



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

A Influência da temperatura na produtividade do indivíduo em ambientes fechados

Adriana Gomes Lisboa de Souza

Turma de arquitetura, 2021

CESET

GRUPO DE PESQUISA EM
CONFORTO, EFICIÊNCIA E
SEGURANÇA NO TRABALHO



APRESENTAÇÃO

- Fisioterapeuta pela faculdade PUC_Campinas/ Unipê
- Mestre em engenharia de produção pela Universidade Federal da Paraíba – UFPB área de desempenho, saúde e conforto ambiental, com subárea em Ergonomia.
- Doutora em engenharia de produção pela Universidade Grenoble Alpes, laboratório G-SCOP - concepção de produtos e ferramentas para medição da função motora em pacientes com doenças neuromusculares.



ERGONOMIA

Ergonomia – é a ciência que busca entender a relação do homem com as condições de trabalho, com o objetivo de estabelecer normas para melhorar esse relacionamento.

Perfil da população x tarefa/ trabalho



Elaborar padrões e medidas para reduzir os riscos

- Atua :
1. Ambiente (Ergonomia física)
 2. Organização de Processo (Ergonomia organizacional)
 3. Saúde psicológica (Ergonomia cognitiva)



ERGONOMIA FÍSICA

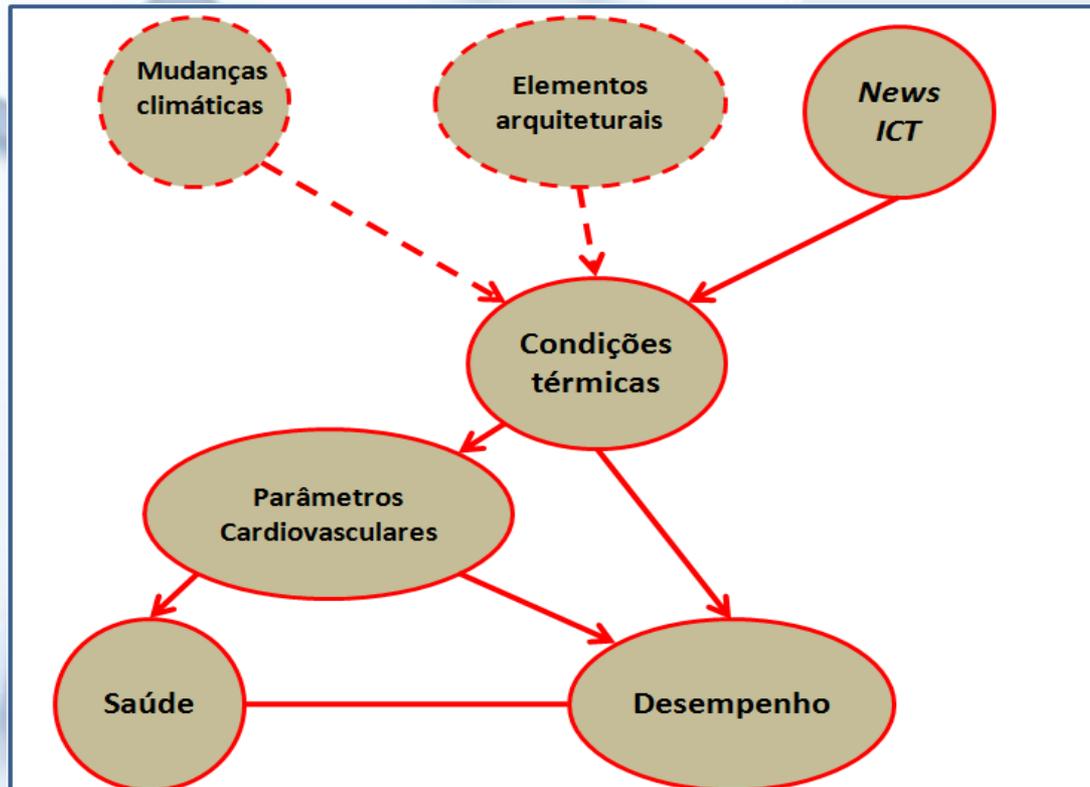
Espaço Físico x Saúde do trabalhador (respostas do corpo)

- Temperatura e Ventilação do ambiente;
- Iluminação;
- Ruído
- Qualidade do ar e Condições sanitárias;
- Organização do ambiente
- Demanda de trabalho e Condições de trabalho;
- Disponibilidade e qualidade dos equipamentos.
- Segurança



ERGONOMIA FÍSICA

Temperatura ambiente x Saúde do trabalhador



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).



IMPORTÂNCIA DO CONFORTO TÉRMICO EM AMBIENTE DE TRABALHO

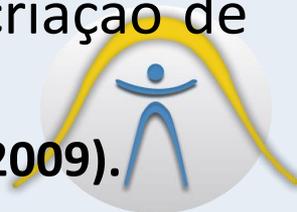
➤ O **conforto térmico** é definido como uma condição mental que expressa satisfação com o ambiente térmico circunjacente (Sociedade Americana de Engenheiros de Aquecimento, Refrigeração e Ar Condicionado)

➤ A temperatura do ar é considerada um dos parâmetros ambientais com grande influência sobre o desempenho cognitivo em ambientes fechados: escritórios e salas de aula.

