulatory system, with possible reflections on the health and cognitive performance of university students. The objective of this study was to investigate the relation between the variables air temperature, blood pressure and heart rate of students in the exercise of their cognitive activities in computer labs of 4 public universities (3 in the Northeast region and 1 in the North). The methodology used consisted of subjecting students to changes in air temperature during the modified BPR-5 cognitive reasoning tests, with a minimum desired temperature of 20 ° C and maximum desired temperature of 28 ° C. During the tests, blood pressure and heart rate were measured before, during and after the tests. The thermal conditions and physiological parameters were analyzed for three consecutive days according to ISO 7730 and 7726. The experimental results obtained allow us to conclude that significant changes in diastolic blood pressure and heart rate occur at elevated temperatures, but that one can not affirm that there was a statistically significant impact of the ambient temperature on students' cognitive performance in the temperature range used, although higher temperatures resulted in a high percentage of thermally uncomfortable pupils.

Key words: Blood pressure, Heart rate, thermal comfort, Cognitive Ergonomics and Learning.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Sistema e vizinhança	23
Figura 2 – Centro cardiovascular	37
Figura 3 – Eletromiografia Normal	38
Figura 4 – Fluxograma da Revisão Sistemática.....	44
Figura 5 – Registro do laboratório de Informática da Instituição A	68
Figura 6 – Registro do laboratório de Informática da Instituição A	68
Figura 7 – Layout do laboratório de Informática da Instituição A	68
Figura 8 - Registro do laboratório de Informática da Instituição B	84
Figura 9 - Registro do laboratório de Informática da Instituição B	84
Figura 10 - Layout do laboratório de Informática da Instituição B	85
Figura 11 - Registro do laboratório de Informática da Instituição C	96
Figura 12 - Registro do laboratório de Informática da Instituição C	96
Figura 13 - Layout do laboratório de Informática da Instituição C	96
Figura 14 - Registro do laboratório de Informática da Instituição D	108
Figura 15 - Registro do laboratório de Informática da Instituição D	108
Figura 16 - Layout do laboratório de Informática da Instituição D	108

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resumo dos artigos revisados	55
Tabela 2 - Variáveis e indicadores da pesquisa	60
Tabela 3 - Protocolo para aferição da PA	61
Tabela 4 - Dados do Clima da cidade de Teresina	67
Tabela 5 - Características dos parâmetros térmicos internos – Instituição A	69
Tabela 6 - Porcentagem de votos da percepção térmica – Instituição A.....	70
Tabela 7 - Porcetagem de votos de avaliação térmica do ambiente – Instituição A.....	70
Tabela 8 - Médias dos parâmetros cardiovasculares – Instituição A.....	71
Tabela 9 - Comparação entre os valores máximos e mínimos da FCrepouso e FCfinal	77
Tabela 10 - Teste Mann-Whitney para as três faixas de temperatura	79
Tabela 11 - Correlação de Spearman da frequência cardíaca	79
Tabela 12 - Modelo de regressão proposto – Instituição A.....	80
Tabela 13 - Estatística não paramétrica para teste de raciocínio	82
Tabela 14 - Média de tempo para respostas dos teste de raciocínio	82
Tabela 15 - Dados do Clima da cidade de Petrolina	84
Tabela 16 - Características dos parâmetros térmicos internos – Instituição B.....	85
Tabela 17 - Porcentagem de votos da percepção térmica – InstituiçãoB	86
Tabela 18 - Porcetagem de votos de avaliação térmica do ambiente – Instituição B....	87
Tabela 19 - Médias dos parâmetros cardiovasculares – Instituição B.....	87
Tabela 20 - Correlação de Pearson – Instituição B.....	92
Tabela 21 - Estatística não paramétrica para teste de raciocínio – Instituição B.....	94
Tabela 22 - Média de tempo para respostas dos teste de raciocínio – Instituição B.....	94
Tabela 23 - Estatística não paramétrica para o tempo de realização do BPR5	94
Tabela 24 - Dados do Clima da cidade de João Pessoa	95
Tabela 25 - Características dos parâmetros térmicos internos – Instituição C.....	97
Tabela 26 - Porcentagem de votos da percepção térmica – Instituição C.....	98
Tabela 27 - Porcetagem de votos de avaliação térmica do ambiente – Instituição C.....	98
Tabela 28 - Média dos parâmetros cardiovasculares – Instituição C	99
Tabela 29 - Correlação de Pearson – Instituição C	104
Tabela 30 - Estatística não paramétrica para teste de raciocínio – Instituição C.....	106
Tabela 31 - Média de tempo para respostas dos teste de raciocínio – Instituição C.....	106
Tabela 32 - Dados do Clima da cidade de Manaus	107
Tabela 33 - Características dos parâmetros térmicos internos – Instituição D.....	109
Tabela 34 - Porcentagem de votos da percepção térmica – Instituição D	109
Tabela 35 - Porcetagem de votos de avaliação térmica do ambiente – Instituição D....	110
Tabela 36 - Média dos parâmetros cardiovasculares – Instituição D.....	111
Tabela 37 - Correlação de Pearson – Instituição D.....	116
Tabela 38 - Modelo de regressão proposto – Instituição D.....	117
Tabela 39 - Média do tempo para respostas dos teste de raciocínio – Instituição D.....	119
Tabela 40 - Dados do Clima geral dos ambientes interno	120
Tabela 41 - Média dos parâmetros cardiovasculares - Análise geral	121

Tabela 42 - Teste ANOVA para a distribuições da frequência cardíaca	126
Tabela 43 - Teste Tukey para as três faixas de temperatura	126
Tabela 44 - Correlação entre os parâmetros térmicos e fisiológicos – Análise geral	126
Tabela 45 - Modelo de regressão – Análise geral	127
Tabela 46 - Média de tempo para respostas dos teste de raciocínio – Análise geral.....	128

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Distribuição de frequência da PASI – Instituição A.....	72
Gráfico 2 - Distribuição de frequência da PASF – Instituição A.....	73
Gráfico 3 - Comportamento da PASI e da PASF – Instituição A	73
Gráfico 4 - Distribuição de frequência da PADI – Instituição A	74
Gráfico 5 - Distribuição de frequência da PADF – Instituição A.....	75
Gráfico 6 - Comportamento da PADI e da PADF – Instituição A.....	75
Gráfico 7 - Distribuição de frequência da FCrepouso – Instituição A.....	76
Gráfico 8 - Distribuição de frequência da FCfinal – Instituição A.....	77
Gráfico 9 - Distribuição de frequência da FCmédia – Instituição A.....	77
Gráfico 10 - Distribuição de frequência da FCmáxima – Instituição A.....	78
Gráfico 11 - Probabilidade do aumento da FCmáxima – Instituição A.....	80
Gráfico 12 - Resultado do número de acertos do BPR5 – Instituição A.....	82
Gráfico 13 - Distribuição de frequência da PASI – Instituição B.....	88
Gráfico 14 - Distribuição de frequência da PASF – Instituição B.....	88
Gráfico 15 - Distribuição de frequência da PADI – Instituição B.....	89
Gráfico 16 - Distribuição de frequência da PADF – Instituição B.....	90
Gráfico 17 - Distribuição de frequência da FCrepouso – Instituição B.....	90
Gráfico 18 - Distribuição de frequência da FCfinal – Instituição B.....	91
Gráfico 19 - Distribuição de frequência da FCmédia – Instituição B.....	91
Gráfico 20 - Distribuição de frequência da FCmáxima – Instituição B.....	92
Gráfico 21 - Resultado do número de acertos do BPR5 – Instituição B.....	93
Gráfico 22 - Distribuição de frequência da PASI – Instituição C.....	100
Gráfico 23 - Distribuição de frequência da PASF – Instituição C.....	100
Gráfico 24 - Distribuição de frequência da PADI – Instituição C.....	101
Gráfico 25 - Distribuição de frequência da PADF – Instituição C.....	101
Gráfico 26 - Distribuição de frequência da FCrepouso – Instituição C.....	102
Gráfico 27 - Distribuição de frequência da FCfinal – Instituição C.....	103
Gráfico 28 - Distribuição de frequência da FCmédia – Instituição C.....	103
Gráfico 29 - Distribuição de frequência da FCmáxima – Instituição C.....	104
Gráfico 30 - Resultado do número de acertos do BPR5 – Instituição C.....	105
Gráfico 31 - Distribuição de frequência da PASI – Instituição D.....	112
Gráfico 32 - Distribuição de frequência da PASF – Instituição D.....	112
Gráfico 33 - Distribuição de frequência da PADI – Instituição D.....	113
Gráfico 34 - Distribuição de frequência da PADF – Instituição D.....	113
Gráfico 35 - Distribuição de frequência da FCrepouso – Instituição D.....	114
Gráfico 36 - Distribuição de frequência da FCfinal – Instituição D.....	114
Gráfico 37 - Distribuição de frequência da FCmédia – Instituição D.....	115
Gráfico 38 - Distribuição de frequência da FCmáxima – Instituição D.....	114
Gráfico 39 - Probabilidade do aumento da FCmáxima – Instituição D	117
Gráfico 40 - Resultado do número de acertos do BPR5 – Instituição D	118
Gráfico 41 - Distribuição de frequência da PASI – Análise geral.....	121

Gráfico 42 - Distribuição de frequência da PASF – Análise geral.....	122
Gráfico 43 - Distribuição de frequência da PADI – Análise geral	123
Gráfico 44 - Distribuição de frequência da PADF – Análise geral	123
Gráfico 45 - Distribuição de frequência da FCrepouso – Análise geral.....	124
Gráfico 46 - Distribuição de frequência da FCfinal – Análise geral.....	124
Gráfico 47 - Distribuição de frequência da FCmédia – Análise geral.....	125
Gráfico 48 - Distribuição de frequência da FCmáxima – Análise geral.....	125
Gráfico 49 - Probabilidade do aumento da FCmáxima – Análise geral	127
Gráfico 50 - Total de acertos do BPR5 – Análise geral	128
Gráfico 51 - Total do tempo de resposta do BPR5 – Análise geral	129

LISTA DE ABREVIATURAS

ATP	Trifosfato de adenosina (responsável pelo armazenamento de energia)
bpm	Batimentos por minuto
BPR-5	Bateria de Prova de Raciocínio
C	Perda de calor por convecção pela pele
Cres	Perda de calor pela respiração
Eres	Perda de calor latente pela respiração
Es	Perda de calor por evaporação
Edif	Perda de calor por evaporação devido à difusão nas perdas enxutas
IBUTG	Índice de bulbo úmido temperatura de globo (°C)
Icl	Isolamento térmico das vestes
ICT	Inovações Tecnológicas de Comunicação e Informação
IMC	Índice de Massa Corporal
I. T.D	Influência da temperatura no desempenho
M	Taxa metabólica de produção de calor (w/m ²)
Pa	Pressão parcial do vapor de água no ar ambiente
P.F	Parâmetros fisiológicos
PMV	Voto Médio Predito
PPD	Porcentagem Preditada de Insatisfeitos (%)
R	Perda de calor por radiação
RA	Raciocínio Abstrato
RE	Raciocínio Espacial
RM	Raciocínio Mecânico
RN	Raciocínio Numérico
RV	Raciocínio verbal
T	Trabalho externo (w/m ²)
Ta	Temperatura do ar (°C)
Tbu	Temperatura de bulbo úmido (°C)
Tg	Temperatura de globo (°C)
Tmr	Temperatura radiante média do ambiente (°C)
Va	Velocidade do ar
VFC	Variabilidade da frequência cardíaca

SUMÁRIO

1. CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO	16
1.1 Contexto e Motivação.....	16
1.2 Justificativa	18
1.3 Delimitação do Trabalho	19
1.3 Estrutura do restante do documento	20
CAPÍTULO 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	22
2.1 Calor e transferência de calor.....	22
2.1.1 Sistema	22
2.1.2 Calor (Q)	23
2.1.3 Transferência de calor por condução.....	23
2.1.4 Transferência de calor por convecção	24
2.1.5 Transferência de calor por Radiação	24
2.2 Evaporação	25
2.3. Balanço Térmico	26
2.4 Conforto Térmico	27
2.4.1 Variáveis do conforto térmico	28
2.4.1.1 Variáveis pessoais	28
2.4.1.1.1 Metabolismo	28
2.4.1.1.1 Vestimenta	30
2.4.1.2 Variáveis ambientais	30
2.4.1.3 Outros determinantes do conforto térmico	31
2.4.1.3.1 Influência do sexo no controle da temperatura central	31
2.4.1.3.2 Fatores Psicológicos	33
2.5 Índice de PMV e PPD	34
2.6 Fisiologia da Termorregulação	34
2.6.1 Controle central da temperatura	36
2.6.2 Sistema circulatório para manutenção da temperatura	36
2.6.3 Regulação da temperatura pela pele	40
2.7 Ergonomia e desempenho cognitivo	41
2.8 Bateria de prova de raciocínio (BPR -5)	42
2.9 Estudos precedentes	44
2.9.1 Protocolo de revisão	44
2.9.2 Trabalhos que não consideraram parâmetro fisiológicos	45
2.9.3 Trabalhos que consideraram apenas temperatura do corpo	48
2.9.4 Trabalhos que consideraram frequência cardíaca como parâmetro fisiológico.....	51
2.9.3 Resumo da análise crítica dos artigos revisados	57
CAPÍTULO 3: METODOLOGIA	59
3.1 Classificação da pesquisa.....	59
3.2 População e amostra	59
3.3 Variáveis a serem estudadas	60
3.3.1 Variáveis pessoais	60
3.3.2 Variáveis Ambientais	62
3.3.3 Parâmetros Subjetivos	62
3.3.4 Desempenho Cognitivo	63
3.3.5 Aspectos Éticos	63
3.3.6 Procedimento experimental	64
3.3.7 Análise dos dados	65

CAPÍTULO 4: RESULTADOS E DISCUSSÃO	66
4.1 Instituição A	66
4.1.1 Caracterização do clima local – Teresina	67
4.1.2 Caracterização do ambiente interno – Teresina	68
4.1.3 Variáveis subjetivas e índice de conforto – Teresina	69
4.1.4 Caracterização dos parâmetros cardiovasculares dos alunos de Teresina	71
4.1.4.1 Pressão arterial sistólica - Teresina	72
4.1.4.2 Pressão arterial diastólica - Teresina	74
4.1.4.3 Frequência cardíaca - Teresina	76
4.1.4.4 Correlação – Teresina	79
4.1.5 Modelagem matemática Teresina	80
4.1.6 Desempenho cognitivo Teresina	81
4.2 Instituição B	83
4.2.1 Caracterização do clima local – Petrolina	83
4.2.2 Caracterização do ambiente interno – Petrolina	84
4.2.3 Variáveis subjetivas e índice de conforto – Petrolina	86
4.2.4 Caracterização dos parâmetros cardiovasculares dos alunos de Petrolina	87
4.2.4.1 Pressão arterial sistólica - Petrolina	88
4.2.4.2 Pressão arterial diastólica - Petrolina	89
4.2.4.3 Frequência cardíaca - Petrolina	90
4.2.4.4 Correlação – Petrolina	92
4.2.5 Modelagem matemática - Petrolina	92
4.2.6 Desempenho cognitivo - Petrolina	93
4.3 Instituição C	95
4.3.1 Caracterização do clima local – João Pessoa	95
4.3.2 Caracterização do ambiente interno – João Pessoa	96
4.3.3 Variáveis subjetivas e índice de conforto – João Pessoa	97
4.3.4 Caracterização dos parâmetros cardiovasculares dos alunos de João Pessoa	99
4.3.4.1 Pressão arterial sistólica - João Pessoa	99
4.3.4.2 Pressão arterial diastólica - João Pessoa	100
4.3.4.3 Frequência cardíaca - João Pessoa	101
4.3.4.4 Correlação – João Pessoa	104
4.3.5 Modelagem matemática - João Pessoa	105
4.3.6 Desempenho cognitivo - João Pessoa	105
4.4 Instituição D	106
4.4.1 Caracterização do clima local – Manaus	107
4.4.2 Caracterização do ambiente interno – Manaus.....	107
4.4.3 Variáveis subjetivas e índice de conforto – Manaus	109
4.4.4 Caracterização dos parâmetros cardiovasculares dos alunos de Manaus	110
4.4.4.1 Pressão arterial sistólica - Manaus	111
4.4.4.2 Pressão arterial diastólica - Manaus	112
4.4.4.3 Frequência cardíaca - Manaus	113
4.4.4.4 Correlação – Manaus	116
4.4.5 Modelagem matemática – Manaus	116
4.4.6 Desempenho cognitivo – Manaus	118
4.5 Análise geral	119
4.5.1 Caracterização do clima externo e interno – Geral.....	120
4.4.4 Caracterização dos parâmetros cardiovasculares – Geral	120
4.4.4.1 Pressão arterial sistólica - Geral	121
4.4.4.2 Pressão arterial diastólica - Geral	122

4.4.4.3 Frequência cardíaca - Geral	124
4.4.5 Modelagem matemática – Geral	126
4.4.6 Desempenho cognitivo – Geral	127
4.6 Discussão	129
CAPÍTULO 5: CONSIDERAÇÕES FINAIS	133
5.1 Sugestões para trabalhos futuros	134
REFERÊNCIAS	136
ANEXO 1 - PARECER DO COMITÉ DE ÉTICA.....	144
ANEXO 2 - QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DE CONFORTO TÉRMICO.....	149
APÊNDICE 1- TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO.....	151
APÊNDICE 2 - PLANILHA DE COLETA DE DADOS PRÉ E PÓS- TESTE.....	143

CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO

Esta pesquisa tem como eixo principal o estudo sobre a influência das condições termoambientais nos parâmetros fisiológicos de estudantes, observando-se se existe uma correlação entre as variáveis frequência cardíaca e pressão arterial e o desempenho cognitivo, em ambientes climatizados com mudanças de temperatura do ar.

Este capítulo contempla uma breve apresentação do conteúdo da pesquisa, e nele serão abordados o contexto do trabalho, sua justificativa e objetivo, além de um panorama global dos capítulos que se seguem.

1.1 Contexto e Motivação

O ambiente escolar é voltado para o desenvolvimento de atividades cognitivas de aprendizado e ensino. É um ambiente de grande importância tanto pelo tipo de atividade nele desenvolvida como pela prolongada permanência de alunos e professores (BATISTA et al., 2010; SALTHAMMER et al., 2016; ZOMORODIAN, TAHSILDOOST, HAFEZI, 2016).

O ambiente de ensino vem sofrendo modificações ao longo dos anos, no qual são introduzidas inovações tecnológicas de comunicação e informação (*news ICT*), tendo por consequência o acréscimo de cargas térmicas ao ambiente (GROSSI et al., 2014). A permanência dos indivíduos dentro de um ambiente fechado, seja escritório, loja, fábrica ou outros, sugere a necessidade de um ambiente seguro, saudável e confortável para seus ocupantes (FRONTCZAK; WARGOCKI, 2011).

Fatores como condições térmicas, visuais, acústicas e de qualidade do ar são elementos importantes para garantir a qualidade do ambiente fechado (DALVITE et al., 2016; PEREIRA et al., 2014; THOMÉ, 2012). Segundo Huang et al. (2012), dentre os diversos fatores ambientais, o conforto térmico e o conforto acústico são os que mais influenciam na aceitabilidade de ambientes abertos. No caso de ambientes de escritório, a temperatura do ar é o fator que mais influencia em sua aceitação (VIMALANATHAN E BATU, 2014).

O monitoramento da carga térmica em ambientes fechados vem sendo bastante pesquisado, visando a predição da aceitação humana ao ambiente e a compreensão de como o conforto térmico pode interferir na produtividade humana (ZHANG E DEAR, 2015; CUI, et al., 2013; LAN, LIAN E PAN, 2010; LAN et al., 2009).

A exposição a temperaturas extremas pode não apenas interferir no conforto térmico como também pôr em risco a saúde das pessoas, já que altera a homeostase corporal (BLATTEI, 2011; COUTINHO, 2005). Doenças por exposição ao frio ou calor extremos são

conhecidas e retratadas pela literatura médica, e por isso há inúmeras regulamentações que norteiam os indivíduos quanto ao tempo máximo e níveis de temperatura de exposição.

As condições de ambientes fechados, em temperatura moderada, são regulamentadas pela norma ISO 7730:2005, que especifica as condições térmicas aceitáveis com base nos índices PMV (Predicted Mean Vote) e PDD (Predicted Percentage Dissatisfied) e pela norma ASHRAE Standard 55-2005, que especifica condições ambientais aceitáveis para a saúde das pessoas com base nas diferentes experiências térmicas, roupas e expectativas dos ocupantes (LAMBERTS; XAVIER; GOULART 2011).

Com base nas normas ISO 7730:2005 e ASHRAE Standard 55-2004, muitos estudos foram desenvolvidos dentro de câmaras climatizadas visando o aumento da produtividade dos indivíduos (XIONG et al., 2015; ZHANG et al., 2014; CUI et al., 2013; YING et al., 2012; LEE et al., 2012; LIU, LIAN, LIU, 2008). A percepção térmica do ambiente pode ser inferida com base em parâmetros fisiológicos, como temperatura da pele ou alteração no sistema de condução cardíaco (XIONG, 2015; CHEN, 2011; LIU, LIAN, LIU, 2008).

Atividades cognitivas realizadas em regiões do Brasil com temperatura e umidade relativa elevadas podem exigir esforço adicional do corpo humano visando a neutralidade térmica e a manutenção da homeotermia. O aumento de sobrecarga térmica no corpo pode acarretar a queda da produtividade em consequência da redução da atenção e disposição do indivíduo, além de sequelas à saúde, especialmente relacionadas ao sistema cardiovascular (BLATTEIS, 2011; COUTINHO, 2011; VASCONCELOS, 2013).

A este cenário devem ser acrescentadas as previsões de mudanças climáticas e de aquecimento global. Segundo relatório do Ministério de Ciência e Tecnologia sobre mudanças climáticas, há uma expectativa de que a temperatura do ar média no Brasil fique de 3 a 6 °C mais elevada no ano 2100 em comparação ao final do século XX, o que aumentará o risco à saúde de trabalhadores e estudantes (INCT PARA MUDANÇAS CLIMÁTICAS, 2010).

Não obstante à relevância do tema para a saúde e desempenho de alunos e trabalhadores em ambientes fechados, pouco pode ser dito sobre as respostas fisiológicas do corpo às variações de temperatura do ar em ambientes de ensino equipados com *News ICT* nas regiões com temperaturas elevadas.

Com base nesta problemática, o presente trabalho de pesquisa buscou contribuir para o esclarecimento da seguinte questão: quando submetidos a tarefas cognitivas em ambientes com temperatura do ar controlada, estudantes universitários em áreas das regiões Norte e

Nordeste do Brasil apresentam alterações de frequência cardíaca e pressão arterial com eventual impacto no desempenho cognitivo?

1.2 Justificativa

O 4º Relatório Científico do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas de 2007 traz evidências contundentes das alterações climáticas no planeta. O documento declara que, no Brasil, as regiões mais sensíveis às mudanças climáticas são as regiões Norte e Nordeste (MARENGO, 2008). Segundo Confalonieri e Marinho (2007), um dos mecanismos principais através dos quais os processos climáticos podem afetar a saúde da população são as ondas de calor, uma consequência do aumento da temperatura do ar.

Muitos estudos têm demonstrado a estreita relação entre desempenho humano e qualidade do ambiente interior (CUI et al., 2013; THAM et al., 2010; SCHELLEN et al., 2012). O estudo de Wargocki e Wyon (2013) revelou que as condições do ambiente nas escolas primárias são frequentemente inadequadas, e geralmente muito piores que as dos ambientes de escritório. A preocupação com ambientes escolares deveria ser maior do que com escritórios, pois frequentemente os alunos são expostos a novas experiências e atividades de aprendizagem (SCHELLEN et al., 2012).

Além da queda do desempenho humano, riscos para a saúde podem ser atribuídos aos efeitos da temperatura do ar em ambientes fechados. Não imediatamente patogênicas, as variações de temperatura do ar têm efeitos no corpo humano e suas consequências a médio e longo prazo ainda são questionáveis (ARAÚJO, 2012; SILVA, RIBEIRO E SANTANA, 2014). Liu, Lian e Liu (2008) identificaram alterações na atividade elétrica do coração associadas ao conforto térmico. Além disso, as proteínas do sangue IL-6 e HSP70, sinalizadoras de resposta imunológica, têm seus níveis alterados quando o indivíduo é exposto a variações de temperatura do ar (XIONG et al., 2015).

O estudo sobre conforto térmico é bastante disseminado, já que as condições de saúde e segurança no local de trabalho estão intimamente associadas com a produtividade e o desempenho das empresas, sendo um fator essencial para a competitividade (SCHELLEN et al., 2012; KERSHAW E LASH, 2013).

O efeito das características térmicas do ambiente é convencionalmente avaliado através do modelo de Fanger, que mede a percepção térmica dos indivíduos por intermédio sobretudo de um questionário intuitivo. O modelo inclui o cálculo de PMV e PPD, mas é limitado, pois não aponta quais os processos fisiológicos envolvidos e sua importância na adaptação térmica (DJONGYANG; TCHINDA; NJOMO, 2010).

Medidas de parâmetros fisiológicos têm como objetivo principal analisar qual a extensão da influência de diferentes níveis de temperatura no corpo humano (CAO et al., 2012). Taxa de suor, temperatura da pele, temperatura interna e frequência cardíaca são os parâmetros mais utilizados em estudos visando a compreensão da resposta humana às mudanças graduais de temperatura (XIONG et al., 2015). Há destaque para a frequência cardíaca, que é uma medida fidedigna da carga térmica, já que está diretamente relacionada com o sistema termorregulador (MÁSCULO E VIDAL, 2011; GUYTON; HALL, 2006).

A frequência cardíaca é um parâmetro fisiológico de fácil mensuração e que deve ser considerada para a avaliação da carga de trabalho, por ter relação direta com o gasto metabólico e carga térmica, já que reflete, juntamente com a pressão arterial, os processos de vasodilatação e vasoconstrição. Por serem mecanismos neurais controladores de alterações do sistema circulatório, estes processos são importantes para o controle da temperatura central e da atividade dos sistemas simpático e parassimpático (LIU et al., 2008; CHOI et al., 2012; LAN, WARGOCKI, WYON, 2014). Por estes motivos, a medição da frequência cardíaca é uma ferramenta promissora para a verificação do efeito do estresse resultante da ativação adrenérgica (TAELEMAN et al., 2011; LUQUE-CASADO et al., 2013; LARRA et al., 2014).

De acordo com Ickovics et al. (2014), a relação entre saúde e o desempenho cognitivo tem sido pouco explorada. Tendo em vista a importância do desempenho cognitivo para a aprendizagem e formação de profissionais, observa-se a necessidade de verificar tal relação, especialmente no tocante ao sistema cardiovascular, que fica sobrecarregado quando as condições térmicas são diferentes das ideais. Uma ênfase deve ser dada aos ambientes com *News ICT*, cada vez mais comuns em locais destinados ao aprendizado.

1.3 Delimitação do trabalho

Este estudo fez parte do projeto de pesquisa intitulado “MUDANÇAS CLIMÁTICAS E ELEVAÇÃO DA TEMPERATURA: Implicações no conforto, na saúde e no desempenho de alunos em ambientes de ensino inteligente (NEWs ICT) em áreas das regiões brasileiras”, cujo objetivo é investigar o ambiente de ensino de instituições públicas de ensino superior do Brasil, no que diz respeito às suas condições térmicas, acústicas, lumínicas e de qualidade do ar, e possíveis implicações na saúde e desempenho dos alunos durante suas atividades acadêmicas. A proposta metodológica do projeto, também adotada nesta dissertação, foi desenvolvida a partir de 2 estudos pilotos, originando assim mais outros 4 trabalhos de dissertação.

Os ambientes de ensino utilizados nesta pesquisa foram as salas de Laboratórios de Informática das instituições, as quais dispunham de computadores em rede, rede WiFi, sistema de projeção e impressoras. Todas as salas dispunham de climatização por condicionadores de ar do tipo split. A população estudada foi composta por alunos dos cursos de engenharia, em bom estado de saúde e com faixa etária de 18 a 30 anos.

Ressalta-se que este trabalho consistiu de uma pesquisa de campo, desenvolvida nas condições reais de utilização dos respectivos ambientes de ensino. Diferentemente de estudos experimentais com câmaras climatizadas e grupo de participantes fixo, neste trabalho não foi possível o controle de todos os parâmetros (condições externas, disposição geográfica, elementos arquiteturais dos laboratórios, potência máxima e disposição dos aparelhos de ar-condicionado, disposição dos computadores). A quantidade de alunos em cada instituição também não foi uniforme. Apesar destas limitações, acredita-se que os resultados deste trabalho representem as condições reais de utilização dos ambientes pesquisados, e que as condições ambientais impostas durante os experimentos cobriram o maior intervalo de temperatura atingível nos respectivos ambientes.

1.4 Estrutura do restante do documento

O restante do documento está organizado da seguinte forma:

- Referencial teórico – Capítulo 02: Faz-se neste capítulo um levantamento sobre a bibliografia relevante e atualizada para o conhecimento e aprofundamento no tema da pesquisa, onde são abordadas considerações acerca do calor e o processo de troca de calor com o meio, bem como os processos corporais para manter a homeostase e o conforto térmico, com foco nas variáveis que o influenciam e suas formas de avaliação. São abordados itens relativos à saúde, com ênfase no sistema cardiovascular, visando o entendimento de seus parâmetros, os efeitos da mudança de temperatura do ar e a influência da realização de atividades cognitivas. Este capítulo também incorpora uma revisão sistemática para identificação dos estudos realizados sobre a temática e as principais lacunas encontradas nos mesmos.
- Materiais e métodos – Capítulo 03: Este capítulo é destinado à descrição da parte experimental da pesquisa, dos procedimentos, aparelhagem e normas usadas para a coleta de dados, aplicação dos testes cognitivos e medição da frequência cardíaca e pressão arterial dos alunos submetidos aos testes cognitivos.

- Resultados – Capítulo 04: Este capítulo é destinado à apresentação dos dados experimentais colhidos com base na metodologia explícita no Capítulo 3, e na análise crítica destes dados.
- Conclusão e trabalhos futuros – Capítulo 05: Neste último capítulo, faz-se uma análise geral dos principais resultados obtidos com o desenvolvimento da pesquisa, além da proposição de algumas extensões que podem eventualmente resultar em futuros trabalhos de pesquisa.

CAPÍTULO 2: FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo de fundamentação teórica é composto por duas partes. Na primeira parte, apresenta-se a teoria que serve de base para a compreensão da temática de pesquisa. Após uma breve introdução aos mecanismos de transferência de calor de forma genérica, são abordados os aspectos fisiológicos ligados à temperatura ambiente, tais como o processo de troca de calor do corpo com o meio, o processo de termorregulação humana e as respostas do sistema circulatório às variações de temperatura ambiente. Em seguida, define-se o conceito de conforto térmico, com menção aos fatores que podem influenciar tal sensação, além da relação entre o conforto térmico e o desempenho de atividades cognitivas.

Na segunda parte deste capítulo, apresentam-se os trabalhos acadêmicos relevantes para o respaldo das decisões tomadas ao longo do desenvolvimento deste trabalho. Apresenta-se o resultado de uma revisão sistemática para a identificação das principais contribuições e lacunas envolvendo a relação entre conforto térmico, desempenho cognitivo e saúde.

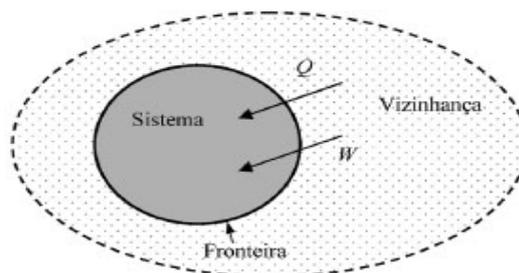
2.1 Calor e transferência de Calor

Para que haja uma compreensão sobre a interação do homem com o ambiente que o cerca, faz-se necessária a apresentação dos fatores envolvidos no processo de transmissão de calor. Iniciar-se-á pela definição de alguns termos.

2.1.1 Sistema

Sistema pode ser definido como uma quantidade limitada de matéria que é isolada para efeito de análise. O sistema se distingue de seus arredores, ou *vizinhança*, por uma *fronteira* especificada, que pode estar em repouso ou em movimento, delimitada conforme a conveniência da análise (COUTINHO, 2005). A Figura 1 representa o sistema e sua vizinhança, separados pela fronteira. O calor (Q) e o trabalho (W) representam a energia que atravessa a fronteira.

Figura 1 - Sistema e vizinhança



Fonte - Anacleto e Ferreira, (2011)

2.1.2 Calor (Q)

O calor pode ser definido como a energia que atravessa a fronteira de um sistema devido a uma diferença de temperatura entre este e seus arredores, fluindo no sentido da região de temperatura mais baixa (BAERHR e STEPHAN, 2011). Dessa forma, sempre que existir diferença de temperatura entre o sistema e sua vizinhança, haverá transferência de calor.

Existem três formas de transferência de calor: condução, convecção e radiação. A forma como ocorrem estes mecanismos no corpo será determinada por variáveis individuais (metabolismo e vestimenta) e variáveis do ambiente ao redor do indivíduo (radiação, umidade, temperatura e velocidade do ar) (BRADSHAW, 2006).

2.1.3 Transferência de calor por condução

O processo de condução ocorre através de corpos sólidos ou fluidos parados. É diretamente proporcional à área de transferência e à diferença de temperatura entre as duas regiões, e inversamente proporcional à distância entre elas. Também depende da *condutividade térmica* entre os corpos (ou regiões) considerados, que é uma propriedade de cada material. No ser humano, essa transferência de calor ocorre através das vestimentas, dos calçados e em contato direto com algum equipamento ou superfície (BRADSHAW, 2006; COUTINHO, 2011). Pode ser calculada através da Equação 1:

$$Q_K = K \cdot A \cdot \frac{(t_1 - t_2)}{\Delta X} \quad (1)$$

em que:

Q_k representa o fluxo de calor transferido por condução (em W ou J/s);

K representa a condutividade térmica das vestimentas (em unidades de $W/^\circ C/m$);

A representa a área transversal de transferência (em m^2);

t_1 e t_2 representam as respectivas temperaturas da pele e do ar (em $^\circ C$);

ΔX representa a espessura das vestimentas (em m).

2.1.4 Transferência de calor por convecção

A convecção se refere à transferência de calor que ocorre pelo movimento de moléculas de uma parte do material para outra. A taxa de transferência de calor é proporcional à diferença entre as temperaturas da superfície e do fluido, à área A da superfície sólida (m^2), e ao coeficiente de transferência convectiva de calor hc (em unidades de $W/m^2/^\circ C$) (BRADSHAW, 2006; COUTINHO, 2011). A convecção que ocorre na pele pode ser representada pela Equação 2:

$$C = fcl \cdot hc \cdot |tv - ta| \quad (2)$$

em que:

C representa a densidade de fluxo de calor transferido por convecção (em W/m^2);

fcl representa o fator de área das vestimentas ;

hc representa o coeficiente de convecção (em $W/m^2 \cdot ^\circ C$);

tv e ta representam as respectivas temperaturas das regiões 1 e 2 (em $^\circ C$).

O coeficiente de convecção (hc) depende da geometria, rugosidade e posição da superfície sólida, das propriedades termofísicas e principalmente da velocidade do fluido (COUTINHO, 2011).

2.1.5 Transferência de calor por radiação

A radiação térmica consiste na troca de energia radiante entre dois corpos através de um espaço aberto, pois a energia radiante não pode circular obstáculos ou ser afetada pelo movimento do ar (BRADSHAW, 2006).

Todos os corpos em temperatura superior a 0 K ou ($-273 \text{ }^\circ C$) emitem calor por radiação, através do vácuo ou materiais transparentes. Quando a radiação encontra um corpo, três fenômenos, simultâneos ou isolados, podem ocorrer:

1) Transmissão: é a parte da radiação incidente que atravessa o corpo considerado. Essa fração da radiação incidente é denominada transmissividade (τ). Nos corpos transparentes, $\tau = 1$, e nos opacos, $\tau = 0$.

2) Reflexão: é a porção da radiação incidente que é refletida pela superfície irradiada. Essa fração da radiação incidente é conhecida como refletividade (ρ);

3) Absorção: é a parte da radiação incidente que é absorvida pelo corpo irradiado, e resulta na elevação de sua temperatura. Essa fração da radiação incidente é conhecida como absorptividade (α).

Desta forma, a conservação da energia impõe:

$$\tau + \rho + \alpha = 1 \quad (3)$$

Geralmente, a resposta de uma superfície a um fluxo de radiação emitida por outra será dependente da combinação das suas formas, das características do material (temperatura, emissividade, absorvidade, refletividade e transmissividade), além de fatores como distância e posição relativa, cor e acabamento (BRADSHAW, 2006; COUTINHO, 2011). A Equação 4 pode ser usada para representar o fluxo de radiação térmica entre uma pessoa e sua vizinhança:

$$R = hr \cdot |T_1 - T_2| \quad (4)$$

em que:

R é o fluxo de calor transferido por radiação, em W/m^2 ou $Kcal/hm^2$

T_1 é a temperatura média da superfície 1, em $^{\circ}C$;

T_2 é a temperatura média da superfície 2, em $^{\circ}C$;

hr é o coeficiente de radiação, em $W/m^{\circ}C$ ou $kcal/h/m^{\circ}C$, dado pela equação 5.

$$hr = \varepsilon \cdot \sigma \cdot (T_1^2 + T_2^2) \cdot (T_1 + T_2) \quad (5)$$

em que:

ε é a emissividade da superfície envolvida;

σ é a Constante de Stefan-Boltzmann, $5,67 \cdot 10^{-8} W/m^2/K^4$;

T_1 e T_2 = temperaturas absolutas das superfícies 1 e 2 respectivamente, em K.

2.2 Evaporação

O calor é transportado do interior do corpo humano para a pele e mucosas, para em seguida ser trocado com o ambiente por meio de diferentes processos físicos: condução, convecção, radiação e evaporação (BRADSHAW, 2006; COUTINHO, 2011; VASCONCELOS, 2013). Nas pessoas a evaporação consiste na perda térmica proveniente da mudança do suor, em estado líquido, para o estado gasoso. O suor, para ser evaporado, necessita de um dispêndio de energia de aproximadamente 600 kcal (~2500 kJ) por quilograma evaporado. A taxa de evaporação é função da pressão parcial de vapor de água no ar (P_v) e da pressão de vapor saturado (P_{vs}) na mesma temperatura (FROTA; SCHIFFER, 2001).

Segundo Coutinho (2011), a taxa máxima de evaporação proporcionada por um ambiente pode ser representada pela equação 6:

$$E = he \cdot (P_{vs} - P_v) \quad (6)$$

em que:

E representa a quantidade de calor perdido por evaporação, em W/m^2

he representa o coeficiente de evaporação, em $W/m^2/kPa$

P_{vs} representa a pressão de vapor de água saturado, em kPa

P_v representa a pressão de vapor de água, em kPa

As perdas por evaporação representam o necessário para vaporizar o suor e evitar a elevação de temperatura interna. Na superfície da pele, a evaporação ocorre em situações com temperaturas moderadas ou altas, e continuamente, em qualquer temperatura através das vias aéreas. A evaporação é a principal defesa do corpo contra o excesso de temperatura (BLATTEIS, 2011)

2.3 Balanço Térmico

Balanço térmico é o resultado das trocas de calor entre o homem e o ambiente em que ele se encontra, e neste contexto o homem é comparado a uma “máquina térmica” (COUTINHO, 2005). A temperatura de conforto determinada pelas normas ISO 7730 (2005) e ASHRAE (2004) está baseada neste balanço térmico, através de mecanismos de troca de calor que ocorrem na pele e no aparelho respiratório. Desta forma, a diferença entre o calor produzido pelo corpo através do metabolismo e o trabalho executado é dissipado no ambiente. Quando isto é alcançado sem reações fisiológicas significativas, diz-se que o corpo está em equilíbrio térmico com seu ambiente, o que é uma das exigências do conforto térmico.

O balanço térmico pode ser descrito pela Equação 7, que leva em consideração o metabolismo, a atividade física e as perdas de calor através da pele e da respiração. As perdas de calor que ocorrem através da pele levam em consideração a resistência térmica e permeabilidade das vestimentas que o indivíduo utiliza, bem como a temperatura do ar, a temperatura média radiante, a umidade, a velocidade do ar e a atividade exercida (COUTINHO, 2005).

$$M - T = C_{res} + E_{res} + (E_s + E_{dif}) + C + R \quad (7)$$

em que:

M representa a taxa metabólica de produção de calor (W/m^2);

T representa o trabalho Externo (W/m^2);

C_{res} representa a perda de calor pela respiração, por convecção (W/m^2);

E_{res} representa a perda de calor latente pela respiração, por evaporação (W/m^2);

E_s representa a perda de calor por evaporação nas partes molhadas do corpo (W/m^2);

E_{dif} representa a perda de calor por evaporação devido à difusão nas partes enxutas (W/m^2);

C representa a perda de calor por convecção pela pele (W/m^2);

R representa a perda de calor por radiação (W/m^2).

A verificação do balanço térmico é condição necessária, mas não suficiente, para o estado de conforto térmico, podendo um indivíduo estar em neutralidade térmica, mas sujeito a algum desconforto localizado (LAMBERTS; XAVIER, 2002; COUTINHO, 2005). Também devem ser considerados os quatro fatores principais geradores de desconforto localizado: assimetria de radiação térmica, correntes de ar indesejáveis, diferenças na

temperatura do ar no sentido vertical e contato com piso aquecido ou resfriado (FANGER, 1970).

2.4 Conforto Térmico

O conforto térmico se encontra inserido no conforto ambiental, no qual também estão inclusos o conforto visual, conforto acústico e qualidade do ar. Estudos de conforto térmico têm ligação estreita com as áreas de Engenharia e Arquitetura, por serem elas as responsáveis pela concepção e criação dos ambientes nos quais o homem passa grande parte de sua vida (XAVIER, 1999).

O conforto térmico foi definido por Hensen (1991) como um estado em que não há impulsos de condução (indução de uma atitude) para corrigir o meio ambiente. Já a Sociedade Americana de Engenheiros de Aquecimento, Refrigeração e Ar Condicionado (ASHRAE) definiu conforto térmico como a condição da mente que expressa satisfação em relação ao ambiente térmico. Esta definição enfatiza que o julgamento de conforto térmico é um processo cognitivo que envolve fatores físicos, fisiológicos e psicológicos (LIN, DENG, 2008).

Yin et al. (2012), ao investigar as relações entre conforto térmico e ambiente térmico concluíram que fatores como gênero, experiências físicas, psicológicas e fisiológicas, expectativas sobre ambiente, humor e as condições de saúde do indivíduo também podem influenciar na percepção do conforto térmico. Sensações térmicas são diferentes entre as pessoas, mesmo estando estas no mesmo ambiente, o que sugere uma avaliação subjetiva associada com parâmetros mensuráveis (OGBONNA; HARRIS, 2008).

Fanger (1970) definiu conforto térmico como uma sensação de neutralidade térmica que o homem experimenta em determinado ambiente. Neutralidade térmica seria a condição na qual uma pessoa não prefira nem mais calor nem mais frio, condição que ocorre quando o calor gerado pelo organismo através do metabolismo é trocado em igual proporção com o ambiente ao redor do organismo. Embora necessária, a neutralidade térmica não é suficiente para que uma pessoa esteja em conforto térmico, podendo o indivíduo declarar neutralidade térmica e sentir desconforto localizado. O principal motivo seria o gradiente de temperatura na direção vertical, causando sentimento quente / frio localizado e indesejado, chamado de desconforto térmico local (HEIDARINEJAD ; FATHOLLAHZADEH; PASDARSHAHRI, 2015).

2.4.1 Variáveis do conforto térmico

Segundo a ASHRAE (2004), há seis fatores principais que devem ser abordados ao se definir as condições de conforto térmico, independentemente dos fatores secundários que também podem influenciá-lo em algumas circunstâncias. Essas variáveis estão divididas em variáveis humanas ou pessoais e variáveis ambientais.

2.4.1.1 Variáveis Pessoais

Dentre as variáveis pessoais, destacam-se o metabolismo e a vestimenta, que formam parâmetros importantes para a determinação do conforto térmico.

2.4.1.1.1 *Metabolismo*

O metabolismo é a taxa de energia liberada pela reação química entre o oxigênio e o alimento, e sua demanda está relacionada com a exigência do esforço realizado pelo músculo (APPLEGATE, 2012). Em repouso, o metabolismo é denominado basal, e se refere à energia gasta pela pessoa para manter a temperatura normal e o funcionamento dos órgãos (GUYTON; HALL, 2006; APPLEGATE, 2012).

O corpo humano retira dos alimentos a energia para prover todas as reações que ocorrem continuamente dentro de si, permitindo a realização de todas as suas funções biológicas. O metabolismo corporal representa a totalidade das reações químicas em todas as células do organismo, sendo a taxa metabólica expressa em termos de taxa de liberação de calor durante as mesmas (GUYTON, HALL, 2006; BAYNES, DOMINICZAK, 2015).

O ATP é obtido a partir da combustão dos carboidratos, gorduras e proteínas encontrados nos alimentos. A quebra de cada uma de suas ligações libera energia suficiente para desencadear etapa de qualquer reação química no organismo. Sua energia pode ser usada por diferentes sistemas funcionais celulares como: síntese e crescimento, contração muscular, secreção glandular, condução nervosa, absorção ativa, entre outros (APPLEGATE, 2012).

Quando as células se tornam ativas, de acordo com o tipo de atividade realizada pelo indivíduo, o ATP é convertido em difosfato de adenosina (ADP), aumentando sua concentração, elevando assim a velocidade de todas as reações de liberação metabólica de energia dos alimentos, o que garante o suprimento de energia necessária para a realização da atividade humana (APPLEGATE, 2012). O atrito entre os tecidos durante a atividade muscular, a fricção das diferentes camadas de sangue, e do mesmo com as paredes dos vasos, durante seu bombeamento pelo coração, são algumas das formas de como o calor é transformado no corpo humano (BLATTEI, 2011). A realização de um trabalho externo é a

única maneira em que a energia do corpo não é despendida em forma de calor, e a ingestão calórica necessária para a manutenção do equilíbrio energético caracteriza a taxa metabólica dessa atividade, sendo a taxa metabólica basal (TMB) o gasto mínimo necessário para a manutenção do corpo durante o repouso que, segundo Coutinho (2005), é de 44 W/m² para os homens e 41 W/m² para as mulheres.

As inúmeras atividades realizadas pelo homem implicam em taxas metabólicas diferentes, ou seja, demandam quantidades distintas de energia. Em geral, esta taxa pode ser obtida em laboratórios de fisiologia por meio da Equação 8:

$$M = 5,88 \cdot (0,23 \cdot R_Q + 0,77) \cdot V_{O_2} \cdot A_{Du} \quad (8)$$

em que:

R_Q representa o quociente respiratório, correspondente à relação entre o volume de CO₂ produzido e O₂ consumido;

V_{O_2} representa o oxigênio consumido;

A_{Du} representa a área Dubois, que é representada pela equação 9:

$$A_{Du} = 0,202 \cdot p \cdot 0,425 \cdot z \cdot 0,725 \quad (9)$$

em que:

p representa o peso do indivíduo (kg);

z representa a altura do indivíduo (m).

Valores referentes ao metabolismo exigido para cada tipo de atividade podem ser extraídos de tabelas elaboradas por fisiologistas (COUTINHO, 2005). Entretanto, a utilização de tabelas padronizadas pode levar a erros de precisão, por levar em consideração apenas o tipo de atividade desempenhada, desconsiderando fatores como gênero, tipo físico, nível de estresse e esforço, dentre outras especificidades que podem levar ao aumento dos batimentos cardíacos durante a realização da mesma (COUTINHO, 2011). Ainda segundo o autor, a taxa metabólica pode ser calculada através da Equação 10:

$$\text{Taxa Metabólica} = 0,476 \cdot \text{Idade} + 0,324 \cdot \text{Massa Corporal} \quad (10)$$

Esta equação é limitada a faixas de população com idade entre 18 e 50 anos e massa corporal com limites entre 50 e 90 Kg.

2.4.1.1.2 Vestimenta

Um parâmetro presente nas trocas de calor através da pele é o Fator de Área da vestimenta, definido como a relação entre a área do corpo vestido e a área do corpo não vestido:

$$F_s = \frac{A_v}{A_{DU}} \quad (11)$$

em que:

- F_s – Fator de Área do corpo vestido;
- A_v – A área superficial do corpo vestido (m²);
- A_{DU} – área do corpo nu (m²).

As vestimentas exercem um papel importante em se tratando do controle da temperatura interna da pessoa, tendo em vista que são capazes de aprisionar ar próximo à pele nas fibras dos tecidos, diminuindo o fluxo das correntes de ar, e conseqüentemente a perda de calor por condução e convecção. Dessa forma, aliadas à possibilidade de acionamento de equipamentos como ventiladores, etc., as vestimentas podem se tornar uma ferramenta mais eficiente que os próprios mecanismos inconscientes para o controle de temperatura corporal (VASCONCELOS, 2013).

