

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

**MUDANÇAS CLIMÁTICAS E A ELEVAÇÃO DA TEMPERATURA:  
IMPLICAÇÕES NO CONFORTO, NA SAÚDE E NO DESEMPENHO DE  
ALUNOS EM AMBIENTES DE ENSINO INTELIGENTES (*NEWS ICT*) NAS  
REGIÕES BRASILEIRAS**

**Chamada MCTI/CNPq/CT-AGRO/CT-SAÚDE/CT-HIDRO N °37/2013 – Mudanças Climáticas  
ÁREA: SAÚDE HUMANA – Linhas de Pesquisa C/E**

**Proponente: Prof. Dr. Luiz Bueno da Silva**

**João Pessoa, Setembro de 2013**

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	3
2 QUALIFICAÇÃO DO PRINCIPAL PROBLEMA A SER ABORDADO .....	4
3 OBJETIVOS E METAS A SEREM ALCANÇADOS .....	6
3.1 OBJETIVO GERAL .....	6
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	7
3.3 METAS .....	7
4 REFERENCIAL TEÓRICO .....	8
4.1 NOÇÕES SOBRE CALOR .....	8
4.1.1 MECANISMOS DE TRANSMISSÃO DE CALOR .....	8
4.1.1.1 CONDUÇÃO .....	9
4.1.1.2 CONVECÇÃO .....	9
4.1.1.3 RADIAÇÃO .....	10
4.1.2 FISILOGIA DA TERMORREGULAÇÃO .....	11
4.1.2.1 REGULAÇÃO DA TEMPERATURA CORPORAL .....	11
4.2 VARIÁVEIS DO CONFORTO TÉRMICO .....	14
4.2.1 METABOLISMO .....	15
4.2.2 VESTIMENTAS .....	17
4.2.3 TEMPERATURA DO AR (°C) .....	18
4.2.4 TEMPERATURA RADIANTE MÉDIA – $T_{RM}$ (°C) .....	19
4.2.5 VELOCIDADE DO AR, $V$ (M/S) .....	19
4.2.6 VELOCIDADE RELATIVA DO AR, $V_{AR}$ (M/S) .....	19
4.2.7 UMIDADE RELATIVA DO AR (%) .....	19

4.3 PRODUTIVIDADE, CONFORTO TÉRMICO E SAÚDE .....	20
4.4 ERGONOMIA E DESEMPENHO COGNITIVO .....	25
4.5 APRENDIZAGEM, INTELIGÊNCIA E BATERIAS DE PROVA DE RACIOCÍNIO (BPR-5) .....	30
5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	35
5.1 NATUREZA E CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA .....	35
5.2 POPULAÇÃO E AMOSTRA.....	36
5.3 VARIÁVEIS E INDICADORES .....	36
5.4 COLETA DE DADOS .....	36
5.5 TRATAMENTO DOS DADOS .....	43
6 PRINCIPAIS CONTRIBUIÇÕES CIENTÍFICAS DA PROPOSTA A LUZ DA PNMC.....	44
7 ORÇAMENTO DETALHADO .....	47
8 CRONOGRAMA FÍSICO-FINANCEIRO.....	50
9 EQUIPE E COLABORADORES.....	51
10 COLABORAÇÕES OU PARCERIAS JÁ ESTABELECIDAS COM OUTROS CENTROS DE PESQUISA.....	52
11 DISPONIBILIDADE EFETIVA DE INFRA-ESTRUTURA PARA O DESENVOLVIMENTO DO PROJETO .....	53
12 CRONOGRAMA DE ATIVIDADES.....	56
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	56

## 1 INTRODUÇÃO

O ser humano está constantemente submetido às ações oriundas do meio em que vive. E para manter-se em pleno funcionamento, protegendo suas funções fisiológicas, possui mecanismos que promovem a regulação de seu equilíbrio como um todo. Com isso, as variáveis ambientais como temperatura, umidade, iluminação, ruído e qualidade do ar, encontram-se como fatores condicionantes para proporcionar o bem-estar, a segurança e, conseqüentemente, a qualidade das atividades desempenhadas pelos indivíduos.