(SALTHAMMER, et al., 2016; ZOMORODIAN, TAHSILDOOST, HAFEZI, 2016; LAN, WARGOCKI, LIAN, 2014).

➤ O estudo do conforto térmico é fundamental para a criação de ambientes confortáveis, seguros e mais produtivos.

(BLUYSSSEN, ARIES, DOMMELEN, 2013; FELIX ET AL., 2010; PINTO, 2009).



Fisiologia da Termorregulação

Por que o ser humano precisa regular a temperatura corporal?

Para acelerar os processos químicos do nosso corpo.



As enzimas, envolvidas nos processos químicos do corpo, possuem atividades ótimas sob um conjunto de condições específicas do meio: **temperatura, pH, concentração de sais e pressão hidrostática.**



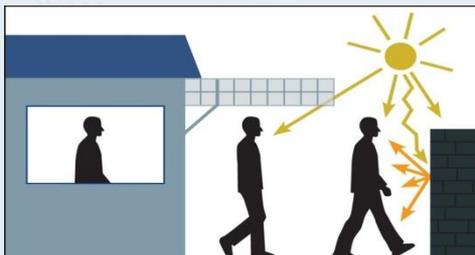
ERGONOMIA FÍSICA – EFEITOS DA TEMPERATURA NO CORPO HUMANO

Fisiologia da Termorregulação

- Mecanismos fisiológicos
 - Resposta ao calor: vasodilatação cutânea e sudorese
 - Resposta ao Frio: vasoconstrição cutânea e tiritar

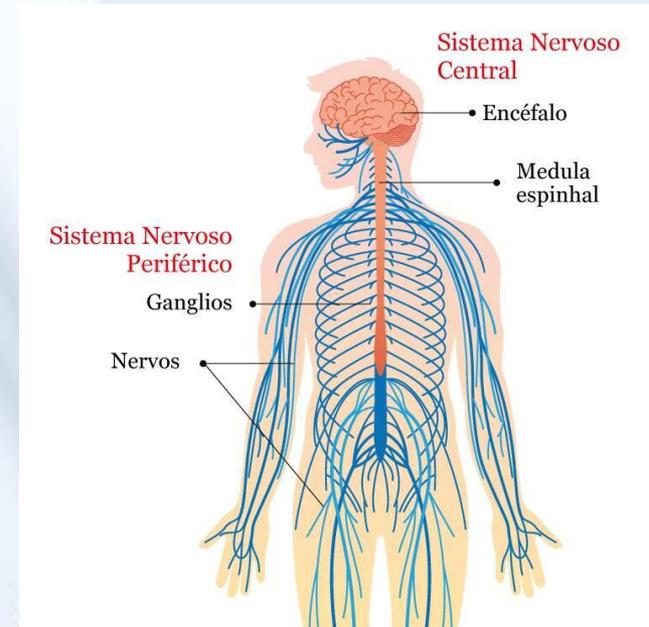
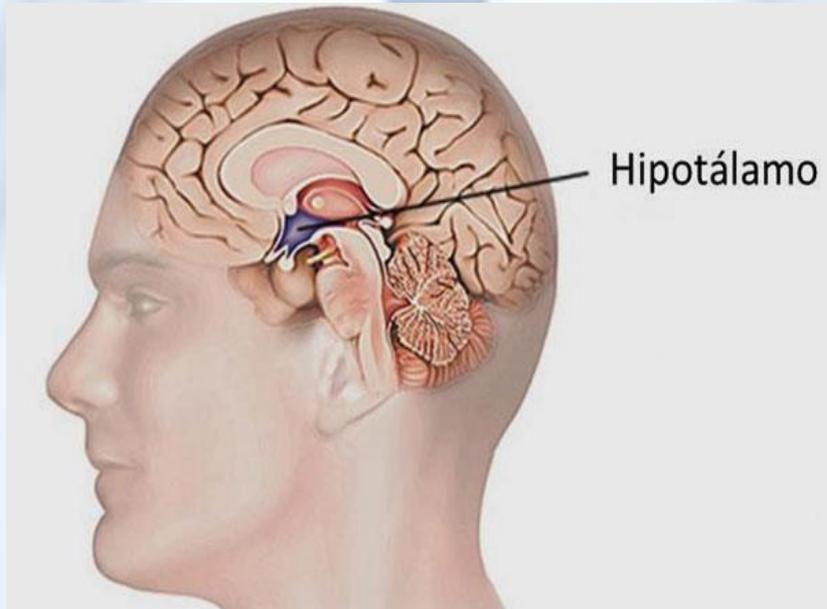