O isolamento térmico das vestes (I_{cl}) é expresso em m²·°C/W ou em clo, sendo que 1 clo equivale a 0,155 m²·°C/W. Os valores dos isolamentos térmicos das roupas encontram-se tabelados nas normas ISO 7730(2005), ISO 9920(1993) e ASHRAE (2004).

2.4.1.2 Variáveis Ambientais

A temperatura do ar (T_a) ou temperatura de bulbo seco é a temperatura ao redor do corpo humano, estando diretamente ligada às trocas de calor realizadas entre o corpo humano e o ambiente ao seu redor. A temperatura do ar afeta a taxa de perda de calor por convecção, sendo um importante determinante do conforto térmico (BRADSHAW, 2006; COUTINHO, 2011).

Além da temperatura de bulbo seco, pode ser mensurada a temperatura de bulbo úmido TU. A temperatura de bulbo úmido é obtida por um termômetro igual ao anterior, porém tendo o bulbo envolvido por um tecido branco umedecido com água destilada. Quando o ar não está saturado, ocorre evaporação da água devido à diferença entre a pressão de vapor saturado junto ao tecido e a pressão de vapor parcial do ar. O bulbo fornece o calor para a evaporação e assim registra uma temperatura menor. Esse valor diminui com a umidade relativa. Essas duas temperaturas permitem calcular a umidade relativa através de equações ou de uma carta psicrométrica (COUTINHO, 2011).

A temperatura radiante média (Trm) consiste na temperatura de um ambiente imaginário uniforme, no qual a transferência de calor radiante do corpo humano é igual à transferência de calor radiante no ambiente real não uniforme. A temperatura radiante média pode ser afetada por grandes áreas com vidros, luzes quentes, entre outros. Conforme Bradshaw (2006), a temperatura para trabalhadores de escritórios deve estar situada entre 18° e 27 °C, dependendo das vestimentas, da atividade realizada e das demais variáveis climáticas.

A velocidade do ar (Var) consiste na média da velocidade do ar instantânea sobre um intervalo de tempo, devendo ser considerada nos estudos de conforto térmico, pois afeta a transferência de calor por convecção e evaporação. Quanto maior a velocidade do ar, maior a troca de calor (BRADSHAW, 2006; LAMBERTS et al., 2011).

Outro parâmetro importante é a umidade relativa do ar, que é a relação entre a massa de vapor de água nas condições reais e a massa de vapor de água no estado de saturação, à mesma temperatura. O conforto térmico de pessoas com baixa atividade física sofre pouca influência da umidade, sendo o conforto mantido mesmo com uma grande variação das condições de umidade. Apesar da tolerância humana para variações de umidade ser muito maior do que para variações de temperatura, o controle da umidade também é importante. Uma alta umidade pode gerar problemas de condensação em temperaturas frias e reduzir a perda de calor humano por evaporação em ambientes quentes, pois o ar já carregado não pode absorver mais vapor da pele. Por outro lado, a umidade muito baixa pode levar à desidratação (BRADSHAW, 2006; COUTINHO, 2011; TALEGHANI et al., 2013).

2.4.1.3 Outros determinantes do conforto térmico

Além dos parâmetros previstos no modelo de Fanger, Van Gaever *et al.* (2014) indentificaram que o conforto térmico não é resultado apenas de um conjunto de fatores mensuráveis, mas também resultado de sensações individuais. A teoria da adaptabilidade do conforto térmico estabelece que as pessoas tendem a se adaptarem às mudanças climáticas ambientais, procurando formas de manterem-se confortáveis em suas ações rotineiras, o que é realizado inclusive comportamentalmente, seja de forma consciente ou inconsciente (NICOL; HUMPHREYS; ROAF, 2012; AZIZPOUR *et al.*, 2013).

2.4.1.3.1 *Influência do sexo no controle da temperatura central*

Segundo Yin et al. (2012), homens e mulheres têm uma percepção semelhante à sensação de calor. Xiong et al. (2015) investigaram diferença de gênero em resposta às

mudanças graduais de temperatura, do ponto de vista da psicologia, fisiologia e biomarcadores. O Trabalho revelou que tanto o homem quanto a mulher respondem similarmente às mudanças de temperatura, no entanto a amplitude de mudança de temperatura na pele dos homens é menor, assim como o tempo de estabilização.

Segundo Gerrett et al. (2015), em experimento com temperaturas elevadas, as mulheres declararam maior desconforto em temperaturas quentes (40 °C) quando comparadas aos homens. O mesmo ocorre quando expostas a temperaturas amenas, a 20 °C (Lan et al., 2009). Esses resultados indicam que as mulheres são mais sensíveis às mudanças extremas de temperatura que o homem. Chen (2011) também constatou que a temperatura neutra feminina (26,2 °C) é levemente maior que a dos homens (25,3 °C), o que pode justificar a satisfação térmica da mulher a 26 °C e o desconforto do homem à mesma temperatura. As mulheres são mais propensas a demonstrar insatisfação térmica para resfriar os ambientes, enquanto os homens são mais propensos a sentir desconforto térmico em ambientes quentes (CHOW et al, 2010).

Uma diferença entre os gêneros também pode ser observada a partir da temperatura da pele: no caso do sexo feminino, a temperatura da pele é mais baixa em ambientes frios e superior em ambientes quentes do que os correspondentes valores masculinos (HASHIGUCHI; FENG; TOCHIHARA, 2010). Como resultado, a maior sensibilidade de temperatura da pele para a temperatura ambiente provoca a mudança relativamente mais intensiva para as mulheres na sensação térmica (LIU et al., 2014). A temperatura oral das mulheres também é mais elevada do que a do homem (FILINGERI, 2014)

Com relação aos níveis de suor, quando submetidas ao estresse por calor, as mulheres geralmente apresentam menor transpiração quando comparadas aos homens, o que conseqüentemente leva ao maior armazenamento de calor do corpo e maior temperatura da pele (KENNEY, 1985). No frio, as mulheres geralmente têm menos capacidade para a produção de calor, seja por atividade ou por tremores, e apresentam maiores perdas de calor na superfície da pele, o que resulta em uma temperatura mais baixa da pele (GARRET, 2015). Por isso, Xiong et al. (2015) sugerem que os homens possuem uma capacidade de termorregulação mais forte e rápida que as mulheres.

O estudo de Garret et al. (2015) demonstrou existir uma diferença topográfica (a depender da região do corpo) a estímulos frios e resposta mais homogênea a estímulos quentes, em ambos os sexos. Nas mulheres, a resposta ao frio foi mais sensível na cabeça, seguida pelo tronco e, por fim, nas extremidades (GARRETT, 2015; SCHELLEN, 2013).

2.4.1.3.2 Fatores Psicológicos

O julgamento sobre o ambiente pode influir na aceitação do ambiente térmico. Yin et al. (2012) concluíram que a expectativa das condições térmicas do ambiente pode influenciar na percepção térmica do indivíduo. Segundo Becker, Potchter e Yaakov (2003) e Hoppe (2002), as expectativas de condições térmicas específicas são a principal causa de satisfação.

Em relação à sensação térmica, uma experiência anterior, incluindo experiência psicológica, fisiológica e física, influencia na percepção do ambiente térmico das pessoas, porque a expectativa obriga as pessoas a comparar variáveis microclimáticas atuais com os de domicílios anteriores (LIN; DENG, 2009). Além disso, Nikolopoulou e Lykoudis, 2006 acrescentaram que pessoas que ficam angustiadas são menos tolerantes ao ambiente.

2.5 Índices PMV e PPD

Determinar o conforto térmico de um grupo de pessoas em um determinado ambiente não é tarefa simples, pois o mesmo depende principalmente de fatores complexos como respostas psicológicas e fisiológicas individuais e das condições térmico-ambientais (CHEN, 2011).

O modelo de Fanger é bastante utilizado em estudos de conforto térmico, e visa prever a sensação térmica média de um grupo de pessoas e seus respectivos percentuais de insatisfação com o ambiente térmico, expressa através dos índices PMV - Voto Médio Estimado e o PPD - Percentagem de Pessoas Insatisfeitas (VANOS et al., 2010). O método considera o comportamento individual sob o ponto de vista da percepção térmica, analisada pelos índices PMV e PPD, utilizados pela ISO 7730:2005 para avaliação térmica de ambientes fechados (COUTINHO, 2005).

Desta forma, através das análises estatísticas obtidas por Fanger e o uso da escala de 7 pontos, ISO 7730:2005, foi gerada a equação (12), índice PMV, que representa a sensação de conforto predita, ou seja, a sensação real sentida no ambiente analisado.

$$PMV = 0,303 \cdot e^{-0,036 \cdot M} + 0,028 \cdot \{ (M - T) - [C_{res} + E_{res} + (Edif + Es)_{Conf} + C + R] \} \quad (12)$$

em que:

PMV = Voto médio estimado, ou sensação de conforto;
M = Taxa metabólica, em W/m² ;

M representa a taxa metabólica de produção de calor (W/m^2);

T representa o trabalho Externo (W/m^2);

C_{res} representa a perda de calor pela respiração, por convecção (W/m^2);

E_{res} representa a perda de calor latente pela respiração, por evaporação (W/m^2);

E_s representa a perda de calor por evaporação nas partes molhadas do corpo (W/m^2);

E_{dif} representa a perda de calor por evaporação devido à difusão nas partes enxutas (W/m^2);

C representa a perda de calor por convecção pela pele (W/m^2);

R representa a perda de calor por radiação (W/m^2).

A fim de prever a porcentagem de pessoas que possam se sentir termicamente desconfortáveis, foi introduzido o índice PPD, também recomendado pela Norma ISO 7730 (2005). O PPD pode ser avaliado com base no valor de PMV usando a relação expressa através da Equação 13.

$$PPD = 100 - 95 \cdot e^{-(0,03353 \cdot PMV^4 + 0,2179 \cdot PMV^2)} \quad (13)$$

Inúmeros trabalhos vêm considerando o PMV e PPD para análise do conforto térmico ambiental. Em estudos realizados em hospitais, Khodakarami e Nasrollahi (2012) concluíram que os pacientes preferiram um ambiente mais quente em comparação à neutralidade. Pourshaghaghly e Omidvari (2012) avaliaram o conforto térmico por meio do PMV e PPD em um hospital no Irã, e verificaram que este ambiente não se encontrava dentro dos limites aceitáveis pela norma, e que haveria locais específicos do prédio e horários críticos de desconforto, a depender da estação do ano. O estudo de Corgnati, Ansaldi e Filippi (2009) avaliou o conforto térmico em salas de aula italianas na transição de temporadas. Através do PMV e o PPD, verificou-se uma preferência para ambientes considerados ligeiramente quentes ou mornos durante o período de aquecimento, e uma preferência para ambientes neutros na estação intermediária.

Considerando o caráter subjetivo relativo às condições de conforto, a norma ISO-7730/2005 admite serem aceitáveis ambientes térmicos em que $-0,5 \leq PMV \leq 0,5$, ou seja, em que no máximo 10% dos ocupantes se mostrem descontentes, isto é, $PPD \leq 10\%$ (COUTINHO, 2005; TREBIEN, MENDES, OLIVEIRA, 2007).

2.6 Fisiologia da Termorregulação

O ser humano dispõe de mecanismos para manutenção da temperatura central do corpo, com o objetivo de manter condições que favoreçam as reações químicas do organismo (BLATTEIS, 2011). Isso porque as enzimas, envolvidas nos processos fisiológicos, possuem atividades ótimas sob um conjunto de condições específicas do meio: temperatura, pH,

concentração de sais e pressão hidrostática (MOYES E SCHULTE, 2007; KENNELLY E RODWELL, 2013). A constância da temperatura central é dependente do balanço térmico, condição na qual a produção de calor é exatamente igual a suas perdas (GUYTON; HALL, 2006).

A termorregulação é um mecanismo de homeostasia, que possibilita a manutenção da temperatura corporal, dentro dos limites aceitos, a despeito de oscilações térmicas externas (BLATTEIS, 2011). Ela ocorre através de um sistema eficiente, composto pelos termorreceptores centrais e periféricos, um sistema de condução aferente, o controle central de integração dos impulsos térmicos e um sistema de respostas eferentes, que leva às respostas compensatórias (SOUZA ; BATISTA, 2012).

Para que ocorra o controle de temperatura corporal, vários mecanismos são ativados, ocorrendo assim transferência de calor. Os processos para realizar esta transferência são a condução, convecção, radiação e evaporação. A taxa de transferência de calor depende de fatores como diferenças de temperatura entre superfícies de contato, área de superfície de contato e condutividade térmica dos materiais em contato, entre outros (COUTINHO, 2005).

Para o controle da temperatura central, o corpo dispõe de mecanismos fisiológicos e comportamentais. As respostas fisiológicas à sensação de calor incluem vasodilatação cutânea e sudorese. Em situação de sensação de calor, o mecanismo de sudorese é bem desenvolvido, e por isso a tolerância à sensação de calor é alta. As respostas à sensação de frio incluem vasoconstrição cutânea e tiritar (movimentos musculares involuntários) (COUTINHO, 2005; GUYTON e HALL, 2006; BLATTEIS, 2011).

A regulação comportamental da temperatura corporal auxilia na termorregulação fisiológica, com o objetivo de melhorar o conforto térmico. A percepção térmica do ambiente ocorre através de termorreceptores dispostos na pele, sensíveis às variações de temperatura (DU et al., 2014). Apesar de a temperatura interna ser mantida constante, a temperatura da pele pode variar de 20 °C a 41 °C, de acordo com a temperatura, umidade e velocidade do ar ao redor do indivíduo (BRADSHAW, 2006; BLAZEJCZYK et al., 2013; CONNORS, 2015).

A habilidade de tolerar a sensação de calor é altamente influenciada pela capacidade física e pelo estado de saúde, além de idade, sexo, habilidade de aclimatação, nível de atividade física, tamanho do corpo, vestimenta e equipamentos de proteção (LUNDGREN et al., 2013). Se a temperatura interna aumenta ou cai além dos limites aceitáveis, ocorre redução das operações mentais e físicas; se a temperatura vai a extremos, disfunções fisiológicas severas, até mesmo a morte, podem acontecer (GUYTON; HALL, 2006).

2.6.1 Controle Central da temperatura

É no hipotálamo que se situa o sistema de controle central da temperatura. Este regula a temperatura do corpo ao integrar os impulsos térmicos provenientes de quase todos os tecidos do organismo (BLATTEIS, 2011). Quando o impulso integrado excede ou fica abaixo da faixa limiar de temperatura, ocorrem respostas termorreguladoras autonômicas (GUYTON; HALL, 2006). Os principais mecanismos autonômicos para perda e ganho de calor são o aumento da sudorese e vasodilatação periférica, vasoconstrição periférica, contração involuntária dos músculos, piloereção e secreção hormonal (tiroxina e catecolaminas) (CHEN et al., 2011).

As vias nervosas devem estar íntegras para que o controle da temperatura por parte do hipotálamo ocorra, caso contrário a regulação da temperatura ocorrerá através da sensação de frio e de calor que o indivíduo tem na região da cabeça (GUYTON; HALL, 2006).

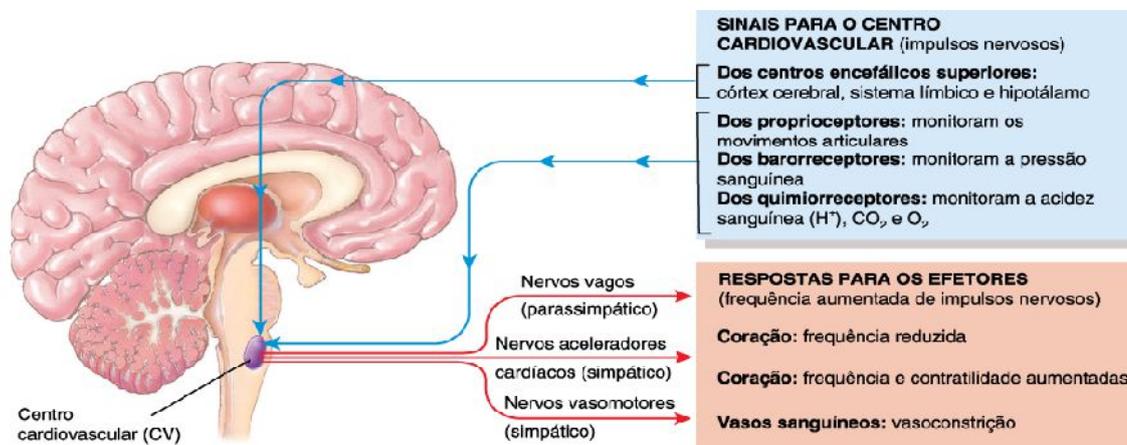
No hipotálamo anterior é feita a integração das informações aferentes térmicas, enquanto no hipotálamo posterior iniciam-se as respostas efetoras. Na área pré-óptica do hipotálamo, existem neurônios sensíveis e não sensíveis à temperatura. Os neurônios sensíveis à temperatura são classificados em neurônios sensíveis ao calor e neurônios sensíveis ao frio, sendo estes últimos mais predominantes. Existe uma faixa de temperatura, definida geralmente entre 36,7 e 37,1 °C, na qual não há resposta efetora. Temperaturas abaixo ou acima desses limiares desencadeiam respostas efetoras (BLATTEIS, 2011).

2.6.2 Sistema Circulatório para a manutenção da temperatura

O sistema circulatório, composto pelo coração, sangue, artérias, capilares e veias, desempenha importantes funções como proteção à agentes invasores, transporte de nutrientes, gases e hormônios e regulação da temperatura corporal (SILVERTHORN, 2009). Este sistema está relacionado com todos os outros sistemas do corpo humano, com uma relação ainda mais íntima com o sistema respiratório e com o sistema linfático (GRAAFF, 2003; TORTORA; DERRICKSON, 2012).

O coração, considerado uma bomba pulsátil, tem função especial dentro do sistema circulatório, pois bombeia sangue para as várias regiões do corpo, controla a pressão nas paredes dos vasos e responde às demandas metabólicas e hormonais exigidas pelo organismo (SILVERTHORN, 2009). Os batimentos cardíacos são controlados pelo sistema nervoso autônomo (Figura 2), através de núcleos no tronco cerebral, guiados pelo hipotálamo e estruturas corticais. As duas formas de controle são: 1) descarga simpática ou parassimpática para o coração; e 2) mediação da atividade barorreflexa (MULDER et al., 2005; LOW, 2015).

Figura 2 - Centro cardiovascular



Fonte - Tortora e Derrickson (2012)

A estimulação simpática pode aumentar a frequência cardíaca e a força de contração do músculo cardíaco, o que acarreta aumento de volume de sangue bombeado e aumento da pressão de ejeção. A estimulação parassimpática pelo nervo vagal tem efeito quase que contrário à estimulação simpática, pois pode diminuir os batimentos cardíacos e a força de contração (DOUGLAS, 2010; TORTORA E DERRICKSON 2012).

Há um outro mecanismo de controle do coração, um sistema de condução nervosa intrínseca composto por fibras altamente especializadas que podem gerar espontaneamente um potencial de ação e conduzi-lo por todo o órgão: Nó sinusal ou sinoatrial (SA); Fibras atriais; Nó atrioventricular; Feixe de Hiss ou Fascículo Atrioventricular; Fibras de Purkinje (MULDER et al., 2005; NOGUEIRA; DURANTE; NOGUEIRA 2007; SINGI, 2007; TORTORA E DERRICKSON 2012).

As fases de excitabilidade elétrica do coração estão diretamente relacionadas com as fases de enchimento e ejeção de sangue, e seu monitoramento pode ser feito através do eletrocardiograma (ECG). As ondas de polarização e despolarização do coração podem ser bastante sensíveis ao desconforto térmico (LIU; LIAN; LIU, 2008).

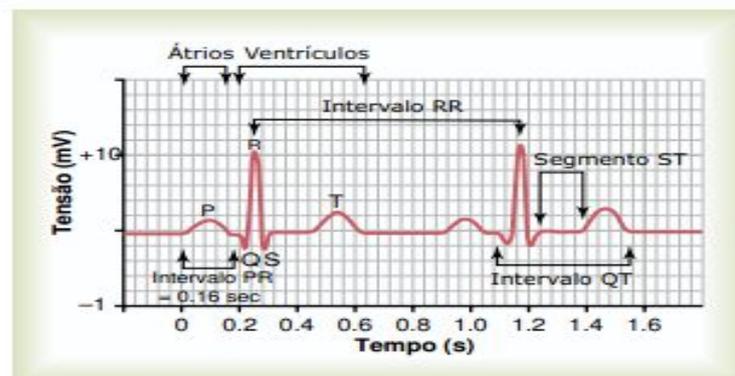
Na prática clínica, além do monitoramento da qualidade das etapas do ciclo, é importante verificar a quantidade de ciclos por minuto, ou seja, a frequência cardíaca (FC). Devido à sua relação direta com o débito cardíaco (quantidade de sangue que será ejetado do coração durante a sístole ventricular), a frequência cardíaca é um importante parâmetro da função de bomba do coração (DETURCK; CAHALIN, 2007).

Em relação à termorregulação, em ambiente quente e úmido a aclimação temporária de humanos inicia-se por uma vasodilatação periférica. Como a quantidade de sangue é constante e não há desvio significativo para outros órgãos, como consequência há redução no débito cardíaco e elevação da FC (COUTINHO, 2005). Segundo Blatteis (2011), com o indivíduo aclimatado, ocorre aumento do volume plasmático, levando ao aumento do débito cardíaco e redução da FC.

Os ciclos cardíacos têm diferentes durações de tempo, resultando em séries temporais de intervalo inter-batidas com padrões característicos e conteúdos de frequência. Estas variações são chamadas de variabilidade da frequência cardíaca (VFC). A VFC avalia o equilíbrio e capacidade do sistema nervoso autônomo (SNA), e pode ser utilizada para avaliação da carga mental, análise da estimulação calórica e medidas de estresse (GRAAF, 2003).

A VFC é mensurada através da medida da distância entre intervalos R-R sucessivos no ECG, Figura 3. A análise das diferentes frequências permite a análise da influência de cada componente. O espectro de alta frequência HF, (0,15 a 0,40 Hz) é afetado pela atividade do nervo vagal (sistema nervoso parassimpático), enquanto o espectro de baixa frequência - LF, (0,04 a 0,15 Hz) está relacionado à atividade dos nervos simpáticos (LIU; POON; ZHANG, 2011). Assim, a relação LF/HF é considerada um indicador de equilíbrio entre os sistemas simpático e parassimpático (MATTHEW et al., 2004; MULDER et al., 2005; LIU et al., 2008).

Figura 3 – Eletromiografia Normal



Fonte - Guyton e Hall, (2006)

A frequência cardíaca é sensível aos ciclos circadianos, à temperatura corporal, ao metabolismo, aos hormônios e aos ritmos intrínsecos gerados pelo coração (SHAFFER et al.,

2014). Segundo Sosnowski et al (2012), durante a realização de uma atividade cognitiva a frequência cardíaca também sofre alterações, sendo determinada pela motivação para a realização da tarefa e pelo grau de dificuldade imposto pela mesma.

A resolução de tarefas mentais pode levar ao aumento tônico da atividade cardiovascular. Como a ativação do sistema cardiovascular é reduzida durante a utilização de bloqueadores do sistema nervoso parassimpático, acredita-se que o aumento da FC pode ser devido ao aumento da ativação simpática. Este aumento está relacionado com a atividade, pois foi identificado que determinadas atividades podem levar ao aumento da frequência cardíaca, da pressão arterial sistólica e da dp/dt (variação de pressão no tempo) carotídeo, variando conforme a exigência da tarefa, sendo maior em tarefas difíceis quando comparadas a tarefas fáceis ou extremamente difíceis (impossíveis). Além disso, a reação cardiovascular ao estresse depende do estressor em si, mas também da forma como se lida com este estresse (SOSNOWSKI et al., 2012).

Segundo Másculo e Vidal (2011), a frequência cardíaca é o parâmetro mais adequado para se mensurar a carga de trabalho, pois a frequência cardíaca tem relação com a carga de trabalho, sendo sensível à temperatura ambiente e influenciada pelo trabalho estático e pela quantidade de músculos envolvidos no trabalho. No estudo de Richmond et al., (2015), a frequência cardíaca foi usada no modelo matemático para predição da temperatura do corpo sob certas condições no local de trabalho.

Liu et al. (2014) acreditam que a variabilidade dos parâmetros cardiovasculares (frequência cardíaca) é capaz de indicar atividade simpática e parassimpática do sistema nervoso autônomo, auxiliando como preditor de morbi-mortalidade de diversos tipos de doenças. Como exemplo, alterações da FC durante e após exercícios pode predizer morte súbita e mortalidade em geral.

O aumento na FC resulta no aumento do débito cardíaco. O débito cardíaco é uma consequência da atividade metabólica, sendo determinado pela necessidade dos tecidos, que se fazem expressar através dos mecanismos metabólicos que produzem: vasodilatação local, diminuição da resistência vascular, aumentando o fluxo local, aumento do retorno venoso e condicionamento do coração (BLATTEIS, 2011; GUYTON; HALL, 2006).

Alterações na FC podem levar a distúrbios no coração, por exemplo, a elevação da pressão das artérias coronárias acima da pressão aórtica, por causa da contração intensa do miocárdio durante a sístole, e a perfusão miocárdica que ocorre somente durante a diástole - período de relaxamento da musculatura (HUGHES, 2009). Distúrbios na FC também podem

significar problemas cardíacos já instalados, como arritmias (DESPOPOULOS; SILBERNAGL, 2003).

A pressão arterial (PA) é a pressão exercida pelo sangue contra a parede das artérias no momento de ejeção pelo coração. O fluxo sanguíneo é influenciado pela pressão gerada pelo coração, através do débito cardíaco, e pela resistência gerada pelos vasos sanguíneos. A pressão gerada pelo coração é transmitida para a artéria aorta, que, dependendo da sua capacidade de dilatação elástica e da resistência ao fluxo, irá refletir a pressão sanguínea no sistema arterial (DETURCK; CAHALIN, 2007).

A hipertensão arterial é uma doença crônica determinada por elevados níveis pressóricos nas veias e artérias, que faz com que o coração exerça maior esforço do que o necessário para fazer circular o sangue através dos vasos sanguíneos. A forma sistêmica de hipertensão é dita como multifatorial, caracterizada pela presença de pressão sistólica e diastólica persistentemente iguais ou acima de 140 e 90 mmHg, respectivamente, podendo estar associada a alterações metabólicas e hormonais e a hipertrofias cardíacas e vascular.

A prevalência de hipertensão arterial aumenta progressivamente com a idade, em ambos os sexos podendo chegar a 5% entre jovens de 18 a 25 anos e mais de 50% na faixa etária acima de 65 anos (ANDRADE, 2015). A morbidade e a mortalidade, em caso de hipertensão arterial, estão associadas ao aumento da pressão arterial e aos fatores como ingestão excessiva de sódio, consumo de álcool, obesidade, estilo de vida, trabalho de alto desgaste e ao estresse (MENDES, 2013). A hipertensão arterial deve ser rastreada principalmente quando aparece antes dos 30 anos de idade, para que se aumente a possibilidade de cura por intervenção cirúrgica ou clínica.

2.6.3 Regulação da temperatura pela pele

Em situações nas quais há aumento de temperatura central do corpo (por exemplo, durante atividades físicas), o calor é transportado do interior do corpo para a pele, afim de ser eliminado por processos físicos de condução, convecção, radiação e evaporação (BLATTEIS, 2011).

A temperatura da pele tem sido amplamente utilizada como um indicador fisiológico na avaliação do estresse térmico e do conforto. No entanto, são observadas diferenças regionais de percepção térmica da pele do ser humano (HAVENITH et al., 2008; SMITH e HAVENITH, 2011; FOURNET et al., 2013). Os resultados de Garret (2015) confirmam maior sensibilidade na região da cabeça, seguida pelo tronco e extremidades. Segundo Nakamura et al. (2008), essa diferença de sensibilidade regional pode se dar porque o sistema

nervoso central atribui fatores de ponderação para cada segmento do corpo, e isso é o que determina as diferenças regionais na sensibilidade e não da densidade de receptores de temperatura.

Segundo Heidarinejad, Fathillahzadeh e Pasdarsahri (2015), o desconforto térmico localizado ocorre, principalmente, por causa do gradiente de temperatura na direção vertical. A explicação seria que a temperatura do ar normalmente aumenta com a altura acima do solo, e se este aumento é suficientemente elevado, o desconforto quente local pode ser sentido na cabeça e / ou o desconforto frio pode ser sentido nos pés, apesar do corpo como um todo estar termicamente neutro. Um outro ponto que deve ser considerado é o fato do sistema termorregulador não responder de forma eficiente quando a pele é submetida a mudanças bruscas de temperatura (LIU et al., 2014).

2.7 Ergonomia e desempenho cognitivo

Estudar as condições de trabalho e seus efeitos sobre o homem é a principal abordagem da Ergonomia, que tem o objetivo de adaptar o trabalho ao ser humano. Desta forma, pesquisas relacionadas ao conforto térmico, feitas em ambientes de trabalho reais ou simulados, vêm sendo desenvolvidas a fim de que melhorias possam ser feitas (CORRÊA e BOLETTI, 2015).

A mente humana tem papel fundamental nas diversas atividades diárias, e diante das recentes organizações do trabalho dotadas de informatização e automatização, certas situações de trabalho têm um componente cognitivo intenso e complexo. Neste sentido, a Ergonomia busca o conhecimento sobre o trabalho e sobre o que é necessário para que todas as tarefas sejam cumpridas nas empresas e instituições e estuda o ser humano em situação de trabalho voltada para aspectos que se enquadram em uma perspectiva baseada na fisiologia e na psicologia (ARAÚJO, 2012).

No contexto cognitivo, a Ergonomia estuda os diversos fatores que influem no desempenho do sistema produtivo, procurando reduzir suas consequências nocivas sobre o trabalhador, como a fadiga, estresse, erros e acidentes, proporcionando segurança, satisfação e saúde aos trabalhadores (IIDA e BUARQUE, 2016). A Ergonomia Cognitiva busca compreender como o indivíduo gerencia a situação de trabalho e as informações que recebe, para que se possa intervir em situações de risco de doenças (CORRÊA e BOLETTI,2015).

A avaliação psicológica baseada na neuropsicologia cognitiva objetiva explicar os processos subjacentes às atividades mentais superiores do ser humano, correlacionando-os com o funcionamento neurológico (PRIMI; GUNTERT; ALCHIERI, 2002). Com este fim,

diferentes testes com abordagem em áreas como atenção, processamento espacial, linguagem oral, linguagem escrita, funções executivas e habilidades aritméticas, foram desenvolvidos, sendo diversos deles informatizados, facilitando o registro de parâmetros como tempo de reação e duração da resposta.

Com base em estudos como os de Lan et al. (2011), Bakó-Biró et al. (2007), Vasconcelos (2013) e Siqueira (2015), observou-se que é possível avaliar o desempenho de atividades não repetitivas com o auxílio de testes psicométricos associados às funções cognitivas solicitadas para a realização do trabalho. A relação entre a função cognitiva e a reatividade ao estresse térmico, considerando variáveis cardiovasculares, ainda gera bastante questionamento, e esta relação pode ser um potencial indicador para se refletir o efeito das medidas de temperatura na saúde humana e no conforto térmico (XIONG, 2015).

2.8 Bateria de Prova de Raciocínio (BPR-5)

Os modelos mais recentes sobre a estrutura da inteligência sugerem que as capacidades humanas se organizam hierarquicamente em pelo menos dez áreas amplas de raciocínio, sendo estas:

- a) **Inteligência Fluida (Gf)** - ligada às operações mentais de raciocínio em situações novas minimamente dependentes de conhecimentos adquiridos;
- b) **Conhecimento Quantitativo (Gq)** - ligada ao estoque de conhecimentos declarativos e de procedimentos quantitativos e à habilidade de uso da informação quantitativa e de manipular símbolos numéricos;
- c) **Inteligência Cristalizada (Gc)** - ligada à extensão e profundidade dos conhecimentos adquiridos de uma determinada cultura;
- d) **Leitura e Escrita (Grw)** – ligada ao conhecimento adquirido em habilidades básicas requeridas na compreensão de textos e expressão escrita;
- e) **Memória de Curto Prazo (Gsm)** - ligada à habilidade associada à manutenção de informações na consciência por um curto período de tempo;
- f) **Processamento Visual (Gv)** - ligado à habilidade de gerar, perceber, armazenar, analisar, manipular e transformar imagens visuais;
- g) **Processamento Auditivo (Ga)** - ligada à habilidade associada à percepção, análise e síntese de padrões sonoros;
- h) **Armazenamento e Recuperação da Memória de Longo Prazo (Glr)** - definido como a extensão e fluência com que itens de informação ou conceitos são recuperados por associação da memória de longo prazo;

i) **Velocidade de Processamento (Gs)** - relacionada à habilidade de manter a atenção e realizar rapidamente tarefas simples automatizadas em situações que necessitam foco e atenção;

j) **Rapidez de Decisão (Gt)** - ligada à rapidez em reagir ou tomar decisões envolvendo processamentos mais complexos.

Neste contexto, a Bateria de Provas de Raciocínio (BPR-5) é um instrumento que pode ser usado para avaliação das habilidades cognitivas (PRIMI; GÜNTERT; ALCHIERI, 2002; VASCONCELOS, 2013).

A BPR-5 oferece estimativas do funcionamento cognitivo geral e dos pontos fortes e fracos em cinco áreas específicas, analisadas por meio de cinco subtestes: Raciocínio Abstrato (RA), Raciocínio Verbal (RV), Raciocínio Mecânico (RM), Raciocínio Espacial (RE) e Raciocínio Numérico (RN) (PRIMI; GÜNTERT; ALCHIERI, 2002).

O subteste RA associa-se principalmente à inteligência fluida (Gf), definida como capacidade de raciocinar em situações novas, criar conceitos e compreender implicações. O subteste RV associa-se à inteligência fluida e à inteligência cristalizada (Gc), definida como extensão e profundidade do conhecimento verbal vocabular, e à capacidade de raciocinar utilizando conceitos previamente aprendidos. O subteste RN associa-se à inteligência fluida e em parte à habilidade quantitativa (Gq), definida como a compreensão de conceitos quantitativos básicos como soma, subtração, multiplicação, divisão e manipulação de símbolos numéricos. O subteste Raciocínio Espacial associa-se em parte à inteligência fluida, mas, principalmente, à capacidade de processamento visual, definida como a habilidade de representar e manipular imagens mentais. O subteste RM associa-se em parte à inteligência fluida e aos conhecimentos práticos mecânicos (ALMEIDA & PRIMI, 2004).

Para pontuação dos raciocínios, os escores brutos, constituídos pela soma dos acertos em cada subteste, são convertidos em EPNs (Escore-Padrão Normalizados), com média 100 e desvio padrão 15. Também é convertido em EPN o total de acertos em todos os subtestes da bateria. Além da pontuação em EPN, o teste também fornece os valores em percentuais, para que seja possível a comparação de acertos dos 43 assuntos em relação ao grupo original de padronização da bateria, tanto para os cinco subtestes, quanto para o escore do total de acertos. Portanto, o BPR-5, através da configuração das cinco notas, indica as capacidades mais e menos desenvolvidas da pessoa para cada uma das habilidades avaliadas (PRIMI; GÜNTERT; ALCHIERI, 2002; VASCONCELOS, 2013).

2.9 Estudos precedentes

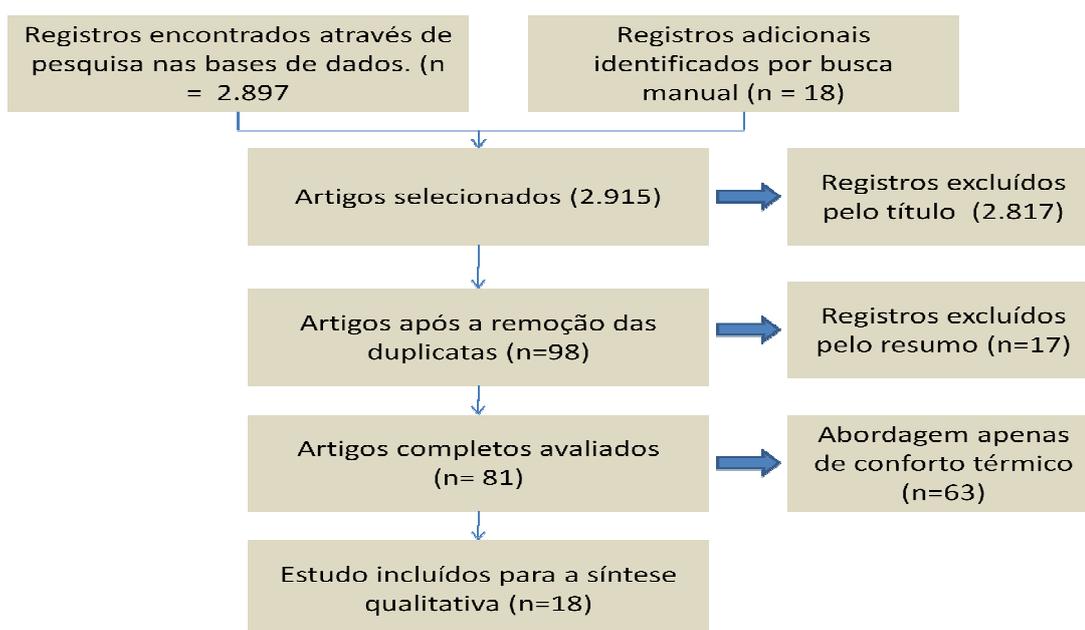
Com o objetivo de identificar, selecionar e avaliar criticamente os estudos envolvendo o tema de pesquisa, foi realizada uma revisão sistemática com os três eixos da pesquisa: conforto térmico, desempenho cognitivo e parâmetros cardiovasculares. Foi utilizado o protocolo *Statement for Reporting Systematic Reviews* (PRISMA), que consiste em um guia prático, contendo uma lista de verificação de itens considerados essenciais para a estruturação de revisões sistemáticas e meta-análises (LIBERATI *et al.*, 2009).

2.9.1 Protocolo de revisão

A busca foi realizada nas bases de dados digitais *Web of Science* e *Science Direct*, considerando apenas artigos no idioma inglês. As palavras-chave utilizadas foram: Thermal comfort; productivity and/or thermal comfort; thermal environment productivity classroom; cognitive and/or performance; performance and/or cardiovasc. Foram utilizados como filtros: idioma - apenas artigos publicados em inglês, e data de publicação – artigos dos últimos 10 anos (2006 - 2016). Foram desconsiderados trabalhos realizados com animais, plantas, idosos ou pessoas em circunstâncias patológicas.

Os artigos selecionados foram submetidos à análise. Excluíram-se os textos referentes a títulos e resumos inadequados ao tema desta pesquisa. A Figura 3 ilustra o fluxograma que resume o procedimento aplicado.

Figura 4 - Fluxograma da revisão sistemática



Fonte - Elaborada pela autora, (2016)

Foram identificados 18 trabalhos com pesquisas envolvendo conforto térmico e desempenho cognitivo, dos quais doze consideraram algum tipo de parâmetro fisiológico. Eles foram avaliados quanto à metodologia aplicada no experimento, parâmetros ambientais considerados, parâmetros fisiológicos considerados, e instrumentos de avaliação cognitiva utilizados. Destes, apenas seis consideraram parâmetros de frequência cardíaca e/ ou pressão arterial, sendo apenas o de Siqueira (2015) que pode concluir algum tipo de relação entre o desempenho cognitivo e a frequência cardíaca. Seus experimentos foram realizados na Paraíba e em São Paulo.

Além destes estudos, outros trabalhos foram revisados, cuja temática envolvia apenas a relação entre fisiologia e o ambiente térmico. O objetivo de tais estudos foi determinar parâmetros fisiológicos para a determinação do conforto térmico.

2.9.2 Trabalhos que não consideraram parâmetros fisiológicos

Nesta seção, foram analisados os artigos lidos cujos trabalhos não consideraram parâmetros fisiológicos dos indivíduos submetidos a testes cognitivos. Sua leitura permitiu uma visão mais abrangente das iniciativas acadêmicas na área de interesse.

O desempenho escolar de crianças de 10 a 12 anos de idade foi medido durante experimentos realizados por Wargocki e Wyon (2006), envolvendo a melhoria da qualidade do ar e a redução da temperatura do ar, separadamente. Os resultados mostraram que, dobrando-se a taxa de ventilação, tem-se um aumento no desempenho escolar de 8 a 14%, enquanto que a redução da temperatura em 1 °C implicou em um aumento de 2 a 4%, dependendo da natureza da tarefa. Os autores, entretanto, ressaltam a necessidade de quantificar como os efeitos sobre cada tarefa, individualmente, podem afetar o aprendizado como um todo. Como uma das principais limitações deste trabalho, pode-se citar que os testes cognitivos não são bem detalhados, e o estudo foi realizado (apenas) em uma região (muito) fria da Dinamarca.

Em um estudo realizado por Lee et al. (2012), foi observada a relação entre a qualidade do ambiente interno (temperatura, conforto térmico, qualidade do ar, iluminação e ruído) de algumas salas de aula universitárias em relação ao desempenho na aprendizagem de estudantes de engenharia. Cada sessão do experimento tinha duração de 3 horas, com uma pausa de 20 minutos. As variáveis ambientais eram aferidas a cada 30 minutos, enquanto os alunos respondiam um questionário para avaliação subjetiva das quatro variáveis ambientais estudadas, assim como faziam comentários sobre o seu desempenho na aprendizagem. Além disso, os alunos classificaram subjetivamente seu desempenho em quatro atividades

relacionadas à aprendizagem, sendo elas cálculo, leitura, compreensão e digitação, em uma escala de porcentagem (0%, 15%, 30%, 50%, 70%, 85% e 100%). O estudo concluiu que as variáveis ambientais tinham correlação com as queixas relacionadas ao desempenho na aprendizagem. As médias no desempenho para cálculo, leitura, compreensão e escrita foram de 58% (DP = 20%), 58% (DP = 18%), 60% (DP = 18%) e 52% (DP = 22%), respectivamente, havendo diferença significativa no desempenho em digitação. Em relação ao conforto térmico, o ambiente apresentou temperatura média de 22,1 °C (DP=1,5). Dos 312 entrevistados, 261 demonstraram aceitação ao ambiente térmico, ficando 88% dos votos entre -1 e 1 (de levemente frio a levemente quente). Além de não considerar parâmetros fisiológicos, como principal limitante deste trabalho pode-se citar o fato dos autores não terem considerado uma ferramenta padrão para medir desempenho cognitivo.

A pesquisa realizada por Vasconcelos (2013) verificou a influência do ambiente térmico sobre o desempenho de alunos de uma escola de cadetes da Polícia Militar. Os alunos foram submetidos ao BPR-5, que avaliou seu raciocínio em cinco áreas específicas: raciocínio verbal, abstrato, mecânico, espacial e numérico. Os testes foram aplicados durante três sessões sob diferentes temperaturas: 20, 24 e 30 °C. Os parâmetros ambientais (temperatura de bulbo seco, temperatura bulbo úmido, temperatura de globo, umidade e velocidade do ar) foram mensurados durante todo o experimento. Os parâmetros subjetivos, como sensação térmica e preferência térmica dos estudantes pesquisados, foram obtidos a partir da aplicação de questionário sobre a percepção, avaliação e preferência térmica dos estudantes, baseados nas escalas de 7 pontos de percepção e preferências da norma ISO 10551/1995. O estudo possibilitou determinar as temperaturas ideais para as sensações de neutralidade térmica e conforto, de aproximadamente 23 e 21 °C, respectivamente. Além disso, o trabalho possibilitou verificar, através de Modelos Lineares Generalizados (MLG), que as temperaturas de bulbo seco, temperatura de globo e umidade relativa do ar exercem influência no desempenho geral dos cadetes.

Considera-se que o trabalho de Vasconcelos limita-se apenas por não considerar os parâmetros fisiológicos dos soldados. A amostra foi bastante homogênea em relação às características pessoais (idade, IMC, altura, vestimenta), por se tratar de uma escola de cadetes, porém havia um número reduzido de mulheres (15%).

Cui, W et al. (2013) investigaram a influência da temperatura e da motivação sobre o desempenho humano. O estudo avaliou dois grupos de 36 adultos chineses (18 homens e 18 mulheres) expostos a diferentes condições climáticas em salas de escritórios. Os parâmetros ambientais (temperatura, velocidade do ar e umidade) foram controlados, foram feitas

medidas subjetivas (percepção térmica, carga de trabalho e desempenho) e foi dado incentivo financeiro aos participantes. As temperaturas do ambiente foram ajustadas para os valores de 22, 24, 26, 29 e 32 °C.

O estudo teve como resultado a identificação da temperatura neutra (24 °C), na qual as atividades são desempenhadas sem influência significativa da temperatura no desempenho. Fora desta faixa, o aprendizado foi afetado pela temperatura. Os autores concluíram que ambientes quentes são mais prejudiciais para o desempenho quando comparados com temperaturas abaixo de 24 °C. Os autores sugerem que mudanças no desempenho poderiam ser melhor explicadas pela mudança de motivação do que pela mudança de temperatura. O incentivo financeiro para a realização dos testes introduz uma nova variável na análise, que pode mascarar o real comportamento dos participantes em uma situação mais usual em que não se verifica incentivo cotidiano para execução de tarefas.

Vimalanathan e Babu (2014) investigaram a influência da temperatura e de iluminação sobre a produtividade. O experimento foi realizado em laboratório com 10 alunos de graduação do curso de engenharia, os quais foram submetidos a testes neuro comportamentais que avaliam memória, velocidade de leitura e de cálculo, sequência e interpretação. Durante o teste, a temperatura foi ajustada para os valores de 17, 21 e 28 °C, e os níveis de iluminação foram ajustados para os valores de 500, 750 e 1000 lux.

Foram feitas medidas de temperatura do ar, iluminação e umidade relativa. A medição de desempenho foi feita pelo tempo de reação de gravação e erros cometidos no teste. Observou-se que a temperatura do interior da sala contribuiu em 25,05% para os erros. A iluminação contribuiu com 5,12% no desempenho do teste. Efeito da interação de temperatura interior e iluminação também tem significativo efeito (10,78%) sobre o desempenho. A conclusão do trabalho foi que a temperatura e iluminação possuem influências no desempenho dos alunos. No entanto, a temperatura interior teve significativamente mais efeito sobre o desempenho que qualquer efeito independente ou combinado da iluminação.

As limitações dos estudos de Vimalanathan e Batu são a falta de verificação de parâmetros físicos sobre o desempenho cognitivo, a população do estudo ser pequena e a realização do experimento em ambiente simulado.

A pesquisa de Mishra e Ramgopal, (2015) teve como objetivo verificar as diferenças estatísticas no desempenho de alunos de graduação em salas de aula com diferentes padrões de conforto térmico. Cinquenta alunos universitários, de cursos diferentes, foram selecionados e acompanhados durante o período de aula que ocorreram em dois edifícios diferentes, sendo um com ventilação natural e o outro com ar condicionado. As temperaturas nos dois prédios

foram consideradas como fator importante. No caso do ambiente com ar condicionado, a temperatura foi ajustada em 24 °C, e no ambiente com ventilação natural observou-se uma temperatura ambiente de 28 °C.

Foi avaliado estatisticamente o desempenho dos alunos em seus exames escolares, juntamente com a sensação de conforto térmico. O resultado sugere que em ambos tipos de sala de aula, os alunos apresentaram níveis similares de satisfação. Da mesma forma, os dados sobre o desempenho de aprendizagem nos dois tipos de salas não foram significativamente diferentes.

A falta de controle de variáveis é uma limitação importante do trabalho, pois no ambiente com ventilação natural não há controle da umidade ou velocidade do ar. O autor não identificou se os exames escolares eram os mesmos e não houve medida de parâmetros fisiológicos.

2.9.3 Trabalhos que consideraram apenas a temperatura do corpo

A pesquisa realizada por Bakó-Biro (2007) teve como principal objetivo investigar a relação entre a saúde, o bem-estar e o desempenho dos alunos, e a qualidade do ar em várias escolas primárias no sul da Inglaterra. Os experimentos foram realizados em duas salas de aula por escola, sob condições normais e após a instalação de um sistema para controlar a taxa de ventilação e manter a temperatura dentro de certos limites (entre 16 °C e 27 °C). A concentração de CO₂ (0-5000 ppm – partes por milhão), temperatura do ar, temperatura de globo, umidade relativa (UR), velocidade do ar e nível de luz foram monitorados continuamente em cada sala de aula, simultaneamente à aplicação de questionários de auto-avaliação, percepção ambiental, conforto e saúde. Dois testes de desempenho diferentes foram administrados aos alunos em cada escola: testes tradicionais de adição, subtração e de leitura (em papel), assim como um teste para avaliar eventuais mudanças no desempenho cognitivo dos alunos sob diferentes condições de qualidade do ar.

O estudo de Bakó-Biro observou um impacto significativo da ventilação sobre o desempenho no trabalho escolar dos alunos, proporcionando uma melhora de 5,1% e 5,8% para os testes de adição e subtração respectivamente, chegando a 7% no caso dos alunos com melhores competências em matemática.