Durante a realização de trabalho, o homem gera e dissipa calor, e devido a essa propriedade pode ser comparado a uma “máquina térmica”. O controle entre o calor produzido e o liberado é feito pelo sistema termorregulador, que assegura a homeotermia corporal, ou seja, que a temperatura interna do corpo permaneça praticamente constante a 37°C, protegendo assim os seus órgãos internos. Qualquer variação na temperatura do corpo aciona mecanismos de regulação de forma a garantir o equilíbrio térmico do mesmo. Entretanto, quanto mais termicamente desfavorável se encontrar o ambiente, maior será o esforço do sistema de termorregulação para o restabelecimento do equilíbrio e, conseqüentemente, maior a sensação de desconforto.

Se as condições térmicas ambientais causam sensação de frio ou de calor, significa que o organismo está perdendo mais ou menos calor que o necessário para a manutenção da homeotermia. Esta passa a ser alcançada com um esforço adicional que representa sobrecarga, o que pode acarretar queda de rendimento no trabalho e, no caso de condições mais rigorosas, podendo chegar à perda total de capacidade para realização de trabalho e/ou problemas de saúde.

Os edifícios em geral têm como principal objetivo proporcionar um ambiente saudável e confortável para seus ocupantes. Segundo Steskens (2010), estima-se que as pessoas passam em média 90% do seu tempo dentro de algum edifício, seja ele, casa, local de trabalho, lojas, meios de transporte, entre outros. Desta forma, a qualidade do ambiente interno, como combinação complexa de variáveis como condições térmicas, visuais, acústicas, qualidade do ar interior, campos eletromagnéticos, eletricidade estática e vibração, caracteriza-se como fator importante para garantir a segurança e qualidade de vida dos seus usuários.

Em se tratando de escritórios em geral, o custo humano representa cem vezes mais que o custo energético das edificações, o que torna o desempenho das pessoas em seu

trabalho significativamente importante para melhoria do fator produtividade das organizações como um todo. As condições ambientais podem representar maior influência sobre a produtividade dos trabalhadores quando comparada à insatisfação e ao stress no trabalho, o que justifica o investimento pela vantajosa relação custo-benefício que pode ser quantificada. A baixa qualidade e os níveis elevados de temperatura do ar tem demonstrado afetar negativamente o desempenho de adultos em ambientes de trabalho (LAN *et al.*, 2011; AKIMOTO *et al.*, 2010; OLESEN, 2005; NIEMELA *et al.* 2002). Inclusive, segundo relatório do Ministério de Ciência e Tecnologia (2013) sobre mudanças climáticas, há uma expectativa que a temperatura média em todo o Brasil fique ao menos de 3°C a 6°C mais elevada em 2100 do que no final do século XX.

Assim, como as alterações do clima poderão elevar ainda mais a temperatura média em todas as regiões do Brasil (Pivetta, 2013), e como existe pouca informação sobre a influência da temperatura e da umidade do ar em ambiente de ensino, principalmente quando ele é provido de inovações tecnológicas de comunicação e informação (*news ICT*), o que pode colaborar para o aumento de radiação térmica, torna-se assim importante investigar como a temperatura média radiante, temperatura de globo, temperatura operativa e a umidade afetam o conforto, a saúde e o desempenho de alunos no exercício de suas atividades.

## **2 QUALIFICAÇÃO DO PRINCIPAL PROBLEMA A SER ABORDADO**

Uma das condições para que o ambiente possa ser considerado termicamente confortável, sem esforço para o sistema de termorregulação, é permitir que a produção de calor gerada pelo metabolismo esteja em equilíbrio com as trocas de calor com o ar e as superfícies ao seu redor. Entretanto, além dos fatores fisiológicos, a sensação de conforto térmico depende de fatores físicos, comportamentais e emocionais dos indivíduos. Estas e outras variáveis individuais fazem com que a percepção sobre o ambiente térmico varie de pessoa para pessoa.