- Mecanismos comportamentais



ERGONOMIA FÍSICA – EFEITOS DA TEMPERATURA NO CORPO HUMANO

Fisiologia da Termorregulação



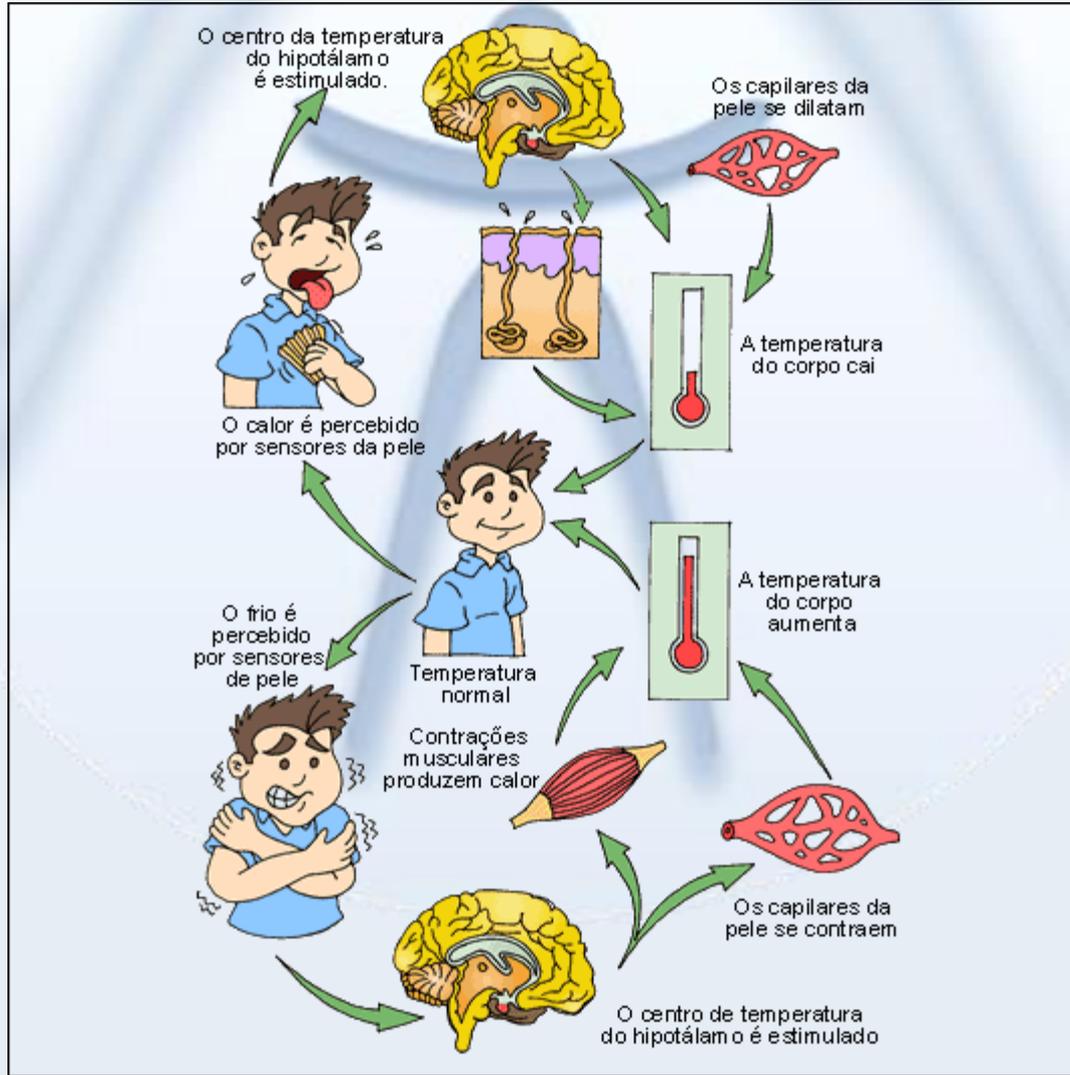
Sensores periféricos de temperatura

Sistema regulador central (Termômetro centra)