Lan et al (2009) pesquisaram sobre a influência das variações da temperatura sobre o comportamento neural e sobre a produtividade. O experimento foi realizado em ambiente de escritório durante dias consecutivos, com os seguintes valores de temperatura: 19, 24, 27 e 32 °C. O experimento foi realizado com 24 participantes, aos quais foi aplicado uma bateria de

testes neuro comportamentais para avaliação de emoções, cognição (percepção, memória, pensamento e expressão) e função executiva. Além de mensurar as funções mentais, foram coletados parâmetros ambientais (temperatura do ar, umidade e temperatura de globo), parâmetros de conforto térmico (voto de sensação térmica) e parâmetros fisiológicos (temperatura de superfície da pele).

Os resultados deste estudo sugerem que as tarefas foram realizadas mais rapidamente em temperaturas elevadas, próximas dos 32 °C, e mais lentamente em 19 °C. O desempenho nas tarefas foi de 5 a 15% inferior em temperaturas de 18 °C do que em 24 °C. O desempenho de raciocínio condicional, cálculo numérico e reconhecimento de imagens foi mais baixo em 27 °C do que em 32 °C. Desta forma, os autores concluíram que o calor moderado afeta negativamente o desempenho mental quando comparado com temperaturas superiores. Ainda, que a temperatura ambiente afeta o desempenho da tarefa diferentemente, dependendo do tipo da tarefa.

A principal limitação do estudo de Lan foi considerar apenas temperatura da pele como parâmetro fisiológico.

Zhao, Zhu e Lu, (2009), com objetivo de estabelecer um modelo matemático para a produtividade com base na tolerância ao calor, estudaram a influência do ambiente térmico e o trabalho físico sobre a produtividade. O experimento foi desenvolvido em câmara de teste construída para a simulação, com dois condicionadores de ar ajustados em um de seis valores de temperatura (30, 32, 34, 36, 38 ou 40 °C). A umidade foi controlada em um dos seguintes valores: 40%, 60%, 80% e 90%. Os participantes, em um total de 206, tinham faixa etária entre 19 e 26 anos, eram saudáveis e submeteram-se a atividades físicas predefinidas como levantamento de halteres, instalação de acessórios para tubos, leitura e digitação. A produtividade foi calculada como a proporção do desempenho de trabalho em ambiente extremo e o desempenho do trabalho em ambiente confortável, ao mesmo tempo, durante o processo do estudo.

Nesse estudo, foram mensurados a cada 15 minutos parâmetros ambientais de temperatura do ar, velocidade, umidade e IBUTG (Índice que avalia exposição ao calor, regulamentado pela norma NR- 15). Medidas fisiológicas incluíram temperatura da pele, temperatura da boca, frequência cardíaca, taxas metabólicas, taxa de sudorese, frequência respiratória, pressão arterial e índices de sensação térmica. O resultado do estudo é um modelo de regressão linear de produtividade em função do IBTGU e tempo de tolerância à sensação de calor. Segundo o estudo, o efeito de curva de regressão é significativa e a função

de regressão dá importante significado estatístico e valor prático na determinação do tempo e previsão da produtividade em ambiente quente e úmido.

O estudo tem como principais limitações a aplicação de temperatura fora da zona de conforto térmico e considerar atividade física juntamente com atividades cognitivas.

O estudo realizado por Tham et al. (2010) teve como objetivo identificar a relação entre os parâmetros térmicos e o estado de alerta mental das pessoas, através da percepção do ambiente térmico. O experimento foi realizado em 3 faixas de temperatura: 20°C (moderadamente frio), 23°C (neutro) e 26°C (moderadamente quente); cada sessão teve duração de 4 horas, em que os participantes foram submetidos a uma série de testes de desempenho mental (excitação/estado de alerta, concentração, criatividade e raciocínio). Apenas os resultados referentes à excitação e estado de alerta foram considerados na análise, sendo avaliados através de um teste originalmente conhecido como Testes de Trilhas, capaz de analisar a capacidade de sequenciamento, flexibilidade mental, procura visual e função motora. Os maiores índices de conforto térmico foram observados no ambiente com temperatura de 23°C. Entretanto, observou-se que sob condições moderadamente quentes (26°C), os participantes apresentaram maior nível de excitação, obtendo melhor desempenho em velocidade e precisão. A relação derivada dos votos subjetivos de percepção dos participantes indicou maior satisfação sob temperatura de 24,2°C.

Pode-se destacar como fator limitante do trabalho a estreita faixa de variação da temperatura aplicada no experimento. Como a temperatura de 26 °C está muito próxima da temperatura “ideal” referida pelos participantes, o calor moderado não foi suficiente para gerar desconforto.

Zhang et al. (2010) investigaram os efeitos de produtividade associados à eficiência do sistema TAC (sistema de tarefas-ambiente controlado) e a relação entre a velocidade do ar perto do rosto e a percepção da qualidade do ar pelo operador. O objetivo maior do experimento foi quantificar a capacidade do sistema TAC relativo à produtividade do indivíduo para reduzir o uso de energia elétrica em um edifício. Participaram do ensaio 18 voluntários de ambos os sexos, que foram submetidos a testes cognitivos em uma câmara climatizada com temperatura variando entre 30, 28 25, 20 e 18 °C. A produtividade foi avaliada com provas de matemática, destreza, leitura e pensamento criativo. Foram medidos parâmetros térmicos ambientais (temperatura do ar, velocidade do ar, iluminação e umidade), parâmetros fisiológicos (temperatura interna, medida com rádio transdutor, e temperatura da pele) e parâmetros subjetivos (sensação térmica, conforto, aceitabilidade do ambiente térmico,

e qualidade do ar percebida). No trabalho, concluiu-se que a temperatura do ar tem grande influência sobre a produtividade.

Uma limitação deste estudo é a mudança da ventilação e de temperatura do ar apenas nas regiões das mãos, tornozelos e cabeça, o que proporcionou desconforto localizado, mas não suficiente para gerar mudanças globais no corpo dos participantes.

Schellen et al. (2012) estudaram a influência das condições ambientais não uniformes sobre o conforto térmico, a produtividade e as diferenças de gênero em termofisiologia. Participaram do ensaio experimental 20 indivíduos saudáveis que foram expostos a duas condições experimentais diferentes: a convecção situada de arrefecimento e a situação de resfriamento radiante (resfriamento convectivo ocorrido através de um aumento da velocidade do ar). Foram medidas as respostas fisiológicas: temperatura da pele e temperatura interna. Os parâmetros ambientais medidos foram temperatura do ar, umidade e velocidade do ar. A produtividade foi avaliada usando a Medição de Desempenho Remoto (RPM). O estudo permitiu concluir que as mulheres sentem mais desconforto e insatisfação quando comparadas aos homens, e que não houve influência significativa da temperatura ambiente sobre a produtividade.

Este estudo foi realizado considerando principalmente o parâmetro velocidade do ar para promover a temperatura desejada, de forma que a percepção térmica do ambiente pode ser modificada por sofrer influência da movimentação do ar.

2.9.4 Trabalhos que consideraram frequência cardíaca como parâmetro fisiológico

Mäkinen et al (2006) investigaram os efeitos da exposição ao frio não hipotérmico e seu efeito sobre o desempenho cognitivo. Os autores avaliaram também a associação destes parâmetros com a termorregulação. O estudo foi realizado na Finlândia, com 10 homens expostos às temperaturas de 25 e 10 °C em câmaras climatizadas, durante os tempos respectivos de 90 min e 120 min, durante os quais foi aplicado o programa de testes ANAM, traduzido para o finlandês. O teste avaliou a quantidade de acertos e o tempo de resposta para o cálculo de desempenho cognitivo. Além destes, foi mensurada a capacidade de atenção e concentração sustentada, aprendizagem verbal e facilidade numérica e simbólica. Os parâmetros fisiológicos medidos foram frequência cardíaca, pressão arterial, temperatura da pele, temperatura retal e VO_2 (consumo de oxigênio durante uma atividade).

O resultado da pesquisa chegou a um modelo do desempenho cognitivo e termorregulação, com o qual pode-se concluir que a exposição ao frio foi associada à maior precisão das respostas, mas também os tempos de resposta foram mais longos, levando

a uma diminuição da eficiência. Em contraste, alguns dos parâmetros termorreguladores foram preditores independentes de uma deterioração da precisão, mas com um tempo de resposta mais curto, o que leva a um aumento da eficiência. Nenhum padrão claro de efeito do frio sobre uma tarefa cognitiva específica (por exemplo, memória de curto prazo, atenção, funções executivas) foi observado. A eficiência para a realização das tarefas cognitivas foi significativamente melhorada. Os tempos de resposta diminuíram durante o período de 10 min, ambos sob controle e exposições ao frio, sugerindo um efeito de aprendizagem. As pequenas mudanças observadas na termorregulação, sensações térmicas e desconforto tinham pouco ou nenhum efeito no desempenho cognitivo. O trabalho sugere que a exposição ao frio moderado afeta negativamente o desempenho cognitivo através dos mecanismos de distração e tanto positiva como negativamente através dos mecanismos de excitação causados pela exposição ao frio.

O experimento considerou uma larga faixa de temperatura abaixo da zona de conforto térmico. A longa exposição a temperaturas baixas pode causar repercussões físicas nos indivíduos, o que de fato influenciará em seu desempenho. A amostra foi pequena e considerou apenas indivíduos do sexo masculino.

Lan, Lian e Pan (2010) novamente investigaram o efeito da temperatura sobre a produtividade de 21 voluntários em ambiente de escritório. O experimento foi realizado em dias consecutivos, com as temperaturas de 17, 21 e 28 °C em cada dia. Foi aplicado um teste neuro comportamental para mensurar produtividade, a escala de Nasa-TLX para avaliação de carga de trabalho, a sensação térmica na escala de ASHARAE, emoções no Profile of Mood State, e bem estar e motivação com escala de LIKET. Medidas fisiológicas de frequência cardíaca e atividade eletromiográfica, e medidas ambientais de temperatura do ar, temperatura de globo, umidade e velocidade do ar também foram coletadas durante o experimento.

O resultado do estudo sugere neutralidade térmica em 21 °C e conclui que as emoções, estado de humor, bem estar, motivação e carga de trabalho são afetados significativamente pela temperatura. Nenhum efeito significativo da temperatura do ar foi observada sobre o desempenho da maioria dos testes neuro comportamentais.

O estudo foi realizado em ambiente real, o que deve ser considerado de forma positiva. Os participantes recebem uma motivação financeira para participarem do experimento, o que pode interferir no resultado. Apesar dos autores medirem a frequência cardíaca, o modelo obtido não considerou parâmetros fisiológicos.

O estudo de Lan et al. (2011) teve como objetivo estabelecer uma relação quantitativa entre o ambiente térmico (sensação térmica de votos) e o desempenho, bem como examinar o

efeito de desconforto térmico no desempenho de uma grande variedade de tarefas de desempenho. O experimento foi realizado em um escritório com uma área total de 18m² em operação, tendo sido adaptado para o experimento. Duas condições térmicas foram criadas, ajustando-se a temperatura no escritório para 22 e 30 °C. Um nível de ruído de 50 dB e uma taxa de ventilação de 10 L/s por pessoa foram mantidos constantes. Os participantes (n=12) foram remunerados para se submeter aos testes neuro comportamentais e às tarefas adaptadas pelo experimento, além de responderem ao questionário subjetivo sobre a preferência térmica.

O experimento foi realizado durante duas semanas, de segunda a quinta-feira, com duração de 4,5 h transcorridas durante a tarde. Durante o experimento, os voluntários opinaram várias vezes sobre sua percepção da qualidade do ar, conforto térmico, sintomas da síndrome do edifício doente (SBS), emoção, fadiga, desempenho e carga de trabalho. Parâmetros fisiológicos também foram medidos, incluindo temperatura da pele, frequência cardíaca, concentração de dióxido de carbono (CO₂), bio marcadores na saliva, e volume lacrimal. O teste de Tsai-Partington foi utilizado para medir o nível de excitação. Temperatura do ar, umidade relativa, concentração de dióxido de carbono (CO₂), taxa de ventilação, intensidade da luz e ruído foram medidos.

O estudo concluiu que o desempenho nas tarefas de escritórios e no teste neurocomportamental diminuiu na temperatura de 30 °C, em comparação com a condição de 22 °C. Observou-se também aumento da frequência cardíaca, na taxa de ventilação respiratória e do desconforto ocular. O ajuste da temperatura se deu através do controle da ventilação.

O estudo realizado por Zhang et al. (2014) teve como objetivo a compreensão das respostas humanas às mudanças graduais de temperatura e umidade, ou seja, estabelecer modelos capazes de prever as respostas humanas às mudanças ambientais, e com isso estabelecer condições aceitáveis de ambientes em áreas quente-úmidas da China. O estudo foi realizado em Guangzhou, no mês de setembro, com 30 alunos universitários que nasceram na região e portanto adaptados ao clima. Os mesmos foram submetidos a temperaturas ditas como neutra de 26 °C e quentes de 29 e 32 °C, em câmaras climáticas. De acordo com as condições experimentais, foram calculados os índices térmicos PMV e PPD para roupas de verão e atividade sedentária. Foram medidos parâmetros fisiológicos (temperatura da pele e frequência cardíaca), de conforto e aceitabilidade térmica, em escala de 7 pontos de 'Muito seco' para 'Muito úmidos' adaptado, e ambientais (velocidade, umidade e temperatura). O desempenho foi avaliado com testes neuro comportamentais. Os resultados sugeriram que as respostas psicológicas chegam a ocorrer em tempo menor quando comparadas às respostas fisiológicas. Superações ocorrem sob aquecimento súbito e não ocorrem sob arrefecimento

súbito. Tanto a temperatura da pele como sua taxa de mudança ao longo do tempo têm significativo impacto sobre a sensação térmica, e sobre as relações entre respostas fisiológicas e psicológicas nas temperaturas do experimento.

Este estudo tem metodologia bem estruturada, porém foi realizada em câmara climatizada, o que não evidencia as dificuldades enfrentadas nos ambientes de trabalho reais.

Siqueira (2015) investigou a relação entre os parâmetros cardiovasculares (frequência cardíaca e pressão arterial) e o desempenho cognitivo de alunos submetidos à variação de temperatura do ar em ambientes de ensino. Os ensaios experimentais foram realizados em salas de aula de universidades, em dias seguidos com temperaturas respectivas de 20, 24 e 28 °C. Os alunos foram submetidos ao teste cognitivo BPR-5. Foram medidos temperatura do ar, temperatura radiante média, velocidade do ar e pressão parcial do vapor de água no ar ambiente. Parâmetros fisiológicos como pressão arterial e frequência cardíaca foram aferidos durante os testes. Para a sensação térmica e avaliação térmica, foi utilizada a escala de 7 pontos de percepção e preferências da norma ISO 10551/1995. Também foram calculados os índices de PMV e PPD.

O experimento demonstrou que, com 89% dos votos, a temperatura de 28 °C foi a menos aceita pelos estudantes. Além do desconforto térmico deste dia, a alta temperatura foi suficiente para causar diferenças significativas na frequência cardíaca, mas não na pressão arterial, que se apresentou similar nas diferentes temperaturas. A temperatura média de 28 °C também gerou alterações no desempenho cognitivo. A temperatura de neutralidade térmica foi calculada para esta população, sendo 24 °C com base em um modelo de predição. Com a sensação térmica de neutralidade, foi previsto o valor da FC média, que esteve próxima a 70 bpm. Observou-se que nos dias 2 e 3, nos quais as temperaturas eram mais elevadas, menores tempos foram gastos para a realização dos testes. Com este estudo, também foi possível desenvolver um modelo relacionando o desempenho cognitivo de alunos universitários com frequência cardíaca, pressão arterial e temperatura do ar.

O experimento de Siqueira tem como limitação principal o fato de não serem consideradas as regiões mais quentes do país, que são a região norte e nordeste, pois foram realizados em João Pessoa e São Carlos, apenas.

Xiong et al. (2016) exploraram as respostas fisiológicas e bioquímicas humanas com o objetivo de encontrar indicadores potenciais para o efeito de níveis de temperatura na saúde humana e conforto térmico. O experimento foi realizado em uma câmara climática, na qual foram realizadas três condições de temperatura (S5: 32, psicológica 37 e 32 °C, S11: 26, 37 e 26 °C, e S15: 22, 37 e 22 °C). A umidade relativa do ambiente foi controlada na faixa de

30% a 70%. A velocidade do ar foi mantida em 0,1 m/s, a temperatura radiante média permaneceu próxima à temperatura do ar durante o experimento. 24 pessoas participaram do experimento, dos quais foram avaliados os parâmetros imunológicos como interleucina – 6 (IL-6) e HSP70, proteína relacionada ao estresse térmico e fisiológicos, como temperatura oral, temperatura cutânea, saturação de O₂ no sangue e taxa de respiração, frequência cardíaca e variabilidade da frequência cardíaca.

Os autores buscaram encontrar indicadores potenciais para o efeito de níveis de temperatura na saúde humana e conforto térmico: observar características dinâmicas de respostas bioquímicas e fisiológicas humanas a mudanças graduais de temperatura e estudar a relação entre as percepções subjetivas e parâmetros objetivos. Os autores concluíram que IL-6 e HSP70 são sensíveis às variações de temperatura e que os parâmetros IL-6, HSP70 e a frequência cardíaca refletem a atividade do sistema simpático e parassimpático e sua sensibilidade à temperatura de passo.

O uso da temperatura de passo usada na metodologia de Xiong et al. evidência o que ocorre de forma corriqueira nos ambientes de trabalho e escolas: as mudanças bruscas de temperatura que os indivíduos sofrem nas mudanças de ambiente. O experimento considerou vários parâmetros fisiológicos, o que forneceu subsídios para quantificar as variações ocorridas no organismo dos participantes. No entanto, não houve avaliação da atividade cognitiva do participante.

Com o objetivo de facilitar a assimilação desta revisão do estado da arte no tema de pesquisa, a tabela a seguir resume as características dos trabalhos abordados.

Tabela 1 - Resumo dos artigos revisados

Autor	T (°C)	Índice de conforto térmico	de	Parâmetros fisiológicos avaliados	Instrumento para avaliação de desempenho	Resultados	Limitações
MÄKINE N et al., 2006.	10°C e 25 °C	Não avaliou		Fc, temperatura da pele, temperatura retal e VO ₂ .	Anam	Com o aumento da ventilação, obteve-se um aumento no desempenho escolar. Com a redução da Ta, obteve-se aumento do desempenho	Não há detalhamento do teste cognitivo; realização do experimento apenas em regiões frias.
WARGO CKI E WYON, 2006.	24 °C e 27°C	Não avaliou		Não avaliou	Exames escolares	A redução da temperatura em 1 °C aumenta o desempenho dos alunos em até 4%, nas tarefas escolares. O aumento da ventilação dentro da sala de aula também influenciou no aumento do desempenho.	Considerou exames escolares para medida de desempenho.
BAKO BIRÓ, 2007.	Não avaliou	Conforto Térmico		Temperatura da pele.	Teste Matemático e de Leitura	Verificou a influência da ventilação sobre o desempenho cognitivo, havendo melhora significativa nos testes de adição e subtração.	O estudo considerou como variável apenas a velocidade do ar. A temperatura da pele, único parâmetro fisiológico aferido,

							não pôde entrar no modelo matemático sugerido pelo autor.
LAN et al., 2009.	19°C, 24°C, 27°C e 32°C	Voto de sensação térmica	Temperatura da pele.	da	Teste Neurocomportamental	Houve melhor desempenho em ambientes mais quentes devido à necessidade de finalizar a tarefa. O calor moderado causou lentidão nos participantes, afetando o desempenho.	Parâmetro fisiológico aferido: temperatura da pele.
ZHAO; ZHY; LU, 2009.	30 °C, 32°C, 34°C, 36°C, 38°C e 40 °C	Não avaliou	Temperatura da boca e pele; Freq. Respiratória e Pressão arterial	da	Tarefas de Trabalho	Identificação da temperatura corporal como indicador de estresse térmico. Um modelo de regressão linear de produtividade humana foi proposto.	Considera Ta muito acima da zona de conforto.
LAN; LIAN; PAN, 2010.	17°C, 21°C e 28 °C	Sensação térmica, emoções, bem estar e motivação	Fc e atividade eletromiográfica	da	Teste Neurocomportamental	Sugere neutralidade térmica em 21°C. A Ta pode afetar significativamente as emoções, humor, motivação e a percepção sobre a carga de trabalho. Não foi observado efeito da temperatura sobre o desempenho.	Aferiu a frequência cardíaca dos participantes, mas não conclui sobre os valores obtidos. Houve incentivo financeiro para os participantes.
THAM et al., 2010	20°C, 23°C e 26°C	Sensação Térmica	Não avaliou		Teste de Trilha Mental e de Matemática	Conforto térmico dos participantes à 24,2 °C; Maior desempenho à 26 °C	Extreita faixa de variação de temperatura do ar.
ZHANG et al., 2010	18°C, 20°C, 25°C, 28°C e 30°C	Não avaliou	Temperatura da pele e interna	da	Teste de matemática, leitura e destreza	Não houve diferença significativa sobre o desempenho cognitivo com as mudanças de temperatura locais. A utilização de ventilação não uniforme também não influenciou no desempenho dos participantes.	Parâmetro de análise da pesquisa foi a ventilação por partes do corpo.
LAN et al., 2011	22°C e 30°C	Conforto Térmico	Temperatura da pele e frequência Cardíaca	da	Teste Neurocomportamental e tarefas de escritório	O desempenho nas tarefas de escritório e nos testes neurocomportamentais diminuiu na temperatura de 30 ° C, em comparação com a condição de 22 ° C.	O ajuste da temperatura se deu através do controle da ventilação. Outras variáveis independentes foram consideradas no modelo estatístico como iluminação e ruído.
LEE et al., 2012.	22 °C e 30°C	Não avaliou	Não avaliou		Atividade de leitura, interpretação; digitação e cálculo	Verificou-se moderada correlação das variáveis térmicas com o desempenho; O desempenho para digitação foi o mais afetado pelo aumento da temperatura.	Não considerou nenhum parâmetro fisiológico; Não adotou ferramenta padrão para avaliar o desempenho cognitivo.
SCHELL EN et al., 2012.	Aquecimento e resfriamento	Sensação térmica - ASHRAE	Temperatura da pele.	da	Medição de Desempenho Remoto	Não houve influência significativa da temperatura sobre a produtividade dos participantes. Mulheres sentem mais desconforto que os homens.	Considerou apenas a velocidade do ar como parâmetro térmico.
CUI et al., 2013.	22°C, 24°C, 26°C, 29°C e 32 °C	Percepção Térmica	Não avaliou		Atividade do trabalho	Identificou a Ta para se obter a neutralidade térmica dos participantes (24 °C); Na Ta igual a 24 °C, não houve variação significativa no desempenho. Ambientes quentes interferem no desempenho.	Houve incentivo financeiro.
VASCON CELO, 2013.	20°C, 24°C e 30°C	Conforto e percepção Térmica	Não avaliou		BPR-5	O estudo determinou a temperatura ideal para sensação de neutralidade térmica (23°C) e para o conforto térmico (21 °C); Verificou-se que a Tbu, Tg e UR% exerceram influência no desempenho geral dos cadetes.	Não considerou parâmetros fisiológicos dos participantes.

VIMALA NATHAN e BABU, 2014.	17°C, 21°C e 28°C	Conforto e percepção Térmica	Não avaliou	Neurocomp ortamental	A Ta e a iluminação possuem influência no desempenho cognitivo dos trabalhadores de escritórios, sendo a Ta a que mais interferiu no resultado dos teste.	O estudo ser realizado em ambiente simulado.
ZHANG et al., 2014.	26°C, 29°C e 32°C	Conforto e Térmico	Temperatura da pele e frequência cardíaca	Neurocomp ortamental	Respostas fisiológicas à Ta são secundárias às respostas psicológicas. A temperatura da pele.	Realizado em câmara climatizada.
MISHRA; RAMGOP AL, 2015.	24°C e 28°C	Sensação de conforto	Não avaliou	Exames escolares	Não houve diferenças no conforto térmico entre os dois ambientes de sala de aula. Não houve diferenças significativas do desempenho dos alunos das duas salas de aulas	Não houve controle das variáveis térmicas; O teste cognitivo foi o próprio teste escolar; Não houve medida de de parâmetro fisiológico
SIQUEIR A, 2015.	20°C, 24°C e 28°C	Sensação, Conforto e Percepção	Frequência cardíaca e pressão arterial	BPR-5	A temperatura de 28 °C repercutiu significativamente na frequência cardíaca, mas não na pressão arterial dos alunos durante a realização do teste cognitivo. A Ta causou redução no desempenho.	Considerou estudantes de regiões quentes e de regiões frias no mesmo modelo.
XIONG et al.,(2016)	Temperatura : S5 (32, 37 e 32 °C); S11 (26, 37 e 26 °C) S15 (22, 37 e 22 °C)	Não avaliou	Frequência cardíaca, IL-6, HSP70, Temperatura oral e cutânea e SO2%	Neuro comportam ental	Proteínas do sangue (IL6 e HSP70) e a frequência cardíaca são sensíveis a estresse térmico e refletem respostas do sistema simpático e parassimpático às mudanças de temperatura.	Não considerou desempenho cognitivo.

Fonte - Elaborado pela autora, (2016)

2.9.5 Resumo da análise crítica dos artigos revisados

Tendo como foco a relação da temperatura do ar com o conforto térmico e desempenho cognitivo, a maioria dos estudos supracitados confirmam a influência da temperatura do ar no desempenho cognitivo. A temperatura do ar afeta o comportamento neural e consequentemente a produtividade, sendo o estresse moderado resultado de uma tentativa de adaptação do corpo ao ambiente, capaz de desencadear irritação, distração, e diminuição das atividades mentais (LAN et al., 2009).

A preferência por uma determinada temperatura do ar, aparentemente, depende de outras variáveis, como sexo, bem estar, motivação, aclimação e exposição de determinada parte do corpo (LAN; LIAN; PAN, 2010; SCHELLEN et al., 2012.). Porém, estando um pouco fora da zona de neutralidade, o desempenho diminui nas condições de "um pouco frio" ou "um pouco quente" (ZHANG et al., 2010). Por isso, a exposição ao frio foi associada à maior precisão da realização de tarefas, no entanto com tempos de resposta mais longos, e a exposição ao calor, a tempos curtos porém com uma maior irritabilidade.

Apesar da maioria dos estudos considerar parâmetros fisiológicos, poucos autores concluíram sobre a relação entre conforto térmico e os parâmetros fisiológicos mensurados. Siqueira (2015) estabeleceu um modelo que relaciona desempenho cognitivo de alunos

universitários com frequência cardíaca, pressão arterial e temperatura do ar. Xiong et al.,(2016) encontraram parâmetros fisiológicos sensíveis à temperatura do ar e que podem prever zonas de conforto térmico. Outro fator limitante destes estudos é a falta de padronização das metodologias e o uso de diferentes ferramentas para avaliação cognitiva.

Frente a esta constatação, este trabalho buscou identificar alterações cardiovasculares através da mensuração dos parâmetros relacionados a este sistema, quando o aluno é submetido a situação de estresse térmico durante a realização de suas atividades cognitivas.

As regiões do Brasil escolhidas para coleta de dados apresentam condições climáticas bastante adversas, principalmente em termos de temperatura e umidade relativa do ar. São regiões com previsões de maiores repercussões climáticas decorrentes do aquecimento global, podendo interferir na saúde da população.

Neste sentido, este trabalho estendeu os resultados obtidos por Siqueira, (2015), utilizando uma metodologia experimental similar (a ser descrita no próximo capítulo), mas com uma amostragem mais abrangente.

CAPÍTULO 3: METODOLOGIA

Este capítulo descreve a metodologia usada na pesquisa. Nele, são definidos os diversos aspectos do estudo, tais como classificação da pesquisa, tamanho amostral, procedimentos experimentais, instrumentos utilizados para coleta de dados e ferramentas de análise dos dados experimentais.

3.1 Classificação da pesquisa

Do ponto de vista de sua natureza, esta pesquisa se classifica como aplicada, pois teve como objetivo gerar conhecimento sobre o desempenho e a saúde de alunos universitários, para aplicação prática, visando a melhora do conforto e da aprendizagem.

Em relação à forma de abordagem do problema, a pesquisa é quantitativa, pois tentou traduzir em números as opiniões e as informações, utilizando para este fim a combinação de métodos quantitativos e qualitativos, visto que são métodos complementares, usando técnicas estatísticas e recursos computacionais para as classificações e análises (MINAYO, 2008).

Quanto aos objetivos, a pesquisa é classificada como explicativa experimental, devido ao intuito de explicar os efeitos, por meio do registro, da análise, da classificação e da interpretação dos fenômenos observados.

Caracteriza-se, ainda, quanto aos objetivos, como exploratória, porque visou proporcionar maior entendimento sobre parâmetros cardiovasculares, conforto térmico e desempenho cognitivo de estudantes. Descritiva, porque tentou descrever os parâmetros cardiovasculares, o conforto térmico e a relação com suas principais variáveis. E explicativa, porque procurou verificar se os parâmetros cardiovasculares tiveram relação com o desempenho dos estudantes, em situações de conforto ou desconforto térmico.

3.2 População e amostra

O estudo foi realizado com alunos de graduação da área das engenharias, em laboratórios de informática das universidades públicas das cidades de Teresina - PI, Petrolina - PE, João Pessoa - PB e Manaus - AM. Os alunos foram convidados a participar do experimento, tendo sido explicados com antecedência os objetivos e a metodologia do experimento.

Para garantir a homogeneidade da amostra, o público convidado para participar do experimento foi composto por alunos de cursos de engenharia, com idade entre 18 e 30 anos, e com bom estado geral de saúde auto referido.

Dos alunos convidados, 96 alunos compareceram nos dias de coletas nas supramencionadas instituições. Os mesmos assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido (Apêndice 1). Foram excluídos os estudantes que não conseguiram preencher corretamente as informações metodológicas solicitadas, deixando assim os dados necessários incompletos; os que não compareceram nos três dias de pesquisa e os que apresentaram pressão arterial acima de 150 mmHg em algum dos dias de experimento. Ao total, foram desconsiderados os dados de 18 alunos.

3.3 Variáveis estudadas

Variável é o parâmetro que é medido, controlado ou estudado em uma pesquisa. Desta forma, na escolha das variáveis, foram considerados parâmetros fisiológicos, do conforto térmico e do desempenho cognitivo. A Tabela 2 apresenta as variáveis que foram pesquisadas no presente estudo, bem como seus respectivos indicadores.

Tabela 2 - Variáveis e indicadores da pesquisa

		Variáveis	Indicadores
Parâmetros de conforto	Pessoais		Atividade desempenhada, M, (W/m ²); Isolamento térmico das vestes, I _{CL} , (clo); Altura (m), peso (kg), idade (anos), sexo, frequência cardíaca (bpm), pressão arterial (mmHg)
	Ambientais		Temperatura do ar, T _a , (°C); Temperatura radiante média, t _{rm} , (°C); Velocidade do ar, V _a , (m/s); Pressão parcial do vapor de água no ar ambiente, p _a , (kPa); Umidade relativa do ar, UR, (%);
Parâmetros subjetivos	Sensação térmica		Escala de 7 pontos de percepção e preferências da Norma ISO 10551/1995
Desempenho	Avaliação térmica		
	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)	
		Acertos e tempo no Escore Geral (BPR)	

Fonte - Vasconcelos, (2013)

3.3.1 Variáveis Pessoais

A pressão arterial e a frequência cardíaca foram aferidas antes e ao final dos testes cognitivos, através do tensiômetro - monitor de pressão arterial automático de braço, modelo HEM-7220 da marca OMRON, que é validado de acordo com o protocolo internacional da Sociedade Européia de Hipertensão. Além do tensiômetro, foi utilizado o frequencímetro

POLAR FT7 para o monitoramento da frequência cardíaca dos alunos durante o teste cognitivo BPR5.

O peso dos alunos foi medido através da balança digital G.tech BALGL10 com Visor LCD, capacidade de 150 kg e variação de 100 gramas. A altura dos indivíduos foi verificada com o Estadiômetro Standard para Medição de Altura - Sanny. O IMC foi calculado a partir das duas medidas anteriores.

Com relação à determinação da resistência térmica equivalente da vestimenta indicada por cada estudante durante o teste, o cálculo teve como base a tabela de isolamento térmico ISO 9920/2007. Os alunos foram orientados a vestirem camisa de algodão, calça jeans e sapato fechado. A taxa metabólica foi padronizada em 70 W/m, de acordo com o tipo de atividade exercida (IIDA E BUARQUE, 2016; COUTINHO, 2005).

Os dados pessoais peso, altura, pressão arterial e frequência cardíaca foram coletados diretamente por dois integrantes da equipe de pesquisa, devidamente treinados. Para a pesagem, cada participante foi orientado a ficar na posição ortostática, sem apoio. Também foi solicitado que ao subir na balança estivesse sem calçado, boné, óculos ou qualquer acessório, como carteira, bolsa ou celular. Os dados foram anotados em planilha pré-estruturada (Apêndice 2). Para medir a altura, foi solicitado que o aluno se posicionasse em ortostatismo, descalço, junto ao aparelho (MAÏMOUN et al., 2013). A medida foi registrada manualmente, sempre pelo mesmo pesquisador. A partir destes dados, utilizou-se o programa Microsoft Excel® para calcular o IMC de cada participante e classificá-lo em baixo peso, peso normal, sobrepeso e obesidade segundo a *BMI Classification*, (2017).

Os procedimentos para a aferição da pressão arterial seguiram as recomendações da VI Diretriz de Hipertensão, cujo protocolo foi descrito na Tabela 3 (SBC et al., 2010).

Tabela 3 - Protocolo para aferição da PA

Preparação do Aluno	Aferição
<ol style="list-style-type: none"> 1. Informá-lo sobre o procedimento. 2. O participante deve estar na posição sentada, pernas descruzadas, pés apoiados no chão, dorso recostado na cadeira e relaxado. 3. Ficar em repouso por pelo menos 5 minutos em ambiente calmo, sem estar de bexiga cheia, 30 minutos sem fumar, sem ingerir caféina ou bebida alcoólica e sem ter praticado exercícios físicos 4. Deve ser instruído a não conversar durante a medida. 5. O braço deve estar na altura do coração (nível do ponto médio do esterno ou 4º espaço intercostal), livre de roupas, apoiado sobre uma mesa com a palma da mão voltada para cima e sem movimentação durante as medidas 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Colocar o manguito, sem deixar folgas, 2 a 3 cm acima da fossa cubital, ao nível do coração e sem garroteamento por roupas apertadas 2. Centralizar o meio da parte compressiva do manguito sobre a artéria braquial. 3. Anotar os valores sem arredondamentos e o braço em que a pressão arterial foi medida. 4. Deverão ser realizadas duas medidas com intervalo de um minuto entre elas. A média deve ser considerada a PA real. Caso as pressões sistólicas e/ou diastólicas obtidas apresentem diferença maior que 4 mmHg, realizar novas medidas até que se obtenham medidas com diferença inferior.

Fonte - Siqueira, (2014)

A frequência cardíaca medida pelo frequencímetro foi registrada no próprio aparelho e transferida via software para a planilha. Antes de iniciar o teste cognitivo, o frequencímetro foi colocado no estudante. A cinta peitoral foi colocada abaixo dos mamilos e ajustada, com a faixa elástica, de forma que as áreas de contato posicionadas na parte posterior estivessem em contato direto com a pele do indivíduo e não se soltassem durante as medidas. O acionamento do frequencímetro foi feito no momento do início do teste.

Foram registradas a FC máxima e a FC média das medidas registradas durante o período de medição. Estes dados foram transportados diretamente para o computador através do programa Polar Web Sync®. Desta forma, foram consideradas as frequências cardíacas inicial e final (FCrepouso e FCfinal) aferida pelo tensiômetro e as frequências cardíacas máxima e média (FCmáxima e FCmédia) registradas no frequencímetro.

3.3.2 Variáveis Ambientais

As medições das variáveis ambientais temperatura do ar (T_a), temperatura de bulbo úmido (T_{bu}), temperatura de globo (T_g) e velocidade do ar (V_a), foram coletadas por meio do medidor de estresse térmico TGD300 e da estação microclimática BABUC, que permitem a gravação dos dados mediante a criação de um arquivo local. O equipamento atende às exigências da Norma ISO 7726 (2002), estando o mesmo devidamente calibrado por entidades acreditadas de referência, neste caso o INPE-RN.

O TGD300 e a estação microclimática BABUC foram instalados no centro da sala do experimento, na altura de 60 cm do chão, seguindo o que estabelece a ISO 7726 (2002). Foram feitas medidas individualizadas para cada dia e turma, através da média dos dados registrados no período dos testes. Os equipamentos foram programados para registrar as medidas a cada 1 minuto, a partir da entrada dos alunos na sala de aula. Para estabilização, os equipamentos foram ligados 30 minutos antes de iniciarem a coleta.

3.3.3 Parâmetros Subjetivos

Os parâmetros subjetivos, tais como sensação térmica e preferência térmica dos estudantes, foram obtidos a partir da aplicação de questionário sobre a percepção e avaliação dos estudantes, baseado em escalas de 7 pontos de percepção e preferências térmicas da norma ISO 10551/1995. Além desse questionário, os alunos também responderam questões relacionadas ao seu estilo de vida, vestimenta e condições de saúde geral.

3.3.4 Desempenho cognitivo

Para verificar o desempenho cognitivo dos alunos, foi aplicado o teste cognitivo BPR5. O BPR5 é um instrumento indicado para verificar o funcionamento cognitivo geral, utilizado por especialistas para auxiliar, por exemplo, em psicodiagnóstico, em seleção profissional, ou avaliação escolar (PRIMI e ALMEIDA, 2000). As aptidões que podem ser avaliadas pelas cinco provas que compõem o instrumento são: Raciocínio Abstrato (RA), Raciocínio Verbal (RV), Raciocínio Espacial (RE), Raciocínio Numérico (RN) e Raciocínio Mecânico (RM).

Baseado no estudo feito por Vasconcelos (2013), que teve como objetivo comparar o desempenho cognitivo e parâmetros de conforto dos alunos nas temperaturas de 20 °C, 24 °C e 30 °C, optou-se por decompor o BPR-5 e reorganizá-lo em 3 testes resumidos de mesmo nível de dificuldade, a serem aplicados a cada dia. A tabela 2 apresenta as categorias de cada subtteste. Para este fim, foi elaborado um *survey* no site Qualtrics.com, que possibilitou a aplicação e medição do tempo de resposta de cada questão. Desta forma, foram medidos os números de acertos, o tempo gasto e também a relação entre estes dois. Cada bateria de testes foi composta por 4 questões referentes a cada teste de raciocínio.

Para a divisão das questões e elaboração de cada um dos três testes, os itens foram categorizados de acordo com Campos (2005), em: classe gramatical e tipo de relação entre as palavras para raciocínio verbal (RV); tamanho da sequência numérica, operações matemáticas utilizadas, número de sequências lógicas utilizadas e complexidade das sequências lógicas para prova de raciocínio numérico (RN); tipos de regras de modificação e número de tipos de regras de modificação para prova de raciocínio abstrato (RA); número de eixos de rotação, sentidos de rotação, faces visíveis dos cubos e presença de estímulos visuais nas bordas das faces dos cubos para raciocínio espacial (RE); e tipo de conhecimento em física referente à prova de raciocínio mecânico (RM).

A partir desta classificação e categorização, os itens similares foram distribuídos aleatoriamente entre os testes. Os testes foram distribuídos aleatoriamente, de forma que cada aluno respondeu a um teste a cada dia e ao final do período da pesquisa tenha respondido aos três. Vale ressaltar que os três testes foram distribuídos todos os dias. Devido à escolaridade da população estudada, foi utilizada a versão BPR-5 B.

3.3.5 Aspectos Éticos

A presente pesquisa foi cadastrada junto à Plataforma Brasil, avaliada e aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade Federal da Paraíba na reunião realizada em 21/07/2016, CAAE: 57844916.9.0000.5188, conforme documento que consta no Anexo 1.

Os alunos que participaram do experimento foram informados sobre o escopo da pesquisa de forma individual, e formalizaram sua participação através da assinatura no Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), baseado nas Resoluções 196/96 e 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde.

3.3.6 Procedimento experimental

Em uma sessão prévia, os alunos foram orientados sobre a finalidade da pesquisa e quais os tipos de questionários a que seriam submetidos. Foi feita uma explanação sobre a natureza das questões dos testes de raciocínio e sanadas eventuais dúvidas sobre a metodologia da pesquisa. Quem concordou participar do estudo foi orientado a comparecer em dia e horário pré-determinados no laboratório de informática da respectiva instituição.

O experimento foi realizado em três dias consecutivos, nos mesmos horários do dia, nos quais buscou-se ajustar a temperatura do ar para 20, 24 e 28 °C conforme normas ISO 7730/2005.

No primeiro dia de experimento, os alunos participantes assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido. Também no primeiro dia foram coletados dados como peso e altura.

Antes de iniciar o teste cognitivo, os alunos passaram por um tempo de aclimação (20 minutos), seguido por aferições da pressão arterial e da frequência cardíaca. Os frequencímetros foram ajustados na altura do processo xifóide e o relógio no braço esquerdo. Após a colocação do equipamento, os alunos foram orientados a ativar o registro do equipamento POLAR FT7 e a iniciar o processo de resposta do questionário online. Ao finalizar o questionário, os participantes desativaram o equipamento e uma nova medição da pressão arterial e frequência cardíaca foi realizada. O procedimento foi repetido no dois dias subsequentes.

Para responder aos questionários on-line, os alunos utilizaram computadores desktops. A bateria de testes foi acessada on-line, no qual o *link* para cada dia de testes só foi disponibilizado no momento de sua realização, evitando assim que os participantes tomassem conhecimento das questões previamente. Ao finalizar a bateria de testes cognitivos (BPR-5), os participantes responderam questões referentes a alimentação, conforto ambiental e hábitos de vida.

3.3.7 Análise dos dados

Após as coletas de dados, estes foram tabulados no software Microsoft Excel® e preparados para serem utilizados no software SPSS®. O software Excel® foi utilizado para a tabulação, transformação e cálculos dos dados. O software SPSS® foi utilizado para a elaboração de gráficos, verificação da distribuição, correlações entre os dados e criação de modelos matemáticos.

Com a análise dos dados, buscou-se descrever e analisar relações entre as variáveis. A estatística descritiva foi utilizada para verificar características dos dados amostrais, como tendências centrais, dispersões e distribuições das variáveis coletadas. Desta forma, foi possível estruturar descrições de características relevantes.

Para os dados que apresentaram distribuição normal, aplicou-se o teste ANOVA. Para os dados que não apresentaram distribuição normal, utilizou-se os testes não paramétricos de Kruskal-Wallis e de Wilcoxon, para testar a hipótese de que as distribuições dos parâmetros avaliados eram similares em todos os dias do experimento. Estes testes são utilizados quando não há exigência de distribuições normais ou qualquer outra distribuição em particular (TRIOLA, 2014).

Para verificar eventuais correlações entre as variáveis de interesse, foi utilizada a correlação de Spearman entre as variáveis quantitativas. Além dos valores, também se verificou a significância de cada correlação.

Para explicar as relações entre as variáveis, utilizou-se a classe de Modelos Lineares Generalizados, já que os modelos pertencentes a ela sintetizam e ampliam as possibilidades de modelagem da variável resposta (CORDEIRO; DEMÉTRIO, 2008). Na classe de modelos lineares generalizados, utilizou-se modelo de regressão logística ordinal, utilizando como medida de tamanho de efeito da variável independente sobre a variável dependente a razão da chance.

CAPÍTULO 4: RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo é destinado à análise e discussão dos resultados obtidos em campo, seguindo a metodologia proposta por esta pesquisa. Para melhor compreensão do contexto, optou-se por analisar cada instituição de forma separada, ressaltando-se não só os dados em si, mas a peculiaridade ambiental na qual está inserida cada amostra.

Primeiramente, foi feita uma caracterização da amostra, destacando-se as variáveis pessoais e seu estilo de vida. Em seguida, foi caracterizado o ambiente de pesquisa, através dos dados mensurados, também levando-se em consideração as características do ambiente externo, cujos os dados foram adquiridos no banco de dados do INPE e do INMET do ano de 2015 e 2016.

Foram analisados os votos dos alunos quanto ao conforto e à sensação térmica, comparando os mesmos com as normas ISO 7730/2005. Em seguida, foram analisados os parâmetros fisiológicos (pressão arterial e frequência cardíaca) em cada dia do experimento, com o objetivo de identificar possíveis repercussões, consequência da variação da temperatura do ar.

O desempenho cognitivo dos alunos foi investigado em cada um dos subtestes e no Escore Geral no teste BPR-5, levando em consideração o número de acertos e o tempo utilizado para a realização de cada subteste.

Por último, foi realizado o teste de correlação entre as variáveis térmicas e os parâmetros fisiológicos com o objetivo de verificar se há relação entre os mesmos e, em havendo, analisou-se qual a magnitude desta relação. A partir da relação entre variáveis térmicas e a frequência cardíaca obtida dos alunos, criou-se um modelo de regressão cujo objetivo é mostrar o risco dos alunos apresentarem frequência cardíaca acima dos valores de normalidade, com um aumento da temperatura.

4.1 Instituição A

A primeira instituição descrita neste trabalho é uma instituição pública localizada na cidade de Teresina - PI. Participaram da pesquisa um total de 22 alunos de graduação de cursos de engenharia. A amostra foi composta por 17 homens e 5 mulheres, com idade média de $21,71 \pm 0,06$ anos (sendo a idade máxima 28 anos e a mínima de 18 anos). Em relação ao estado civil, 90% se declararam solteiros e 10% casados.

O peso médio da amostra foi de $70,16 \pm 10,34$ Kg (sendo o peso máximo de 85,4 Kg e o mínimo de 50,6 Kg). A altura média foi de $1,72 \pm 0,06$ m (sendo o valor máximo 1,84 e o

mínimo 1,61m). O índice de massa corporal médio foi de $23,88 \pm 3,04$, o que classifica essa amostra com um peso normal. Quanto ao estilo de vida, 100% dos alunos declararam não fumar e 73% declararam fazer uso de bebida alcoólica de forma esporádica. Quanto à atividade física, 13 % declaram fazer atividade de forma moderada e 87% se declararam sedentários.

A resistência térmica das roupas teve média de $0,43 \pm 0,03$ clo no primeiro dia, 0,39 clo no segundo dia e 0,41 clo no terceiro dia do experimento. Em relação à taxa metabólica, esta foi padronizada em 70 W/m, de acordo com o tipo de atividade exercida (IIDA E BUARQUE, 2016; COUTINHO, 2005).

4.1.1 . Caracterização do clima local – Teresina

A cidade de Teresina apresenta um clima tropical semi-úmido, com temperatura média anual de 28 °C e é considerada uma das capitais mais quentes do Brasil, com temperaturas máximas que ultrapassam 40 °C. Segundo Andrade (2016) a latitude na qual se encontra a cidade é um fator preponderante na caracterização do clima, pois interfere diretamente nas características e distribuição espacial e temporal da radiação solar, da pressão atmosférica, da precipitação e da temperatura do ar. O período no qual o calor é mais intenso vai de setembro a meados de dezembro (INPE, 2015).

As coletas foram realizadas no mês de setembro de 2015, nos dias 15, 16 e 17, a partir das 14:00h. Segundo o INPE (2015), o registro da temperatura máxima para esse mês foi de 38 °C e a mínima de 22 °C. Na Tabela 4, identifica-se o registro das temperaturas nos dias de coleta fornecidos pelo INPE.

Tabela 4 – Dados do climáticos da cidade de Teresina

Dias	Ta min °C	Ta max °C	UR %	Var (m/s)
15	22,7	37,7	68,00	0,8
16	21,2	38,1	63,00	2,55
17	22,04	38,0	61,00	0,8

Banco de dados INPE - <http://bancodedados.cptec.inpe.br/>

Segundo os dados disponíveis no site do INPE, verifica-se uma grande variação entre as temperaturas máxima e mínima nos dias do experimento (no 1º dia, 15 °C, e nos dois dias subsequentes, 17 °C). A umidade relativa do ar na cidade de Teresina apresentou pouca variação entre os dias de experimento. No entanto, seus valores são considerados altos, o que pode influenciar na percepção térmica do ambiente interno, pelos alunos (SANTOS, 2014).

4.1.2 Caracterização do ambiente interno – Teresina

O ambiente do experimento foi o laboratório de informática, com iluminação de teto, climatização, equipado com computadores de mesa, sistema *wifi*, sistema de comunicação de rede e sistema de projeção, Figura 5 e 6.

Figura 5 e 6 – Registro do laboratório de informática da instituição A



Fonte - Dados da pesquisa, (2015)

O laboratório em questão dispunha de 48 PC, com gabinetes sobre as mesas, posicionados em fileiras conforme o layout da Figura 7. O ambiente foi climatizado através de ar condicionados do tipo split, com ajustes de temperatura diferente para cada dia, conforme a metodologia proposta.