ERGONOMIA FÍSICA – EFEITOS DA TEMPERATURA NO CORPO HUMANO

Fisiologia da Termorregulação



Exposição ao calor

Vasodilatação periférica

Vasos mais próximos da periferia

Acionamento da Glândulas

Exposição ao frio

Vasoconstrição

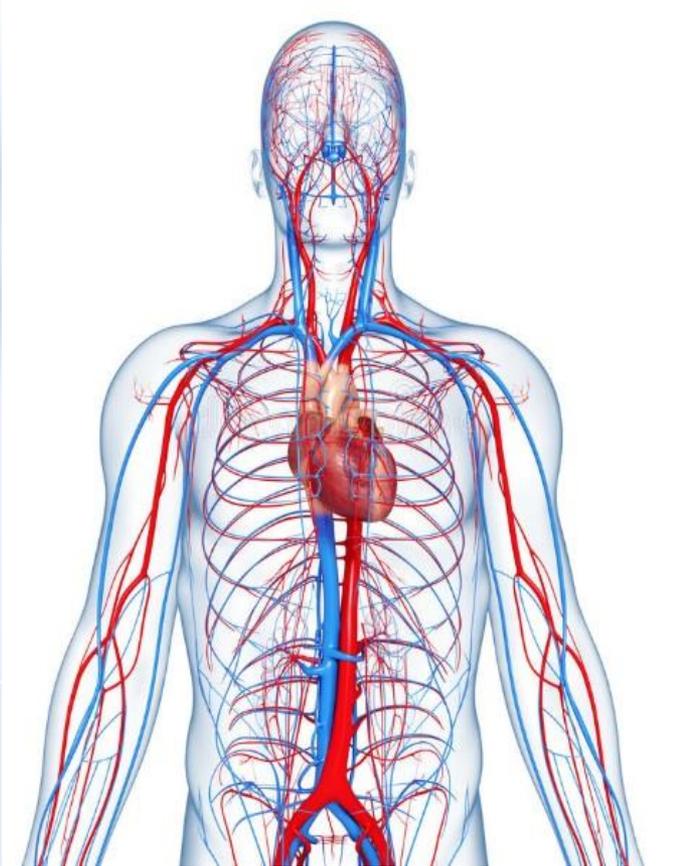
Vasos mais distantes da periferia

Produção de calor por contrações musculares

Piloereção e secreção hormonal

Fisiologia da Termorregulação

Sistema circulatório



Função de transporte: Respiratória, Nutritiva, e Excretora

Função reguladora: Hormonal, **Temperatura**, Proteção e imunidade

Contrôle da temperatura:

- Frequência cardíaca :70 -100bpm
- Gradiente de pressão: 70 -130mmHg
- Resistência dos vasos

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.

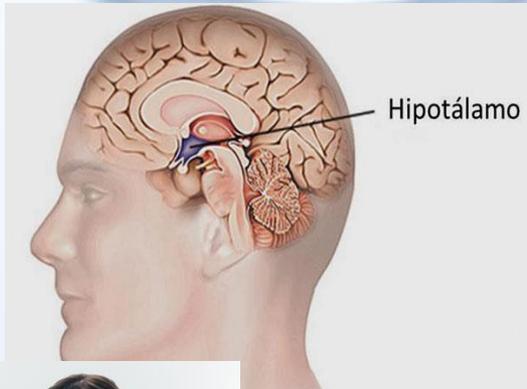
Másculo e Vidal (2011)



ERGONOMIA FÍSICA – EFEITOS DA TEMPERATURA NO CORPO HUMANO

Fisiologia da Termorregulação

Respostas Comportamentais



- Mudança de humor;
- Sonolência
- Fome e sede
- Diminuição da concentração
- Busca por mudanças ambientais
- Estresse



TEMPERATURA e AMBIENTE DE ENSINO

IMPORTÂNCIA DO AMBIENTE DE ENSINO

- atividades cognitivas (Aprendizagem e ensino)
- Concentração
- Longa permanência



TEMPERATURA e AMBIENTE DE ENSINO

ADEQUAÇÃO DO AMBIENTE DE TRABALHO AO HOMEM

ERGONOMIA → ADEQUAÇÃO DOS ELEMENTOS:

- Condições Térmicas;
- Visuais;
- Acústicas
- Qualidade do ar

THOMÉ, 2012; PEREIRA et al., 2014; DALVITE et al., 2016)



TEMPERATURA e AMBIENTE DE ENSINO

ESTUDOS ANTECEDENTES

MÄKINEN et al., 2006.	10°C e 25 °C	Com a redução da Ta, obteve-se aumento do desempenho
WARGOCKI E WYON, 2006.	24 e 27 °C	A redução da temperatura em 1 °C aumenta o desempenho dos alunos.
BAKO E BIRÓ, 2007.	↑ da ventilação	Melhora significativa nos testes de cognitivos.
LAN et al., 2009.	19, 24, 27 e 32 °C	O calor moderado causou lentidão nos alunos. O desempenho aumentou nas temperaturas mais altas.
ZHAO; ZHY; LU, 2009.	30 , 32, 34, 36, 38 e 40 °C	Com o aumento da temperatura, há uma diminuição da concentração nas tarefas.
LAN; LIAN; PAN, 2010.	17 , 21 e 28 °C	A Ta pode afetar significativamente as emoções, humor, motivação e a percepção sobre a carga de trabalho.
THAM et al., 2010	20, 23 e 26 °C	Maior desempenho cognitivo à 26 °C
LAN et al., 2011	22 e 30 °C	Desempenho diminuiu na temperatura de 30°C
LEE et al., 2012.	22 °C e 30°C	Moderada correlação das variáveis térmicas com o desempenho.

TEMPERATURA e AMBIENTE DE ENSINO

ESTUDOS ANTECEDENTES

SCHELLEN et al., 2012.	Aquecimento e resfriamento	Não houve influência significativa da Ta sobre a produtividade dos participantes.
CUI et al., 2013.	22, 24, 26, 29 e 32 °C	Ambientes quentes interferem no desempenho
VASCONCELO, 2013.	20, 24 e 30 °C	Verificou-se que a Tbu, Tg e UR% exerceram influência no desempenho geral dos cadetes.
VIMALANATHAN e BABU, 2014.	17, 21 e 28 °C	A Ta e a iluminação possuem influência no desempenho cognitivo dos trabalhadores de escritórios.
MISHRA; RAMGOPAL, 2015.	24 e 28 °C	Não houve diferenças significativas do desempenho dos alunos das duas salas de aulas.
SIQUEIRA, 2015.	20, 24 e 28 °C	A Ta causou redução no desempenho. Aumento da frequência cardíaca
XIONG et al.,(2016)	(32, 37 e 32 °C); (26, 37 e 26 °C); (22, 37 e 22 °C)	A Ta possui influência no desempenho cognitivo. Aumento das proteínas (IL6 e HSP70) e a frequência cardíaca.

TEMPERATURA e AMBIENTE DE ENSINO

CONTEXTO DE SAÚDE

- Irritabilidade
- Diminuição da atenção
- Baixa Produtividade
- Alterações Fisiológicas
- Risco para Saúde

Apenas em temperaturas extremas.

(LAN, LIAN, PAN 2010; CHEN et al., 2011; VAN et al., 2014).

Pouco se sabe sobre o impacto de temperaturas moderadamente altas e baixas na saúde dos indivíduos **(HENSEL et al., 2017).**



TEMPERATURA e AMBIENTE DE ENSINO

SOBRECARGA TÉRMICA - HIPÓTESE

- Regiões quentes do Brasil;
- Previsões de mudanças climáticas ;
- Tecnológicas de comunicação e informação (*news ICT*)



PROPOSTA DE ESTUDO

HIPÓTESE



METODOLOGIA

- **POPULAÇÃO: ESTUDANTES;**
- **INSTITUIÇÕES: 150 ALUNOS UNIVERSITÁRIAS DE ENGENHARIA (UFPB, Maurício de Nassau, UFPI, UNIVASF, UFAM).**
- **APLICAÇÃO DO TESTE COGNITIVO : BPR5 (DURANTE TRÊS DIAS CONSECUTIVOS)**
- **VARIAÇÃO DA TEMPERATURA: DIA 1 (20 °C); DIA 2 (24 °C) E DIA 3 (28 °C)**
- **VARIÁVEIS A SEREM ESTUDADAS :**
 - **PESSOAIS:** (pressão arterial, frequência cardíaca, metabolismo, isolamento térmico);
 - **TÉRMICAS:** T_a , (°C); t_{rm} , (°C); V_a , (m/s); e UR, (%);
 - **SUBJETIVOS:** Sensação térmica e Avaliação térmica (escala de 7 pontos de percepção e preferências da Norma ISO 10551/1995).



METODOLOGIA

Variáveis a serem estudadas - Variáveis Pessoais:

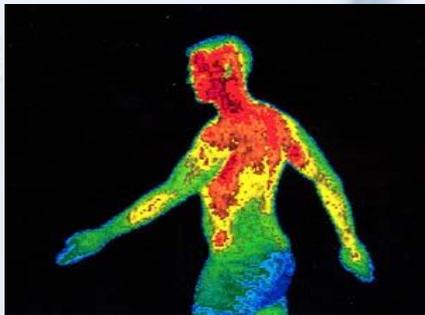
➤ Pressão Arterial e Frequência Cardíaca - VI Diretrizes Brasileiras de Hipertensão, (2010);



Frequencímetro - Polar



Esfigmomanômetro - OMRON



Metabolismo NR-15



Isolamento térmico - ISO 9920/2007.



Peso, altura , IMC



METODOLOGIA

Variáveis a serem estudadas - Variáveis Ambientais:

Temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$);

Temperatura de globo ($^{\circ}\text{C}$);

Velocidade do ar, V_a , (m/s);

Temperatura de bulbo úmido (Tbu);

Umidade relativa do ar (%);

Pressão parcial do vapor de água no ar ambiente (kPa).



Estação microclimática BABUCA



TGD 300



Variáveis a serem estudadas

- **Sensação Térmica e Preferência térmica** - Escala de 7 pontos de percepção e preferências da Norma ISO 10551/1995
- **Desempenho** - Teste BPR5 modificado, instrumento para auxiliar os profissionais no psicodiagnóstico, seleção de profissional, orientação profissional, avaliação escolar, entre outras áreas, para verificar o funcionamento cognitivo geral (VASCONCELOS, 2013).
 - Raciocínio Abstrato (RA);
 - Raciocínio Verbal (RV);
 - Raciocínio Espacial (RE);
 - Raciocínio Numérico (RN);
 - Raciocínio Mecânico (RM).