Figura 7 – Layout do laboratórios de informática da instituição A



Fonte - Dados da pesquisa, (2015)

Os parâmetros térmicos monitorados estão descritos na Tabela 5. Observa-se que para o primeiro dia, no qual a temperatura do ar condicionado foi ajustada para 20 °C, obteve-se uma temperatura T_a em torno de 20 °C, tendo em vista que o desvio padrão foi muito pequeno. Os valores das temperaturas T_g e T_{rm} apresentaram uma diferença de 0,96 °C e 1,39 °C respectivamente em relação a T_a , sugerindo que houve troca de calor por radiação entre os

alunos e o ambiente. Acredita-se que esta fonte seja provinda dos aparelhos eletrônicos disponíveis no laboratório, ou dos elementos arquiteturais, sendo necessários mais estudos.

Quanto à umidade relativa interna, observa-se que não houve grande variação durante o decorrer do experimento, sendo muito próxima aos valores da umidade relativa externa. Observou-se também que não houve grandes diferenças entre os valores de umidade relativa interna e externa nos três dias.

Tabela 5 - Características dos parâmetros térmicos internos – Instituição A

Dia	Ta (°C)	UR (%)	Tg (°C)	Tbu (°C)	Trm
1º	20,07 ± 0,01	69,21 ± 0,13	21,03 ± 0,01	16,42 ± 0,02	21,41 ± 0,01
2º	33,71 ± 0,14	64,55 ± 0,71	33,54 ± 0,015	27,94 ± 0,25	33,51 ± 0,016
3º	22,95 ± 0,02	67,54 ± 0,23	24,12 ± 0,02	18,80 ± 0,04	24,12 ± 0,19

Fonte - Dados da pesquisa, (2015)

No segundo dia de experimento, a temperatura foi ajustada para valores próximos a 30 °C, alcançando valores no entorno de 33 °C, tendo em vista o desvio padrão de 0,14 °C. A temperatura Tg e Trm apresentaram uma diferença muito pequena em relação a Ta.

No terceiro dia de coleta, a temperatura do ar condicionado foi ajustada para 24 °C, e obteve-se valor médio de Ta igual a 22,95° C, tendo em vista o desvio padrão de 0,02 °C. Neste dia, observou-se que as temperaturas Tg e Trm se distanciaram um pouco de Ta, com diferença média de 1,17 °C, sugerindo que houve troca de calor por radiação entre os alunos e o ambiente, assim como ocorreu no dia 1.

A seguir, serão apresentados os dados referentes à aceitabilidade dos alunos ao ambiente térmico, coletados através do questionário de sensação e conforto térmico, segundo a norma ISO7730 (2005).

4.1.3 Variáveis subjetivas e índices de conforto – Teresina

Com o objetivo de caracterizar o ambiente térmico através da percepção sobre o ambiente, os alunos preencheram um questionário baseado na norma ISO 10551/1995. Foram verificadas as variáveis subjetivas como voto de conforto e de sensação referente ao ambiente térmico. As Tabelas 6 e 7 apresentam a síntese do que foi declarado pelos participantes para cada faixa de temperatura estudada de cada instituição. Também foram calculados o PMV (voto médio predito) e o PPD (Porcentagem de pessoas insatisfeitas) a partir dos dados térmicos mensurados e os parâmetros obtidos nos questionários.

Analisando a percepção térmica dos alunos para a temperatura de 20 °C, Tabela 6, observa-se a predominância de um “levemente frio” com 60 % dos votos, tendo apenas 23% dos alunos declarado sentir-se neutro. Para a temperatura de 23 °C, verifica-se a

predominância de neutralidade térmica, em 73 % dos alunos. Destaca-se ainda que uma boa porcentagem dos alunos, 27 %, declararam sentir frio.

Tabela 6 - Porcentagem de votos para percepção térmica – Instituição A

		20 °C (Dia 1)	33 °C (Dia 2)	23 °C (Dia 3)
Muito Frio	-3	4 %	0 %	4 %
Frio	-2	13 %	0 %	4 %
Levemente Frio	-1	60 %	0 %	19 %
Neutro	0	23 %	0%	73 %
Levemente Quente	1	0 %	5 %	0 %
Quente	2	0 %	63 %	0 %
Muito Quente	3	0 %	32 %	0 %

Fonte - ISO 10551/1995

Para a temperatura de 33 °C, prevaleceu a sensação de calor, com 63 %, seguido pela sensação de muito quente, 32 % dos alunos e uma pequena porcentagem, de 5 %, declararam sentir-se levemente quente. É surpreendente que apenas 32 % tenham se sentido com muito calor, pois durante a realização do BPR5 modificado, os alunos declaram “não suportar a temperatura ambiente”. Nesta temperatura, não houve declaração de sensação de neutralidade.

Apesar de no questionário de sensação térmica 60% dos alunos declararem estar “levemente frio” a 20 °C, na avaliação de conforto térmico, Tabela 7, 59 % declararam estar “confortável”. Ou seja, a sensação de “levemente frio” não foi associada ao desconforto térmico. O mesmo ocorreu no dia 3, à 23 °C, em que 27 % os alunos declararam estar com frio e na avaliação do nível de conforto, 95% declararam estar confortáveis.

No dia 2, à 33 °C, 63 % os alunos declararam sentir o ambiente “quente”, o que foi coerente com a declaração de 64% dos alunos estarem “desconfortável” e 27% estarem “muito desconfortável”.

Aparentemente, dentro da faixa de temperatura do experimento, observa-se que os alunos são mais sensíveis ao calor, relacionando mais facilmente este ao desconforto, e associando o ambiente frio ao conforto.

Tabela 7 - Porcentagem de votos de avaliação térmica do ambiente – Análise geral

Avaliação Térmica		20 °C (Dia 1)	33 °C (Dia 2)	23 °C (Dia 3)
Confortável	1	59 %	0 %	96 %
Levemente desconfortável	2	32 %	9 %	4 %
Desconfortável	3	9 %	64 %	0 %
Muito desconfortável	4	0 %	27 %	0 %

Fonte - ISO 10551/1995

O PMV, índice que permite estimar a opinião que a maioria das pessoas emitiria sobre a sensação térmica, assume o valor de 1,5 quando o ambiente está a 20 °C, ou seja, encontra-

se abaixo do intervalo ideal de conforto térmico ($-0,5 \leq PMV \leq 0,5$), caracterizando o ambiente como levemente frio (PMV em torno de -1). Com respeito ao índice de pessoas insatisfeitas (PPD), verificou-se que 41% dos alunos declararam insatisfação, ou seja, mais de 10% dos ocupantes estavam termicamente insatisfeitos, confirmando uma situação de desconforto, já que segundo a norma ISO 7730/2005 o PPD deve ser de no máximo 10% para que se considere condição de conforto térmico.

Para T_a igual a 23 °C, o PMV calculado foi de aproximadamente -0,6, ou seja, entre a zona de conforto e “levemente frio”. Os votos médios previstos encontrados implicaram em valores de PPD de 23%, o que mostra que a sala de aula encontrava-se fora do intervalo especificado pela Norma ISO 7730/2005 ($-0,5 \leq PMV \leq +0,5$ e $PPD = 10\%$).

Para a temperatura de 33 °C, o PMV calculado foi de 3, o que representa um ambiente muito quente. Os votos médios previstos encontrados implicaram em valores de PPD de 100%, o que mostra que o ambiente encontrava-se fora da porcentagem máxima de acordo com a Norma ISO 7730/2005.

Em todas as três situações, o percentual de pessoas termicamente insatisfeitas foi maior que 10%, de forma que o ambiente encontrava-se fora da porcentagem máxima de acordo com a Norma ISO 7730/2005.

4.1.4 Caracterização dos Parâmetros Cardiovasculares dos alunos – Teresina

Durante a realização do teste cognitivo foram mensuradas a frequência cardíaca e a pressão arterial dos alunos. A pressão arterial foi mensurada antes (PASI) e depois (PASF) dos teste, sendo obtida a partir de uma média entre duas medidas realizadas em cada etapa. A frequência cardíaca foi mensurada antes e depois do teste (FC repouso, FCfinal) e monitorada durante todo o teste (FC máxima e FC média). Os valores médios dos parâmetros fisiológicos para cada dia estão descritos na Tabela 8.

Tabela 8 - Média dos parâmetros cardiovasculares – Instituição A

Parâmetro	Dia 1 (20°C)	Dia 2 (33°C)	Dia 3 (23) °C
PASI	128,205 (± 12,56)	123,40 (±10,85)	123,66 (± 12,44)
PASF	119,43 (± 10,44)	116,98 (± 13,75)	118,3 (± 13,21)
PADI	71,18 (± 6,55)	67,11 (± 5,159)	65,88 (± 6,43)
PADF	68,65 (± 8,18)	65,77 (± 7,23)	64,25 (±7,34)
FCrepouso	70,00 (± 8,65)	86,5 (± 7,307)	75,5 (± 7,56)
FCfinal	68,25 (± 7,77)	78,00 (±7,35)	70,25 (± 8,43)
FCmáxima	92,5 (± 16,97)	106,00 (±29,88)	95,00 (± 13,16)
FCmédia	69,00 (± 6,45)	84,00 (± 7,66)	71,00 (± 7,78)

Fonte - Elaborado pela Autora, (2016)

Segundo a Tabela 8, observa-se que a PASI, PASF, PADI e PADF não apresentaram grandes variações entre os dias, pois os valores médios e o desvio padrão foram muito

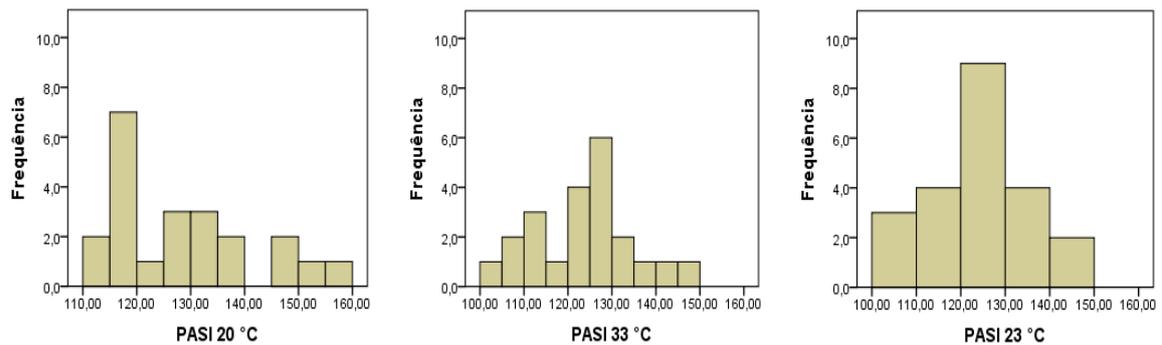
próximos. Deve-se destacar que os maiores valores destes parâmetros foram verificados no dia de menor temperatura.

Considerando a frequência cardíaca, observa-se que os valores de $F_{c\text{máxima}}$, $F_{c\text{média}}$, $F_{c\text{repouso}}$ e $F_{c\text{final}}$ apresentaram valores muito próximos nos dias 1 e 3. No dia 2, observam-se os maiores valores destes parâmetros. Os registros da $F_{c\text{máxima}}$, no dia 2, foram os mais altos tanto no valor médio como no desvio padrão.

4.1.4.1 Pressão arterial sistólica – Teresina

Os Gráficos 1 e 2 contêm os histogramas da PASI e PASF nos três dias de experimento. Graficamente, verifica-se que a variação dos valores de pressão foi similar entre os três dias, sendo que a pressão aferida entre os alunos no primeiro dia variou entre 110 mmHg e 160 mmHg, e no segundo e terceiro dias a pressão permaneceu entre 100 mmHg e 150 mmHg.

Gráfico 1- Distribuição de frequência da PASI – Instituição A

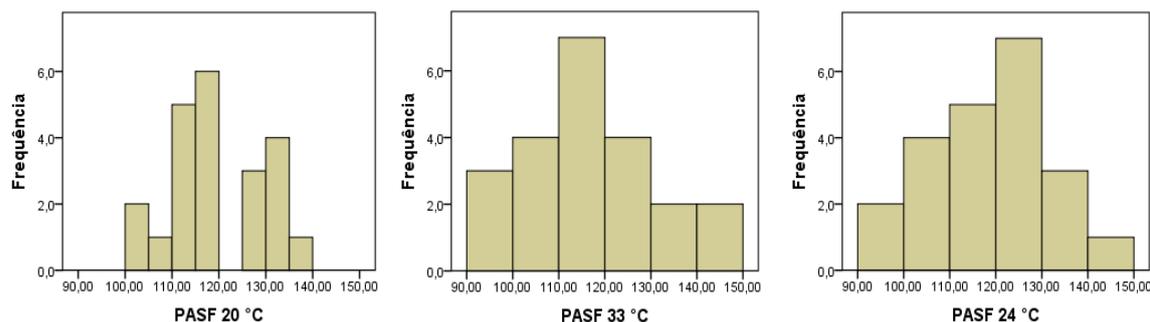


Fonte - Elaborado pela autora, (2016)

Observa-se que nos três dias houve valores de PASI acima dos considerados normais (< 130 mmHg) pela classificação da pressão arterial, segundo as VI Diretrizes de hipertensão (2010), sendo 40 % dos alunos no primeiro dia, 22 % no segundo dia e 27% no terceiro dia. Nessa amostra, houve ainda indivíduos que apresentaram níveis de pressão arterial dentro da classificação de Hipertensão Estágio 1 e 2, segundo a Sociedade Brasileira de cardiologia (SBC et al., 2010).

Além da PASI, também foi aferida a PASF, Gráfico 2, com o objetivo de se identificar possíveis alterações da pressão arterial, decorrentes da influência da temperatura do ar durante a realização dos testes cognitivos, cuja exposição foi de, em média, 60 minutos.

Gráfico 2 - Distribuição de frequência da PASF - Instituição A

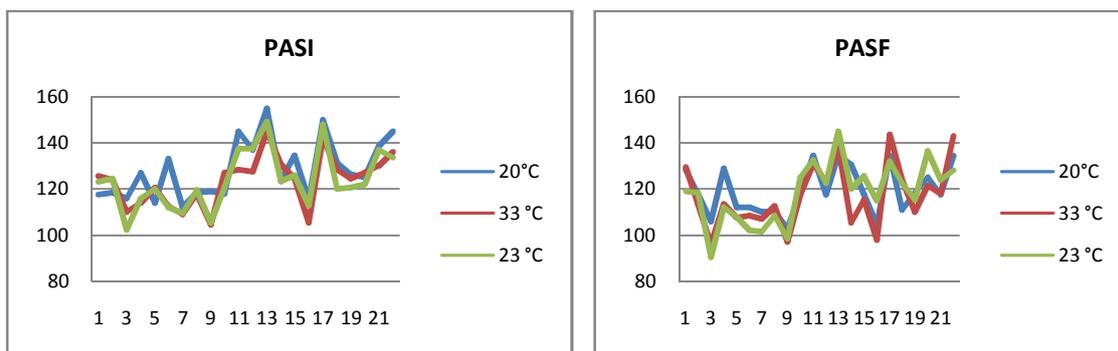


Fonte - Elaborado pela autora, (2016)

No Gráfico 2, observa-se que a pressão sistólica final apresentou uma redução quando comparada com a pressão medida no início do teste BPR5 modificado. Seus valores médios foram muito semelhantes entre os dias, havendo menor variabilidade no dia 1, cujos valores variaram entre 100 mmHg e 140 mmHg em comparação com os dois dias subsequentes, cujos os valores variaram entre 90 mmHg e 150mmHg. Observa-se ainda que uma quantidade semelhante de alunos apresentou pressão arterial acima de 130mmHg (faixa limítrofe) nos três dias de coleta (22% no dia1 e 18% nos dias 2 e 3).

Para melhor descrever o comportamento das pressões sistólicas inicial e final nos três dias de experimento, elaborou-se o Gráfico 3. Nota-se um comportamento similar para a maioria dos estudantes. Alguns pontos diferentes ocorreram para alguns alunos no primeiro dia, à 20 °C. Observa-se ainda, uma tendência ao aumento da pressão dos alunos no dia de menor temperatura.

Gráfico 3 - Comportamento da PASI e PASF – Instituição A



Fonte - Elaborado pela autora, (2016)

Foi realizado o teste Anova para elucidar se as ditribuições de pressão arterial foram similares nos três dias de experimento. A hipótese de similaridade dos dados entre os três dias do teste não pode ser rejeitada, tendo em vista que para a PASI, obteve-se um p-valor = 0,332 >0,05 (F=1,122) e para a PASF obteve-se um p-valor = 0,811 >0,05 (F=0,211). Conclui-se

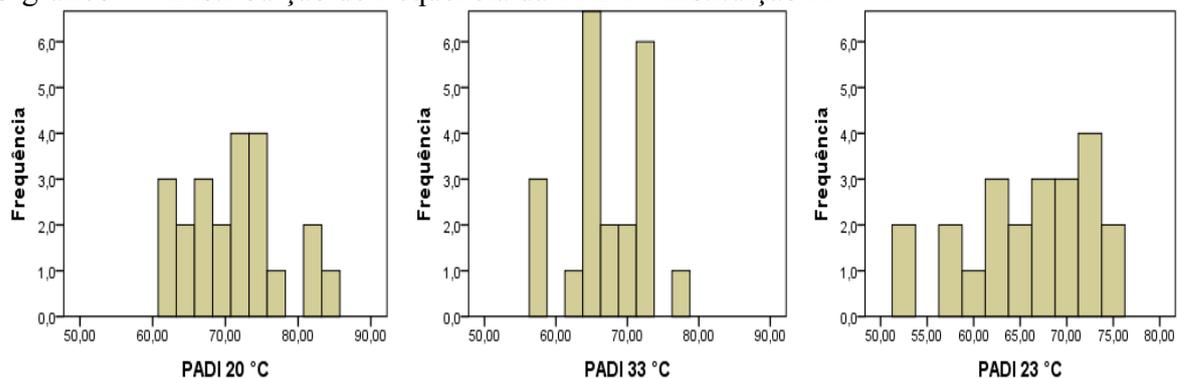
que não houve diferenças significativas da pressão arterial sistólica entre os dias de aplicação do teste cognitivo para os alunos do Piauí.

4.1.4.2 Pressão arterial Diastólica – Teresina

Os Gráficos 4 e 5 se referem à distribuição de frequência da pressão arterial diastólica dos alunos nos três dias de experimento. Este parâmetro foi aferido simultaneamente à pressão sistólica e, da mesma forma, considerou-se, para análise, seus valores iniciais (PADI) e final (PADF).

A partir do gráfico 4 é possível verificar que os menores valores de PADI foram obtidos no dia 3 (dia de maior conforto, segundo voto dos alunos), sendo o valor mínimo 53 mmHg e o máximo 75 mmHg. A maior variabilidade de PADI ocorreu no dia 1, sendo a diferença entre o maior e o menor valor de 24 mmHg, variação muito próxima da encontrada no terceiro (22 mmHg) e segundo (20 mmHg).

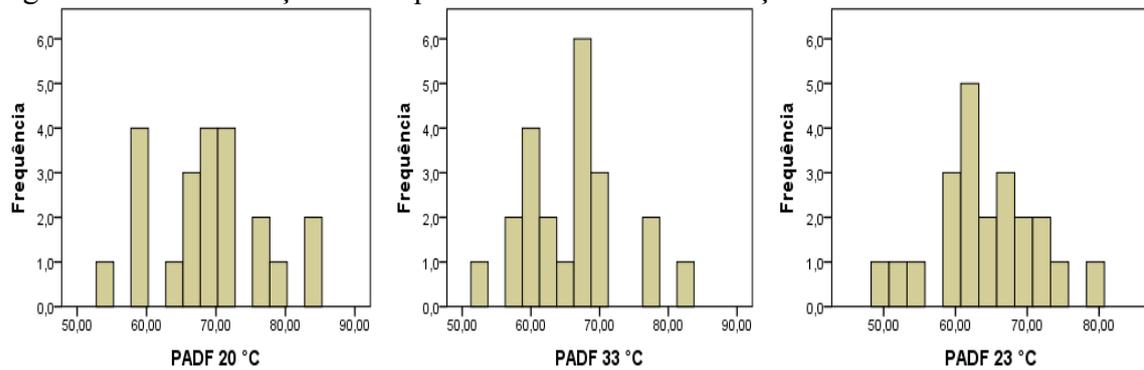
O gráfico 4 – Distribuição de frequência da PADI – Instituição A



Fonte - Elaborado pela autora, (2016)

Os maiores valores observados de PADI foram mensurados no dia de menor temperatura, no entanto os valores não ultrapassaram o limite considerado normal (<85mmHg) estabelecido pelas VI Diretrizes Brasileira de Hipertensão Arterial (SBC et al 2010). O Gráfico 6 apresenta o comportamento da PADF. O objetivo de aferir a PAD ao final do teste foi investigar os efeitos da Ta e da atividade sobre este parâmetro.

O gráfico 5 - Distribuição de frequência da PADF – Instituição A

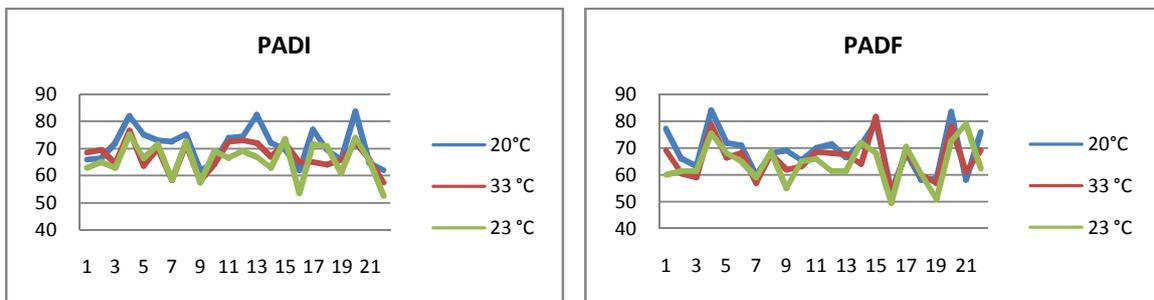


Fonte - Elaborado pela autora, (2016)

No gráfico 5, observa-se que a variação da PADF ocorreu entre 55 - 85 mmHg no dia 1, 53 - 82 mmHg no dia 2 e 49 - 80 mmHg no último dia, sendo muito próximos os valores de variação nos três dias. Apenas no dia 1 observou-se ocorrência de PADF acima do valor limítrofe (<85mmHg).

O comportamento da PADI e PADF, descrito no Gráfico 6, sugere uma regularidade para a maioria dos estudantes nos três dias de teste. Observa-se uma sensibilidade dos valores da PADI no dia de menor temperatura. No dia de maior temperatura não ocorreram mudanças visíveis na PADI e PADF.

Gráfico 6 - Comportamento da PADI e da PADF – Instituição A



Fonte - Elaborado pela autora, (2016)

Assim como foi feito para a pressão arterial sistólica, também foi realizado o teste ANOVA para verificar a hipótese de que as distribuições de frequência das PADI e PADF são similares nos três. A hipótese do teste não pode ser rejeitada apenas para a PADF, tendo em vista que para a PADF obteve-se um p-valor = 0,157 > 0,05 (F= 1,91). No entanto, para PADI, a hipótese de mesma distribuição nos três dias foi rejeitada, sendo p-valor = 0,014 < 0,05 (F=4,571). Este resultado estatístico pode está associado ao fato dos alunos não estarem habituados a temperaturas baixas ou a expectativa dos testes, tendo em vista que a PADI foi aferida antes de iniciar o BPR5.

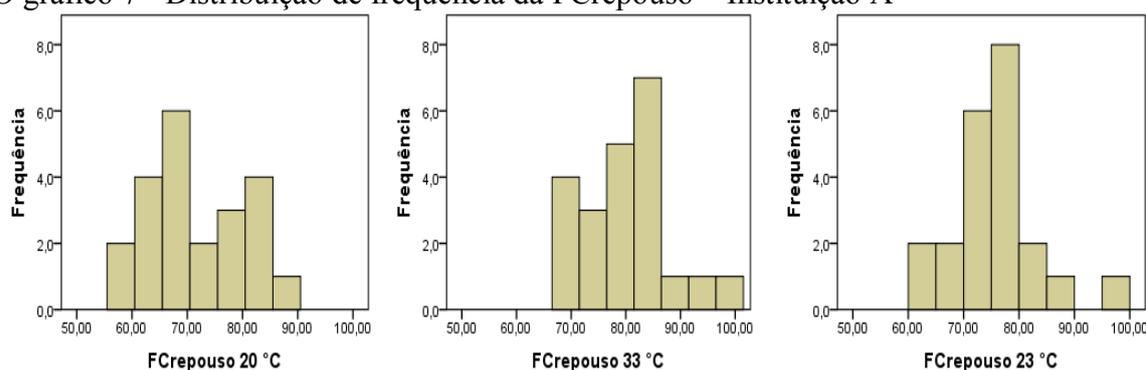
Para verificar em qual dia houve diferença significativa na PADI, aplicou-se o teste de Tukey. O resultado $p\text{-valor}=0,014<0,05$ sugere que há diferenças significativas apenas entre os valores de PADI aferidos nos dias 1 e 2.

A seguir discorre-se sobre a frequência cardíaca, parâmetros que descreve a quantidade de batimentos, expressa por unidade de tempo, aferida antes, durante e após a realização do BPR5.

4.1.4.3 Frequência Cardíaca – Teresina

O Gráfico 7 apresenta a distribuição de frequência da FCrepouso, que é a frequência cardíaca antes dos alunos iniciarem o teste cognitivo. É possível observar que o menor valor de FCrepouso ocorreu no primeiro dia, 58 batimentos por minuto (bpm), e o maior valor ocorreu no dia 2, sendo 98 bpm.

O gráfico 7 - Distribuição de frequência da FCrepouso – Instituição A



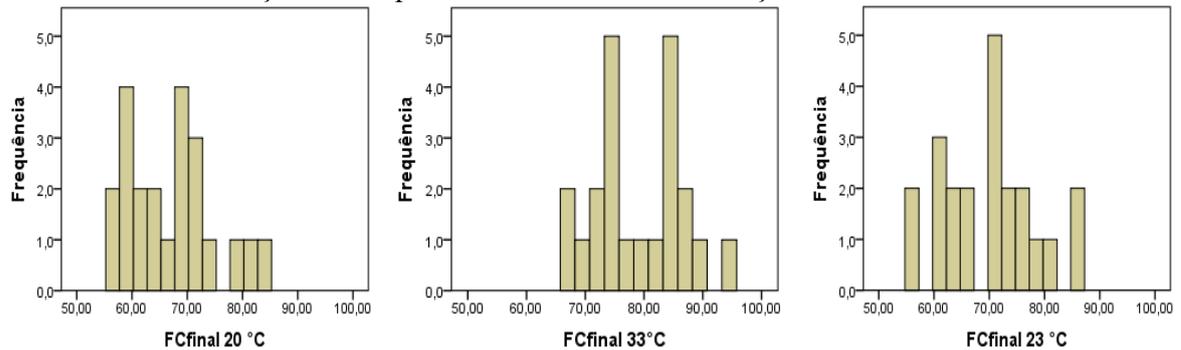
Fonte - Elaborado pela autora, (2016)

A maior variabilidade de FCrepouso foi observada no primeiro dia, assumindo o valor de 32 bpm. A variação da FCrepouso ocorrida nos dias subsequentes foi muito próxima ao do primeiro dia, sendo a do segundo dia 29 bpm e do terceiro dia 31 bpm.

Apesar de alguns alunos apresentarem valores de FCrepouso elevados para uma condição de repouso de jovens em atividades estáticas, cuja valor dito como normal é 80 bpm, observa-se que os mesmos não atingiram situação de taquicardia (PASTORE, 2009).

Os valores de FCfinal variaram entre 57 e 85 bpm no dia 1, entre 68 e 90 bpm no dia 2 e entre 56 e 86 no dia 3. Verifica-se que os maiores valores de FCfinal foram obtidas no dia 2. A variação do parâmetro FCfinal foi maior no dia 2, apresentando valor de 30bpm. A variação da FCfinal no primeiro e segundo dias, apesar de menores, foi muito próxima à do terceiro dia, sendo de 28 bpm e 27 bpm, respectivamente.

Gráfico 8 – Distribuição de frequência da FCfinal – Instituição A



Fonte - Elaborado pela autora, (2016)

É importante destacar que não houve grandes variações entre a FCrepouso e a FCfinal nos dias em que a Ta foi 20 °C e 23 °C, Tabela 9. A FCrepouso e a FCfinal foram maiores no dia de maior temperatura, no entanto, esses valores não ultrapassaram a faixa de normalidade predita pela Sociedade Brasileira de Cardiologia sobre Análise e Emissão de Laudos Eletrocardiográficos (2009), que é entre 50 bpm e 100 bpm.

Tabela 9 - Comparação entre os valores máximos e mínimos de FCrepouso e FCfinal

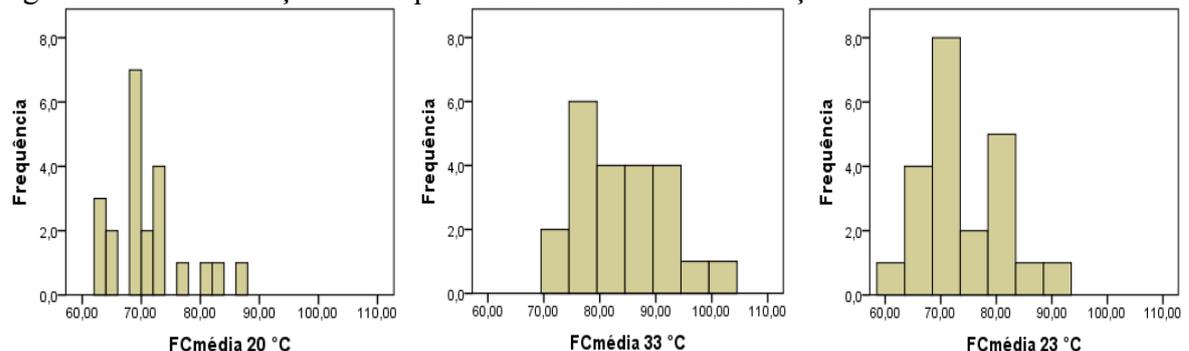
Ta	20 °C		33 °C		23 °C	
	Max	Min	Max	Min	Max	Min
FCrepouso	88	58	97	71	86	62
FCfinal	85	57	90	68	86	56

Fonte - Dados da pesquisa, (2015)

Além da FCrepouso e FCfinal, também foram consideradas as frequências máximas e médias registradas durante a realização do teste cognitivo, denominadas como FCmédia e FCmáxima, descritas a seguir.

O gráfico 9 contém a distribuição de frequência da FCmédia em cada dia do teste. Observa-se que os valores da FCmédia foram muito próximos nos dias 1 e 3, apresentando uma variação de 24 bpm nos dois dias. A maior variação da Fcmédia também ocorreu à 33 °C, sendo 28 bpm.

O gráfico 9 - Distribuição de frequência da FCmédia – Instituição A

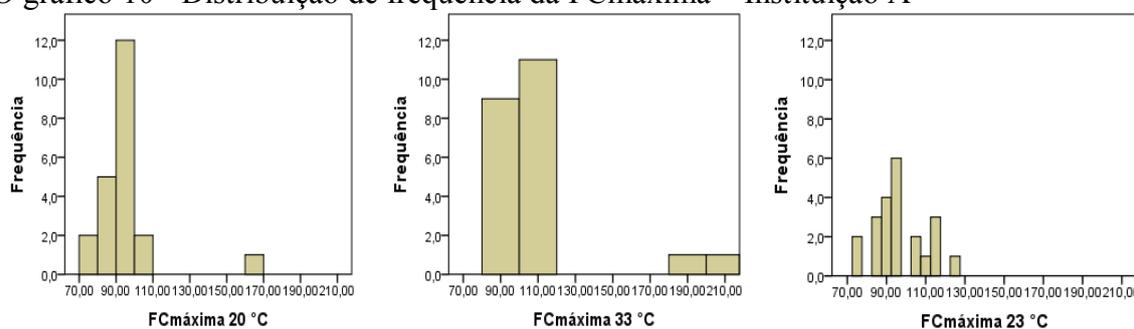


Fonte - Dados da pesquisa, (2015)

Apesar dos valores de $FC_{médio}$ estarem abaixo da faixa de normalidade estabelecida pela Sociedade Brasileira de Cardiologia sobre Análise e Emissão de Laudos Eletrocardiográficos (2009), são verificados valores elevados de frequência cardíaca para uma atividade estática.

O gráfico 10 apresenta a distribuição da $FC_{máxima}$, que é o registro dos picos de frequência cardíaca que os alunos apresentaram durante a realização do teste cognitivo. É possível observar que no dia de maior temperatura, 59% dos alunos apresentaram picos de frequência cardíaca acima de 100 bpm, o que não aconteceu nos dias 1 e 2.

O gráfico 10 - Distribuição de frequência da $FC_{máxima}$ – Instituição A



Fonte - Dados da pesquisa, (2015)

Vale resaltar que alguns indivíduos apresentaram $FC_{máxima}$ acima de 130 bpm mesmo no dia de menor temperatura, o que sugere episódios de taquicardia. No entanto, a variação da $FC_{máxima}$ foi muito maior no dia 2, dia de maior temperatura.

Eliminados os outliers (valores acima de 130 bpm), verifica-se que o dia de maior variação da $FC_{máxima}$ foi o dia 2, em que a variação apresentou valor de 51 bpm, enquanto que no dia 1 a variação foi de 25 bpm e no dia 2, 36 bpm.

Para elucidar se as distribuições de frequência cardíaca foram similares nos três dias de experimento foi realizado o teste não paramétrico Kruskal-Wallis. A hipótese de que as distribuições de frequência de $FC_{repouso}$, FC_{final} , a $FC_{média}$ e a $FC_{máxima}$ são iguais entre os três dias do teste foi rejeitada, sendo o p -valor = $0,005 < 0,05$ para a $FC_{repouso}$, p -valor = $0,000 < 0,05$ para a FC_{final} , p -valor = $0,000 < 0,05$ para a $FC_{média}$ e p -valor = $0,004 < 0,05$ para a $FC_{máxima}$.

Para verificar em qual dia houve diferença nas distribuições de frequências da $FC_{repouso}$, FC_{final} , $FC_{média}$ e $FC_{máxima}$, aplicou-se o teste Mann-whitney pariado, Tabela 10, considerando o nível de significância de 0,05 com correção de Bonferroni ($0,05/\text{número de comparações}$).

Tabela 10 - Teste de Mann-whitney para as três faixas de temperatura

	Faixa 1-2	Faixa 1-3	Faixa 2-3
FCrepouso	0,003	0,209	0,019
FCfinal	0,000	0,260	0,001
FCmáxima	0,000	0,168	0,000
FCmédia	0,001	0,353	0,033

Fonte - Elaborado pela autora, (2016)

O resultado do teste estatístico indica que as diferenças das distribuições de frequência apresentadas nos parâmetros FCrepouso, FCfinal, a Fcmédia e a Fcmáxima ocorreram quando compara-se com os valores de frequência dos dias 1 e 3 com o dia 2, sendo as distribuições dos parâmetros de frequência cardíaca coletadas no dia 2 que apresentam maior discrepância, coincidindo com o dia de maior temperatura.

4.1.4.4 Correlação – Teresina

Para verificar uma eventual correlação entre os parâmetros fisiológicos dos alunos e os parâmetros térmicos Ta e UR, foi aplicado o teste de Correlação de Spearman. A hipótese de que duas variáveis quantitativas são independentes não pôde ser rejeitada para Fcmédia, Fcmáxima, FCrepouso e FCfinal. Observa-se, segundo o Tabela 11 que a Fcmédia apresentou uma correlação moderada com Ta e com a UR.

Tabela 11- Correlação de Spearman das frequências cardíacas

		FCrepouso p_valor	FCfinal p_valor	Fcmédia p_valor	Fcmáxima p_valor
Ta	Correlação	0,339	0,439	0,579	0,406
	Spearman sig	0,005	0,000	0,000	0,001
UR	Correlação	-0,367	-0,495	-0,567	-0,336
	Spearman sig	0,000	0,000	0,00	0,006

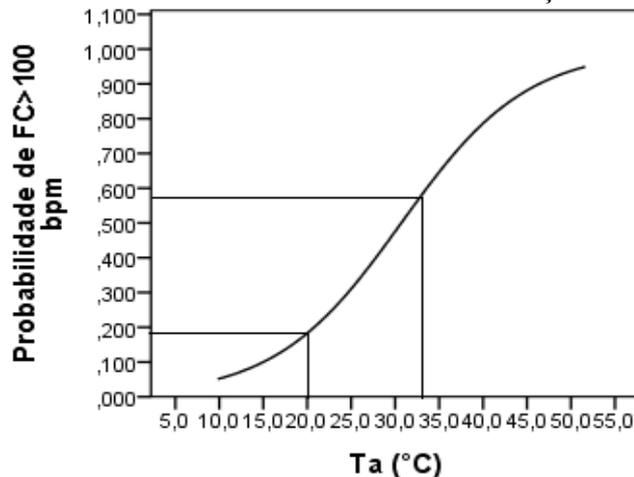
Fonte - Elaborado pela autora, (2016)

Buscando quantificar a influência dos parâmetros térmicos nos parâmetros fisiológicos dos estudantes realizou-se simulações por meio do dados coletados e assim através dos modelos lineares generalizados em especial os de regressão logística binária obteve-se alguns resultados, apresentados a seguir. O parâmetro fisiológico mais sensível a temperatura do ar foi a frequência cardíaca, no qual se observou que um número maior de alunos apresentou Fcmáxima acima de 100 bpm no dia de maior temperatura. Das simulações realizadas apenas o que relacionou Fcmáxima com a Ta foi estatisticamente significativo.

4.1.5 - Modelagem Matemática – Teresina

Segundo as Diretrizes da Sociedade Brasileira de Cardiologia sobre Análise e Emissão de Laudos Eletrocardiográficos (2009), a faixa de normalidade da frequência cardíaca é, conforme já mencionado, entre 50 a 100 bpm. Durante a realização dos testes de raciocínio, alguns alunos apresentaram valores de frequência cardíaca acima de 100 bpm, principalmente no dia de maior temperatura. Desta forma, decidiu-se implementar um modelo que representasse o risco do aluno apresentar $FC > 100$ bpm em função da temperatura do ar. A equação obtida, representada pelo Gráfico 11, sugere que com um aumento de $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ na temperatura do ar há um aumento de 15% na chance do aluno, nestas condições, aumentar a frequência cardíaca acima de 100 bpm, Tabela 12.

Gráfico 11 – Probabilidade do aumento da FC máxima – Instituição A



Fonte - Elaborado pela autora, (2016)

$$P(IFC = 1) = \frac{1}{1 + e^{-(\beta_0 + \beta_1 Ta)}}$$

$$Chance = \frac{P}{1 - p} = e^{\beta_0} \cdot (e^{\beta_1})^{Ta}$$

$$P(IFC = 1) = \frac{1}{1 + e^{(4,297 - 0,147a)}} \quad (14)$$

$$Chance = \frac{P}{1 - p} = e^{-4,297} \cdot (e^{0,14})^{Ta}$$

$$Chance = \frac{P}{1 - p} = 0,14 \cdot (1,151)^{Ta} \quad (15)$$

Tabela 12 - Modelo de regressão proposto – Instituição A

ODDS (Ta)	P-R ²	% Acertos (Pc=0,5)	Teste para razão de verossimilhança	
			χ^2	P-valor
1,15**	0,192**	71,2 %	9,836	0,002

Legenda: < 0,05 *; < 0,01 **; 0,005 ***

A equação 14 calcula a probabilidade do aluno apresentar FCmáxima acima de 100 bmp em função da Ta. Já a equação 15 indica a chance deste evento acontecer, sendo 71,2% a porcentagem de acertos.

A partir do modelo e de sua representação gráfica, observa-se que no dia 3, dia em que a temperatura superou os 30 °C, há uma probabilidade de 45 a 52% da frequência cardíaca superar 100 bpm. Se forem considerados os dias 1, 2 e 3, que compreendem um intervalo de 20 a 33°C, tem-se que a cada aumento de 1 °C na temperatura do ar nos ambientes de ensino, dentro da faixa de temperatura estudada, a chance da frequência cardíaca ultrapassar 100 bpm é de 15%.

Salienta-se que apesar dos modelos mostrarem relação entre as variáveis Ta e FCmáxima, estes apresentaram indicativo de um ajuste baixo, devido ao valor de pseudo R². No entanto, a despeito deste baixo valor, o modelo é considerado razoável, haja vista os valores de p-valor da razão de verossimilhança (RV). Este fato está de acordo com Cordeiro e Demétrio (2008), que afirmam que o uso do teste da razão de verossimilhança na análise do desvio (ANODEV) é suficiente para julgar um ajuste como razoável.

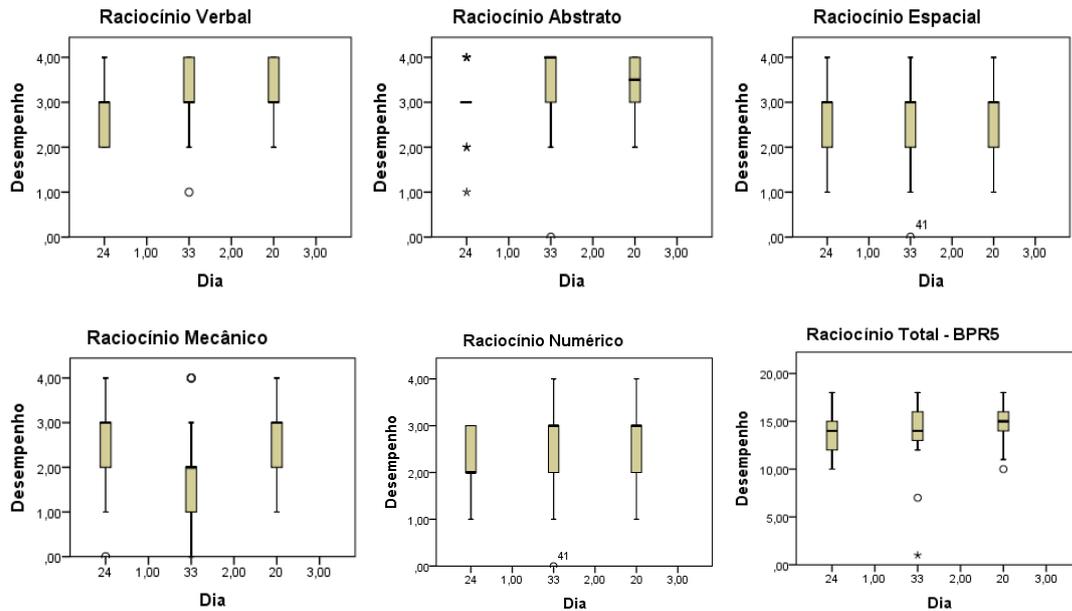
Após verificar os efeitos da variação da temperatura do ar no sistema cardiovascular, surgiu a necessidade de investigar também se estes efeitos podem influenciar o desempenho cognitivo dos alunos. Com esta finalidade, executou-se as análises da Bateria de Provas de Raciocínio (BPR-5) respondidos online por estes alunos, conforme descrito a seguir.

4.1.6 Desempenho Cognitivo – Teresina

O desempenho cognitivo dos estudantes foi verificado nos três dias do experimento. O Gráfico 12 mostra o comportamento do desempenho dos alunos do Piauí de acordo com a faixas de temperatura em cada dia.

Nota-se melhor desempenho no subtteste de raciocínio abstrato no dia 2. No subtteste de raciocínio mecânico, o desempenho foi semelhante entre os dias 1 e 3, com apreciável queda no dia 2. Nos subttestes de raciocínio verbal e numérico, observa-se que o desempenho foi semelhante nos dias 2 e 3, com queda no dia de 1. O resultado do BPR5, sugere um melhor desempenho geral no dia 3, dia que a maioria dos alunos (73%) declararam estar confortáveis, com temperatura do ar interna no entorno de 23 °C e a frequência cardíaca apresentou menor variação entre os valores máximos e mínimos.

Gráfico 12 - Resultado do número de acertos do BPR5 – Instituição A



Fonte - Elaborado pela autora, (2016)

Para verificar se as distribuições de frequência de acertos são similares no três dias, realizou-se o teste não paramétrico, cujo resultados estão descritos na Tabela 13.

As distribuições de frequência de acertos são similares para os raciocínios verbal, abstrato, espacial, numérico e para o Raciocínio Total (BPR5). Houve diferenças significativas na distribuição de frequência do número de acertos apenas no caso do raciocínio mecânico.

Tabela 13 - Estatística não paramétrico para os testes de raciocínio

Raciocínios	P-valor (Kruskal- Wallis)
Verbal	0,235
Abstrato	0,105
Espacial	0,970
Mecânico	0,045
Numérico	0,249
BPR5 (modificado)	0,201

Fonte - Dados da pesquisa, (2016)

Além do número de acertos, verificou-se o tempo gasto, em segundos, para a realização dos testes de raciocínio. A Tabela 14 contém o valor médio e o desvio padrão do tempo gasto para a realização de cada teste.

Tabela 14 - Média do tempo para resposta dos testes de raciocínio

Dia	RVT	RAT	RET	RMT	RNT	BPR5
1	66,22 ± 33,1	102,93 ± 46,36	212,93 ± 46,3	156,20 ± 60,8	244,11 ± 83,2	782,09 ± 256,5
2	59,15 ± 22,6	94,58 ± 44,26	175,02 ± 68,3	154,69 ± 69,4	205,81 ± 86,9	686,68 ± 230,7
3	50,78 ± 15,8	89,14 ± 32,31	156,38 ± 66,8	133,17 ± 59,6	200,98 ± 74,1	630,47 ± 172,2

Fonte - Dados da pesquisa, (2016)

De acordo com os dados da tabela 14, verifica-se que o menor tempo foi gasto na realização dos subtestes de raciocínio verbal e o maior tempo gasto ocorreu na realização do teste de raciocínio numérico. A média do tempo gasto na realização dos subtestes diminuiu coincidentemente com o passar dos dias.

4.2 Instituição B

A segunda instituição a participar da pesquisa é uma instituição pública localizada na cidade de Petrolina - PE. Nessa instituição participaram de 13 alunos de cursos de engenharia. A amostra foi composta por 9 homens e 4 mulheres com idade média $21,43 \pm 1,18$ anos (sendo a idade máxima 24 anos e a mínima 20 anos). O peso médio, mensurado no local, foi para os homens $78,6 \pm 10,3$ kg e para as mulheres $60,7 \pm 9,37$ kg. A altura média aferida para os homens foi de $1,8 \pm 0,06$ m e para as mulheres $1,7 \pm 0,03$ m. O índice de massa corporal calculado para os homens e mulheres foi $23,6 \pm 2,81$ e $21,6 \pm 2,67$ respectivamente.

A resistência térmica das roupas teve média de $0,34 \pm 0,07$ clo no primeiro dia, $0,41$ clo no segundo dia e $0,33$ clo no terceiro dia do experimento. A taxa metabólica foi padronizada em 70W/m , de acordo com o tipo de atividade exercida (IIDA E BUARQUE, 2016; COUTINHO, 2005).

4.2.1 . Caracterização do clima local – Petrolina

Petrolina é uma cidade do interior de Pernambuco que apresenta temperatura média anual de $26,4$ °C, tendo a caatinga como sua vegetação predominante (LIMA et al., 2014). O clima é classificado como semiárido quente, com escassez e irregularidade de chuvas. Apresenta verões quentes e úmidos e invernos mornos e secos, sendo novembro o mês com o maior valor de temperatura média ($28,2$ °C), bem como maior temperatura média por dia (34 °C), enquanto que julho é o mês mais frio ($24,1$ °C) e, ao mesmo tempo, com a menor temperatura média ($19,5$ °C) (INMET, 2016).

As coletas foram realizadas em maio de 2016, a partir das 12:00h, e segundo os dados fornecidos pelo INPE (2016), o registro da temperatura máxima para este mês foi de 35 °C e a mínima de 25 °C. No Tabela 15, identifica-se o registro das temperaturas nos dias de coleta fornecidas pelo INMET.

Tabela 15 - Dados do clima da cidade de Petrolina

Dias	Ta max °C	Ta min °C	Umidade (%)	Var (m/s)
23	33,8	28	62	15,08
24	31,12	25	63	20,3
25	29,7	25	74	24,15

Banco de dados do INMET, disponível em http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/mapas_c_horario.php.

Segundo os dados disponíveis no site do INMET (2016), verifica-se uma variação pequena entre as temperaturas mínimas e máximas nos dias do experimento. A umidade relativa do ar na cidade de Petrolina apresentou pouca variação entre os dias de experimento, com maior umidade no dia 3.

4.2.2 Caracterização do ambiente interno – Petrolina

O ambiente no qual foi desenvolvida a pesquisa foi o laboratório de informática, equipada de 25 computadores de mesa, sistema wifi, comunicação de rede e sistema de projeção. Figura 8 e 9. O ambiente foi climatizado através de ar condicionados do tipo split, alguns posicionados no teto e outros nas paredes, conforme o layout da Figura 10.