Procedimento Experimental

- Experimento em dias consecutivos;
- Orientação dos alunos;
- Medição dos parâmetros pessoais;
- Medição dos parâmetros ambientais;
- Aplicação de questionário BPR-5 modificado on-line;



METODOLOGIA

ANÁLISE ESTÁTISCA

- Utilização dos programas Microsoft Excel (tabulação dos dados), SPSS (correlação, aplicação dos testes estatísticos, elaboração de gráficos) e R (modelagem matemática);
- Estatística descritiva para verificar características dos dados amostrais, como tendências centrais, dispersões e distribuições das variáveis coletadas;
- Utilização de testes não paramétricos para avaliar a hipótese nula de que as distribuições dos parâmetros são similares em todos os dias do experimento;
- Correlação de Spearman para verificar as correlações entre as variáveis de interesse;
- Utilização dos “Modelos Lineares Generalizados” para construção de modelos matemáticos.



RESULTADOS

PERFIL DA AMOSRA

Instituição	n	Idade	% de homens	IMC	Fumantes (%)	Etilista (%)	Atividade Física (%)
A	22	21,71 ± 0,06	77%	23,88 ± 3,04	0%	73%	13 %
B	13	21,43 ± 1,18	69%	22,96± 2,8	7%	69%	30%
C	19	26 ± 4,6	73%	26,08±2,03	0%	47 %	78%
D	28	18,9 ± 1,4	53%	24,6 ± 8,1	0%	53 %	57%



RESULTADOS

PRESSÃO ARTERIAL SISTÓLICA INICIAL

Teresina

Dia 1 (T=20 °C)

110 - 160 mmHg
18% > 140mmHg

Dia2 (T=24 °C)

100 - 150 mmHg
9% > 140mmHg

Dia 3 (33 °C)

100-150 mmHg
9% > 140mmHg

**ANOVA p-valor =
0,332 (F=1,122)**

Petrolina

Dia 1 (T=20 °C)

111- 150mmHg
7% > 140mmhg

Dia2 (T=23 °C)

97 -142 mmHg
7% > 140mmHg

Dia 3 (T=28°C)

97-135mmHg

**ANOVA p-valor =
0,332 (F=1,122)**

J. Pessoa

Dia 1 (T=25 °C)

91-167mmHg
10% > 140mmHg

Dia2 (T=26 °C)

100-152mmHg
5% > 140mmHg

Dia 3 (T=29°C)

105-145
5% > 140mmHg

**ANOVA p-valor =
0,954 (F=0,049)**

Manaus

Dia 1 (T=23 °C)

91-139mmHg

Dia2 (T=25 °C)

90-130mmHg

Dia 3 (T=29°C)

100-130 mmHg

**KruskalWalis p-
valor = 0,854**

RESULTADOS

PRESSÃO ARTERIAL SISTÓLICA FINAL

Teresina

Dia 1 (T=20 °C)

110 - 140 mmHg

Dia2 (T=24 °C)

90 – 150 mmHg

9%> 140mmHg

Dia 3 (33 °C)

90-150 mmHg

5%>140mmHg

**ANOVA p-valor =
0,811 (F=0,211)**

Petrolina

Dia 1 (T=20 °C)

90- 147mmHg

7%>140mmhg

Dia2 (T=23 °C)

111- 144 mmHg

7%>140mmHg

Dia 3 (T=28°C)

83-143mmHg

5%>140mmHg

**ANOVA p-valor =
0,332 (F=1,122)**

J. Pessoa

Dia 1 (T=25 °C)

101-150mmHg

10% > 140mmHg

Dia2 (T=26 °C)

105-140mmHg

Dia 3 (T=29°C)

100-140mmHg

**ANOVA p-valor
>0,954 (F=0,049)**

Manaus

Dia 1 (T=23 °C)

80-141mmHg

Dia2 (T=25 °C)

80-150mmHg

Dia 3 (T=29°C) 91-

125 mmHg

**KruskalWalis p-
valor =0,854**

RESULTADOS

PRESSÃO ARTERIAL DIASTÓLICA INICIAL

Teresina

Dia 1 (T=20 °C)
63 - 84 mmHg

Dia2 (T=24 °C)
53 - 78 mmHg

Dia 3 (33 °C)

54 - 72 mmHg

ANOVA p-valor
=0,014 (F=4,571)

Petrolina

Dia 1 (T=20 °C)
57-92mmHg
15%>85mmhg

Dia2 (T=23 °C)
51- 84 mmHg

Dia 3 (T=28°C)
57-77mmHg

ANOVA p-valor
=0,082 (F=1,122)

J. Pessoa

Dia 1 (T=25 °C)
55-90mmHg
10% > 85mmHg

Dia2 (T=26 °C)
58-85mmHg

Dia 3 (T=29°C)
54-80mmHg

ANOVA p-valor
=0,564 (F=0,578)

Manaus

Dia 1 (T=23 °C)
54-85mmHg

Dia2 (T=25 °C)
50-78mmHg

Dia 3 (T=29°C)
49-88 mmHg

ANOVA p-valor
=0,253 (F=1,398)

RESULTADOS

PRESSÃO ARTERIAL DIASTÓLICA FINAL

Teresina

Dia 1 (T=20 °C)
53- 85 mmHg

Dia2 (T=24 °C)
52 – 82 mmHg

Dia 3 (33 °C)
48 - 80 mmHg

**ANOVA p-valor
=0,157 (F=1,91)**

Petrolina

Dia 1 (T=20 °C)
55-80mmHg

Dia2 (T=23 °C)
58-78 mmHg

Dia 3 (T=28°C)
57-77 mmHg

**ANOVA p-valor
=0,782 (F=1,122)**

J. Pessoa

Dia 1 (T=25 °C)
57-93mmHg
10% > 85mmHg

Dia2 (T=26 °C)
53-84mmHg

Dia 3 (T=29°C)
57-80mmHg

**ANOVA p-valor
=0,112 (F=2,277)**

Manaus

Dia 1 (T=23 °C)
48-90mmHg
7%> 85mmHg

Dia2 (T=25 °C)
49-77mmHg

Dia 3 (T=29°C)
45-75 mmHg

**ANOVA p-valor
=0,008 (F=5,161)**

DISCUSSÃO

➤ O aumento da pressão 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).

➤ Relação importante entre a diminuição da temperatura e o aumento da PA.

(Kuo et al, 2014; LEWINGTON et al., 2012)



RESULTADOS

FREQUÊNCIA CARDÍACA - GERAL

FCrepouso

(T=20-23 °C)

57 - 101 bpm
6%>100bpm

(T=23-26 °C)

52 - 100 bpm

(T=26-33 °C)

58 - 116 bpm
7%>100bpm

ANOVA p-valor
=0,001 (F= 7,28)

FCfinal

(T=20-23 °C)

57 - 94 bpm
6%>100bpm

(T=23-26 °C)

53 - 100 bpm

(T=26-33 °C)

58 - 112 bpm
6%>100bpm

ANOVA p-valor
=0,000 (F= 22,55)

FC média

(T=20-23 °C)

60 - 112 bpm
5%>100bpm

(T=23-26 °C)

53 - 105 bpm
2%>100bpm

(T=26-33 °C)

60 - 119 bpm
6%>100bpm

ANOVA p-valor
=0,000 (F=11,077)

FCmáxima

(T=20-23 °C)

72 - 129 bpm
30%>100bpm

(T=23-26 °C)

68 - 127 bpm
40%>100bpm

(T=26-33 °C)

77- 141 bpm
88%>100bpm

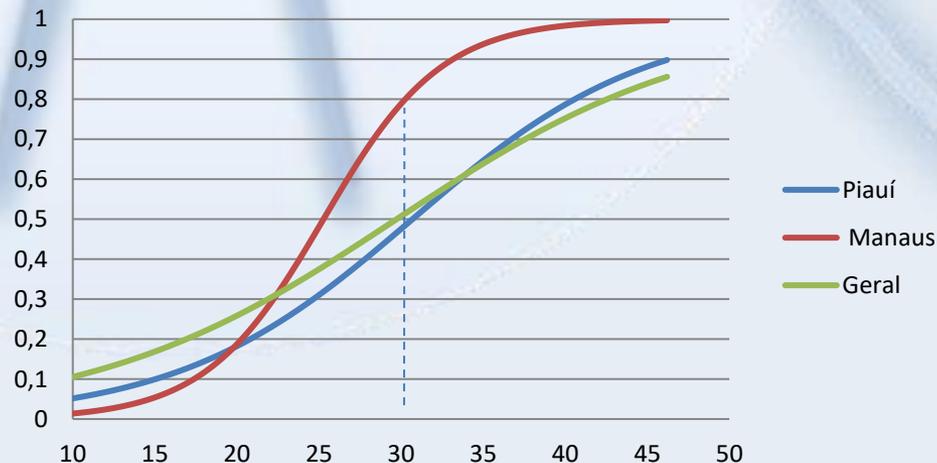
ANOVA p-valor
=0,011 (F= 4,593)

RESULTADOS

MODELO MATEMÁTICO - FCmáxima

	ODDS (Ta)	P-R ²	% Acertos (Pc=0,5)	Teste para razão de verossimilhança			
				χ^2	P-valor	B ₀	B ₁
Instituição A	1,15	0,192**	71,2 %	9,836	0,002	-4,297	0,14
Instituição D	1,320	0,161**	64,3 %	11,089	0,001	-7,024	0,278
Instituições	1,139***	0,072	57,6	141,265	0,001	-3,21	0,108

Probabilidade da FCmáxima > 100 bpm



DISCUSSÃO

➤ A frequência cardíaca é um parâmetro bastante sensível também às demandas térmicas.

(VANDERLEI et al 2009).