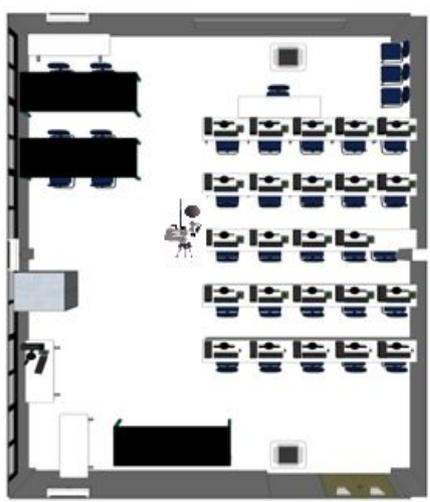
Figura 8 e 9 - Registro do laboratório de informática - Instituição B



Fonte - Dados da pesquisa, 2016

A temperatura foi ajustada para 20 °C, 24 °C e 28 °C respectivamente para cada dia de experimento. O TGD 300 e a estação microclimática Babuc foram posicionados no centro da sala a 60 cm de altura do solo seguindo o que estabelece a norma ISO 7726(1998), e tendo em vista que o ambiente apresentava uniformidade.

Figura 10 – Layout do laboratório de informática da Instituição B



Fonte - Dados da pesquisa, (2016)

A Tabela 16 apresenta as medições térmicas do ambiente interno. No primeiro dia, no qual a temperatura do ar condicionado foi ajustada para 20 °C, obteve-se uma temperatura T_a em torno de 23 °C. Os valores das temperaturas T_g e T_{rm} apresentaram uma diferença de 1,0 °C e 1,6 °C respectivamente em relação a T_a , sugerindo que houve troca de calor por radiação entre os alunos e o ambiente, semelhante ao que aconteceu em Teresina.

No segundo dia de experimento, a temperatura do ar condicionado foi ajustada para 24 °C, alcançando valores no entorno de 22 °C. A T_g e T_{rm} apresentaram uma diferença de 0,83 °C e 1,33 °C respectivamente em relação a T_a , sugerindo que nesse dia também houve troca de calor por radiação entre os alunos e o ambiente

Tabela 16 – Característica dos parâmetros térmicos internos - Instituição B

Dia	T_a (°C)	T_{bu} (°C)	T_g (°C)	T_{rm} (C)°	UR%
1	23,04 ±0,01	18,46 ±0,017	24,04 ±0,024	24,64 ±0,074	64,53 ±0,01
2	22,43 ±0,007	17,93 ±0,013	23,26 ±0,007	23,76 ±0,008	64,97 ±0,15
3	28,52 ±0,049	24,47 ±0,18	28,63 ±0,058	28,70 ±0,064	71,77 ±0,78

Fonte - Elaborado pela autora, 2016

No terceiro dia de coleta, a temperatura do ar condicionado foi ajustada para 28 °C, e obteve-se valor médio de T_a igual a 28 °C. Neste dia a T_g e T_{rm} não apresentaram uma diferença muito pequena em relação a T_a .

Os valores de umidade relativa interna não apresentaram grandes mudanças entre os dias de experimento, permanecendo quase que inalterada entre os dias 1 e 2 e variando em 7% no dia 3. Observou-se também que não houve grandes diferenças entre os valores de umidade relativa interna e externa nos três dias.

A seguir, serão apresentados os dados referentes à aceitabilidade dos alunos ao ambiente térmico, coletados através do questionário de sensação e conforto térmicos, segundo a norma ISO7730 (2005).

4.2.3 Variáveis subjetivas e índices de conforto – Petrolina

Analisando a percepção térmica dos alunos da instituição de Petrolina Tabela 17, para a temperatura de 23 °C, observa-se a predominância dos votos de neutralidade (62%), mas houve também alunos que se declararam estar em condição “levemente frio” (23% dos votos). Para a temperatura de 22 °C, temperatura muito próxima a do dia 1, inesperadamente verificou-se a predominância de um “levemente quente” em 54 % dos alunos. Para a temperatura de 28 °C, foram igualmente indicadas as sensações de “levemente quente” e “quente” por 38 % dos alunos e uma pequena minoria, 15% alunos, se sentiram em condição “muito quente”. Houve também o sentimento de neutralidade, indicado por 7% dos alunos.

Tabela 17 - Porcentagem de votos da percepção térmica – Instituição B

Percepção Térmica		23 °C (Dia 1)	22 °C (Dia 2)	28 °C (Dia 3)
Muito Frio	-3	0%	0%	0 %
Frio	-2	0%	0%	0 %
Levemente Frio	-1	23%	0%	0 %
Neutro	0	62%	38 %	7 %
Levemente Quente	1	15%	54 %	38 %
Quente	2	0%	8 %	38 %
Muito Quente	3	0%	0 %	15 %

Fonte - ISO 10551/1995

Segundo a Tabela 18, observa-se que os alunos declararam que o ambiente estava desconfortável nos três dias. No dia 1, a avaliação do desconforto do ambiente parece estar associado à percepção de frio. E o dia 2, sendo a T_a muito próxima da T_a do dia 1, o desconforto pareceu estar associado à percepção de calor. O ambiente desconfortável do dia 3 está claramente associada à percepção de calor.

Tabela 18 - Porcentagem de votos de avaliação térmica do ambiente – Instituição B

Avaliação Térmica		23 °C (Dia 1)	22 °C (Dia 2)	28 °C (Dia 3)
Confortável	0	0 %	0 %	0%
Levemente desconfortável	1	62 %	53 %	15 %
Desconfortável	2	38 %	46 %	15 %
Muito desconfortável	3	0 %	0%	70 %

Fonte - ISO 10551/1995

O PMV no dia 1 foi de -0,59, ou seja, encontra-se um pouco abaixo do intervalo ideal de conforto térmico ($-0,5 \leq PMV \leq 0,5$) caracterizando o ambiente entre confortável e levemente

frio. O PPD para o dia 1 foi de 15%, ou seja, mais de 10% dos ocupantes estavam termicamente insatisfeitos com o ambiente.

Para a temperatura de 22 °C, o PMV foi de 0,88, o que caracteriza o ambiente como um pouco frio. Os votos médios previstos encontrados implicaram em valores de PPD de 25 %, fora do que diz a norma ISO 7730/2005: PPD deve ser de no máximo 10%. Para a temperatura de 28 °C, o PMV calculado foi de 1,3, indicando uma ambiente entre “pouco quente” e “quente”. O PPD neste dia foi de 45%.

Similarmente ao que aconteceu em Teresina, nos três dias, o percentual de pessoas termicamente insatisfeitas foi maior que 10%, o que indica que o ambiente encontrava-se fora da porcentagem máxima de acordo com a Norma ISO 7730/2005, que estabelece $PPD \leq 10\%$.

4.2.4 Caracterização dos Parâmetros Cardiovasculares dos alunos – Petrolina

Assim como sugere a metodologia, foram mensurada a pressão arterial Sistólica e a pressão arterial diastólica antes (PASI, PADI) e depois (PASF, PADF), bem como a frequência cardíaca (FCrepouso, FCfinal, FCmédia e FCmáxima,) dos alunos durante a realização do BPR5. A Tabela 19 apresenta os valores médios e o desvio padrão destes parâmetros.

Tabela 19 - Médias dos parâmetros cardiovasculares – Instituição B

Parâmetro	Dia 1 (23 °C)	Dia 2 (22 °C)	Dia 3 (28 °C)
PASI	128,16 ± 9,35	118,23 ± 14,83	118,84 ± 11,27
PASF	117,41 ± 13,65	119,53 ± 11,88	117,38 ± 14,14
PADI	73,83 ± 9,11	66,53 ± 8,56	67,77 ± 7,13
PADF	68,08 ± 8,81	66,153 ± 6,46	67,46 ± 5,57
FCrepouso	76,91 ± 4,64	77,69 ± 12,67	81,23 ± 10,98
FCfinal	84,66 ± 7,54	85,15 ± 8,03	87,307 ± 7,73
FCmédia	88,50 ± 11,92	86,38 ± 10,32	89,84 ± 13,15
FCmáxima	112,25 ± 10,36	104,384 ± 8,939	115,84 ± 28,29

Fonte: - Elaborado pela autora, 2016

Considerando os dias em que houve grandes variações da temperatura do ar, verifica-se que os valores médios das pressões arteriais não sofreram grandes variações.

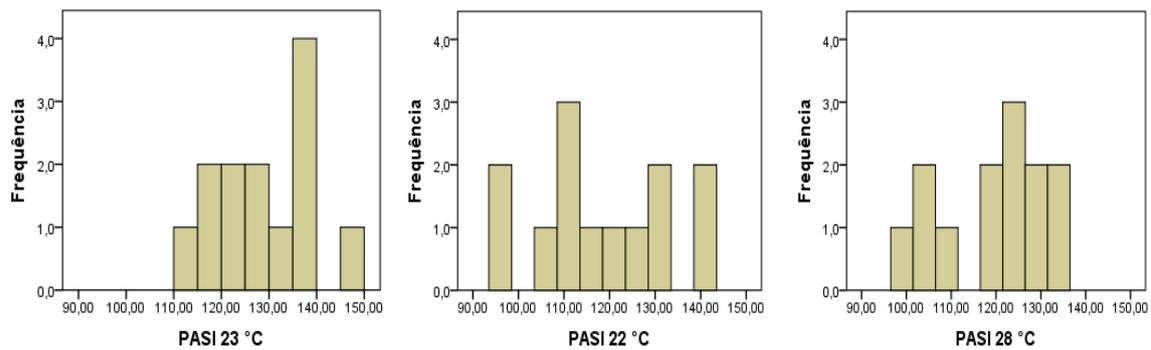
Com relação à frequência cardíaca, observa-se uma diferença entre os valores inicial (FCrepouso) e final (FCfinal), havendo um aumento na frequência cardíaca ao final do teste. A FCmédia se manteve quase inalterável nos três dias. O valor médio da FCmáxima apresentou redução na temperatura de 22 °C. De forma geral, e com pouca diferença, verificou-se que as médias das frequências cardíacas foram maiores no dia de maior temperatura.

4.2.4.1 Pressão arterial sistólica – Petrolina

As distribuições de frequências das pressões arteriais sistólica inicial e final dos alunos estão apresentadas nos Gráficos 13 e 14. Com respeito à PASI, observa-se que a maior variação ocorreu no dia 2, no qual os valores variaram entre 97 e 142mmHg.

Observou-se que em todos os dias de experimento, alguns alunos apresentaram pressão superior à faixa limítrofe ($> 130\text{mmHg}$), constatação mais acentuada no dia em que a temperatura foi $23\text{ }^{\circ}\text{C}$. No entanto, através do teste ANOVA, com $p\text{-valor} = 0,088 > 0,05$ ($F=3,212$), não foram verificadas diferenças significativa de PASI entre os dias de teste.

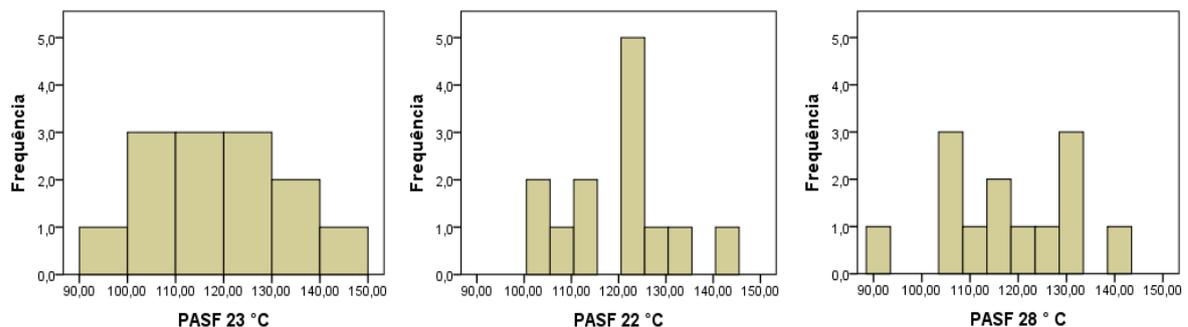
Gráfico 13 - Distribuição de frequência de PASI – Instituição B



Fonte - Elaborado pela autora, 2016

Após a realização dos testes de raciocínio, observou-se novamente a pressão arterial sistólica (PASF), Gráfico 14. Verificou-se que a mesma apresentou maior variação no primeiro dia, apresentando valores próximos a 150mmHg , valores considerados de hipertensão estágio 1 (SBC et al., 2010).

Gráfico 14 – Distribuição de frequência de PASF – Instituição B



Fonte - Elaborado pela autora, (2016)

Semelhante aos valores de PASI, foram verificados valores de PASF acima de 130mmHg , nos três dias. No entanto, a hipótese de que há diferenças significativas de PASF

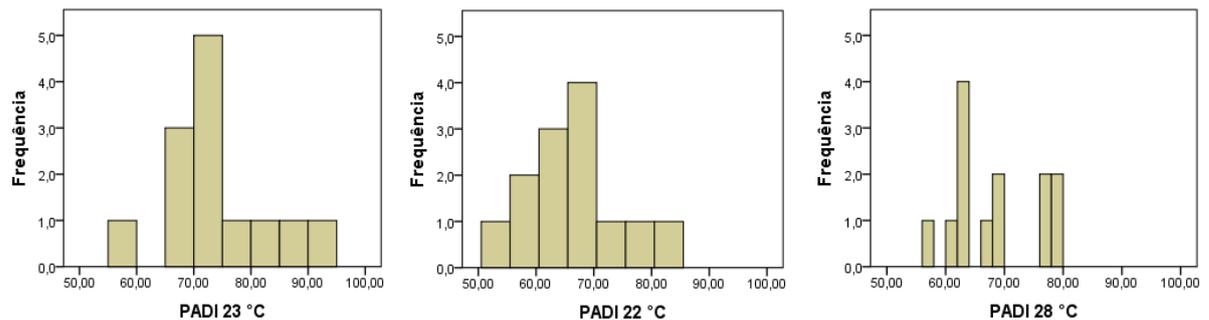
entre os dias de experimento não pode ser confirmada, sendo $p\text{-valor} = 0,894 > 0,05$ ($F = 0,087$).

4.2.4.2 Pressão arterial diastólica – Petrolina

Os valores aferidos da PADI e PADF estão descritos nos Gráficos 15 e 16. Ao analisar as distribuições de frequência da PADI, verificou-se que a mesma variou entre 55 e 92mmHg dia 1, entre 51 e 81mmHg no dia 2 e entre 55 e 78mmHg no dia 3. Desta forma, verificou-se que maior variação de PADI ocorreu no primeiro dia de teste, com a temperatura de 23 °C.

Vale destacar também que no primeiro dia de experimento alguns alunos apresentaram valores de PADI superiores ao normal ($\leq 85\text{mmHg}$), atingindo valores de pressão considerado de risco (90-99mmHg) pela I Diretriz Brasileira de Prevenção Cardiovascular (SIMÃO et al., 2013).

Gráfico 15 – Distribuição de frequência de PADI – Instituição B



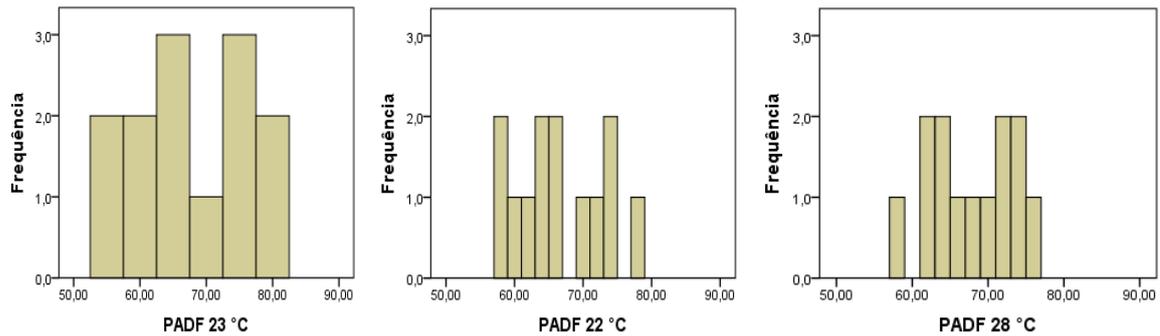
Fonte - Elaborado pela autora, (2016)

Quanto à PADF, cuja distribuição pode ser visualizada no Gráfico 17, verifica-se que a variação foi menor quando comparada à variabilidade da PADI. Ao final do teste cognitivo, não foram observadas ocorrências de valores de pressão diastólica acima de 85mmHg (valor limítrofe).

Assim como aconteceu com PADI, verificou-se a ocorrência de valores de PADF superiores aos dos dias subsequentes. No dia 1, a variabilidade de PADF foi a maior.

Para verificar se as distribuições de PADI e PADF apresentaram valores similares nos três dias, aplicou-se o teste ANOVA, cujo $p\text{-valor} = 0,082 > 0,05$ para PADI e $p\text{-valor} = 0,782 < 0,05$ para PADF. Desta forma, o teste estatístico indica similaridade dos valores de PADI e PADF nos três dias de experimento.

Gráfico 16 - Distribuição de frequência de PADF – Instituição B



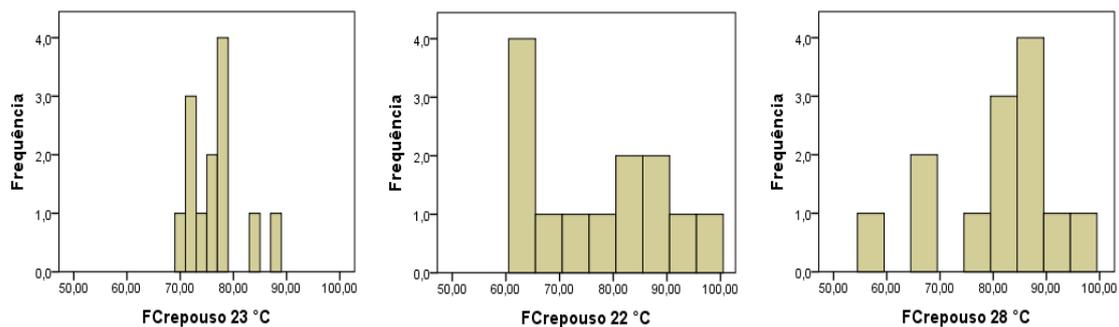
Fonte - Elaborado pela autora, (2016)

4.2.4.3 Frequência Cardíaca – Petrolina

Os resultados a seguir são observações referentes à frequência cardíaca. O Gráfico 17 apresenta o histograma da FCrepouso, que é a frequência cardíaca medida antes dos alunos iniciarem os testes cognitivos. É possível observar que o menor valor de FCrepouso ocorreu no terceiro dia (59 bpm) e o maior valor (98bpm) ocorreu semelhantemente no segundo e terceiro dias. A menor variabilidades da FCrepouso ocorreu no primeiro dia, sendo muito semelhantes as variabilidades de FCrepouso nos dias subsequentes.

Vale ressaltar que os valores de FCrepouso dos alunos não ultrapassaram a faixa de normalidade da frequência cardíaca (50 a 100bpm) segundo a Diretrizes da Sociedade Brasileira de Cardiologia sobre Análise e Emissão de Laudos Eletrocardiográficos (2009).

Gráfico 17 - Distribuição de frequência da FCrepouso – Instituição B



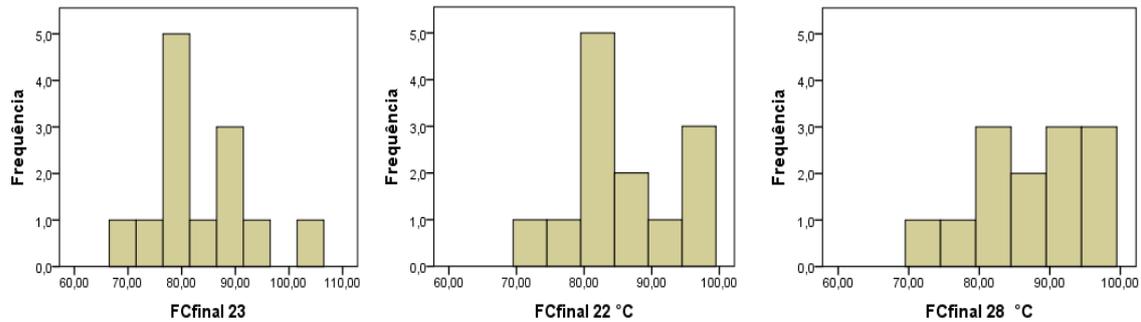
Fonte - Elaborado pela autora, (2016)

Com objetivo de verificar se as distribuições de frequência da FCrepouso foram iguais nos três dias, aplicou-se o teste ANOVA, obtendo-se $p\text{-valor} = 0,527 > 0,05$. O resultado indica que não houve diferenças significativas da FCrepouso entres os dias de teste.

Sobre a FCfinal, , Gráfico 18, obteve-se uma variação de 37 bpm entre os valores máximo e mínimo no primeiro dia, de 27 bpm no segundo dia e 28 bpm no terceiro dia. Destaca-se que houve, no primeiro dia, um único aluno que apresentou FCfinal acima de 100

bpm. Segundo o teste ANOVA , que resultou em $p\text{-valor} = 0,664 > 0,05$, verifica-se similaridades nas distribuições FCfinal durante a realização do BPR5 nos três dias consecutivos.

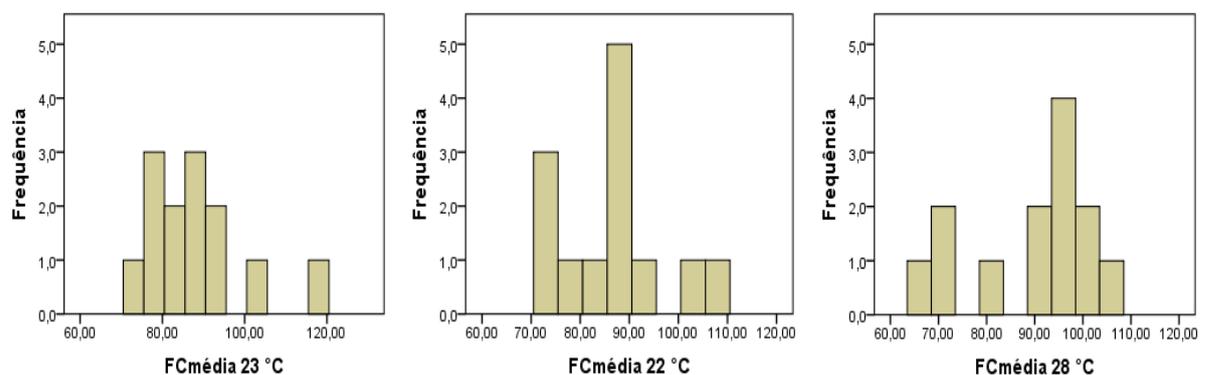
Gráfico 18 - Distribuição de frequência da FCfinal – Instituição B



Fonte - Elaborado pela autora, (2016)

O Gráfico 19 contém os valores de FCmédia, no qual podemos identificar valores superiores a 100 bpm, nos três dias de experimento. O maior valor de FCmédia foi verificado no primeiro dia. A maior variação deste parâmetro ocorreu no dia 1, cuja diferença entre os valores máximo e mínimo foi de 44 bpm em comparação com o segundo dia, 34bpm, e o terceiro dia, 35bpm. Apesar de diferenças gráficas da FCmédia, ao aplicar o teste ANOVA, cuja o $p\text{-valor} = 0,756 > 0,05$, verificou-se que não houve diferenças significativas na distribuição de frequência de FCmédia entre os três dias de experimento.

Gráfico 19 - Distribuição de frequência da FCmédia – Instituição B

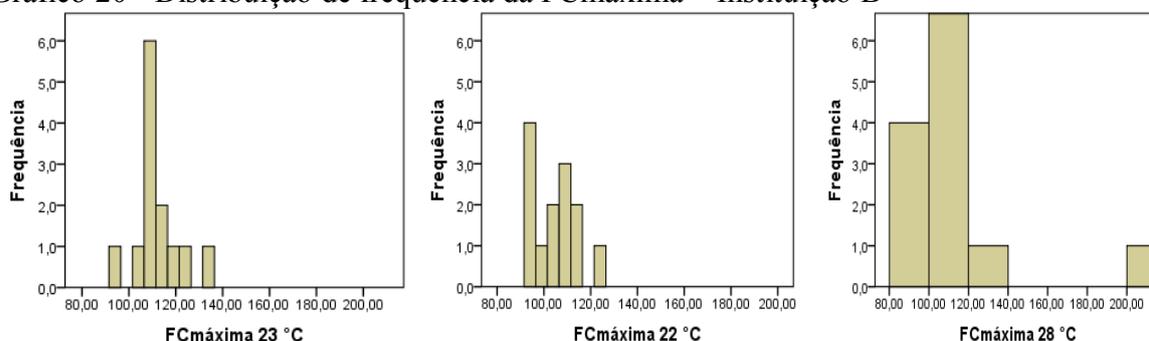


Fonte - Elaborado pela autora, (2016)

Com relação à FCmáxima, Gráfico 20, observou-se que foram obtidos valores mais elevados que os parâmetros de frequência cardíaca anteriormente considerados (FCmédia, FCfinal e FCrepouso). O menor valor verificado nos três dias de experimento é superior a 90bpm. O maior valor de FCmáxima foi 210 bpm, observado no dia 3. Deve-se resaltar que

nos três dias houve valores de FCmáximas superiores a 100 bpm. A média e o desvio padrão também foram mais elevados no dia de maior temperatura.

Gráfico 20 - Distribuição de frequência da FCmáxima – Instituição B



Fonte - Elaborado pela autora, (2016)

Para elucidar sobre diferenças na distribuições de FCmáxima nos três dias de coleta, segundo o teste não paramétrico Kruskal-Wallis, que resultou em p-valor = 0,174 > 0,05, não há diferenças entre as distribuições de frequência da FCmáxima nos três dias de teste.

4.2.4.4 Correlação - Petrolina

Para verificar uma interação entre os parâmetros fisiológicos dos alunos e o parâmetro térmico Ta, foi aplicado o teste de Correlação de Spearman. A hipótese de que as duas variáveis quantitativas são independentes não pôde ser rejeitada para nenhum dos parâmetros cardiovasculares aferidos nesta universidade, Tabela 20.

Tabela 20 - Correlação de Pearson – Instituição B

		PASI	PADI	PASF	PADF	FCmax	FCméd	FCrepouso	FCfinal
Ta	Pearson	-0,130	0,095	0,050	0,036	0,217	0,109	0,184	0,148
	Correlation								
	p-valor	0,435	0,569	0,767	0,829	0,190	0,514	0,269	0,374

Fonte - Elaborado pela autora, (2016)

4.2.5 - Modelagem matemática – Petrolina

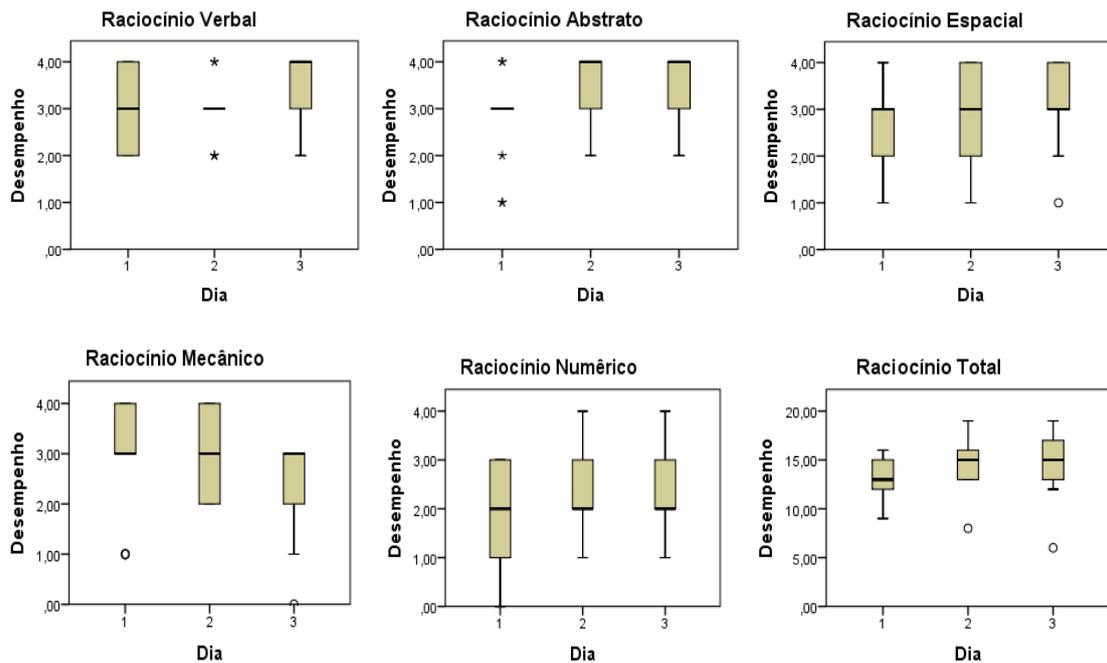
A Frequência cardíaca dos alunos de Petrolina atingiu valores superiores a 100 bpm, semelhantemente aos alunos da instituição de Teresina. A proposta de verificar o risco dos alunos apresentarem frequência cardíaca superior a 100 bpm a medida que a Ta aumenta não pode ser feita com esta amostra, pois os valores de B0 e B1 encontrados não são significativos para se traçar um modelo de regressão logística, cujo p-valor = 0,907 para B0 e p-valor = 0,684.

4.2.6 Desempenho Cognitivo – Petrolina

O desempenho cognitivo dos estudantes foi verificado nos três dias do experimento. O Gráfico 21 mostra o comportamento do desempenho dos alunos da instituição de Petrolina de acordo com a faixas de temperatura em cada dia.

Nota-se melhor desempenho nos testes de raciocínio verbal e raciocínio espacial no dia 3. Para o raciocínio mecânico, observou-se melhor desempenho no dia 1. O desempenho nos raciocínios numérico e abstrato permaneceram inalterados. O resultado total dos testes, segundo o Gráfico 21, foi uma melhora do desempenho entre o primeiro e segundo dias, permanecendo muito próximo entre os dia 2 e 3. Como as temperaturas entre os dia 1 e 2 foram muito próximas, é possível que o aumento do desempenho tenha ocorrido por um efeito de aprendizagem.

Gráfico 21 – Resultado do número de acertos do BPR5 – Instituição B



Fonte - Elaborado pela autora, (2016)

Ao serem comparadas as distribuições de acertos dos três dias de experimento, Tabela 21, verifica-se que as distribuições de acertos são similares para os raciocínios verbal, espacial, mecânico e numérico e para o resultado total BPR5. Houve diferenças significativas na distribuição do número de acertos para o subtteste de raciocínio abstrato.

Tabela 21- Estatística não paramétrica para os teste de raciocínios – Instituição B

Raciocínio	P-valor (Kruskal- Wallis)
Verbal	0,238
Abstrato	0,046
Espacial	0,190
Mecânico	0,108
Numérico	0,436
BPR5 (modificado)	0,238

Fonte - Elaborado pela autora, (2016)

Além do número de acertos, verificou-se o tempo gasto, em segundos, para a realização dos testes de raciocínio. A Tabela 22 apresenta os valores médios e o desvio padrão do tempo gasto para a realização de cada teste.

Tabela 22 - Média de tempo para resposta dos do teste de raciocínio – Instituição B

Dia	RVT	RAT	RET	RMT	RNT	BPR5
1	56,98 ± 22,0	108,41 ± 26,03	231,67 ± 81,7	131,47 ± 47	248,94 ± 82,4	777,46 ± 176,8
2	42,92 ± 14,94	104,54 ± 39,89	168,56 ± 82,02	154,91 ± 41,84	196,31 ± 73,21	668,15 ± 188,88
3	40,68 ± 13,41	68,16 ± 25,28	165,64 ± 68,97	153,36 ± 8,40	184,52 ± 56,55	612,36 ± 173,09

Fonte - Elaborado pela autora, (2016)

Verifica-se que o menor tempo foi gasto na realização dos subtestes de raciocínio verbal e o maior tempo gasto ocorreu na realização do teste de raciocínio numérico, semelhantemente ao tempo gasto neste teste pelos alunos do Piauí.

Ao comparar a média de tempo gasto em cada teste, nos três dias, observa-se que o maior tempo de realização do teste ocorreu no primeiro dia e o menor tempo ocorreu no dia de maior temperatura, com excessão do teste de raciocínio mecânico.

Para elucidar se houve diferenças na distribuição do tempo de resposta de cada subteste e no tempo geral entre os dias do teste, aplicou-se o teste Kruskal-Wallis para amostras independentes, com $\alpha=0,05$. O resultado do teste, presente na Tabela 23 demonstra que a distribuição do tempo foi diferente para a maioria dos subtestes e para o tempo total entre os dias.

Tabela 23 - Estatística não paramétrica para o tempo de realização do BPR5

Tempo para realização dos teste de Raciocínio	P-valor (Kruskal- Wallis)
TRV	0,046
TRA	0,002
TRE	0,036
TRM	0,235
TRN	0,058
TBPR5 (modificado)	0,032

Fonte - Elaborado pela autora, (2016)

Desta forma verifica-se que no dia de maior temperatura (28 °C) os alunos realizaram o teste BPR5 mais rapidamente. No entanto, a mesma coisa ocorreu com os alunos de Teresina, ratificando o que acredita ser, não aumento da eficiência no dia de maior temperatura interna, mas sim o efeito aprendido.

4.3 Instituição C

A terceira instituição que fez parte deste estudo também é uma instituição pública, localizada na cidade de João Pessoa. Participaram da pesquisa um total de 19 alunos do curso de formação de oficiais. A amostra foi composta por 14 homens e 5 mulheres, com idade média de $27,82 \pm 6,3$ anos para as mulheres e $26 \pm 4,16$ anos para os homens.

O peso médio dos homens foi de $80,0 \pm 9,09$ Kg e das mulheres $67,5 \pm 7,6$ Kg. A altura média dos homens é de $1,8 \pm 0,04$ m e das mulheres $1,7 \pm 0,04$ m. O índice de massa corporal médio foi de $26,1 \pm 2,18$, para os homens e $24,7 \pm 3,22$ para as mulheres. Quanto ao estilo de vida, um total de 100% dos alunos declararam não fumar e 47 % declararam fazer uso de bebida alcoólica. Quanto à atividade física, 100 % declaram fazer atividade moderada de forma regular.

A resistência térmica das roupas teve média de $0,42 \pm 0,02$ clo no primeiro dia, $0,43 \pm 0,02$ clo no segundo dia e $0,42 \pm 0,03$ clo no terceiro dia do experimento. Em relação à taxa metabólica, esta foi padronizada em 70W/m, de acordo com o tipo de atividade exercida (IIDA E BUARQUE, 2016; COUTINHO, 2005).

4.3.1 Caracterização do clima local – João Pessoa

João Pessoa é uma cidade litorânea, com clima tropical úmido e índices relativamente elevados de umidade do ar. As temperaturas médias anuais se situam em torno dos 26 °C. No verão, a temperatura pode alcançar 33 °C à sombra, e no inverno, 22 °C. Os períodos de chuva se concentram entre os meses de abril e julho (IMPE, 2016).

As coletas foram realizadas no mês de julho de 2016, a partir das 12:00h, e segundo os dados fornecidos pelo INMET(2016), o registro da temperatura máxima para este mês foi de 30 °C e a mínima de 21 °C. Na Tabela 24, identifica-se o registro das temperaturas nos dias de coleta.

Tabela 24 - Dados do clima da cidade de João Pessoa

Dias	Ta min °C	Ta max °C	UR %	Var (m/s)
15	26,4	29,2	69,5	4,1
16	27,03	30	77,3	4,1
17	25,18	29,4	75,2	3,6

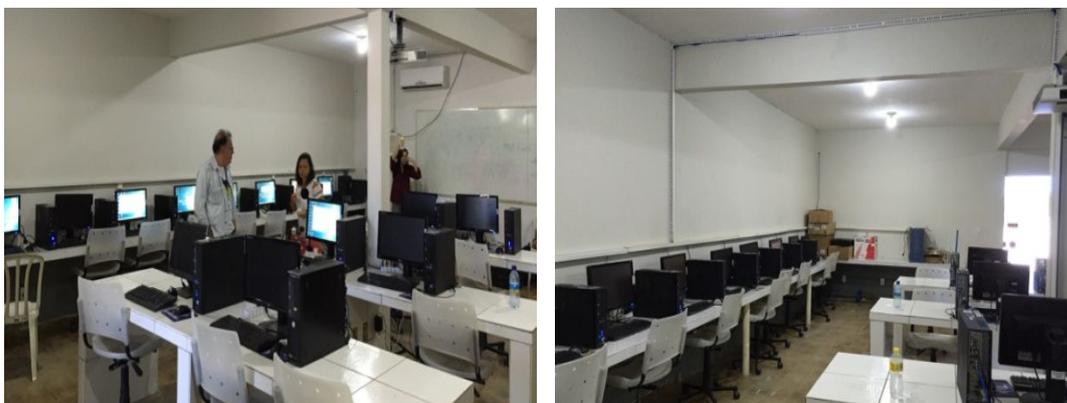
Banco de dados INMET-http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/mapas_c_diario.php

Segundo os dados disponíveis no site do INMET (2016), a temperatura do ar se manteve mais estável, apresentando pouca variação entre os valores máximo e mínimo. Foram verificados altos valores de umidade relativa do ar, porém com pouca variação entre os dias.

4.3.2 Caracterização do ambiente interno – João Pessoa

O ambiente da pesquisa foi o laboratório de informática, com computadores de mesa, sistema wifi, comunicação de rede e sistema de projeção, Figura 11, 12 e 13. O laboratório dispunha de 27 computadores PC, com gabinete sobre as mesas, posicionados lateralmente. O ambiente foi climatizado com ar condicionados do tipo *split*, com ajuste da temperatura diferente para cada dia, conforme a metodologia proposta.

Figura 11 e 12 – Registro do laboratório de Informática da instituição C.



Fonte - Elaborado pela autora, (2016)

Figura 13 – Layout do laboratório de informática da Instituição C



Fonte - Elaborado pela autora, (2016)

Os parâmetros térmicos foram aferidos pelos aparelhos TGD - 300 e a estação microclimática Babuc que, seguindo o que estabelece a norma ISO 7726 (1998) e tendo em vista que o ambiente apresentava uniformidade na distribuição de temperatura, foi instalada no centro da sala, Figura 13, a 0,60m de altura em relação ao solo. Esta estação foi programada para medir as variáveis a cada 5 minutos, desde a entrada dos cadetes na sala de aula. A média dos dados dos parâmetros térmicos internos estão mostrados na Tabela 25.

Tabela 25 - Características dos parâmetros térmicos internos – Instituição C

Dia	Ta (°C)	UR (%)	Tg (°C)	Tbu (°C)	Trm
1°	25,67 ± 0,01	59,49 ± 0,06	26,03 ± 0,017	20,03 ± 0,014	26,13 ± 0,017
2°	25,95 ± 0,02	66,24 ± 0,33	26,35 ± 0,016	21,28 ± 0,04	26,47 ± 0,016
3°	29,39 ± 0,06	76,41 ± 0,27	29,48 ± 0,047	25,98 ± 0,044	29,49 ± 0,044

Fonte - Elaborado pela autora, (2016)

No primeiro dia, no qual a temperatura do ar condicionado foi ajustada para 20 °C, obteve-se uma temperatura Ta em torno dos 25, 67 °C. Essa diferença entre os valores metodológico e o valores real ocorreu provavelmente porque os dois ar condicionado não tiveram potência suficiente para baixar a tempertura interna, mesmo a temperatura externa sendo a mais baixa entre os dias. No segundo dia de experimento, a temperatura foi ajustada para 24 °C, alcançando valor no entorno de 25,95 °C.

No terceiro dia de coleta, a temperatura do ar condicionado foi ajustada para 28 °C, seguindo a proposta da metodologia. No entanto, obteve-se valor médio de Ta igual a 29,39 °C. A Tg e Trm foram semelhantes à Ta nos três dias de experimento, sugerindo não haver radiação térmica significativa no ambiente.

Os valores de umidade relativa do ar no local do experimento apresentaram mudanças entre os dias de experimento, variando aproximadamente, 7% entre os dias 1 e 2 e 10 % entre os dias 2 e 3. Essa variação foi um pouco maior quando comparada com as variações entre os dias de experimento nas cidades de Teresina e Petrolina.

A seguir, serão apresentados os dados referentes à aceitabilidade dos alunos ao ambiente térmico, coletados através do questionário de sensação e conforto térmicos, segundo a norma ISO7730 (2005).

4.3.3 Variáveis subjetivas e índices de conforto – João Pessoa

A percepção térmicas dos alunos da instituição em João Pessoa para o primeiro dia, Tabela 26, foi predominantemente “confortável” a partir de 64% do alunos, havendo quase igual proporção de 15 % de alunos que se entiram “levemente quente” ou “levemente frio”. Para a temperatura de 26 °C, a porcentagem de alunos em situação confortável aumentou,

sendo de 74 %. Para a temperatura de 29 °C, houve a predominância dos votos “quente” de 47 % dos alunos.

Tabela 26 - Porcentagem de votos para percepção térmica – Instituição C

Percepção Térmica		25 °C (Dia 1)	26 °C (Dia 2)	29 °C (Dia 3)
Muito Frio	-3	0 %	0 %	0 %
Frio	-2	0 %	0 %	0 %
Levemente Frio	-1	16 %	0 %	0 %
Neutro	0	64 %	74%	16%
Levemente Quente	1	15 %	15%	26%
Quente	2	5 %	5,5%	47%
Muito Quente	3	0 %	5,5%	11%

Fonte - ISO 10551/1995

De acordo com os dados da Tabela 27, a avaliação do ambiente nos dias 1 e 2, foi muito semelhante, o que é justificado pela proximidade dos valores de temperatura, sendo a maioria dos votos de “confortável”. No dia 3, em que houve diferença mais significativa da temperatura do ar, 74% dos votos foi de descontentamento com o ambiente. Mesmo assim, houve estudantes que declararam que o ambiente estava confortável.

Tabela 27 - Porcentagem de votos de Avaliação térmica do ambiente – Instituição C

Avaliação Térmica		25 °C (Dia 1)	26 °C (Dia 2)	29 °C (Dia 3)
Confortável	1	69 %	63 %	21 %
Levemente desconfortável	2	21 %	26 %	42 %
Desconfortável	3	10 %	5 %	21 %
Muito desconfortável	4	0 %	0 %	11 %

Fonte - ISO 10551/1995

O PMV nos dias 1 e 2 foi de respectivamente de 0,3 e de 0,43, estando dentro do intervalo de conforto térmico ($-0,5 \leq \text{PMV} \leq 0,5$), caracterizando o ambiente como confortável. O PPD nestes dias, de 7% e 9% respectivamente, confirma a previsão da norma ISO 7730/2005, de que o PPD deve ser de no máximo 10%.

Para o dia 3, o PMV foi de 1,5, o que caracteriza um ambiente entre “levemente quente” e “quente”. Sendo o PPD neste dia de 55% confirmando uma situação de desconforto.

Diferentemente das instituições já avaliadas, apenas no dia 3 o percentual de pessoas termicamente insatisfeitas foi maior que 10%, concluindo que o ambiente a 29 °C encontrava-se fora da porcentagem máxima de acordo com a Norma ISO 7730/2005, que estabelece $\text{PPD} \leq 10\%$.

4.3.4 Caracterização dos Parâmetros Cardiovasculares dos alunos – João Pessoa

Na tabela 28 foram especificados os valores médios e o desvio padrão dos parâmetros fisiológicos mensurados durante a realização dos teste de desempenho, realizados pelos alunos.

Tabela 28 - Média dos parâmetros cardiovasculares – Instituição C

Parâmetro	Dia 1 (25 °C)	Dia 2 (26 °C)	Dia 3 (29 °C)
PASI	121 ± 16,2	122 ± 13,2	121 ± 10,66
PADI	72,11 ± 8,9	72 ± 7,5	69,7 ± 6,33
PASF	122,61 ± 11,72	121,68 ± 11,65	118 ± 9,18
PADF	74,84 ± 7,53	71,18 ± 7,14	70,18 ± 33,6
FCrepouso	75,11 ± 13,8	68,13 ± 12,43	69,8 ± 8,17
FCfinal	72,61 ± 11,1	66,13 ± 9,4	70,79 ± 7,7
FCmáxima	97,89 ± 10,47	93,26 ± 18,37	102 ± 33,61
FCmédia	78,21 ± 8,22	72 ± 8,86	76 ± 12,32

Fonte - Elaborado pela autora, (2016)

Obsevando o valor médio e o desvio padrão dos parâmetros fisiológicos aferidos, verificou-se que as pressões arteriais não sofreram grandes variações entre os dias do experimento. A mesma tendência observada nos dados das instituições A e B, foi verificado, em que os maiores valores de pressão arterial ocorreram nos dias 1 e 2, nos quais as temperaturas foram próximas e menores do que no dia 3.

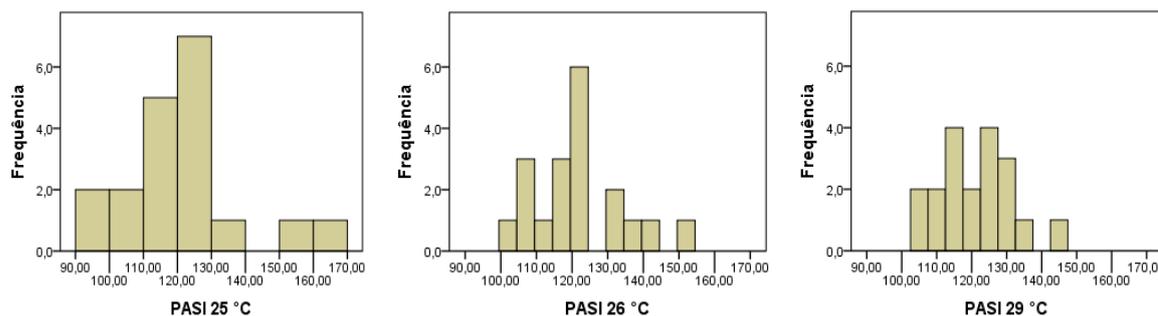
Com relação à frequência cardíaca não se observa variações entre os valores da FCrepouso e FCfinal nos três dias. A FCmáxima apresentou média acima de 100 bpm apenas no dia 3.

4.3.4.1 Pressão arterial sistólica – João Pessoa

As distribuições de frequência da pressão arterial sistólica inicial e final dos alunos estão apresentadas nos Gráficos 22 a 23. Com respeito a PASI, observa-se que a maior variação ocorreu no primeiro dia, no qual os valores variaram entre 94 e 163 mmHg, seguido pelo segundo dia, cujo valores de PASI variaram foram 102 e 153 mmHg. A menor variação de PASI ocorreu no último dia, com valores ente 105 e 143 mmHg.

Observa-se que, em todos os dias, alguns alunos apresentaram valores de PASI que ultrapassaram a faixa limítrofe (> 130mmHg), verificando-se os maiores valores no dia de temperatura mais baixa. No entanto, através do teste Anova, com p-valor = 0,954>0,05 (F=0,049), não foram verificadas diferenças significativa de PASI entre os dias de teste.

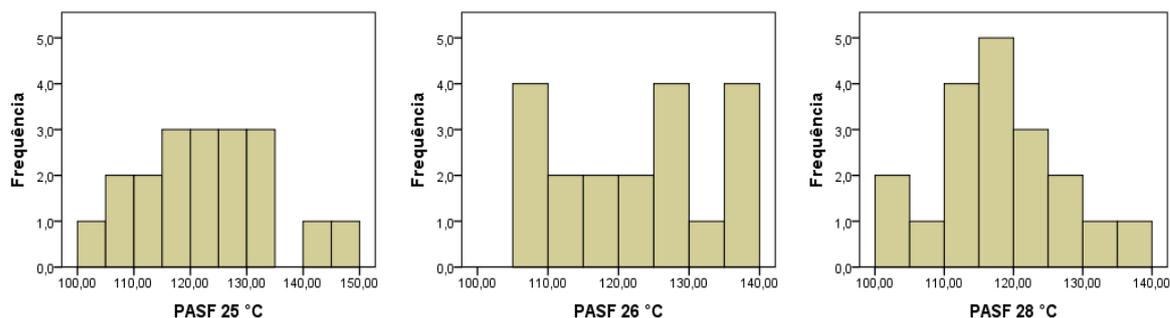
Gráfico 22 - Distribuição de frequência da PASI – Instituição C



Fonte - Elaborado pela autora, (2016)

A PASF, Gráfico 23, apresentou maior variação no dia 1, com valores que chegaram muito próximos a 150mmHg, valor considerado de hipertensão estágio 1 (SBC et al., 2010). No dia 2, uma quantidade maior de alunos apresentou valores de PASF que ultrapassaram a faixa limítrofe (> 130mmHg). Nos três dias, foram verificados valores de PASF acima de 130mmHg.