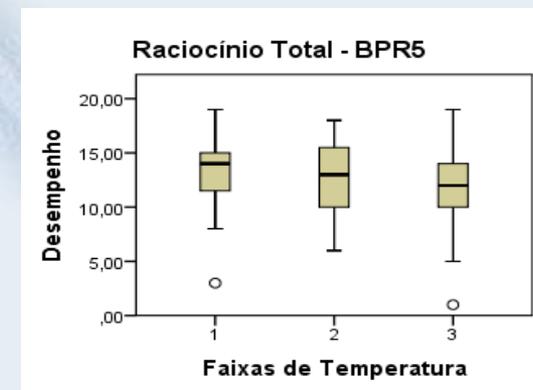
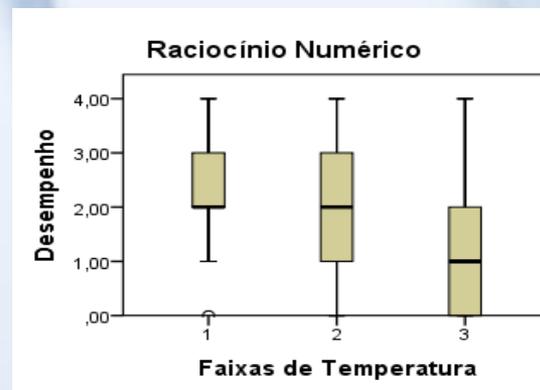
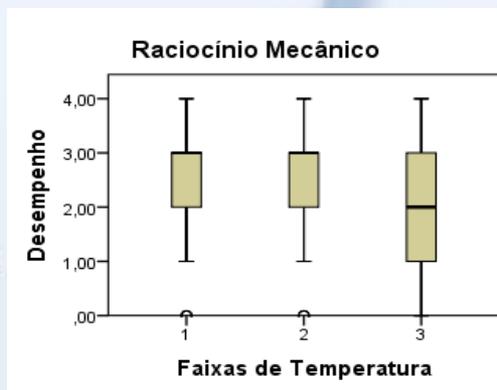
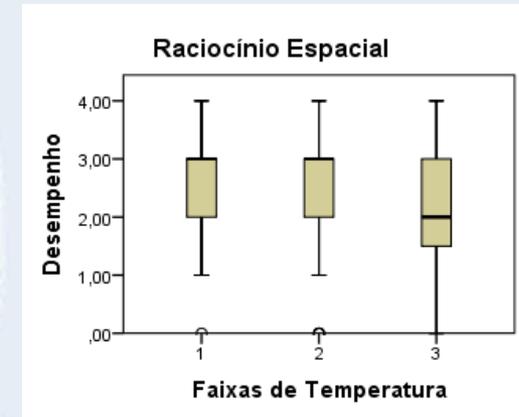
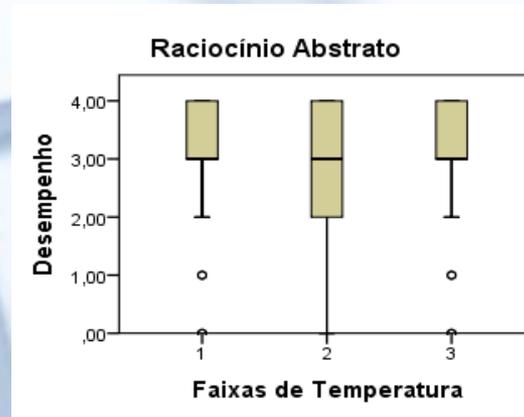
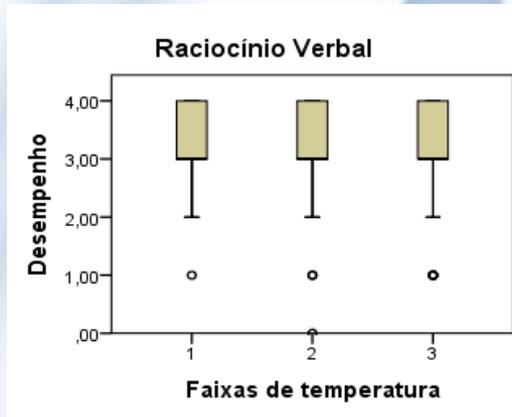
➤ Valores altos de frequência cardíaca em atividade de repouso constituem fator de risco cardiovascular.

(BÖHM , 2010; JENSEN et al., 2013; ZHANG; SHENI; QI, 2015)



RESULTADOS

DESEMPENHO COGNITIVO



Kruskal-Wallis : p-valor=**0,000** (RM); p-valor=**0,000** (RN) e p-valor=**0,014** (BPR5)



CONCLUSÃO

- Pressão Arterial - parâmetro fisiológico bastante estável às mudanças termo ambiental;
- Frequência cardíaca foi o parâmetro mais sensível às mudanças termo ambientais;
- Alunos vinculados às instituições de Teresina e Manaus apresentaram FCmáxima acima da normalidade (>100bpm);
- No dia de maior temperatura houve alterações na frequência cardíaca e no desempenho cognitivo.





Obrigada