Gráfico 23 - Distribuição de frequência da PASF – Instituição C



Fonte - Elaborado pela autora, (2016)

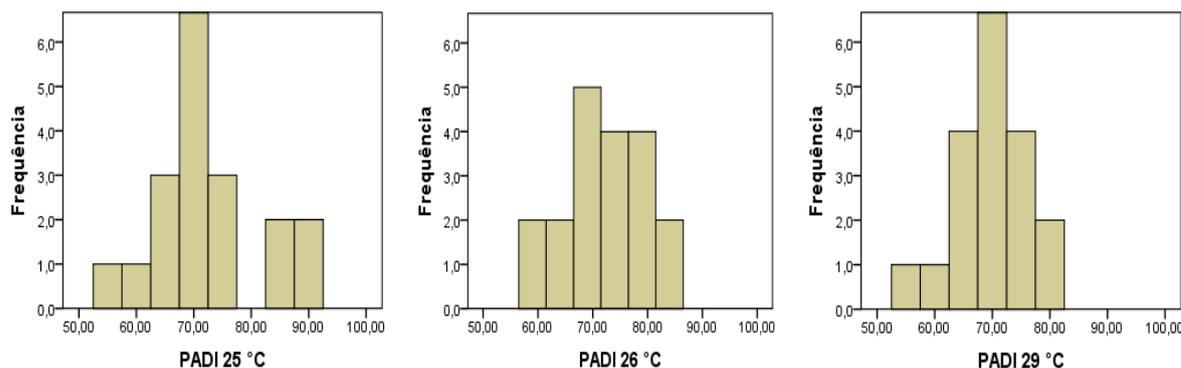
A hipótese de que há diferenças significativas de PASF entre os dias de experimento não pôde ser confirmada, sendo $p\text{-valor} = 0,394 > 0,05$ ($F = 0,943$) do teste ANOVA.

4.3.4.2 Pressão arterial diastólica – João Pessoa

Os valores da PADI e PADF estão descritos nos gráficos 24 e 25. Ao analisar a distribuição da PADI, verificou-se que a mesma variou de forma semelhante nos dias 2 e 3, no entanto, observou-se uma concentração dos valores da PADI no dia 1 e no dia 3, em torno de 70 mmHg. Observou-se também que os valores de pressão foram maiores nos dias de menor temperatura, semelhante aos valores de PADI dos alunos de Teresina.

Alguns alunos apresentaram valores de PADI superiores à taxa considerada normal (<85mmHg), atingindo valores de pressão considerados de risco (90 a 99mmHg) pela I Diretriz Brasileira de Prevenção Cardiovascular (SIMÃO et al., 2013).

Gráfico 24 - Distribuição de frequência da PADI – Instituição C



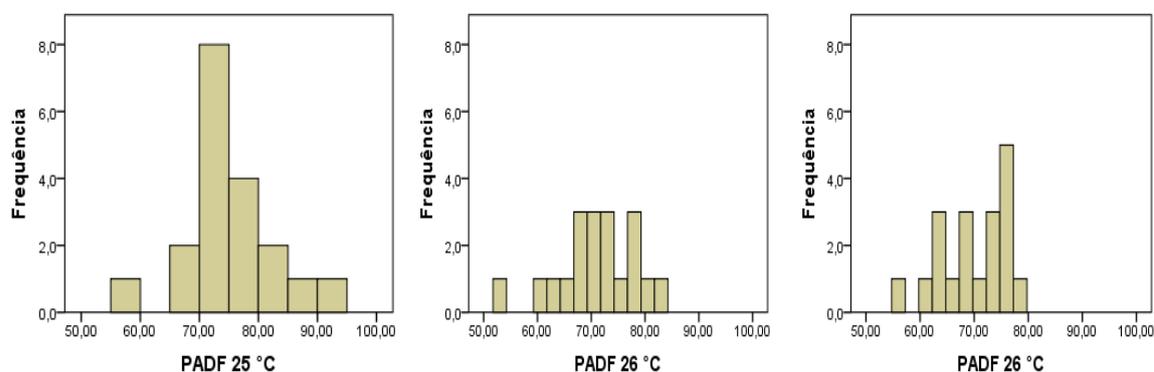
Fonte - Elaborado pela autora, (2016)

A hipótese de que há diferenças significativas de PADI entre os dias de experimento não pôde ser confirmada, sendo $p\text{-valor} = 0,564 > 0,05$ ($F = 0,574$) do teste ANOVA.

Com base no gráfico 26, verificou-se que a variação da PADF foi muito semelhante à variação da PADI. Verificou-se valores de PADI e a PADF superiores a 90mmHg apenas no dia 1. A variação de PADF também foi maior no dia de menor temperatura.

Para verificar se a distribuição de PADF apresentou valores similares nos três dias de experimento aplicou-se o teste ANOVA, e com o $p\text{-valor} = 0,112 > 0,05$ ($F = 2,277$) sugere-se que não houve diferenças significativas da PADF nos três dias de experimento.

Gráfico 25 - Distribuição de frequência da PADF – Instituição C



Fonte - Elaborado pela autora, (2016)

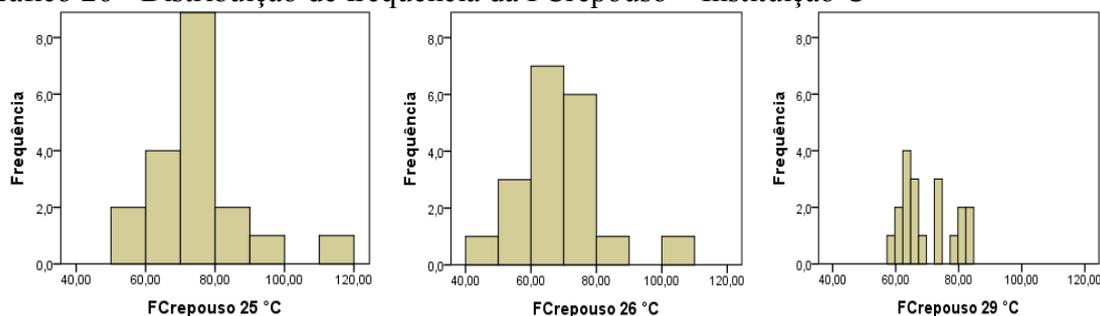
4.3.4.3 Frequência Cardíaca – João Pessoa

O Gráfico 26 apresenta a distribuição de frequência da FCrepouso. É possível observar que o maior valor da FCrepouso ocorreu no primeiro dia (118 bpm) e o menor valor ocorreu

no segundo dia (47 bpm). A maior variação de FCrepouso ocorreu no dia 1, sendo muito semelhante à variação de FCrepouso do segundo dia. No dia de maior temperatura, a variação da FCrepouso foi muito menor em comparação com os dias anteriores.

Vale ressaltar que, nos dias 1 e 2, os valores de FCrepouso de alguns alunos, ultrapassaram a faixa de normalidade da frequência cardíaca (50 a 100bpm), segundo as Diretrizes da Sociedade Brasileira de Cardiologia sobre Análise e Emissão de Laudos Eletrocardiográficos (2009).

Gráfico 26 - Distribuição de frequência da FCrepouso – Instituição C

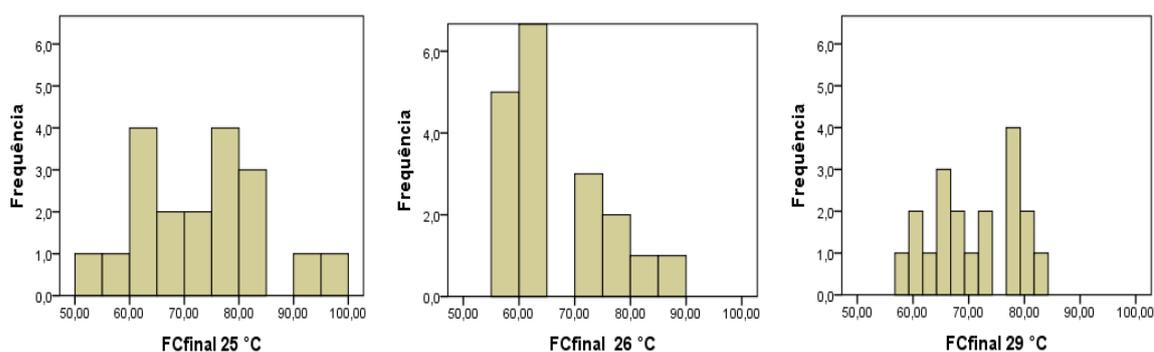


Fonte - Elaborado pela autora, (2016)

Foi verificado se as distribuições de frequência da FCrepouso foram iguais nos três dias de experimento. Segundo o teste estatístico Kruskal-Wallis, cujo $p\text{-valor} = 0,181 > 0,05$, não houve diferenças significativas da FCrepouso entres os dias de teste.

O Gráfico 27 contém distribuição de frequência da FCfinal. A maior variação de FCfinal ocorreu no dia 1. Nesse, também foram observados os maiores valores de FCfinal. No dia de maior temperatura, a variação de FCfinal foi a menor entre os dias. Não houve registro de valores da FCfinal fora da faixa de normalidade da frequência cardíaca (50 a 100 bpm), segundo as Diretrizes da Sociedade Brasileira de Cardiologia sobre Análise e Emissão de Laudos Eletrocardiográficos (2009).

Gráfico 27- Distribuição de frequência da FCfinal – Instituição C



Fonte: Elaborado pela autora, 2016

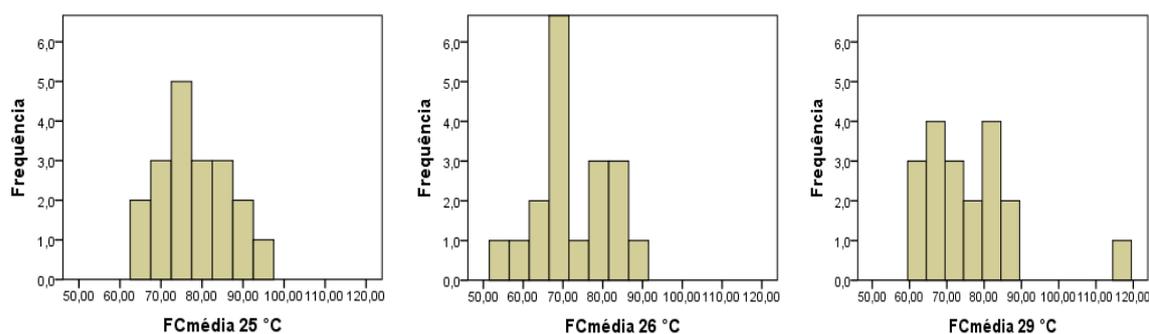
Foi verificado se as distribuições de frequência da FC_{final} foram iguais nos três dias. Segundo o teste Kruskal-Wallis, cujo $p\text{-valor} = 0,083 > 0,05$, verificou-se que não há diferenças significativas nas distribuições de FC_{final} entre os três dias de teste.

O Gráfico 28 contém valores de FC_{média}, a partir do qual pode-se observar que os valores máximos deste parâmetro se situaram no entorno de 90 bpm. Os menores valores de FC_{média} variaram entre os dias, sendo 65 bpm dia 1, 54 bpm no dia 2 e 58 bpm no último dia. Quanto à variabilidade de FC_{média}, a maior também foi observada no dia 1, sendo similares para dia 2 e dia 3.

Houve registro de valores da FC_{média} fora da faixa de normalidade da frequência cardíaca (50-100bpm), segundo as Diretrizes da Sociedade Brasileira de Cardiologia sobre Análise e Emissão de Laudos Eletrocardiográficos (2009), que ocorreu no dia 3.

Foi verificado se as distribuições de frequência da FC_{média} foram iguais nos três dias, e segundo o teste ANOVA, cuja $p\text{-valor} = 0,162 > 0,05$ ($F=1,892$), verifica-se similaridades nas distribuições FC_{média} nos três dias de teste.

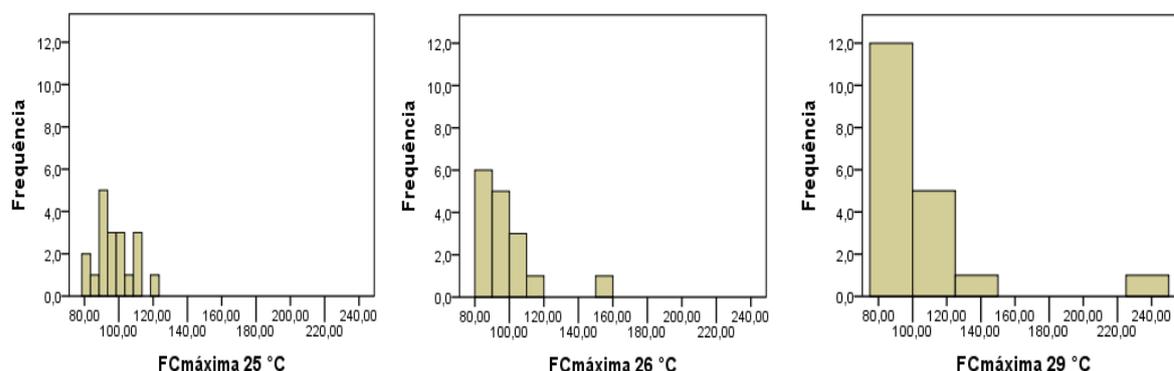
Gráfico 28 - Distribuição de frequência da FC_{média} – Instituição C



Fonte - Elaborado pela autora, (2016)

No Gráfico 29, os valores de FC_{máxima} variaram entre 80 e 120 bpm na maioria dos alunos, desconsiderando alguns poucos outlets. Foram observados valores de FC_{máxima} fora da faixa de normalidade da frequência cardíaca (50-100bpm), segundo as Diretrizes da Sociedade Brasileira de Cardiologia sobre Análise e Emissão de Laudos Eletrocardiográficos (2009).

Gráfico 29 - Distribuição de frequência da FCmáxima – Instituição C



Fonte - Elaborado pela autora, (2016)

O maior valor de FCmáxima (240 bpm) foi observado no terceiro dia, com a temperatura mais elevada, no entanto, nos três dias houve valores de FCmáximas superiores a 100 bpm. A média e o desvio padrão também foram mais elevados no dia de maior Sobre a distribuições de frequência da FCmáxima, segundo o teste não paramétrico Kruskal-Wallis, cujo p-valor = $0,246 > 0,05$, não há diferenças entre as distribuições de temperatura.

Sobre a distribuições de frequência da FCmáxima, segundo o teste não paramétrico Kruskal-Wallis, cujo p-valor = $0,246 > 0,05$, não há diferenças entre as distribuições de frequência da FCmáxima nos três dias de teste.

4.3.4.4. Correlação

Para verificar se houve interação entre a pressão arterial e a frequência cardíaca dos alunos e o parâmetro térmico Ta, foi aplicado o teste de Correlação de Spearman, Tabela 29.

Tabela 29 – Correlação de Pearson – Instituição C

		PASI	PADI	PASF	PADF	FCmax	FCméd	FCrepou so	FCfinal
T	Correlação	-0,040	-0,144	-0,183	0,197	0,128	0,025	0,092	0,061
a	p-valor	0,495	0,768	0,172	0,142	0,344	0,855	0,495	0,653

Fonte - Elaborado pela autora, (2016)

A hipótese de que duas variáveis quantitativas são independentes não pôde ser rejeitada para nenhum dos parâmetros fisiológicos aferidos nesta universidade . No entanto, verificou-se pelo valor do teste de correlação de Pearson que estas relações são fracas para todos os parâmetros fisiológicos considerados.

4.3.5 - Modelagem matemática – João Pessoa

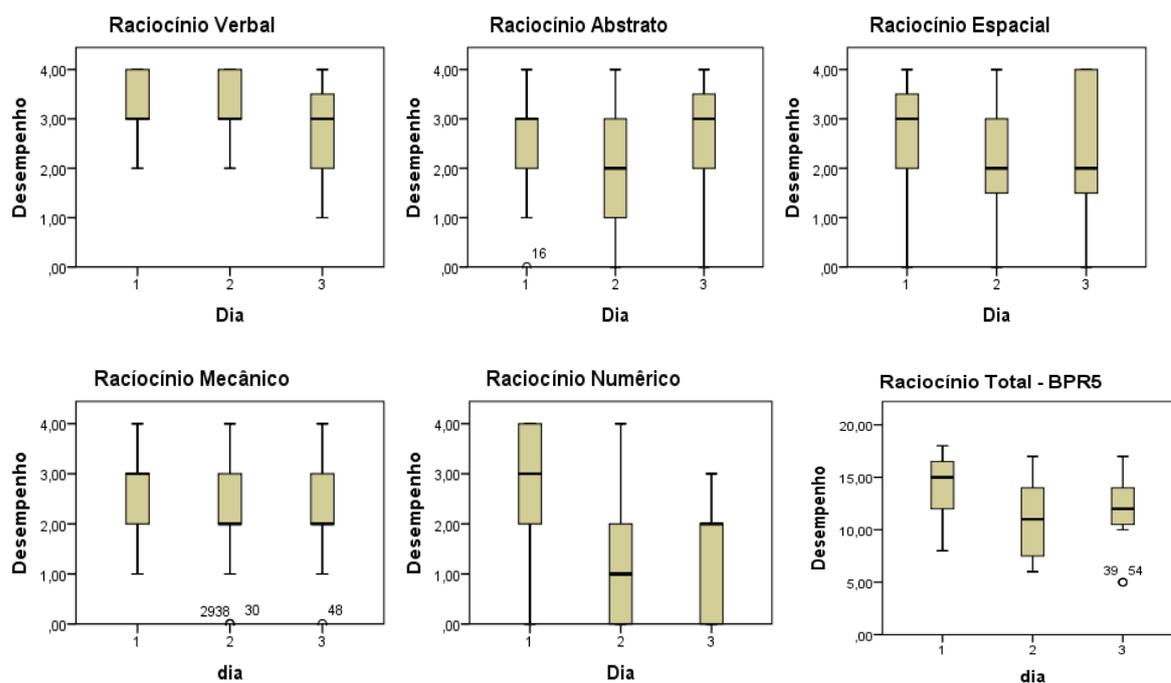
Tal como ocorreu com os dados coletados em Petrolina, os parâmetros encontrados de Bo e B1 não foram significativos (p -valor = 0,698; p -valor = 0,587 para se traçar um modelo de regressão logística. A proposta de se verificar o risco dos alunos apresentarem frequência cardíaca superior à 100 bpm à medida que a Ta aumenta, não pôde ser desenvolvida com esta amostra.

4.3.6 Desempenho Cognitivo

O desempenho cognitivos dos estudantes foi verificado nos três dias do experimento. O gráfico 32 mostra o comportamento do desempenho cognitivo dos alunos de João Pessoa de acordo com as faixas de temperatura, em cada dia.

Com base nos dados do Gráfico 30, observou-se que os alunos tiveram melhor desempenho nos subtestes de raciocínio espacial, numérico, mecânico e no BPR5, no primeiro dia. Para o raciocínio verbal, o número de acertos foi semelhante nos dia 1 e 2, sendo inferior no último dia. O número de acertos no teste de raciocínio abstrato foi maior no dia 3.

Gráfico 30 – Resultado do número de acertos do BPR5 – Instituição C



Fonte - Elaborado pela autora, (2016)

Para verificar se as distribuições de frequência de acertos são similares nos três dias, realizou-se o teste não paramétrico, cujos resultados estão descritos na Tabela 30.

Tabela 30 - Estatística não paramétrica para os testes de raciocínio – Instituição C

Raciocínios	P-valor (Kruskal- Wallis)
Verbal	0,180
Abstrato	0,224
Espacial	0,542
Mecânico	0,297
Numérico	0,01
BPR5 (modificado)	0,039

Fonte - Elaborado pela autora, (2016)

Houve diferenças significativas na distribuição de frequência do número de acertos para o subteste de raciocínio numérico e para o total de acertos (BPR5) o que sugere que os alunos obtiveram melhor resultado no dia de menor temperatura, sendo o dia em que o ambiente esteve mais confortável.

Sobre o tempo gasto na resolução do BPR5, Tabela 31, verificou-se que o menor tempo foi gasto na realização do subteste de raciocínio verbal, e o maior tempo gasto ocorreu na realização do teste de raciocínio numérico, semelhantemente aos resultados observados no Piauí e em Petrolina.

Tabela 31 - Média do tempo para resposta dos testes raciocínio – Instituição C

D	RVT	RAT	RET	RMT	RNT	BPR5
1	62,63 ± 26,09	95,73 ± 49,7	158,3 ± 97,04	108,69 ± 36,6	136,02 ± 80,34	561,42 ± 229,8
2	62,67 ± 29,75	98,6 ± 41,09	176,68 ± 96,34	166,6 ± 63,93	231,86 ± 79,9	735 ± 276,71
3	52,87 ± 33,26	113,08 ± 54,5	133,12 ± 94,08	112,25 ± 55,89	212,52 ± 108,65	624,44 ± 308,32

Fonte - Elaborado pela autora, (2016)

A média do tempo gasto na realização do teste, em cada dia, aumentou no teste de RAT. Nos teste de RVT e RET, a média do tempo gasto foi menor no último dia. Para os teste de RMT, RNT e BPR5 o maior tempo para responder as questões ocorreu no dia 2.

4.4 Instituição D

O último estabelecimento de ensino a fazer parte deste estudo foi uma instituição pública localizada na cidade de Manaus-AM. Participaram da pesquisa um total de 28 alunos de graduação de cursos de engenharia. A amostra foi composta por 15 homens e 13 mulheres, com idade média de $18,85 \pm 1,4$ anos.

O peso médio dos homens foi de $72,9 \pm 24,11$ Kg e das mulheres $57,3 \pm 21,53$ Kg. A altura média dos homens foi de $1,7 \pm 0,4$ m e das mulheres $1,5 \pm 0,43$ m. O índice de massa corporal médio foi de $24,6 \pm 8,1$ para os homens e $22,3 \pm 8,4$ para as mulheres. Quanto ao

estilo de vida, 100% dos alunos declararam não fumar e 53 % declararam fazer uso de bebida alcoólica. Quanto à atividade física, 57% declaram fazer atividade moderada de forma regular.

A resistência térmica das roupas teve média de $0,38 \pm 0,3$ clo no primeiro dia, $0,41 \pm 0,03$ clo no segundo dia e $0,39 \pm 0,4$ clo no terceiro dia do experimento. Em relação à taxa metabólica, esta foi padronizada em 70W/m, de acordo com o tipo de atividade exercida (HIDA E BUARQUE, 2016; COUTINHO, 2005).

4.4.1 Caracterização do clima local – Manaus

O clima da cidade de Manaus é tropical úmido, com temperatura média anual de 27 °C e umidade relativa do ar elevada durante todo o ano, com médias mensais de 88%. As estações do ano são relativamente bem definidas no que diz respeito à chuva: o inverno é relativamente seco, e o verão, chuvoso. Devido à proximidade com a linha do Equador, o calor é constante. A proximidade com a floresta normalmente evita extremos de calor e torna a cidade úmida (MONTEIRO et al., 2014).

As coletas foram realizadas no mês de agosto de 2016, a partir das 17:00h. A Tabela 32 apresenta os dados de temperatura e umidade do ar nos dias de realização dos testes cognitivos. A variação da temperatura do ar entre a mínima e a máxima foi de aproximadamente 10 °C. Os valores de umidade relativa do ar foram muito próximos entre os dias 1 e 2.

Tabela 32 - Dados do clima da cidade de Manaus

Dias	Ta min (°C)	Ta max (°C)	UR %	Var (m/s)
01	24	34,1	81	2,1
02	25,8	34,8	82	2,1
03	25,5	35,5	69	2,1

Banco de dados INMET- http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/mapas_c_diario.php

4.4.2 Caracterização do ambiente interno – Manaus

O ambiente de pesquisas foi o Laboratório de Informática, com computadores de mesa, sistema WiFi, comunicação de rede e sistema de projeção, Figura 14 e 15, estrutura semelhante aos laboratórios das instituições já citadas.

Figura 14 e 15 – Registro do laboratório de Informática da instituição D



Fonte: Dados da Pesquisa, (2016)

O laboratório dispõe de 30 computadores PC, com gabinete sobre as mesas posicionados lateralmente, conforme o layout na figura 16. O ambiente foi climatizado através de ar condicionados do tipo split, com ajuste de temperatura em cada dia, conforme a metodologia proposta.

Figura 16 – Layout do laboratório de informática da Instituição D



Fonte: Dados da Pesquisa, 2016

Os parâmetros térmicos foram aferidos pelos aparelhos TGD - 300 e estação microclimática Babuc, seguindo o que estabelece a norma ISO 7726(1998), e tendo em vista que o ambiente apresentava uniformidade na distribuição de temperatura, a estação microclimática foi instalada no centro da sala 0,60m de altura em relação ao solo. Esta estação

foi programada para medir as variáveis a cada 5 minutos, desde a entrada dos alunos na sala de aula. A média dos dados dos parâmetros térmicos estão descritos na Tabela 33.

Tabela 33 - Características dos parâmetros térmicos internos – Instituição D

Dia	Ta (°C)	UR (%)	Tg (°C)	Trm
1º	22,81 ± 0,02	51,34 ± 1,05	22,91 ± 0,01	23,21 ± 0,07
2º	24,98 ± 0,03	55,46 ± 1,16	25,16 ± 0,03	25,5 ± 0,15
3º	29,45 ± 0,08	69,72 ± 0,48	29,63 ± 0,02	29,62 ± 0,07

Fonte - Elaborado pela autora, (2016)

No primeiro dia do experimento, a temperatura do ar foi ajustada para 20 °C, mas por conta das condições térmicas locais, a Ta alcançou aproximadamente 23 °C. No segundo dia de experimento, a temperatura foi ajustada para 24 °C, alcançando valores no entorno de 25,95 °C. No terceiro dia de coleta, a temperatura do ar condicionado foi ajustada para 28 °C, mas obteve-se valor no entorno de 29,39 °C.

Os valores de Tg e Trm foram semelhantes à Ta nos três dias, sugerindo não haver radiação térmica significativa no ambiente. Quanto à umidade relativa interna, observou-se uma variação considerável entre os dias 2 e 3, sendo um outro possível parâmetro a influenciar no conforto e na fisiologia dos alunos.

A seguir, serão apresentados os dados referentes à aceitabilidade dos alunos ao ambiente térmico, coletados através do questionário de sensação e conforto térmico, segundo a norma ISO7730 (2005).

4.4.3 Variáveis subjetivas e índices de conforto – Manaus

Sucintamente descrita na Tabela 34, a sensação térmica dos alunos no dia 1 foi predominantemente de conforto, correspondendo a 65% dos votos. No entanto, 28% dos alunos se sentiram com frio, havendo ainda alunos que escolheram a opção de sensação “levemente quente”. A 25 °C, metade dos alunos continuou em situação confortável e a outra metade sentiu algum nível de calor. A 29 °C, a maior parte dos alunos se sentiu com muito calor, sendo estes muito mais sensíveis à temperatura de 29 °C que os alunos da instituição de João Pessoa.

Tabela 34 - Porcentagem de votos para percepção térmica – Instituição D

		23 °C (Dia 1)	25 °C (Dia 2)	29 °C (Dia 3)
Muito Frio	-3	0 %	0 %	0 %
Frio	-2	7 %	0 %	0 %
Levemente Frio	-1	21 %	0 %	0 %
Neutro	0	65 %	50 %	4 %
Levemente Quente	1	7 %	40 %	10 %
Quente	2	0 %	14 %	28 %
Muito Quente	3	0 %	0 %	58 %

Fonte - ISO 10551/1995

A avaliação do ambiente foi diferente nos dias 1 e 2, sendo considerado mais confortável o dia em que $T_a=23\text{ }^\circ\text{C}$, Tabela 35. No dia 3, 93% declararam algum tipo de desconforto, dados coerentes com a percepção térmica.

Tabela 35 – Porcentagem de votos da avaliação térmica do ambiente – Instituição D

Avaliação Térmica		23 °C (Dia 1)	25 °C (Dia 2)	29 °C (Dia 3)
Confortável	1	72 %	47 %	7 %
Levemente desconfortável	2	28 %	57%	29 %
Desconfortável	3	0 %	0 %	35 %
Muito desconfortável	4	0 %	0 %	28 %

Fonte - ISO 10551/1995

A $23\text{ }^\circ\text{C}$, o PMV (igual a 0,7) esteve acima do intervalo ideal de conforto térmico ($-0,5 \leq \text{PMV} \leq 0,5$), caracterizando o ambiente como “levemente quente”. O índice de pessoas insatisfeitas (PPD), à $23\text{ }^\circ\text{C}$, confirma condições de desconforto térmico.

O PMV a $25\text{ }^\circ\text{C}$ foi de aproximadamente 1, também indicando um ambiente “levemente quente”. No entanto, com base nos dados colhidos que apontam um PPD de 6%, o ambiente foi considerado confortável.

No dia 3, o PMV foi de 1,7 o que caracteriza um ambiente quente, conclusão corroborada com o PPD, já que 65% dos alunos se declararam insatisfeitos com o ambiente.

De forma geral, nos dias 1 e 3 o percentual de pessoas termicamente insatisfeitas foi maior que 10%, de onde se conclui que o ambiente se encontrava fora da porcentagem máxima de acordo com a Norma ISO 7730/2005, que estabelece $\text{PPD} \leq 10\%$. O PMV encontrou-se acima do intervalo ideal de conforto térmico ($-0,5 \leq \text{PMV} \leq 0,5$), caracterizando o ambiente como levemente quente nos dias 1 e 2, e quente no dia 3.

4.4.4 Caracterização dos Parâmetros Cardiovasculares dos alunos – Manaus

A pressão arterial e a frequência cardíaca dos alunos estão descritas a seguir. De acordo com os dados na Tabela 36, observou-se que a média da pressão arterial sistólica permaneceu quase que invariável entre os três dias de experimento. A diferença entre a PASI e PASF também é quase imperceptível no dia 2. O mesmo ocorreu com a PADI, cujos valores variaram muito pouco entre os dias de experimento. A variação entre PADI e PADF também é pouco significativa.

Tabela 36 - Média dos parâmetros cardiovasculares – Instituição D

Parâmetro	Dia 1 (23°C)	Dia 2 (25°C)	Dia (29 °C)
PASI	113,54 ± 11,83	112,52 ± 8,65	112,27 ± 12,43
PADI	66,82 ± 6,92	64,64 ± 6,20	65,05 ± 6,44
PASF	114,04 ± 11,44	107,7 ± 8,49	110,38 ± 11,77
PADF	68,77 ± 7,73	62,55 ± 7,14	64,59 ± 7,25
FCrepouso	72,39 ± 8,0	80,02 ± 10,9	73,36 ± 12,14
FCfinal	70,64 ± 8,77	78,64 ± 10,18	72,93 ± 11,68
FCmáxima	99,86 ± 24,09	106,14 ± 11,06	107,96 ± 32,18
FCmédia	77,71 ± 9,38	85,71 ± 12,33	79,46 ± 10,65

Fonte - Elaborado pela autora, (2016)

Com respeito às frequências cardíacas consideradas neste estudo, observou-se uma semelhança entre os valores da Fcmédia, FCrepouso e FCfinal entre os dias 1 e 3. Diferentemente do que ocorreu nas demais instituições, houve um aumento representativo destes valores no dia 2. No entanto, não houve registro dos valores médios acima da faixa de normalidade da frequência cardíaca (50 a 100bpm), segundo as Diretrizes da Sociedade Brasileira de Cardiologia sobre Análise e Emissão de Laudos Eletrocardiográficos (2009).

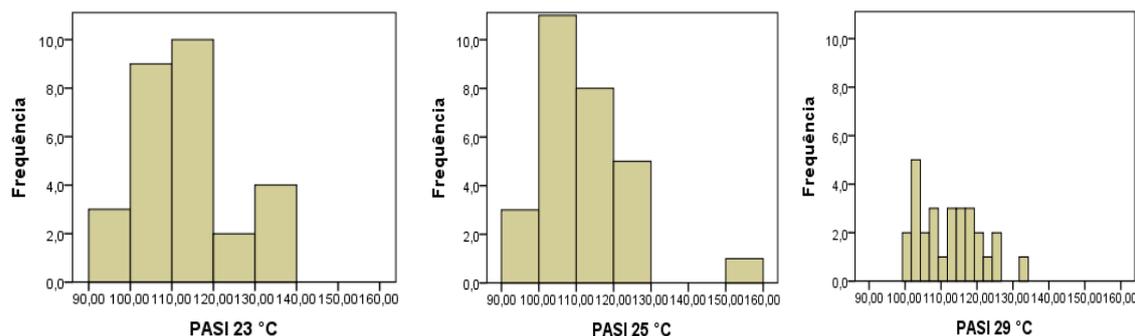
Os valores médios da Fcmáxima foram mais elevados nos dia 2 e 3, ultrapassando o limiar de 100 bpm. A maior média e o maior desvio padrão ocorreram no dia de maior temperatura.

Para uma melhor visualização do comportamento dos parâmetros fisiológicos, serão apresentadas a seguir as distribuições de frequência cardíaca em cada dia do experimento.

4.4.4.1 Pressão Arterial Sistólica – Manaus

O Gráfico 31 contém a distribuição de frequência da PASI nos três dias de experimento. Verificou-se que os valores mínimos observados de PASI foram muito semelhantes nos dias 1 e 2, havendo uma aumento de 10 mmHg no dia 3. Os valores máximos de PASI foram diferentes em cada dia, havendo alunos que apresentaram pressão arterial superior ao limite de normalidade (130 mmHg) considerado pela Sociedade Brasileira de Cardiologia. Apenas um indivíduo apresentou pressão em nível considerado de hipertensão estágio 1 (140 a 159 mmHg) (SBC et al., 2010).

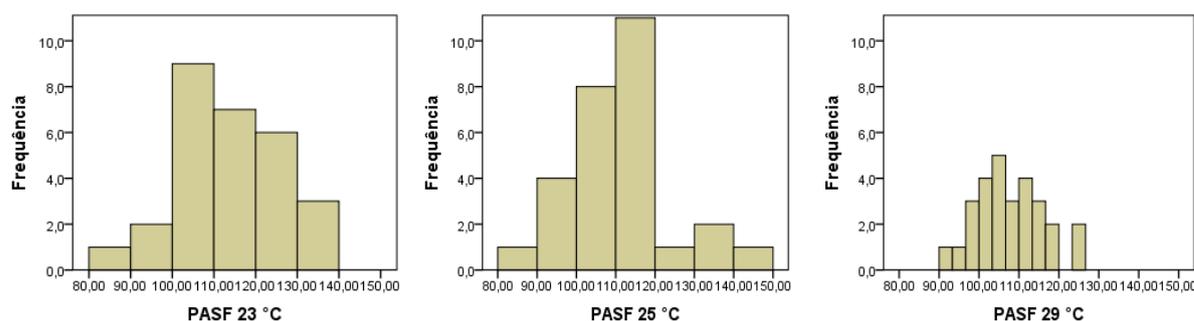
Gráfico 31- Distribuição de frequência da PASI – Instituição D



Fonte - Elaborado pela autora, (2016)

Com relação à PASF, Gráfico 32, verificou-se que o menor valor ocorreu, de forma semelhante, nos dias 1 e 2 (80 mmHg). No dia 3, o menor valor observado de PASF foi 91 mmHg. No entanto, observou-se que o maior valor de PASF ocorreu no dia 2, 141 mmHg, e o menor dentre os maiores de PASF ocorreu no dia 3, 125 mmHg. No dia de maior temperatura, houve menor dispersão dos valores de PASF, com valores entre 90 e 125 mmHg.

Gráfico 32 - Distribuição de frequência da PASF – Instituição D



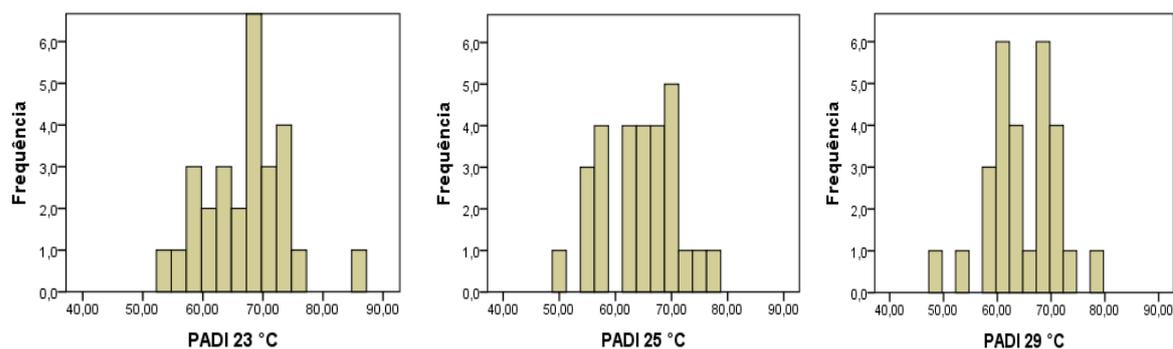
Fonte - Elaborado pela autora, (2016)

Para verificar se a PASI e a PASF sofreram influência da Ta nos dias de teste, realizou-se o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis para amostras independentes, obtendo-se p-valor = 0,854 > 0,05 para PASI e p-valor = 0,113 > 0,05 para a PASF. Assim, o teste estatístico indicou que os valores de PASI e PASF são similares entre os dias 1, 2 e 3.

4.4.4.2 Pressão Arterial Diastólica – Manaus

O Gráfico 33 contempla a distribuição de frequência da PADI. Pode-se verificar que o menor valor de PADI foi 49 mmHg, tendo ocorrido no dia de maior temperatura. No dia de menor temperatura, observou-se que os valores mínimo e máximo da PASI foram os maiores entre os dias (54 a 85 mmHg).

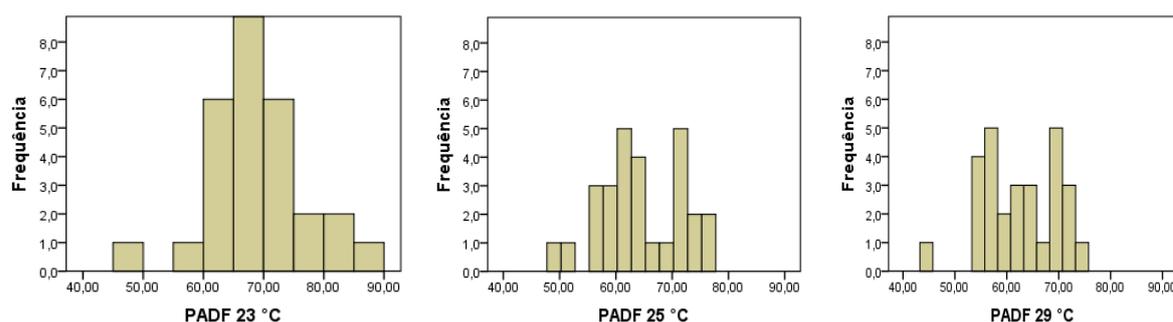
Gráfico 33 - Distribuição de frequência da PADI – Instituição D



Fonte - Elaborado pela autora, (2016)

Com respeito à PADF, Gráfico 34, os menores valores mínimo e máximo ocorreram no dia de maior temperatura. Os maiores valores mínimos e máximos foram registrados no dia de menor temperatura.

Gráfico 34 - Distribuição de frequência da PADF – Instituição D



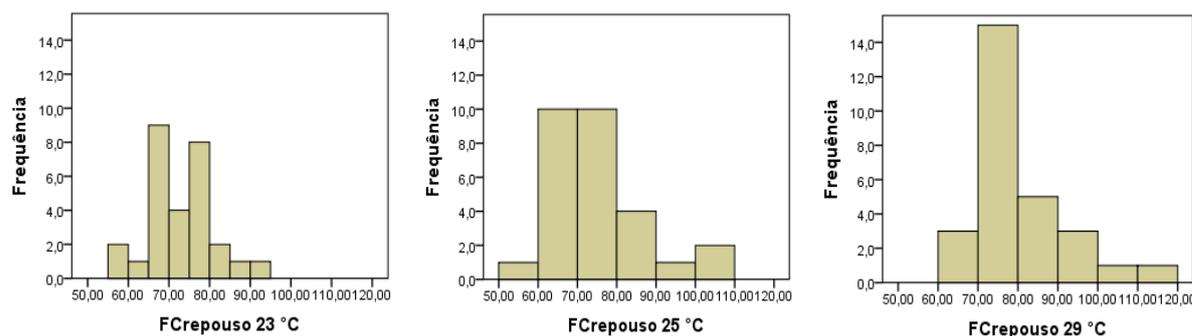
Fonte - Elaborado pela autora, (2016)

Para verificar se a PADI e a PADF sofreram influência da T_a nos dias de teste, realizou-se o teste Anova, obtendo-se $p\text{-valor}=0,253 > 0,05$ ($F=1,398$) para a PADI e $p\text{-valor}=0,008 < 0,05$ ($F=5,161$) para a PADF. O resultado do teste estatístico indicou que os valores da PADI foram similares nos três dias de experimento, havendo diferenças significativas nas distribuições de frequência da PADF entre os dias.

4.4.4.3 Frequência Cardíaca – Manaus

Os dados sobre a FCrepouso podem ser observados no Gráfico 35. Verificou-se que no dia 1 os valores variaram entre 57 e 92 bpm, no dia 2, os valores variaram entre 54 e 109 bpm, e no dia 3 variaram entre 65 e 116 bpm. A maior variabilidade de FCrepouso ocorreu no dia 2, e os maiores valores (mínimo e máximo) ocorreram no dia de maior temperatura.

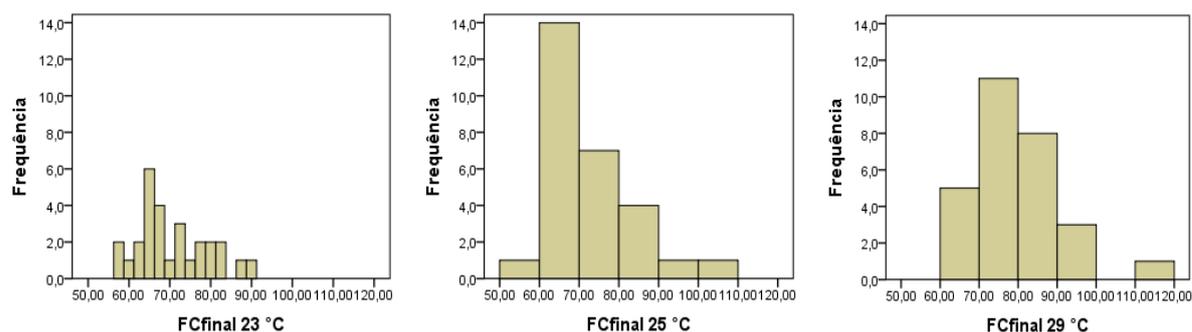
Gráfico 35 - Distribuição de frequência da FCrepouso – Instituição D



Fonte - Elaborado pela autora, (2016)

No Gráfico 36 são mostradas as distribuições de frequência da FCfinal, a partir de que se observa um comportamento muito semelhante de FCrepouso em cada dia, tendo a mesma variado entre 57 e 90 bpm no dia 1, entre 58 e 108 bpm no dia 2, e entre 64 e 110 bpm no dia 3. A maior variação de FCfinal, semelhantemente à FCrepouso, ocorreu no dia 2, e os maiores valores (mínimo e máximo) ocorreram no dia de maior temperatura.

Gráfico 36 - Distribuição de frequência da FCfinal – Instituição D



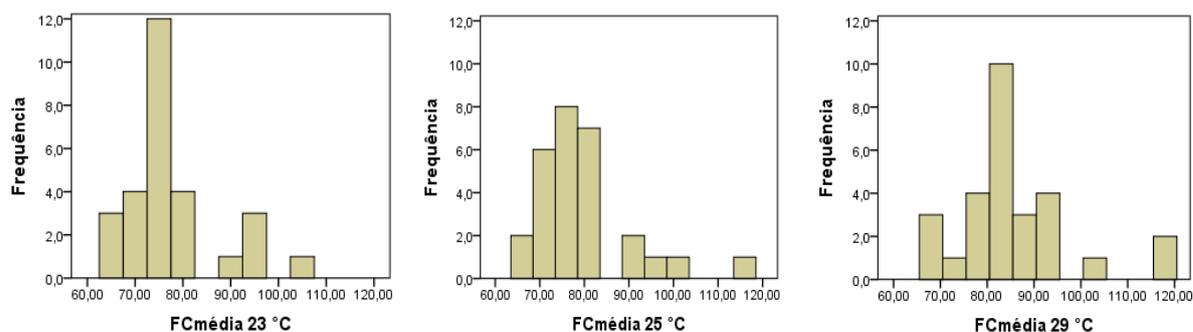
Fonte - Elaborado pela autora, (2016)

Foi verificado se as distribuições de frequência da FCrepouso e da FCfinal foram iguais nos três dias de experimento. Segundo o teste estatístico Kruskal-Wallis, com $p\text{-valor}=0,025 < 0,05$ para a FCrepouso e $p\text{-valor}=0,007 < 0,05$ para a FCfinal, houve diferenças significativas nas distribuições de frequência de FCrepouso e de FCfinal entres os dias de teste.

O Gráfico 37 contempla os valores de FCmédia, a partir do qual pode-se observar que os valores mínimos de FCmédia foram muito próximos entre os dias, e que o valor máximo apresentou uma pequena diferença entre os dias: 105 bpm no dia 1, 117 no dia 2 e 119 no dia 3.

Poucos alunos apresentaram valores de FCmédica acima da faixa de normalidade da frequência cardíaca (50 a 100bpm), segundo as Diretrizes da Sociedade Brasileira de Cardiologia sobre Análise e Emissão de Laudos Eletrocardiográficos (2009).

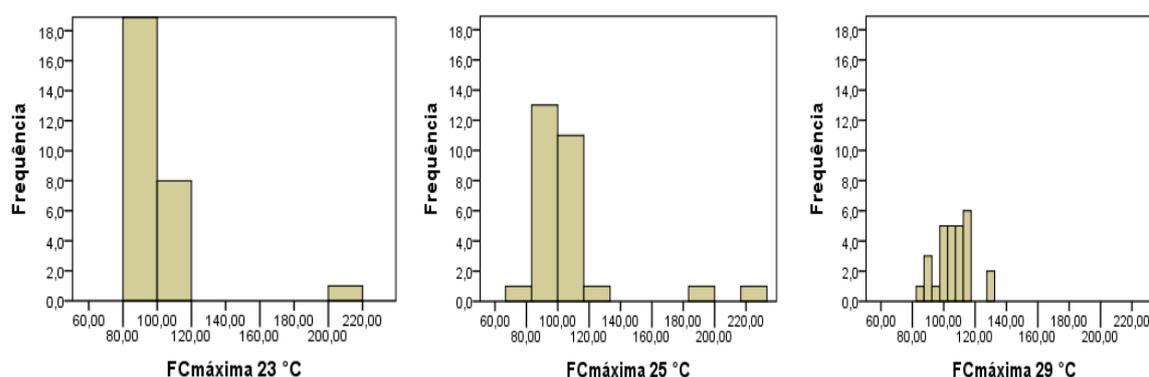
Gráfico 37 - Distribuição de frequência da FCmédica – Instituição D



Fonte - Elaborado pela autora, (2016)

O comportamento de FCmáxima nos três dias de experimento está descrito no Gráfico 38. Verificou-se uma concentração dos valores em torno de 100 bpm nos três dias de experimento. Observou-se valores da FCmáxima fora da faixa de normalidade da frequência cardíaca (50 a 100bpm), segundo as Diretrizes da Sociedade Brasileira de Cardiologia sobre Análise e Emissão de Laudos Eletrocardiográficos (2009) nos três dias. No dia de maior temperatura, um maior número de alunos apresentou Fcmáxima superior a 100 bpm.

Gráfico 38 - Distribuição de frequência da FCmáxima – Instituição D



Fonte - Elaborado pela autora, (2016)

Ao se aplicar o teste Kruskal-Wallis para amostras independentes, os resultados, com p-valor=0,007<0,05 para a Fcmédica e p-valor=0,004<0,05 para a FCmáxima, revelaram que houve diferenças significativas nas distribuições de frequência de FCmédica e FCmáxima entre os dias de experimento.

4.4.4.4 Correlação – Manaus

Para verificar se houve interação entre a pressão arterial e frequência cardíaca dos alunos e os parâmetros térmicos Ta e UR%, foi aplicado o teste de Correlação de Spearman, Tabela 37.

Tabela 37 – Correlação de Pearson – Instituição D

		PASI	PADI	PASF	PADF	Fmédia	FCmáxi ma	FCrepouso	FCfina l
Ta	Correlação	-0,031	-0,108	-0,230	-0,309	0,304	0,367	0,292	0,318
	p-valor	0,781	0,327	0,035	0,004	0,005	0,443	0,007	0,003
UR	Correlação	-0,023	-0,082	-0,229	-0,297	0,310	0,066	0,284	0,317
	p-valor	0,835	0,456	0,036	0,006	0,004	0,551	0,009	0,003

Fonte - Elaborado pela autora, (2016)

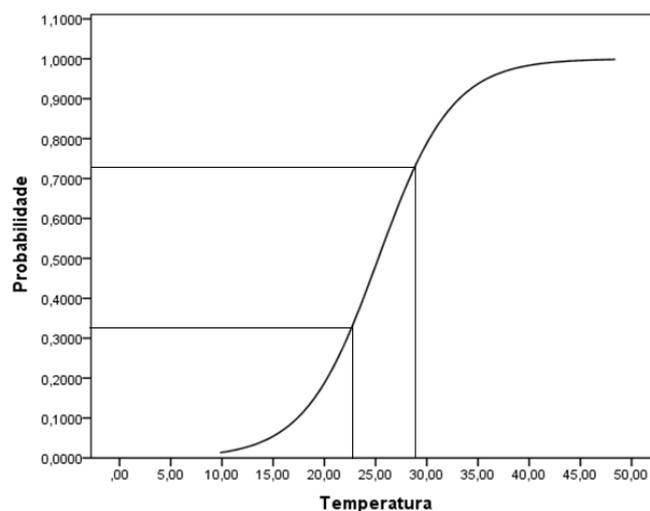
A hipótese de que as três variáveis quantitativas são independentes não pôde ser rejeitada para nenhum dos parâmetros fisiológicos aferidos. No entanto, verificou-se pelo valor do teste de correlação de Pearson que estas relações são fracas para todos os parâmetros fisiológicos considerados.

Buscando quantificar a influência dos parâmetros térmicos nos parâmetros fisiológicos dos estudantes, foram realizadas simulações por meio dos dados coletados e assim através dos modelos lineares generalizados, em especial os de regressão logística binária, foram obtidos os resultados apresentados a seguir. O parâmetro fisiológico mais sensível à temperatura do ar foi a frequência cardíaca, no qual se observou que um número maior de alunos apresentou FCmáxima acima de 100 bpm no dia de maior temperatura. Das simulações realizadas, apenas o que relacionou FCmáxima com a Ta foi estatisticamente significativo.

4.4.5 - Modelagem matemática – Manaus

Segundo PASTORE et al. (2009), a faixa de normalidade da frequência cardíaca situa-se entre 50 e 100 bpm. Já que houve alunos que apresentaram picos de frequência cardíaca acima de 100 bpm, principalmente no dia de maior temperatura, decidiu-se implementar um modelo que representasse o risco do aluno apresentar $FC > 100$ bpm em função da temperatura do ar, Tabela 38. O modelo calculado é representado no Gráfico 39, a partir do qual se observa que com um aumento de 1 °C na temperatura do ar há um aumento de 32% na chance do aluno, nestas condições, apresentar frequência cardíaca acima de 100 bpm.

Gráfico 39 - Probabilidade do aumento da FC máxima – Instituição D



Fonte - Elaborado pela autora, (2016)

$$P(IFC = 1) = \frac{1}{1 + e^{-(\beta_0 + \beta_1 Ta)}}$$

$$Chance = \frac{p}{1 - p} = e^{\beta_0} \cdot (e^{\beta_1})^{Ta}$$

$$P(IFC = 1) = \frac{1}{1 + e^{(7,024 - 0,278 Ta)}} \quad (16)$$

$$Chance = \frac{p}{1 - p} = e^{-7,024} \cdot (e^{0,278})^{Ta}$$

$$Chance = \frac{p}{1 - p} = 0,14 \cdot (1,151)^{Ta} \quad (17)$$

Tabela 38 – Modelo de Regressão proposto – Instituição D

ODDS (Ta)	P-R ²	% Acertos (Pc=0,5)	Teste para razão de verossimilhança	
			χ^2	P-valor
1,320	0,161**	64,3 %	11,089	0,001

Legenda: < 0,05 *; < 0,01 **; 0,005 ***

A equação 16 descreve a probabilidade dos alunos da instituição de Manaus que participaram do experimento apresentarem FC máxima acima de 100 bpm em função da Ta. A equação 17 indica a chance deste evento acontecer, sendo 64% a porcentagem de acertos.

No dia 3, em que a temperatura ficou em 29 °C, observa-se, segundo a representação gráfica e o modelo matemático, que há uma probabilidade de 55 a 60% da frequência cardíaca superar 100 bpm. Considerando o intervalo entre 20 e 29 °C, tem-se que a cada aumento de 1

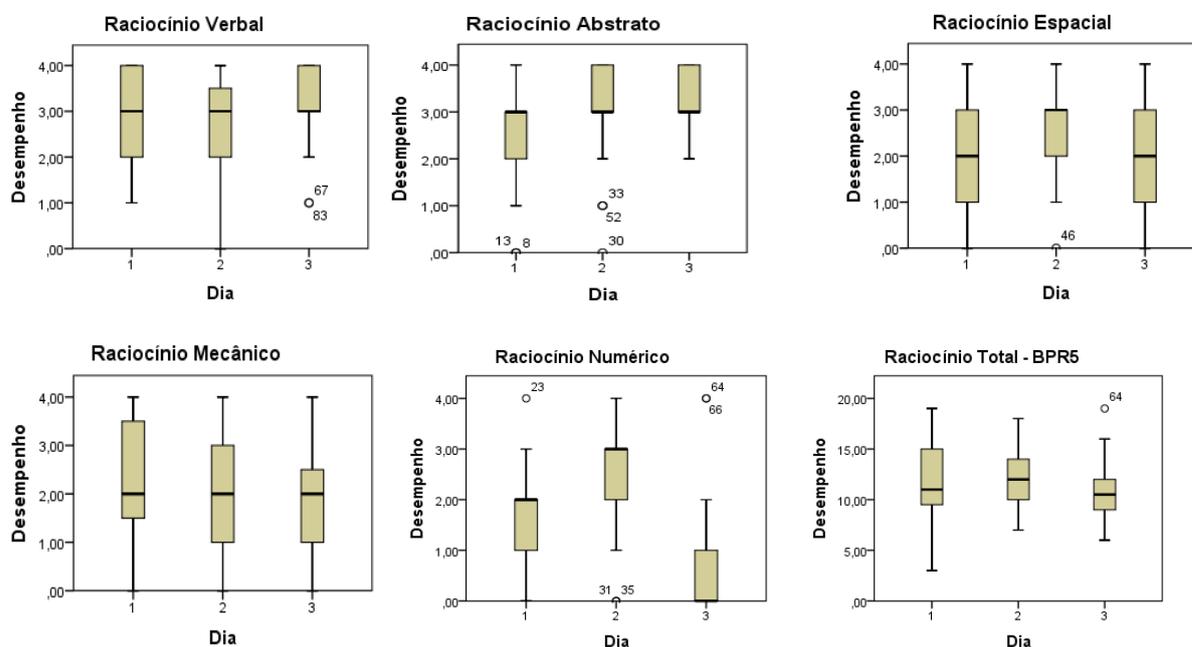
°C na temperatura do ar nos ambientes de ensino, chance da frequência cardíaca ultrapassar 100 bpm é de 32%.

Após verificar os efeitos da variação da temperatura do ar no sistema cardiovascular, surgiu a necessidade de investigar também se estes efeitos podem influenciar o desempenho cognitivo dos alunos. Com esta finalidade, executou-se as análises da Bateria de Provas de Raciocínio (BPR-5) respondidos online por estes alunos, conforme descrito a seguir.

4.4.6 Desempenho Cognitivo – Manaus

A Figura 40 mostra o comportamento do desempenho cognitivo em função da temperatura. Verificou-se que, a 20 °C, os alunos tiveram melhor desempenho nos subtestes de raciocínio mecânico e verbal. No dia 2, houve maior desempenho no subteste de raciocínio numérico, havendo similaridade do desempenho, ao menos entre dois dias, nos raciocínios abstrato e espacial. O resultado total do BPR5 sugere uma diminuição do desempenho no dia 3, dia em que verificou os maiores valores da FCmáxima.

Figura 40 - Resultado do número de acertos do BPR5 – Instituição D



Fonte - Elaborado pela autora, (2016)

Para verificar se as distribuições de frequência de acertos são similares no três dias de experimento, realizou-se o teste não paramétrico Kruskal-Wallis. Os resultados do testes estatístico, do qual se obteve $p\text{-valor} < 0,0001$, indica que há diferenças significativas na distribuição de frequências entre os dias de experimento apenas no subteste de raciocínio numérico.

A Tabela 39 contém o valor médio e o desvio padrão do tempo gasto para a realização de cada teste. Verificou-se que o menor tempo foi gasto na realização do subteste de raciocínio verbal e o maior tempo gasto ocorreu na realização do teste de raciocínio numérico, constatação que se repetiu em todas as instituições deste estudo. A média do tempo gasto na realização do teste diminuiu com o passar dos dias para quase todos os subtestes, sugerindo o efeito aprendido, semelhantemente ao que ocorreu nas demais instituições.

Tabela 39 - Média do tempo para resposta dos testes de raciocínio – Instituição D

Dia	RVT	RAT	RET	RMT	RNT	BPR5
1	66,35 ± 31,27	114,99 ± 38,66	200,3 ± 79,2	127,78 ± 48,1	263,51 ± 66,08	772,98 ± 204,52
2	56,36 ± 18,37	104,00 ± 34,88	179,46 ± 63,3	169,9 ± 44,33	204,9 ± 50,87	714,84 ± 131,45
3	49,22 ± 13,03	67,07 ± 22,109	153,58 ± 55,76	164,93 ± 44,2	182,56 ± 65,1	617,39 ± 143,37

Fonte - Elaborado pela autora, (2016)

4.5 Análise Geral

Como extensão das análises individuais dos coletados de cada instituição, faz-se nesta seção uma análise geral dos dados, considerando todos os parâmetros térmicos, divididos por faixas de temperatura. A pressão arterial, a frequência cardíaca e o desempenho cognitivo de todos os alunos foram avaliados também por faixa de temperatura.

A pesquisa contou com um total de 4 instituições, localizadas em diferentes áreas das regiões Norte e Nordeste do Brasil. Participaram deste estudo um total de 82 alunos, sendo 55 homens e 27 mulheres, com idade média $21,85 \pm 3,78$ anos. O peso médio, mensurado no local das coletas, foi de $71,69 \pm 13,35$ kg. A altura média dos alunos foi de $1,71 \pm 0,08$ m. O índice de massa corporal calculado foi de $28,54 \pm 14,67$.

A resistência térmica das roupas teve média 0,41 clo no primeiro dia, 0,395 clo no segundo dia e 0,39 clo no terceiro dia do experimento. A taxa metabólica foi padronizada em 70W/m, de acordo com o tipo de atividade exercida (IIDA E BUARQUE, 2016; COUTINHO, 2005).

4.5.1. Caracterização do clima externo e interno

O território brasileiro, em virtude de sua localização e grande extensão, apresenta diferentes tipos de clima. Os principais climas do Brasil são: equatorial, tropical, semiárido, tropical de altitude, tropical atlântico e subtropical (CAVALCANTE, 2016).

No Nordeste, predominam os climas Tropical Litorâneo, Tropical Semiárido, Tropical e o Equatorial úmido (INPE, 2015). Na região Norte, há predominância do clima equatorial, com elevadas temperaturas e umidade relativa do ar durante quase todo o ano. Estas regiões apresentam em comum as altas temperaturas, na maior parte do ano, tendo

diferentes níveis de umidade relativa do ar e de pluviosidade, que variam por localidade e por período do ano (CAVALCANTE, 2016).

As coletas foram realizadas nos meses de maio, julho, agosto e setembro, período em que há poucas chuvas, e a temperatura varia dependendo da localização. Para efeito de análise, foi considerada a temperatura interna, separada em faixas de temperatura.

Dentro das faixas de temperatura, descritas na Tabela 40, foram observadas variações dos parâmetros térmicos internos. Apesar de haver variação de Ta dentro de cada faixa de temperatura, foram considerados os valores médios para efeito de análise. Apesar desta consideração, sabe-se que os resultados analisados estão coerentes com a Ta à qual cada aluno foi submetido.

Tabela 40 - Dados do clima gerais dos ambientes internos

Faixa de Ta	Ta (° C)	UR (%)	Tg (° C)	Tbu (° C)	Trm (° C)
1 (20-23 °C)	22,14 ± 1,18	62,08 ± 7,84	22,84 ± 1,12	17,74 ± 8,48	23,23 ± 1,16
2 (23-26 °C)	25,3 ± 0,9	60,7 ± 4,5	25,5 ± 0,81	20,1 ± 9,66	25,8 ± 0,64
3 (26-33 °C)	30,40 ± 2,02	70,27 ± 4,30	30,47 ± 1,89	26,4 ± 12,66	30,47 ± 1,89

Fonte - Elaborado pela autora, (2016)

A umidade relativa do ar apresentou valores médios com pouca variação entre as três faixas de temperatura. Estas variações internas ocorreram de acordo com a variação de umidade externa de cada cidade.

Os valores de Trm e Tg ficaram muito próximos aos valores de Ta, indicando não haver radiação térmica significativa nos ambientes. A temperatura do ar foi o principal parâmetro a ser considerado como fator potencializador de repercussões fisiológicas nos alunos, isso porque se espera uma resposta termorreguladora do corpo em consequência a uma variação de temperatura.

4.5.1 Caracterização dos Parâmetros Cardíovasculares – Geral

A Tabela 41 contém a média e o desvio padrão da pressão arterial e da frequência cardíaca geral dos alunos que participaram desta pesquisa. Observou-se que as pressões sistólica e diastólica não variaram em função de Ta, tendo em vista que as médias dos parâmetros são semelhantes e que o desvio padrão em cada caso foi relativamente pequeno. Vale destacar que a tendência de valores mais elevados da pressão arterial nos dias em que a temperatura foi mais baixa não foi verificada na análise geral. A frequência cardíaca (FCrepouso e FCfinal) antes e depois da realização dos testes cognitivos apresentou valores similares nas faixas 1 e 2 de temperatura.

Tabela 41 - Média dos parâmetros cardiovasculares – Análise geral

Parâmetro	Faixa1 (20 -23 °C)	Faixa2 (23-26 °C)	Faixa (26-33 °C)
PASI	119,61 ± 12,88	117,3 ± 12,02	117,58 ± 11,19
PADI	66,88 ± 7,19	68,4 ± 8,12	65,96 ± 6,24
PASF	116,52 ± 11,72	116,4 ± 12,14	113,6 ± 11,69
PADF	67,31 ± 8,10	68,6 ± 8,45	65,42 ± 7,4
FCrepouso	73,91 ± 8,91	72,5 ± 10,69	77,34 ± 8,92
FCfinal	70,08 ± 8,66	70,1 ± 9,29	77,74 ± 9,74
FCmáxima	97,55 ± 16,76	98,2 ± 12,9	102,5 ± 12,01
FCmédia	76,52 ± 10,25	77,1 ± 9,15	81,88 ± 9,64

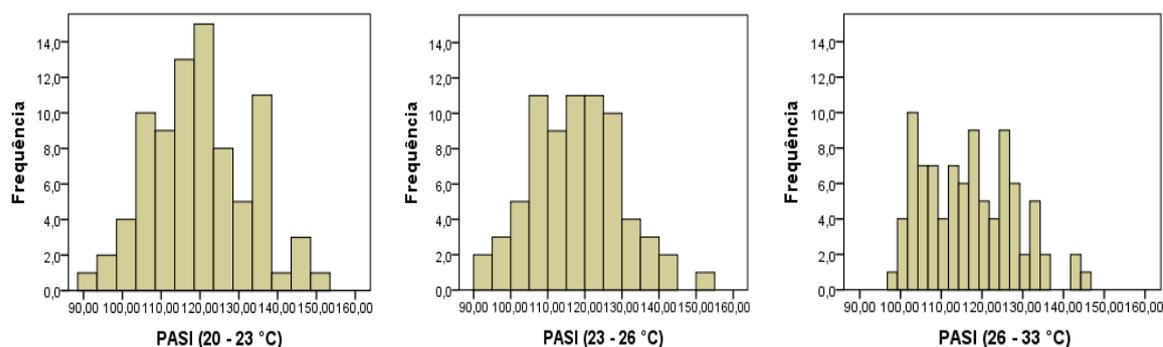
Fonte - Elaborado pela autora, (2016)

No entanto, observou-se um aumento das FCrepouso e FCfinal na faixa de maior temperatura. A mesma situação aconteceu com os valores de FCmáxima e FCMédia, dos quais se observou médias e desvio padrão muito próximos nas faixa 1 e 2 de temperatura, com aumento representativo na faixa de maior temperatura. A média da FCmáxima nas faixas 1 e 2 foi menor que 100 bpm, no entanto verificou-se que em todas as faixas houve alunos que apresentaram picos de frequência cardíaca acima de 100 bpm, sendo mais representativo este número na faixa de maior temperatura.

4.5.1.1 Pressão Arterial Sistólica – análise geral

Com base nos dados do Gráfico 41, verificou-se que a variação dos valores de PASI foi muito semelhante entre as três faixas de temperatura, sendo a variação entre 90 e 149 mmHg na faixa 1, entre 92 e 151mmHg na faixa 2 e entre 98 e 145mmHg na faixa 3. Observou-se ainda que houve alunos que apresentaram valores de PASI acima do valor considerado normal (menor de 130 mmHg), sendo 22% dos alunos na faixa 1, 14% na faixa 2 e 11% na faixa 3, sendo mais frequente nos alunos das instituições do Piauí e de Manaus. Em alguns poucos casos, foram observados valores de PASI acima de 140 mmHg, nível considerado de hipertensão nível 1 (140 a 159mmHg) (SBC et al., 2010).

Gráfico 41 - Distribuição de frequência das PASI – Análise geral

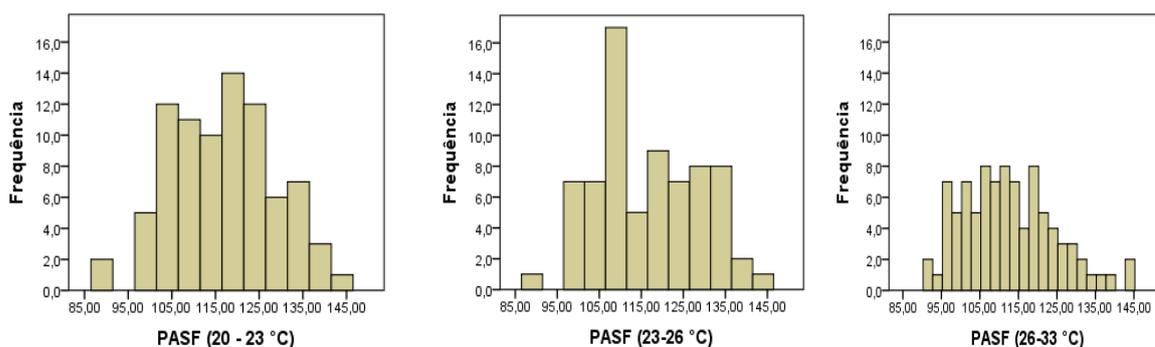


Fonte - Elaborado pela autora, (2016)

No histograma da PASF, descrito no Gráfico 42, verificou-se que a variação dos valores de PASF na faixa 1 foi de 88 a 145mmHg, de 89 a 142mmHg na faixa 2, e de 92 a 144 mmHg na faixa 3, sendo variações muito próximas às da PASI. Não houve grande diferença entre as faixas.

O número de alunos que apresentaram valores de PASF acima do limite considerado normal (130 mmHg) foi de 15 % na faixa 1, de 14 % na faixa 2 e de 9 % na faixa 3. Foram observados valores de PASF acima de 140 mmHg, considerados de hipertensão nível 1 (140 a 159 mmHg) (SBC et al., 2010).

Gráfico 42 - Distribuição de frequência das PASF – Análise geral



Fonte - Elaborado pela autora, (2016)

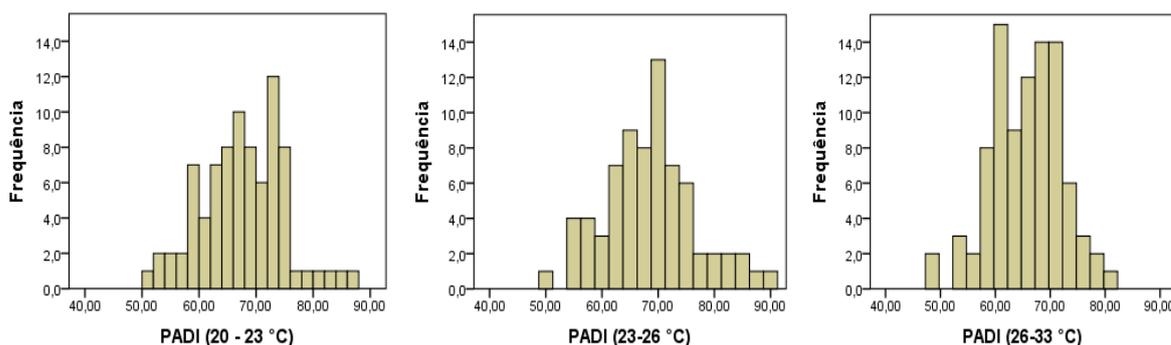
Realizou-se o teste ANOVA para testar se as distribuições foram iguais nas três faixas de temperatura. Esta hipótese não pôde ser rejeitada para PASI, cujo $p\text{-valor}=0,222 > 0,05$ ($F=1,513$), mas pôde-se inferir diferenças significativas nas distribuições de PASF entre as três faixas, com $p\text{-valor}=0,025 < 0,05$ ($F= 3,728$).

Para verificar em qual dia houve diferença significativa na PASF, aplicou-se o teste de Tukey. O resultado $p\text{-valor}=0,043$ sugere que há diferenças significativas apenas entre os valores de PASF nas faixas 1 e 3.

4.5.1.2 Pressão arterial Diastólica – Geral

O Gráfico 43 representa a distribuição de PADI. Os valores da PADI se situaram entre 51 e 86 mmHg na faixa 1, entre 50 e 90 mmHg na faixa 2, e entre 49 e 81 mmHg na faixa 3. Alguns alunos apresentaram valores de PADI superiores ao limite considerado normal para esse parâmetro (85 mmHg), tendo sido este fato mais recorrente na faixa 2.

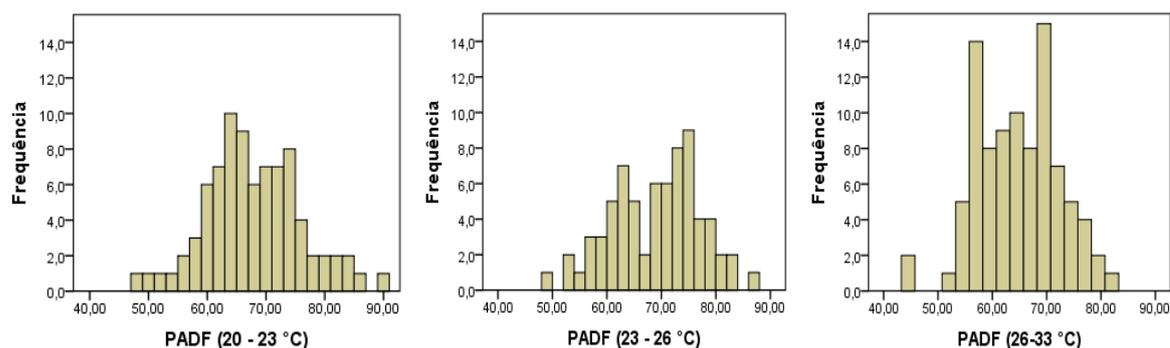
Gráfico 43 - Distribuição de frequência das PADI – Análise geral



Fonte - Elaborado pela autora, (2016)

Com respeito à PADF, cuja distribuição está no Gráfico 44, verificou-se que as diferenças entre os valores máximos e mínimos são maiores nas faixas de menor temperatura. Houve alunos que apresentaram PADF acima do limite de normalidade (85 mmHg) nas faixas 1 e 2.

Gráfico 44 - Distribuição de frequência das PADF – Análise geral



Fonte - Elaborado pela autora, (2016)

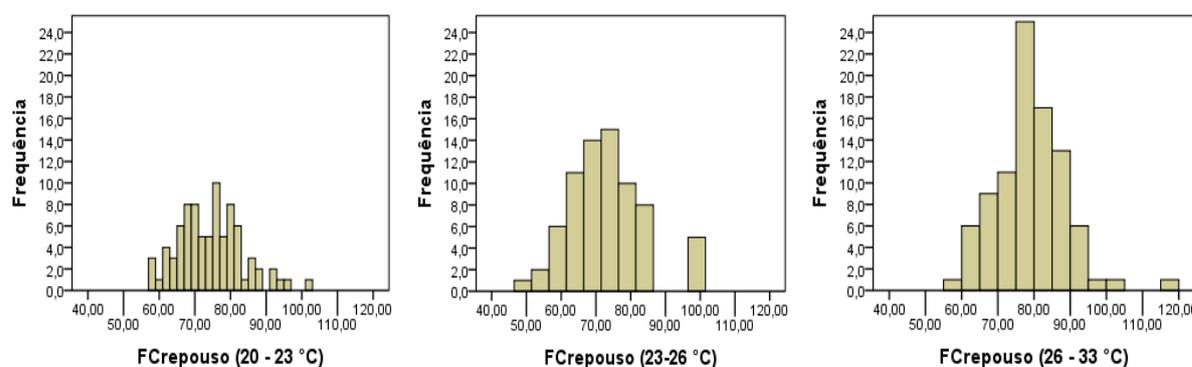
Realizou-se o teste Kruskal-Wallis para amostras independentes, para testar se as distribuições de PADI e PADF foram iguais nas três faixas de temperatura. Esta hipótese não pôde ser rejeitada para a PADI, que apresentou $p\text{-valor}=0,110 > 0,05$. No entanto, a hipótese de que as distribuições de PADF foram iguais nas três faixas foi rejeitada, pois $p\text{-valor}=0,008 < 0,05$.

Para verificar em qual dia houve diferença significativa na PADF, aplicou-se o teste Mann-Whitney pariado, considerando o nível de significância de 0,05 com correção de Bonferroni ($0,05/\text{número de comparações}$). O resultado, $p\text{-valor}=0,043$ entre as faixas 1 e 3 e $p\text{-valor}=0,003$ entre as faixas 2 e 3, indica que a diferença de PADF ocorreu entre as faixas 1 e 3.

4.5.1.3 Frequência cardíaca – Geral

Com respeito à FCrepouso, Gráfico 45, observou-se que o menor valor registrado ocorreu na faixa 2, sendo 49 bpm e o maior valor, 116 bpm, foi registrado na faixa 3. No entanto, a maior variabilidade dos dados da FCrepouso ocorreu na faixa 2, cujo valor foi de 52 bpm, e a menor variabilidade ocorreu na faixa 1, 43 bpm. Os dados foram mais homogêneos na faixa 3, cuja variação foi de 47 bpm, com uma grande quantidade de alunos apresentando FCrepouso no entorno de 75 bpm.

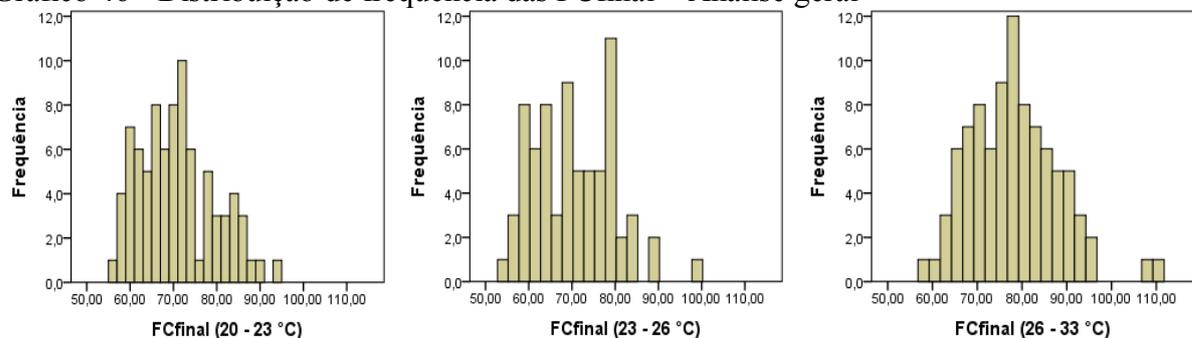
Gráfico 45 - Distribuição de frequência das FCrepouso – Análise geral



Fonte - Elaborado pela autora, (2016)

Ao observar os dados referentes à FCfinal, Gráfico 46, verificou-se que sua maior variabilidade ocorreu na faixa 3, sendo o valor de 110 bpm o maior registro entre as faixas. A maior homogeneidade da FCfinal também pode ser observada na faixa 3, com uma grande quantidade de alunos apresentando FCfinal no entorno de 75 bpm. Nas faixas 2 e 3, não houve registro de frequência cardíaca final acima de 100 bpm.

Gráfico 46 - Distribuição de frequência das FCfinal – Análise geral

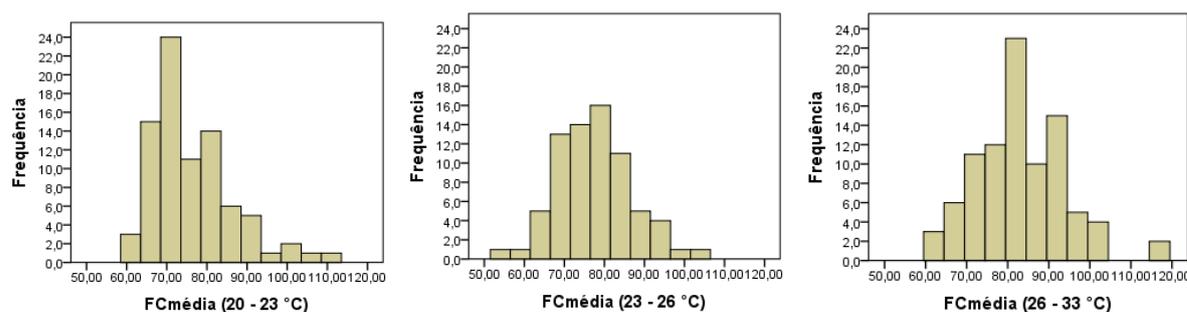


Fonte - Elaborado pela autora, (2016)

A distribuição da FCmédia é apresentada no Gráfico 47. Verificou-se uma variação da FCmédia de 48 bpm nas faixas 1 e 2 de temperatura, e uma variação de 57 bpm na faixa 3.

O maior valor verificado da FC_{média}, desconsiderando os outlets acima de 150 bpm, foi 119 bpm, na faixa 3. Essa frequência cardíaca é considerada alta para o tipo de atividade realizada. Ressalta-se que também foram observados valores de FC_{média} acima de 100 bpm nas faixas 1 e 2.

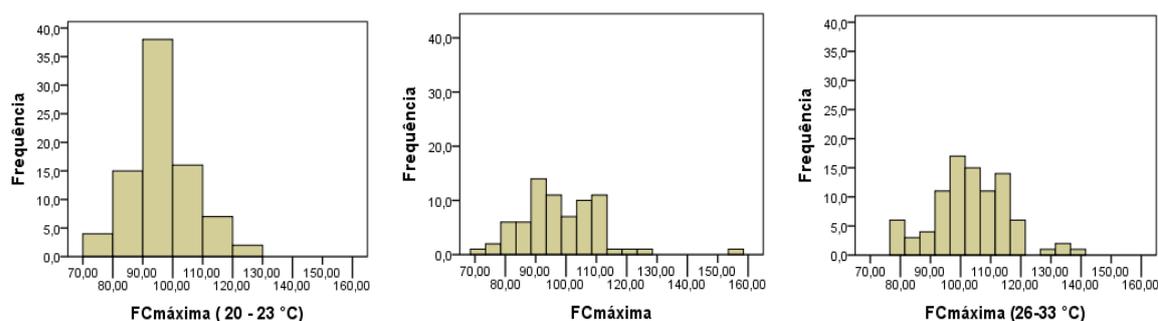
Gráfico 47 - Distribuição de frequência das FC_{média} – Análise geral



Fonte - Elaborado pela autora, (2016)

Com respeito à FC_{máxima}, cuja distribuição de frequência está descrita no Gráfico 48, observou-se que a maior variação da FC_{máxima} ocorreu na faixa 3, já que os valores mínimos e máximos foram respectivamente 77 bpm e 141 bpm. Na primeira faixa de temperatura, a FC_{máxima} variou entre 72 e 129 bpm, e na segunda faixa de temperatura a variação foi de 68 e 127 bpm.

Gráfico 48 - Distribuição de frequência das FC_{máxima} – Análise geral



Fonte - Elaborado pela autora, (2016)

Deve-se destacar que em todas as faixas de temperatura foram observados valores de FC_{máxima} acima de 100 bpm. Isto significa que em algum momento, durante a realização dos testes cognitivos, uma boa parte dos alunos apresentou algum episódio de taquicardia.

Foi aplicado o teste Anova para os parâmetros FC_{máx}, FC_{médica}, FC_{repouso} e FC_{final}, Tabela 42, com o objetivo de verificar se as distribuições de frequência são iguais entre as três faixas de temperaturas. A hipótese de que as distribuições são iguais entre as três

faixas de temperaturas não foi confirmada, o que implica em uma variação significativa nos parâmetros FCmax, FCmédia, FCrepouso e FCfinal entre as faixas de temperatura.

Tabela 42 - Teste ANOVA para distribuições das frequências cardíacas

	F	p-valor
FCrepouso	7,282	0,001
FCfinal	20,559	0,000
FCmáxima	4,593	0,011
FCmédia	11,077	0,000

Fonte - Elaborado pela autora, (2016)

Para verificar em qual dia houve diferença significativa na FCmáx, FCmédia, FCrepouso e FCfinal, aplicou-se o teste de Tukey, Tabela 43. O resultado descrito na Tabela 43 indica que as diferenças observadas entre as distribuições das três faixas são causadas quando comparadas com a faixa 3.

Tabela 43 - Teste de Tukey para as três faixas de temperatura

	Faixa 1-2	Faixa 1-3	Faixa 2-3
FCrepouso	0,648	0,016	0,001
FCfinal	0,991	0,000	0,000
FCmáxima	0,957	0,017	0,048
FCmédia	0,923	0,000	0,001

Fonte - Elaborado pela autora, (2016)

Para verificar uma eventual interação entre os parâmetros fisiológicos dos alunos e os parâmetros térmicos (Ta e UR), foi aplicado o teste de Correlação de Spearman. A hipótese de que duas variáveis quantitativas são independentes não pôde ser rejeitada para FCmédia, FCmáxima, Fcrepouso e FCfinal. O valor do teste indica uma baixa correlação com os parâmetros ambientais Ta e UR, Tabela 44.

Tabela 44 - Correlação entre os parâmetros térmicos e os fisiológicos – Análise geral

		FCrepouso	FCfinal	FCmédia	FCmáxima
		p_valor	p_valor	p_valor	p_valor
Ta	Correlação	0,184	0,330	0,253	0,266
	Spearman sig	0,004	0,000	0,000	0,000

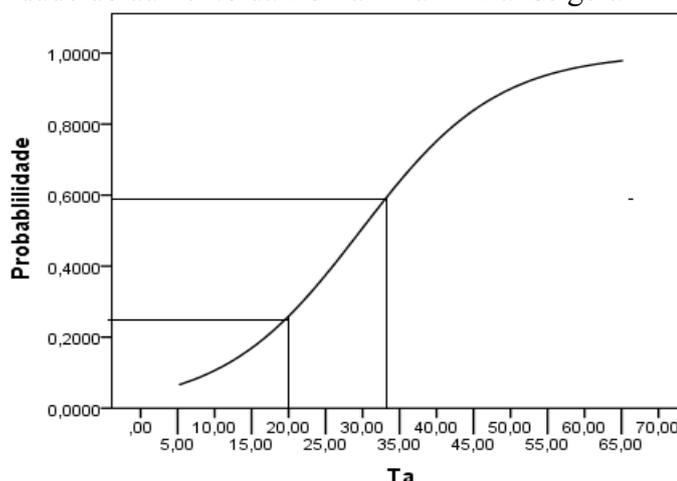
Fonte - Elaborado pela autora, (2016)

Ressalta-se que a baixa correlação indica que a interferência destes fatores nestas condições e para esse público são pequenas, mas existentes.

4.5.5 Modelagem matemática – Geral

Com vistas à uma análise geral dos riscos dos alunos apresentarem FCmáxima acima de 100 bpm, foi desenvolvido um modelo de regressão logística, Gráfico 50.

Gráfico 49 - Probabilidade do aumento da FCmáxima – Análise geral



$$P(IFC = 1) = \frac{1}{1 + e^{-(\beta_0 + \beta_1 Ta)}}$$

$$Chance = \frac{p}{1-p} = e^{\beta_0} \cdot (e^{\beta_1})^{Ta}$$

$$P(IFC = 1) = \frac{1}{1 + e^{(3,21 - 0,108Ta)}} \quad (18)$$

$$Chance = \frac{p}{1-p} = e^{-3,21} \cdot (e^{0,108})^{Ta}$$

$$Chance = \frac{p}{1-p} = 0,040 \cdot (1,114)^{Ta} \quad (19)$$

Tabela 45 - Modelo de Regressão – Análise geral

ODDS (Ta)	P-R ²	% Acertos (Pc=0,5)	Teste para razão de verossimilhança	
			χ^2	P-valor
1,139***	0,072	57,6	141,265	0,001

Fonte - Elaborado pela autora, (2016)

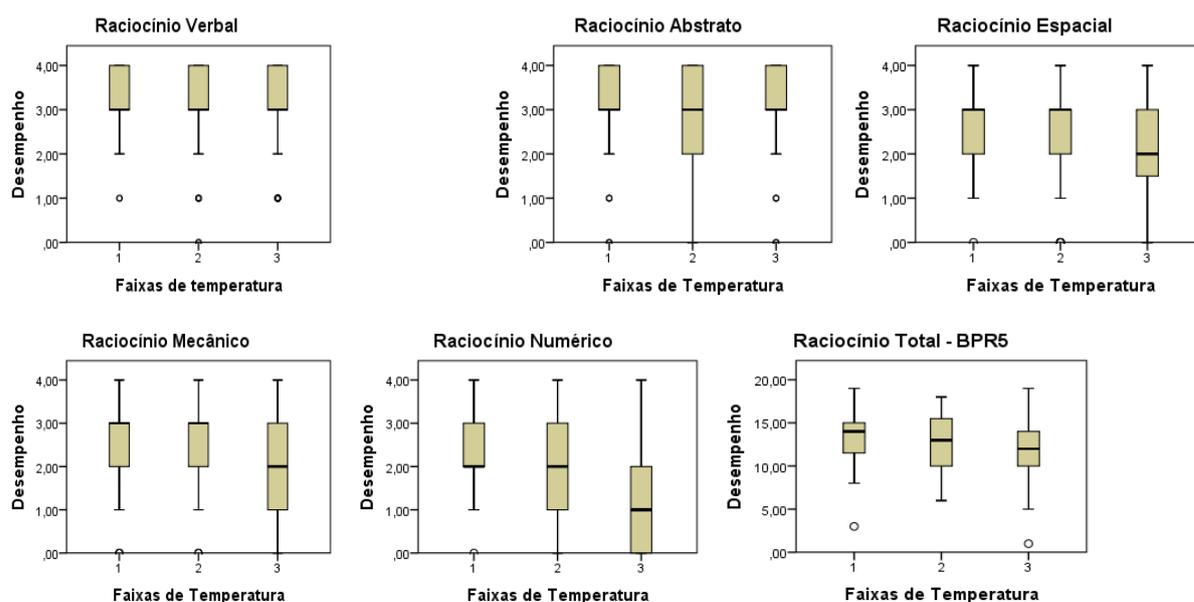
Com base no modelo desenvolvido, Tabela 45, sugere-se que com aumento de 1 °C na temperatura do ar há um aumento correspondente de 13% na chance do aluno, nestas condições, apresentar frequência cardíaca acima de 100 bpm. A probabilidade da frequência cardíaca superar 100 bpm, considerando os alunos das duas regiões, na faixa de maior temperatura (faixa 3), é de aproximadamente 50%.

4.5.6 Desempenho Cognitivo dos alunos – análise geral

O desempenho cognitivo de todos os estudantes foi analisado com base nas faixas de temperatura do ar, Gráfico 50. Observou-se um melhor desempenho nos testes de raciocínio numérico que ocorreram na faixa de menor temperatura. Nos testes de raciocínio verbal e

abstrato, os resultados foram semelhantes nas três faixas de temperatura. Nos testes de raciocínio mecânico e espacial, houve semelhança do desempenho nas faixas 1 e 2, com declínio na faixa 3. No BPR5, verificou-se que o melhor desempenho ocorreu na faixa de menor temperatura, e o mesmo foi diminuindo com o aumento da temperatura.

Gráfico 50 – Total de acertos do BPR5 – Análise geral



Fonte - Elaborado pela autora, (2016)

Para verificar se as distribuições de frequência de acertos são similares nas três faixas, realizou-se o teste não paramétrico Kruskal-Wallis. O resultado, com p-valor=0,000 para o raciocínio mecânico, p-valor=0,000 para o raciocínio numérico e p-valor=0,014 para o BPR5 modificado, indica diferenças significativas nas distribuições de frequência entre as faixas de temperatura.

Também foi verificado se as variáveis ambientais influenciaram no tempo de resposta dos alunos. A Tabela 46 contém o valor médios e o desvio padrão do tempo de realização dos testes cognitivos, a partir da qual se verificou que o teste de raciocínio verbal levou menos tempo para ser realizado e o teste de raciocínio numérico exigiu maior tempo para realização. Observou-se também que o tempo de execução de cada subteste decresceu com o aumento da temperatura, à exceção do subteste de raciocínio mecânico.

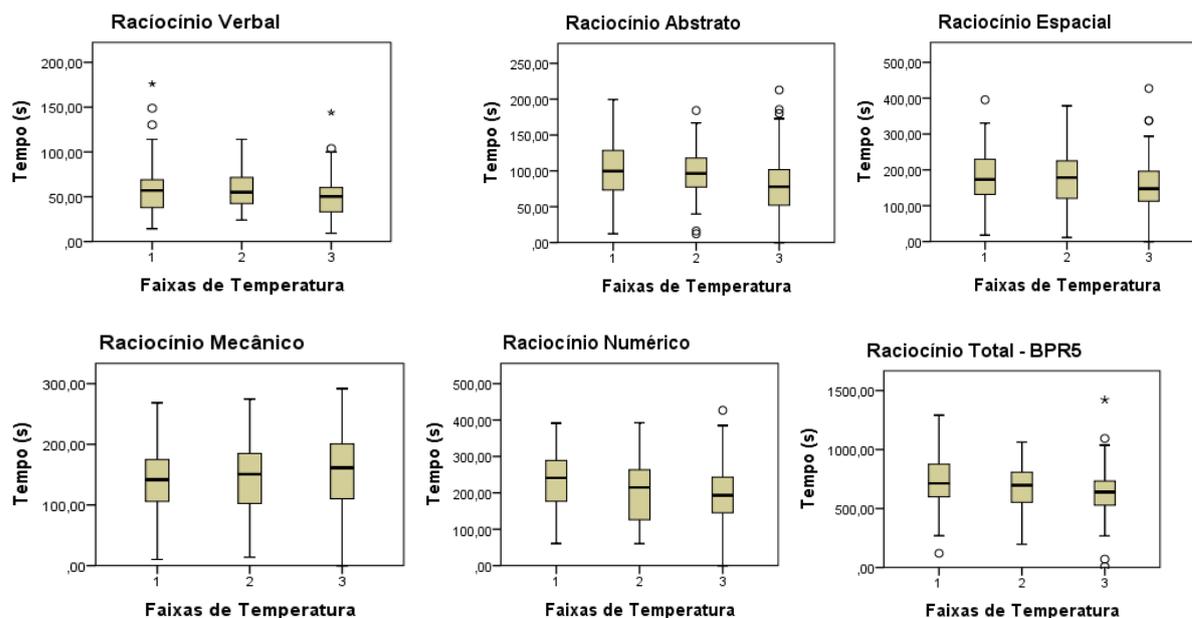
Tabela 46 - Médias de tempo para as respostas dos teste de raciocínio – análise geral

Faixa	RVT	RAT	RET	RMT	RNT	BPR5
1	58,75 ± 28,13	103,52 ± 39,93	187,23 ± 77,41	140,6 ± 53,58	231,45 ± 78,86	721,61 ± 218,71
2	56,59 ± 20,73	96,51 ± 33,79	176,53 ± 78,37	145,06 ± 53,84	200,21 ± 81,18	675,90 ± 197,10
3	51,38 ± 23,07	85,17 ± 43,77	154,53 ± 3,05	147,97 ± 60,58	194,60 ± 83,73	633,67 ± 224,40

Fonte - Elaborado pela autora, (2016)

De acordo com os dados no Gráfico 52, pode-se verificar que o tempo de realização dos testes de raciocínio verbal, raciocínio abstrato, raciocínio numérico e raciocínio espacial foi menor na faixa 3. O tempo do raciocínio mecânico foi maior na faixa 3. O resultado total do BPR5 sugere que na faixa 1 os alunos responderam mais rapidamente às avaliações.

Gráfico 51 - Total do tempo de resposta do BPR5 – Análise geral



Fonte - Elaborado pela autora, (2016)

4.6 Discussão

Ao analisar os dados de pressão arterial dos alunos de cada instituição, verificou-se que a pressão arterial sistólica não sofreu variação significativa entre os dias de aplicação do teste cognitivo BPR5 modificado. O aumento da pressão arterial é tema de muitas pesquisas em todo o mundo, e suas causas têm sido atribuídas principalmente aos fatores genéticos e ambientais (CAMPANA et al., 2009; SOUZA et al, 2010; MOREIRA; GOMES; SANTOS, 2010; FERITAS et al., 2012).

No entanto, observou-se que nos dias em que as temperaturas foram mais baixas, houve mais alunos com níveis de PAS dentro da classificação limítrofe de hipertensão nível 1. Segundo Lima e Neto (2010), a exposição a agentes estressores como o frio, ruído e dor pode estimular o sistema simpático, gerando aumento da resistência periférica dos vasos e conseqüentemente aumento da PA. O estudo de Kuo et al (2014) encontrou relação importante entre a diminuição da temperatura e o aumento da PA, podendo gerar implicações importantes, principalmente em pessoas que já apresentam algum comprometimento cardiovascular. Os principais mecanismos pelos quais a exposição a uma baixa temperatura

aumenta a pressão arterial média são as adaptações fisiológicas de curto prazo, o aumento da resistência periférica e a diminuição da transpiração, o que gera acúmulo de sal no corpo (LEWINGTON et al., 2012).

Observou-se que o aumento da PAS no dia de menor temperatura foi mais acentuada nos alunos das Instituições do Piauí e Petrolina. Brook, Wender e Rajagopalan (2011) observaram que além das baixas temperaturas, a altitude e o clima externo podem repercutir na pressão arterial. Para Breitner et al (2014), os jovens que já apresentam hipertensão arterial limítrofe são mais sensíveis à diminuição da temperatura, sendo a atividade simpática particularmente mais elevada.

Os valores da pressão diastólica se mantiveram dentro da normalidade em quase todos os alunos, sendo observados valores limítrofes apenas para alguns alunos de João Pessoa e Petrolina. Alterações na pressão diastólica têm associação com a rigidez arterial que ocorre com o incremento da idade (RAPSOMANIKI et al., 2014).

Foram verificadas diferenças significativas da PADF, entre os dias de experimento, dos alunos das instituições de Teresina e Manaus, relacionadas ao dia de menor temperatura, e da PASF e PADF na análise geral (todas as instituições) relacionadas aos dias de menor temperatura. Essas diferenças, estando dentro dos valores de normalidade, podem estar associadas ao fato dos alunos não estarem aclimatados ao ambiente mais frio imposto na sala de aula no primeiro dia do experimento. Segundo Zomorodian, Tahsildoost e Hafezi (2016) alunos de clima mais quente possuem uma temperatura neutra mais elevada, sentindo-se facilmente desconfortáveis em temperaturas mais baixas. Para Halonem et al. (2011) a diminuição da temperatura ambiente relacionada com o desconforto é suficiente para aumentar a pressão arterial, mesmo que exposição a baixa temperatura seja de poucos minutos (WANG et al, 2017).

Alterações da pressão Arterial em jovens são mais raras, estando frequentemente associadas a fatores genéticos, ao fumo, sedentarismo e com elevado IMC, o que não foi o caso da população estudada (MIDHA et al., 2012).

A frequência cardíaca foi um parâmetro em cujos valores foram verificadas diferenças estatísticas nas distribuições de frequência entre os dias de experimento nos alunos das instituições do Piauí e de Manaus, e para a FCfinal em João Pessoa. Essas diferenças estão associadas ao dia de maior temperatura. Segundo Charkoudian (2016), alterações da frequência cardíaca de pessoas em ambientes termicamente desconfortáveis estão relacionadas à ativação do sistema termorregulador, que utiliza os mecanismos de vasodilatação periférica e sudorese para regular a temperatura corporal. O aumento do fluxo

de sangue para a pele exige do sistema cardiovascular a manutenção do débito cardíaco e, em consequência, maiores taxas dos parâmetros cardiovasculares (SCHLADER; WILSON; CRANDALL, 2016).

Em alguns alunos, observou-se aumento da frequência cardíaca acima dos valores ditos normais, mesmo não havendo demanda muscular para atividade aplicada (PASTORE, 2009). A frequência cardíaca é um parâmetro bastante sensível às demandas dos sistema simpático e parassimpático, e sua variabilidade é sinal de boa adaptação, caracterizando um indivíduo saudável, com mecanismos autonômicos eficientes (VANDERLEI et al 2009). No entanto, valores altos de frequência cardíaca de repouso constituem fator de risco cardiovascular mesmo para pessoas saudáveis (BÖHM, 2010; JENSEN et al., 2013; ZHANG; SHENI; QI, 2015), podendo ainda exarcebar peculiaridades cardiovasculares de cada indivíduo.

As diferenças nos valores da frequência cardíaca dos alunos entre as instituições podem estar associadas a processos adaptativos locais que ocorrem em regiões em que se verificam altas temperaturas. Segundo Haddad, Osmond e King (2013), estudantes de regiões mais quentes possuem maior metabolismo corporal. Para Zomorodian, Tahsildoost e Hafezi (2016), valores da temperatura neutra variam muito em função do clima. Isso porque a exposição contínua ao clima das regiões tropicais pode preparar o corpo para respostas mais eficientes, como por exemplo o aumento no número de glândulas sudoríparas em indivíduos que cresceram nestas regiões (BLATTEIS, 2011).

O risco dos alunos apresentarem frequência cardíaca acima de 100 bpm, o que caracterizaria episódio de taquicardia (PASTORE, 2009), foi calculado apenas para os alunos das instituições de Teresina e Manaus e para a análise geral. O modelo calculado sugere que com um aumento de 1 °C na temperatura do ar, há maior chance dos alunos de Manaus apresentarem frequência cardíaca acima de 100 bpm em 32% quando comparados com os alunos do Piauí, que apresentam 15% de chance de elevar a frequência cardíaca acima de 100 bpm. Na análise geral de todas as instituições, essa chance diminuiu para 13%, porque pouco alunos das instituições de Petrolina e de João Pessoa apresentaram taquicardia durante o experimento.

Apesar de terem sido observadas algumas mudanças na frequência cardíaca e na pressão arterial com a variação da temperatura, os resultados dos testes de Spearman indicam uma correlação fraca ou moderada. Para Oyeyemi (2015), fatores como a pressão psicológica antes da aplicação do teste podem causar aumento significativo na pressão arterial. O estudo de Freitas et al (2012) sugere que alterações da pressão arterial de jovens entre 16 e 17 anos estão relacionadas principalmente com histórico familiar de doenças cardiovasculares, sendo

exacerbado em situação de estresse. Além disso, a duração de uma hora, tempo médio de exposição ao ambiente da pesquisa, pode não ter sido suficiente para desencadear alterações fisiológicas perceptíveis nestas condições térmicas, quando comparados com os estudos de Lan, (2011) e de Xiong et al. (2016), que observaram alterações fisiológicas de estudantes quando os mesmos foram expostos a mudanças de temperatura durante 3 horas.

Sobre a percepção térmica do ambiente, observou-se que a maioria dos alunos do Piauí e de Petrolina sentiram desconforto nas menores temperaturas do experimento, próximas dos 20 °C, o que não foi esperado, pois vivem em região de clima quente e ainda possuem maior metabolismo, por serem adultos jovens, e a maioria do sexo masculino. Isso poderia ocorrer por causa do aumento da temperatura neutra, que segundo Zomorodian (2016) é mais comum em lugares de clima tropical. A magnitude da adaptação fisiológica depende da variação de temperatura a que o indivíduo está exposto (PERIARD, 2016).

A maioria dos alunos das quatro instituições relatou desconforto nas temperaturas de experimento mais elevadas. O desconforto é esperado pelo acionamento do sistema termorregulador em temperaturas acima de 28 °C (INDRAGANTI et al., 2014). Para Singh, Mahapatra e Teller (2015), não é possível estabelecer faixa de conforto para indivíduos de zonas climáticas diferentes, pois o conforto é dependente da expectativa, percepção e fatores sociais, não estando relacionado puramente a respostas fisiológicas do organismo humano.

Neste estudo, também observou-se que uma parte dos alunos em três instituições apresentou diminuição de pontuação no teste cognitivo BPR5 no dia de maior temperatura, coincidindo com o dia em que a FC_{máxima} superou 100bpm. Estudos como o de Mäkinen et al. (2006), Wargocki e Wyon (2006), Tham et al. (2010), Lee et al. (2012), e Vimalatan e Batu (2014) também obtiveram resultados semelhantes no que diz respeito ao desempenho. O desconforto gerado pelo aumento da temperatura pode gerar irritação, fadiga e alteração sobre a percepção da carga de trabalho, afetando assim o desempenho (LAN et al 2009). Uma frequência cardíaca alta pode gerar sintomas como palpitação, fraqueza e até tontura, o que contribuiria ainda mais para o desconforto em ambientes termicamente desconfortáveis.

CAPÍTULO 5: CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho se propôs a responder a seguinte pergunta: Quando submetidos a tarefas cognitivas em ambientes com temperatura do ar controlada, estudantes universitários em áreas das regiões Norte e Nordeste do Brasil apresentam alterações de frequência cardíaca e pressão arterial com eventual impacto no desempenho cognitivo? Para tanto, efetuou-se uma revisão de literatura com os seguintes temas: Desempenho cognitivo em ambiente com temperatura variando entre a faixa de conforto térmico; conforto térmico em ambientes de salas de aula; alterações fisiológicas de jovens com mudanças de temperatura.

Há diversos estudos relacionando parâmetros cardiovasculares com temperatura do ar, mas com ênfase no surgimento de certas enfermidades atreladas à elevada ou baixa temperatura. Segundo Hensel et al (2017) há poucos estudos relacionando o acometimento de problemas de saúde a alterações em temperaturas moderadas altas ou baixas.

Desta forma, estudantes de cursos de engenharia de 4 universidades públicas (3 no Nordeste e 1 no Norte do Brasil) foram submetidos ao teste cognitivo BPR-5, em laboratórios de informática nos quais a temperatura da sala foi programada para assumir valores distintos em cada um dos 3 dias de experimento.

As condições térmicas e parâmetros fisiológicos foram analisados durante três dias consecutivos, de acordo com a norma ISO 7730 e 7726. Foram mensuradas a pressão arterial e a frequência cardíaca antes, durante e depois dos testes.

Os dados experimentais indicam que a variação de temperatura, dentro da faixa de 20 °C a 33 °C, não alterou significativamente a pressão arterial de estudantes universitários entre 18 e 30 anos. Na maioria dos participantes, a pressão arterial se mostrou um parâmetro fisiológico bastante estável às mudanças termofísicas aplicadas. No entanto, deve-se destacar que em alguns alunos houve uma tendência de elevação da pressão nos dias de menor temperatura.

Constatou-se ainda que temperaturas do ar mais elevadas foram capazes de provocar elevação da frequência cardíaca, sendo a influência mais significativa em alunos das instituições de Teresina e Manaus, que elevou-se acima da normalidade (>100bpm). Esta elevação poderá estar associada à própria temperatura do ar do ambiente de ensino (30 °C), e ao período de coleta de dados ter sido realizada quando a temperatura do ar externa nas duas cidades estava no entorno de 35 a 42 °C. Vale ressaltar que as regiões Norte e Nordeste apresentam temperaturas elevadas o ano inteiro, e os efeitos da temperatura a médio e longo prazos sobre o coração podem contribuir para tal constatação. Por conta das possíveis

repercussões na saúde de níveis elevados de frequência cardíaca, foi desenvolvido um modelo matemático a partir dos dados da FC_{máxima}. O modelo estima as chances da frequência cardíaca apresentar valores acima de 100 bpm com o aumento da temperatura, na realização de um trabalho estático. A chance da frequência cardíaca se elevar acima de 100 bpm foi de 32% nos alunos de Manaus e de 15% nos alunos de Teresina, considerando as condições de temperaturas estudadas

No caso do conforto térmico dos alunos nos laboratórios de informática, analisados os valores previstos de acordo com as normas internacionais, constatou-se que os ambientes eram desconfortáveis, pois resultaram em um percentual superior a 10% de pessoas insatisfeitas. Observou-se ainda uma defasagem entre o que a norma ISO 7730 (2005) prediz e o que realmente foi indicado pelos estudantes nas salas de aula. As diferenças entre a sensação térmica dos alunos das instituições estudadas podem estar relacionadas à aclimatação, desenvolvida diferentemente em cada clima, o que conseqüentemente gera diferentes sensações e preferências térmicas.

No tocante ao desempenho nas provas de raciocínio, observou-se que a temperatura do ambiente interferiu de formas diferentes, de acordo com a natureza dos testes. O resultado do BPR5, mais precisamente sobre o maior número de acertos, indica que o melhor desempenho ocorreu no dia em que os alunos referiram melhor conforto térmico. Nestes dias, não se observou mudanças significativas na frequência cardíaca dos alunos.

5.1 Sugestões para trabalhos futuros

Ao longo do desenvolvimento deste trabalho de pesquisa, foram observadas algumas oportunidades de melhoria ou extensão, que podem resultar em temas de trabalhos futuros. Como primeira proposta para trabalhos futuros, recomenda-se a extensão da análise das variáveis fisiológicas dos alunos: recomenda-se investigar a dinâmica do sinal cardíaco e a variabilidade da frequência cardíaca dos alunos durante todo o teste cognitivo, não apenas em pontos específicos no tempo ou a partir de dados de média. Já há sensores portáteis e de (relativo) baixo custo disponíveis no mercado que podem dar suporte a tal investigação. Além disso, recomenda-se considerar também a temperatura da pele (também com o uso de sensores portáteis e de baixo custo) e a taxa de suor.

A segunda proposta diz respeito ao controle e faixa de temperatura utilizados nos experimentos. Em alguns casos de ambientes externos quentes, os equipamentos de ar-condicionado presentes não foram suficientes para a obtenção do menor valor de temperatura desejado. Além disso, as salas em que os experimentos foram feitos não dispunham de

aquecedor, de modo que o maior valor de temperatura interna dependeu desta variável ambiental. Com vistas à ampliação da faixa de temperatura a ser utilizada nos experimentos, recomenda-se que as salas sejam, mesmo que apenas momentaneamente, equipadas com aparelhos que garantam a obtenção da faixa desejada a despeito das condições externas.

A terceira oportunidade de extensão do trabalho diz respeito ao tempo de exposição (aos diferentes valores de temperatura) e ao teste cognitivo aplicado. Recomenda-se ampliar o tempo de exposição às diferentes temperaturas, com o objetivo de se observar eventuais respostas corporais de adaptação lenta, com conseguinte alteração de parâmetros fisiológicos. Este maior tempo de exposição pode ser conseguido ao se aplicar um teste cognitivo com maior tempo de duração.

REFERÊNCIAS

- ALCHIERI, J.C.; BANDEIRA, D.R.; PRIMI, R. Ensino da avaliação psicológica no Brasil. **Temas em avaliação psicológica**, p. 35-39, 2002.
- ALFANO, Francesca Romana d'Ambrosio; IANNIELLO, Elvira; PALELLA, Boris Igor. PMV-PPD and acceptability in naturally ventilated schools. **Building and Environment**, v. 67, p. 129-137, 2013.
- ALMEIDA, LS. Bateria de Provas de Raciocínio Diferencial (BPRD). Porto: Faculdade de Psicologia e Ciências da Educação, 1986.
- ALMEIDA, LS.; 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, 2004.
- ANDRADE, S et al. Prevalência de hipertensão arterial autorreferida na população brasileira: análise da Pesquisa Nacional de Saúde, 2013. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 24, n. 2, p. 297-304, 2015.
- ANDRADE, C S. Teresina e Clima: Indissociabilidades no Estudo da Cidade. **REVISTA EQUADOR**, v. 5, n. 3, p. 398-420, 2016.
- APPLEGATE, Edith. **Anatomia e fisiologia**. Elsevier Brasil, 2012.
- ARAÚJO, R. R. O conforto térmico e as implicações na saúde: uma abordagem preliminar sobre os seus efeitos na população urbana de São Luís-Maranhão. **Cadernos de Pesquisa**, v. 19, n. 3, p. 51-60, 2012.
- ASHRAE, A.N. Standard 55-2004, Thermal environmental conditions for human occupancy. **American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineering, Atlanta, GA**, 2004.
- ASHRAE, A. S. OF H. R. AND A.-C. E. ASHRAE HANDBOOK. ASHRAE Handbook - Refrigeration, 2010.
- AZIZPOUR, F. et al. Thermal comfort assessment of large-scale hospitals in tropical climates: A case study of University Kebangsaan Malaysia Medical Centre (UKMMC). **Energy and Buildings**, v.64, n.7, pp.317-322, 2013.
- BAERHR, H, D.; STEPHAN, K, Heat and Massa Transfer, 3º ed, **Springer**, 2011.
- BMI Classification. World Health Organization (WHO/OMS)*. Consultado em 04 de janeiro de 2017.
- BATISTA, J. B. et al. O ambiente que adocece: condições ambientais de trabalho do professor do ensino fundamental. **Cad Saúde Colet**, v. 18, n. 2, p. 234-42, 2010.
- BAKÓ-BIRÓ, ZS et al. Ventilation rates in schools and learning performance. In: **Proceedings of CLIMA**, p. 1434-1440, 2007.

BAYNES, J; DOMINICZAK, MH. **Bioquímica médica**. Elsevier Brasil, 2015.

BUROV, O.; TSARIK, O. Educational workload and its psychophysiological impact on student organism. **Work (Reading, Mass.)**, v. 41, p. 896–9, 2012.

BDMEP - Série Histórica - Dados Mensais - Precipitação Total (mm) - Petrolina». Instituto Nacional de Meteorologia. Consultado em 12 de abril de 2014.

BECKER, S; POTCHTER, O; YAAKOV, Y. Calculated and observed human thermal sensation in an extremely hot and dry climate. **Energy and Buildings**, v. 35, n. 8, p. 747-756, 2003.

BLATTEIS, C. M. **Fisiologia e patofisiologia da regulação da temperatura**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2011.

BLAZEJCZYK, K. et al. An introduction to the Universal Thermal Climate Index (UTCI). **Geografia Polonica**, v. 86, n. 1, p. 5–10, 2013.

BÖHM, M et al. Heart rate as a risk factor in chronic heart failure (SHIFT): the association between heart rate and outcomes in a randomised placebo-controlled trial. **The Lancet**, v. 376, n. 9744, p. 886-894, 2010.

BRADSHAW, WE.; HOLZAPFEL, CM. Evolutionary response to rapid climate change. **Science(Washington)**, v. 312, n. 5779, p. 1477-1478, 2006.

BREITNER, S et al. Short-term effects of air temperature on cause-specific cardiovascular mortality in Bavaria, Germany. **Heart**, v. 100, n. 16, p. 1272-1280, 2014.

BROOK, RD.; WEDER, AB.; RAJAGOPALAN, S. “Environmental hypertensionology” the effects of environmental factors on blood pressure in clinical practice and research. **The Journal of Clinical Hypertension**, v. 13, n. 11, p. 836-842, 2011.

CAO, B et al. The impact of air-conditioning usage on sick building syndrome during summer in China. **Indoor and Built Environment**, p. 1420326X12443246, 2012.

CAMPOS, H. R. Análise de Conteúdo e sua Relação com a Dificuldade dos Itens da Bateria de Provas de Raciocínio (BPR-5), 2005. Itatiba-SP: Dissertação de Mestrado em Psicologia da Universidade São Francisco.

CAMPANA, E. M. et al. Pressão arterial em jovens como marcador de risco cardiovascular. Estudo do Rio de Janeiro. **Arq Bras Cardiol**, v. 93, n. 6, p. 657-65, 2009.

CAVALCANTI, IF. **Tempo e clima no Brasil**. Oficina de textos, 2016.

CHARKOUDIAN, N. Human thermoregulation from the autonomic perspective. **Autonomic Neuroscience: Basic and Clinical**, v. 196, p. 1-2, 2016.

CHEN, CP et al. Effects of temperature steps on human skin physiology and thermal sensation response. **Building and Environment**, v. 46, n. 11, p. 2387-2397, 2011.

CHOW, TT et al. Thermal sensation of Hong Kong people with increased air speed, temperature and humidity in air-conditioned environment. **Building and Environment**, v. 45, n. 10, p. 2177-2183, 2010.

CHOI, J.-H.; LOFTNESS, V.; LEE, D.-W. Investigation of the possibility of the use of heart rate as a human factor for thermal sensation models. **Building and Environment**, v. 50, p. 165–175, 2012.

CONFALONIERI, U.E.C; MARINHO, D.P. Mudança climática global e saúde: perspectivas para o Brasil. **Revista Multiciência**, v. 8, p. 48-64, 2007.

CONNORS, BW. TRANSDUÇÃO SENSORIAL. **Fisiologia Médica**, p. 371, 2015.

CORDEIRO, GM; DEMÉTRIO, CG. Modelos lineares generalizados e extensões. **Sao Paulo**, 2008.

CORGNATI, SP; 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, 2009.

CORRÊA, V. M; BOLETTI, R.R. **Ergonomia: Fundamentos e Aplicações**. Bookman Editora, 2015.

COUTINHO, A. S. Proteção contra o calor. In: U. A. de O. Mattos; F. S. Másculo (Eds.); **Higiene e segurança do trabalho**, Rio de Janeiro: Elsevier, p.209–231, 2011.

COUTINHO, AS. Conforto e insalubridade térmica em ambientes de trabalho. Edições PPGE, 2005.

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.

DALVITE, B et al. Análise do conforto acústico, térmico e lumínico em escolas da rede pública de Santa Maria, RS. **Disciplinarum Scientia| Artes, Letras e Comunicação**, v. 8, n. 1, p. 1-13, 2016.

DESPOPOULOS, A.; SILBERNAGL, S. Cardiovascular System. **Color Atlas of Physiology**, Nova York: Thieme, 5th ed., p.186–221, 2003.

DETURCK, W. E.; CAHALIN, L. P. **Fisioterapia Cardiorrespiratória**. 1st ed. Porto Alegre/RS: Artmed, 2007.

DJONGYANG, N; TCHINDA, R; NJOMO, D. Thermal comfort: A review paper. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 14, n. 9, p. 2626-2640, 2010.

DU, X et al. The Response of Human Thermal Sensation and Its Prediction to emperature Step-Change (Cool-Neutral-Cool). 2014.

FANGER, PO. et al. Thermal comfort. Analysis and applications in environmental engineering. **Thermal comfort. Analysis and applications in environme**, 1970.

FILINGERI, D et al. Why wet feels wet? A neurophysiological model of human cutaneous wetness sensitivity. **Journal of neurophysiology**, v. 112, n. 6, p. 1457-1469, 2014.

FOURNET, D et al. Body mapping of thermoregulatory and perceptual responses of males and females running in the cold. **Journal of Thermal Biology**, v. 38, n. 6, p. 339-344, 2013.

FREITAS, D et al. Fatores de risco para hipertensão arterial entre estudantes do ensino médio. **Acta Paul Enferm**, v. 25, n. 3, p. 430-4, 2012.

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.

FROTA, A B; SCHIFFER, Sueli Ramos. **Manual de conforto térmico**. Studio Nobel, 2006.

GERRETT, N. et al. Female thermal sensitivity to hot and cold during rest and exercise. **Physiology & behavior**, v. 152, p. 11-19, 2015.

GRAAFF, V. DE. Sistema Circulatório. **Anatomia Humana**. 6th ed. Barueri-SP: Manole, p.65, 2003.

GROSSI, MG et al. A utilização das tecnologias digitais de informação e comunicação nas redes sociais pelos universitários brasileiros. **Texto Digital**, v. 10, n. 1, p. 4-23, 2014.

GUYTON, A C; HALL, J E. Arthur C. **Tratado de fisiologia médica**. Elsevier Brasil, 2006.

HADDAD, S; OSMOND, P. A.; KING, S. Metabolic rate estimation in the calculation of the pmv for children. In: **47th International Conference of the Architectural Science Association**. 2013. p. 241-250.

HALONEN, J I. et al. Relationship between outdoor temperature and blood pressure. **Occupational and environmental medicine**, v. 68, n. 4, p. 296-301, 2011.

HASHIGUCHI, N; FENG, Y; TOCHIHARA, Y. Gender differences in thermal comfort and mental performance at different vertical air temperatures. **European journal of applied physiology**, v. 109, n. 1, p. 41-48, 2010.

HAVENITH, G et al. Male and female upper body sweat distribution during running measured with technical absorbents. **European journal of applied physiology**, v. 104, n. 2, p. 245-255, 2008.

HEIDARINEJAD, G; FATHOLLAHZADEH, M. H; PASDARSHAHRI, H. Effects of return air vent height on energy consumption, thermal comfort conditions and indoor air quality in an under floor air distribution system. **Energy and Buildings**, v. 97, p. 155-161, 2015.

HENSEL, M et al. Relationship between ambient temperature and frequency and severity of cardiovascular emergencies: A prospective observational study based on out-of-hospital care data. **International Journal Cardiology**. V. 228, p. 553-557, 2017.

HENSEN, J. L. et al. **On the thermal interaction of building structure and heating and ventilating system**. Technische Universiteit Eindhoven, 1991.

HÖPPE, P. Different aspects of assessing indoor and outdoor thermal comfort. **Energy and buildings**, v. 34, n. 6, p. 661-665, 2002.

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, p. 304-309, 2012.

HUGHES, W. W. O sistema cardiovascular. In: R. L. Wilkins; J. K. Stoller; R. M. Kacmarek (Eds.); **Egan, fundamentos da terapia respiratória**. 9th ed, Rio de Janeiro: Elsevier..., p.197-214, 2009.

IIDA, I. **Ergonomia: projeto e produção**. 2nd ed. São Paulo: Editora Edgard Blucher Ltda, 2005.

IIDA, I e BUARQUE, L. **Ergonomia: projeto e produção** 3rd ed. São Paulo: Editora Edgard Blucher Ltda, 2016.

ICKOVICS, J.R. et al. Health and academic achievement: Cumulative effects of health assets on standardized test scores among urban youth in the United States. **Journal of School Health**, v. 84, n. 1, p. 40-48, 2014.

INCT para Mudanças Climáticas. Relatório de Atividades 2009 e 2010. Disponível em: www.inct.provisorio.ws/download. Acessado em: outubro de 2016.

INDRAGANTI, M et al. Adaptive model of thermal comfort for offices in hot and humid climates of India. **Building and Environment**, v. 74, p. 39-53, 2014.

INSTITUTO NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA PARA MUDANÇAS CLIMÁTICAS, ISSN 2179-5754, 2010. Disponível em http://www.ccst.inpe.br/inct/INCT_report_digital_port.pdf Acessado em 23/janeiro de 2016.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. **Dados de Estação Automática. Disponível em:**

<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>.

ISO 7730. Moderate thermal environments - Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort. Genebra, 2005.

ISO 7726. Ergonomics of the thermal environment - Instruments for measuring physical quantities. 1998.

ISO 10551. Ergonomics of the thermal environment - Assessment of the influence of the thermal environment using subjective judgement scales. 1995.

ISO 9920 - Ergonomics - Estimation of the thermal characteristics of a clothing ensemble, International Organization for Standardization, Geneva, 1993.

JENSEN, M T et al. Elevated resting heart rate, physical fitness and all-cause mortality: a 16-year follow-up in the Copenhagen Male Study. **Heart**, v. 99, n. 12, p. 882-887, 2013.

KERSHAW, T, LASH D Investigating the productivity of office workers to quantify the effectiveness of climate change adaptation measures. **Building and Environment**, v. 69, pp 35-43, 2013.

KENNEY, W. A review of comparative responses of men and women to heat stress, **Environ. Res**, v.37, p 1-11, 1985.

KENNELLY, P J.; RODWELL, V W. Regulation of 3-hydroxy-3-methylglutaryl coenzyme A reductase by reversible phosphorylation-dephosphorylation. **Journal of lipid research**, v. 26, n. 8, p. 903-914, 1985.

KHODAKARAMI, J.; NASROLLAHI, NAZANIN. Thermal comfort in hospitals – A literature review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 16, n.6, p. 4071-4077, 2012.

KUO, T B et al. Effects of cold exposure on autonomic changes during the last rapid eye movement sleep transition and morning blood pressure surge in humans. **Sleep medicine**, v. 15, n. 8, p. 986-997, 2014.

LAMBERTS, R ; XAVIER, A.A.; GOULART, S. Conforto e stress térmico. **LabEEE, UFSC**, 2011.

LAMBERTS, R; XAVIER, AA de P. Conforto térmico e stress térmico. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina/Departamento de Engenharia Civil/Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LABEEE), 2002.

LAN et al. Neurobehavioral approach for evaluation of office workers' productivity: The effects of room temperature. **Building and Environment**, v. 44, p. 1578–1588, 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, p. 29 – 36, 2010.

LAN, Li et al. Effects of thermal discomfort in an office on perceived air quality, SBS symptoms, physiological responses, and human performance. **Indoor Air**, v. 21, n. 5, p. 376-390, 2011.

LAN, L.; WARGOCKI, P.; LIAN, Z. Thermal effects on human performance in office environment measured by integrating task speed and accuracy. **Applied Ergonomics**, v. 45, p. 490-495, 2014.

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, p. 238-244, 2012.

LEWINGTON, S et al. Seasonal variation in blood pressure and its relationship with outdoor temperature in 10 diverse regions of China: the China Kadoorie Biobank. **Journal of hypertension**, v. 30, n. 7, p. 1383, 2012.

LIBERATI, A et al. The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: explanation and elaboration. **Annals of internal medicine**, v. 151, p. 65-94, 2009.

LIMA, C.J et al. Estimativa de biomassa lenhosa da caatinga com uso de equações alométricas e índice de vegetação. 2014.

LIMA JR; LIMA NETO, E. Hipertensão arterial: aspectos comportamentais—estresse e migração. **Rev Bras Hipertens**, v. 17, p. 210-25, 2010.

LIN Z, DENG S. A study on the thermal comfort in sleeping environments in the subtropics—developing a thermal comfort model for sleeping environments. **Building and Environment**, v.43, p.70-80, 2008.

LIU, W; LIAN, Z; LIU, Y. Heart rate variability at different thermal comfort levels. **European journal of applied physiology**, v. 103, n. 3, p. 361-366, 2008.

LIU, Q. et al. The time-frequency analysis of variabilities of heart rate, systolic blood pressure and pulse transit time on normotensive subjects after exercise. In: **Applied Sciences in Biomedical and Communication Technologies, 2009. ISABEL 2009. 2nd International Symposium on**. IEEE, p. 1-3, 2009.

LIU, Q.; POON, C. C. Y.; ZHANG, Y. T. Time–frequency analysis of variabilities of heart rate, systolic blood pressure and pulse transit time before and after exercise using the recursive autoregressive model. **Biomedical Signal Processing and Control**, v. 6, n. 4, p. 364–369, 2011.

LIU, H et al. The response of human thermal perception and skin temperature to step-change transient thermal environments. **Building and Environment**, v. 73, p. 232-238, 2014.

LUNDGREN, K.; KUKLANE, K.; GAO, C.; HOLMER, I. Effects of Heat Stress on Working Populations when Facing Climate Change. **Industrial Health**, v. 51, p. 3–15, 2013.

LOW, P A.; ENGSTROM, J W. CAPÍTULO 33 Distúrbios do Sistema Nervoso Autônomo. **Neurologia Clínica de Harrison-3**, p. 295, 2015.

LUQUE-CASADO, Antonio et al. Cognitive performance and heart rate variability: the influence of fitness level. **PloS one**, v. 8, n. 2, p. e56935, 2013.

MAÏMOUN, Laurent et al. Peripubertal female athletes in high-impact sports show improved bone mass acquisition and bone geometry. **Metabolism**, v. 62, n. 8, p. 1088-1098, 2013.

MANSOOR, G A. Activity Monitoring and the Effects of the Environment on Blood Pressure. In: **Blood Pressure Monitoring in Cardiovascular Medicine and Therapeutics**. Springer International Publishing, p. 45-53, 2016.

MÄKINEN, T. Et al. Effect of repeated exposures to cold on cognitive performance in humans. *Physiology & Behavior*. v. 87, p.166 - 176, 2006.

MARENGO, J.A. Cenário climático futuro no Brasil: Amazônia. *Mudanças Climáticas*, 2008. Disponível em: <<http://www.mudancasclimaticas.andi.org.br/content/cenario-climatico-futuro-no-brasil-amazonia>>. Acessado: 03/01/16.

MÁSCULO, F e VIDAL, MC (Orgs). **Ergonomia: Trabalho Adequado e Eficiente**. Rio de Janeiro: Elsevier/ABEPRO, 2011.

MATTHEW, C. B.; BASTILLE, A. M.; GONZALEZ, R. R.; SILS, I. V; HOYT, R. W. Heart rate variability as an index of physiological strain in hyperthermic and dehydrated rats. *Journal of Thermal Biology*, v. 29, n. 4-5, p. 211–219, 2004.

MENDES, R. Patologia do trabalho. In: **Patologia do trabalho**. Atheneu, 2013.

MIDHA, T et al. Prevalence of isolated diastolic hypertension and associated risk factors among adults in Kanpur, India. *indian heart journal*, v. 64, n. 4, p. 374-379, 2012.

MISHRA, A K; RAMGOPAL, M. A comparison of student performance between conditioned and naturally ventilated classrooms. *Building and Environment*, v. 84, p. 181-188, 2015.

MONTEIRO, J C al. Descrição da temperatura e umidade relativa do ar em diferentes localidades no bairro do Parque Dez-Manaus/AM. *Biota Amazônia (Biote Amazonie, Biota Amazonia, Amazonian Biota)*, v. 4, n. 2, p. 20-27, 2014.

MOREIRA, T M; GOMES, E B; DOS SANTOS, J C. Fatores de risco cardiovasculares em adultos jovens com hipertensão arterial e/ou Diabetes Mellitus. *Revista Gaúcha de Enfermagem*, v. 31, n. 4, p. 662, 2010.

MOYES, C. D.; SCHULTE, P. M. **Principios de fisiología animal**. Artmed, 2007.

MULDER, L. J. et al. Estimating mental effort using heart rate and heart rate variability. In: N. Stanton; A. Hedge; K. Brookhuis; E. Salas; H. Hendrick (Eds.); **Handbook of human factors and ergonomics methods**. p.20.1–20.8, 2005. United States of America: CRC Press.

NAKAMURA, Kazuhiro; MORRISON, Shaun F. Preoptic mechanism for cold-defensive responses to skin cooling. *The Journal of physiology*, v. 586, n. 10, p. 2611-2620, 2008.

MINAYO, M.C. O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde. Rio de Janeiro. Abrasco, 2008.

NIKOLOPOULOU, M; LYKOUDIS, S. Thermal comfort in outdoor urban spaces: analysis across different European countries. *Building and Environment*, v. 41, n. 11, p. 1455-1470, 2006.

NICOL, F; HUMPHREYS, M.; ROAF, S Adaptive Thermal Comfort: Principles and Practice, *Routledge, Abingdon*, 2012.

NOGUEIRA, M.C.; DURANTE, L.C.; NOGUEIRA, J.S. Conforto Térmico Na Escola Pública em Cuiabá-Mt: Estudo De Caso. **Revista Eletrônica de Mestrado em Educação Ambiental**, v.14, 2005.

OUZZAHRA, Y; HAVENITH, G; REDORTIER, B. Regional distribution of thermal sensitivity to cold at rest and during mild exercise in males. **Journal of Thermal Biology**, v. 37, n. 7, p. 517-523, 2012.

OGBONNA, A.C; HARRIS, D.J. Thermal comfort in sub-Saharan Africa: field study report in Jos–Nigeria. **Applied Energy**, v.85, p.1-11, 2008.

OYEYEMI, A. Y. et al. Cardiovascular Parameters of Nigerian Physiotherapy Students During an End of Semester Examination. **Journal of Medical and Biomedical Sciences**, v. 4, n. 2, p. 14-20, 2015.

PASTORE, C. A. et al. Diretrizes da Sociedade Brasileira de Cardiologia sobre análise e emissão de laudos eletrocardiográficos. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 93, n. 3, p. 1-19, 2009.

PEREIRA, E.F et al. Associação entre o perfil de ambiente e condições de trabalho com a percepção de saúde e qualidade de vida em professores de educação básica. **Caderno de Saúde Coletiva**, v. 22, p. 113-119, 2014.

PÉRIARD, J.D. et al. Cardiovascular adaptations supporting human exercise-heat acclimation. **Autonomic Neuroscience**, v. 196, p. 52-62, 2016.

POURSHAGHAGHY, A.; OMIDVARI, M. Examination of thermal comfort in a hospital using PMV–PPD model. **Applied ergonomics**, v. 43, n. 6, p. 1089-1095, 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.

PRIMI, R; GÜNTERT, A. E.; ALCHIERI, . Um estudo correlacional entre a bateria de provas de raciocínio (BPR-5), R1 e o TNRV com o teste de Zulliger. **Psico (Porto Alegre)**, v. 33, n. 1, p. 53-76, 2002.

RAPSOMANIKI, E et al. Blood pressure and incidence of twelve cardiovascular diseases: lifetime risks, healthy life-years lost, and age-specific associations in 1· 25 million people. **The Lancet**, v. 383, n. 9932, p. 1899-1911, 2014.

RICHMOND, V. et al. Prediction of Core Body Temperature from Multiple Variables. **Ann. Occup. Hyg**, p. 1-11, 2015.

SALTHAMMER, Tunga et al. Children's well-being at schools: impact of climatic conditions and air pollution. **Environment international**, v. 94, p. 196-210, 2016.

SANTOS, M. D. B. et al. Estudo da arritmia sinusal respiratória e da variabilidade da frequência cardíaca de homens jovens e de meia-idade. **Rev Soc Cardiol Estado de São Paulo**, v. 13, p. 15-24, 2003.

SANTOS, J. Análise Do Conforto Térmico Humano no Município de Arapiraca–Alagoas, Utilizando Software Matlab (Analysis of The Human Thermal Comfort The City of Arapiraca-Alagoas Using Software Matlab). **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 7, n. 5, p. 939-948, 2015.

SBC, S. B. DE C.; SBH, S. B. DE H.; SBN, S. B. DE N. VI Diretrizes Brasileiras de Hipertensão Arterial. **Arquivo Brasileiro de Cardiologia**, v. 95, p. 1–51, 2010.

SCHELLEN, L et al. The influence of different cooling techniques and gender on thermal perception. **Building Research & Information**, v. 41, n. 3, p. 330-341, 2013.

SCHELLEN, L et al. The influence of local effects on thermal sensation under non-uniform environmental conditions—Gender differences in thermophysiology, thermal comfort and productivity during convective and radiant cooling. **Physiology & behavior**, v. 107, n. 2, p. 252-261, 2012.

SCHLADER, Z; WILSON, T.; CRANDALL, C. Mechanisms of orthostatic intolerance during heat stress. **Autonomic Neuroscience**, v. 196, p. 37-46, 2016.

SHAFFER, F.; MCCRATY, R.; ZERR, C. L. A healthy heart is not a metronome: an integrative review of the heart's anatomy and heart rate variability. **Frontiers in Psychology**, v. 5, p. 1–19, 2014.

SILVA, EN; RIBEIRO,H; SANTANA,P. Clima e saúde em contextos urbanos: uma revisão da literatura. **Revista Bibliográfica de Geografia y Ciencias Sociales, Barcelona: Universidad de Barcelona**, v. 19, n. 1092, 2014.

SILVERTHORN, D. U. **Fisiologia humana: uma abordagem integrada**. Artmed editora, 2009.

SIMÃO, A. F. et al. I Diretriz brasileira de prevenção cardiovascular. **Arquivos brasileiros de cardiologia**, v. 101, n. 6, p. 1-63, 2013.

SMITH, Caroline J.; HAVENITH, George. Body mapping of sweating patterns in athletes: a sex comparison. 2012.

SINGH, M. K; MAHAPATRA, S; TELLER, J. Development of thermal comfort models for various climatic zones of North-East India. **Sustainable Cities and Society**, v. 14, p. 133-145, 2015.

SINGI, G. O Coração. **Fisiologia Dinâmica**, Rio de Janeiro: Atheneu, ed. 2nd, p.69–93, 2007.

SIQUEIRA, J. C. F. Avaliação de Parâmetros Cardiovasculares e Desempenho Cognitivo de Estudantes de Ambientes Inteligentes de Ensino Submetidos à Variação de Temperatura do Ar. **Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa**, 2015.

SIQUEIRA, G.R; OLIVEIRA, A.B; VIEIRA, R.A. Inadequação Ergonômica E Desconforto das Salas de Aula em Instituição de Ensino Superior do Recife-Pe. **Revista Brasileira em Promoção da Saúde**, v. 21, n. 1, p. 19-28, 2012.

SOOKCHAIYA, T; MONYAKUL, V; THEPA, S. Assessment of the thermal environment effects on human comfort and health for the development of novel air conditioning system in tropical regions. **Energy and Buildings**, v. 42, n. 10, p. 1692-1702, 2010.

SOUZA, MG et al. Relação da obesidade com a pressão arterial elevada em crianças e adolescentes. **Arq Bras Cardiol**, v. 94, n. 6, p. 714-9, 2010.

SOUZA, B. B.; BATISTA, N.L. Os efeitos do estresse térmico sobre a fisiologia animal. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 8, n. 3, p. 06-10, 2012.

TAELEMAN, J. et al. Instantaneous changes in heart rate regulation due to mental load in simulated office work. **European Journal of Applied Physiology**, v. 111, n. 7, p. 1497-1505, 2011.

TALEGHANI, M et al. A review into thermal comfort in buildings. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 26, p. 201-215, 2013.

THAM, K. W.; WILLEM, H. C. Room air temperature affects occupants' physiology, perceptions and mental alertness. **Building and Environment**, v. 45, n. 1, p. 40-44, 2010.

THOMÉ, C.S. A importância do conforto térmico, acústico e visual para o aprendizado em uma sala de aula. 2012.

TORTORA, G. J.; DERRICKSON, B. **Corpo humano - fundamentos de anatomia e fisiologia**. 8th ed. Porto Alegre/RS: Artmed, 2012.

TREBIEN, R; MENDES, N; OLIVEIRA, G. H. Sensibilidade do índice PMV e regiões de conforto visando ao aperfeiçoamento de climatizadores. **Ambiente Construído**, v. 7, n. 3, p. 71-87, 2007.

TRIOLA, Mario F. **Elementary statistics**. 2014.

VANDERLEI, L.C et al. Noções básicas de variabilidade da frequência cardíaca e sua aplicabilidade clínica. **Rev Bras Cir Cardiovasc**, v. 24, n. 2, p. 205-17, 2009.

VAN GAEVER, R et al. Thermal comfort of the surgical staff in the operating room. **Building and Environment**, v. 81, p. 37-41, 2014.

VANOS, J. K.; WARLAND, J. S.; GILLESPIE, T. J.; KENNY, N. A. Review of the physiology of human thermal comfort while exercising in urban landscapes and implications for bioclimatic design. **International journal of biometeorology**, v. 54, n. 4, p. 319-34, 2010.

VASCONCELOS, P. E. DE M. Estudo da relação entre variáveis térmicas e o desempenho de estudantes da academia de polícia militar do estado da paraíba, 2013. João Pessoa-PB: Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção da Universidade Federal da Paraíba.

VIMALANATHAN, K.; BABU, T. The effect of indoor office environment on the work performance, health and well-being of office workers. *Journal of Environmental Health Science & Engineering*, v. 12, p.113, 2014.

WANG, Q et al. Environmental ambient temperature and blood pressure in adults: A systematic review and meta-analysis. *Science of The Total Environment*, v. 575, p. 276-286, 2017.

WARGOCKI, P; WYON, D. Research report on effects of HVAC on student performance. *ASHRAE journal*, v. 48, n. 10, p. 22, 2006.

WARGOCKI, P; WYON, D. Providing better thermal and air quality conditions in school classrooms would be cost-effective. *Building and Environment*, v.59, p. 581–589, 2013.

XAVIER, A. A. DE P. **Condições de conforto térmico para estudantes de 2o grau da região de Florianópolis**, 1999. Florianópolis-SC: Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina.

XIONG, J et al. Investigation of gender difference in human response to temperature step changes. *Physiology & Behavior*, v.151, p. 426-440, 2015.

XIONG, J et al. Potential indicators for the effect of temperature steps on human health and thermal comfort. *Energy and Buildings*, 2015.

XIONG, Jing et al. Thermal perception and skin temperature in different transient thermal environments in summer. *Energy and Buildings*, v. 128, p. 155-163, 2016.

YIN, J. et al. An analysis of influential factors on outdoor thermal comfort in summer. *International journal of biometeorology*, v. 56, n. 5, p. 941-948, 2012.

ZHAO, J; ZHU, N; LU, S. Productivity model in hot and humid environment based on heat tolerance time analysis. *Building and environment*, v. 44, n. 11, p. 2202-2207, 2009.

ZHANG, Y. et al., Effects of step changes of temperature and humidity on human responses of people in hot-humid area of China. *Building and Environment*, v.80, p. 174-183, 2014.

ZHANG, F; DEAR, R. Thermal environments and thermal comfort impacts of Direct Load Control air-conditioning strategies in university lecture theatres. *Energy and Buildings*, v. 86, p. 233-242, 2015.

ZHANG, D; SHEN, X; QI, X. Resting heart rate and all-cause and cardiovascular mortality in the general population: a meta-analysis. *Canadian Medical Association Journal*, p. cmaj. 150535, 2015.

ZOMORODIAN, Z.S; TAHSILDOOST, M; HAFEZI. Thermal comfort in educational buildings: A review article. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 59, p. 895-906, 2016.

ANEXO 1 - PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA

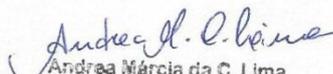


UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

CERTIDÃO

Certifico que o Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal da Paraíba – CEP/CCS aprovou por unanimidade na 6ª Reunião realizada no dia 21/07/2016, o Projeto de pesquisa intitulado: **“AVALIAÇÃO DA PRESSÃO ARTERIAL E DA FREQUÊNCIA CARDÍACA DE ALUNOS NA REALIZAÇÃO DE ATIVIDADES EM AMBIENTES CLIMATIZADOS”**, da pesquisadora Adriana Gomes Lisboa de Souza. Prot. nº 0415/16. CAAE: 57844916.9.0000.5188.

Outrossim, informo que a autorização para posterior publicação fica condicionada à apresentação do relatório final do estudo proposto à apreciação do Comitê.


Andrea Márcia da C. Lima
Mat. SIAPE 1117510
Secretária do CEP-CCS-UFPB

ANEXO 2 - QUESTIONARIO DE AVALIAÇÃO DE CONFORTO TÉRMICO

(Adptado da ASHRAE 55, 2010)

Nome:			
Idade:	Altura:	Peso:	Bancada:
Sexo:		Data:	

1. Marque com um X a vestimenta que está usando.

Roupas de baixo e Acessórios		Calças	
Sapato com sola fina		Bermuda	
Sapato com sola grossa		Calça tecido fino	
Botas		Calça jeans	
Sandália/Chinelo de dedos		Calça grossa de lã ou flanela	
Chinelo fechado/Mule		Calça de abrigo	
Meia soquete fina		Macacão com mangas	
Meia soquete grossa		Macacão sem mangas	
Meia até o joelho grossa		Vestidos e Saias	
Meia de nylon 3/4		Saia leve de verão	
Meia calça		Saia pesada de inverno	
Cueca		Vestido de manga curta fino	
Calcinha		Vestido de manga longa fino	
Sutiã		Vestido de manga longa grosso	
Camiseta de baixo manga curta		Casacos e Suéteres	
Camiseta de baixo manga longa		Colete fino	
Camisas e Blusas		Colete grosso	
Camisa de manga curta		Suéter de manga longa fino	
Camisa manga longa tecido fino		Suéter de manga longa grosso	
Camisa manga longa normal		Jaqueta leve	
Camisa manga longa de flanela		Jaqueta normal	
Moletom		Jaqueta grossa	
Blusa leve fina manga longa		Paletó	
Blusa leve fina manga curta		Outros	
Blusa sem manga			
Camiseta			

2. Com relação a sensação térmica como você está se sentindo neste momento (Assinale com um X na coluna ao lado da opção que descreve sua sensação).

1. Com muito calor	
2. Com calor	
3. Levemente com calor	
4. Neutro	
5. Levemente com frio	
6. Com frio	
7. Com muito frio	

3. Como você preferia estar se sentindo agora?

1. Bem mais quente	
2. Mais quente	
3. Um pouco mais quente	
4. Assim mesmo	
5. Um pouco mais frio	
6. Mais frio frio	
7. Bem mais frio	

APÊNDICE 1- TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Prezado (a) Senhor (a)

Esta pesquisa é sobre **“Avaliação da Pressão Arterial e da Frequência Cardíaca de Alunos na Realização de Atividades em Ambientes Climatizados”**e está sendo desenvolvida pela pesquisadora Adriana Gomes Lisboa de Souza, aluna do Mestrado em Engenharia de Produção, sob a orientação do Prof Dr. Luiz Bueno da Silva, Programa de Pós-Graduação de Engenharia de Produção da Universidade Federal da Paraíba.

Os objetivos do estudo são Analisar a relação entre os parâmetros cardiovasculares (frequência cardíaca e pressão arterial) e o desempenho cognitivo de alunos submetidos à variação de temperatura do ar em ambientes de ensino de áreas da região Norte/Nordeste; Avaliar o desempenho dos alunos através de funções cognitivas utilizadas em processos de aprendizagem; Avaliar a variabilidade da pressão arterial e da frequência cardíaca durante a aplicação de testes de desempenho cognitivo em diferentes temperaturas do ar, 20°C, 24°C e 30°C; Verificar as correlações entre a temperatura do ar e variabilidade da pressão arterial; variabilidade da frequência cardíaca e desempenho cognitivo nos testes.

A finalidade deste trabalho é contribuir para melhor conhecimento da relação entre a saúde e o desempenho de alunos universitários, de forma a prever efeitos deletérios para a aprendizagem. A preocupação com a aprendizagem de universitários é de extrema importância, visto que ela é a base para a formação de profissionais capacitados.

Solicitamos a sua colaboração para responder a questionário sobre dados gerais; realizar teste de raciocínio; como também sua autorização para apresentar os resultados deste estudo na defesa de mestrado junto ao departamento de Engenharia de Produção da Universidade Federal da Paraíba, em eventos da área de engenharia de produção e publicar em revista científica.

Salientamos que esta pesquisa será gravada e os dados ficarão guardados no Laboratório de Análise do Trabalho, localizado no Departamento de Engenharia de Produção do Centro de Tecnologia da UFPB por 5 anos. Após este período, será descartado conforme a resolução número 466 de 12 de novembro de 2012. Por ocasião da publicação dos resultados, os seus dados serão mantidos em sigilo.

Informamos que essa pesquisa oferece riscos mínimos, como qualquer pesquisa que apresenta questionário, mas que não são nocivos a sua saúde.

Esclarecemos que sua participação no estudo é voluntária e, portanto, o(a) senhor(a) não é obrigado(a) a fornecer as informações e/ou colaborar com as atividades solicitadas pelo

Pesquisador(a). Caso decida não participar do estudo, ou resolver a qualquer momento desistir do mesmo, não sofrerá nenhum dano. Os pesquisadores estarão a sua disposição para qualquer esclarecimento que considere necessário em qualquer etapa da pesquisa.

Diante do exposto, eu, _____ declaro que fui devidamente esclarecido(a) e dou o meu consentimento para participar da pesquisa e para publicação dos resultados. Estou ciente que receberei uma cópia desse documento.

Assinatura do Participante da Pesquisa ou Responsável Legal

Assinatura da Testemunha

Contato com o Pesquisador (a) Responsável:

Caso necessite de maiores informações sobre o presente estudo, favor entrar em contato com a pesquisadora Adriana Gomes Lisboa de Souza, através de e-mail: anairdasouza@yahoo.com.br; de telefone: (83) 987121109 ou no Departamento de Pós-Graduação em Engenharia de Produção – Cidade Universitária, Campus I. Ou Comitê de Ética em Pesquisa do CCS/UFPB – Cidade Universitária / Campus I, Bloco Arnaldo Tavares, sala 812 – Fone: (83) 3216-7791

Atenciosamente,

Adriana Gomes Lisboa de Souza

Obs.: O sujeito da pesquisa ou seu representante e o pesquisador responsável deverão rubricar todas as folhas do TCLE apondo suas assinaturas na última página do referido Termo.

APÊNDICE 2 - PLANILHA DE COLETA DE DADOS PRÉ E PÓS- TESTE

COLETA DE DADOS – INSTITUIÇÃO: _____ DATA: _____ HORA

n° Das mesas	Peso 1	Peso 2	Altura
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			
7.			

DADOS INICIAIS

n° Das mesas	PAS IN 1	PAD IN 1	FREQ IN 1	PAS IN 2	PAD IN 2	FREQ IN 2
1.						
2.						
3.						
4.						
5.						
6.						
7.						

DADOS FINAIS

n° Das mesas	PAS FIN 1	PAD FIN 1	FREQ FIN 1	PAS FIN 2	PAD FIN 2	FREQ FIN 2
1.						
2.						
3.						
4.						
5.						
6.						
7.						