A sensação de conforto termico é obtida a partir da interação entre as variáveis ambientais como temperatura, velocidade e umidade do ar e radiação de superfícies vizinhas, bem como as de ordem pessoal como o metabolismo e vestimenta. Além

desses fatores, outros como sexo, idade, aclimatação, atividades realizadas, motivação, estado emocional, entre outras, podem agravar a sensação de desconforto.

Diante do caráter individual da percepção da sensação térmica, são utilizadas normas que permitem julgar se o ambiente de trabalho oferece ou não condições de conforto para os seus usuários. Segundo Cheng, *et al.* (2012), tendo em vista que a sensação térmica e o conforto humano em ambientes assimétricos constituem complexas respostas fisiológicas e psicológicas, um modelo de conforto térmico deve conter simultaneamente fatores físicos, fisiológicos e psicológicos. A norma ISO 7730/2005 estima a sensação térmica encontrada em ambientes moderados, que não proporcionam sensações extremas de calor ou frio, calculando a quantidade de pessoas insatisfeitas com o mesmo.

Para Yau (2009), embora a ISO 7730/2005 forneça orientações de conforto térmico, sua aplicabilidade sempre foi questionada, devido ao fato de que em inúmeros estudos observou-se que os ocupantes aceitaram ambientes térmicos que não cumpriam com os critérios estabelecidos por estas normas. Entretanto, segundo Schellen *et al.* (2013), o modelo PMV pode ser adequado para prever a sensação térmica. No entanto, cuidados devem ser tomados em relação à aplicação em ambientes não uniformes e, quando diferentes, sub-populações são consideradas.

Estudos vêm sendo realizados no desejo de avaliar as condições térmicas oferecidas em ambientes escolares. Porém a grande maioria trata da relação entre os resultados obtidos através da percepção dos usuários com aqueles calculados analiticamente através das normas internacionais.

Xavier (1999), em estudo realizado com estudantes do ensino médio em Florianópolis (SC), verificou que, em vários casos, pessoas que se manifestavam como sentindo leve calor ou leve frio mostraram-se satisfeitas com o ambiente térmico, sem desejar alterações do mesmo. Em contrapartida, outros ocupantes que relataram as mesmas sensações, manifestaram o desejo de alteração do ambiente térmico.

Em estudo realizado por Kwok e Chun (2003), em escolas japonesas com e sem o uso de ar-condicionado, constataram que ocupantes de salas naturalmente ventiladas mostraram aceitação às temperaturas, mesmo estas estando fora da faixa de conforto. Porém, quando questionados sobre sua preferência, aproximadamente 50% afirmaram que preferia uma temperatura mais baixa. Nas salas com ar-condicionado, que

demonstraram estar dentro das fronteiras de conforto térmico da ASHARE/2004, foram observadas situações de adaptação dos estudantes, que passaram a levar casacos para sala de aula, o que significa uma desadequação das condições ambientais.

Situação semelhante foi observada ainda por Wong e Khoo (2003), Corgnati *et al.*(2007) e Mors *et al.* (2011), em estudos realizados em Singapura, Itália e Holanda, respectivamente, em que os usuários consideraram aceitáveis níveis de temperatura fora da faixa estipulada de conforto pelas normas internacionais.

Tendo em vista a subjetividade dos julgamentos sobre percepção térmica por parte dos indivíduos, e mais especificamente dos estudantes, observa-se a necessidade de quantificar os efeitos do desconforto térmico sobre o desempenho dos mesmos, principalmente quando os ambientes destes alunos são providos de inovações tecnológicas de comunicação e informação, fazendo surgir um novo fator: radiações não-ionizantes.

Vale salientar que havendo elevação da temperatura em todas as regiões brasileiras decorrente das mudanças climáticas e, aliando esse fato à inserção de novas tecnologias nos ambientes de trabalho, surge a necessidade de investigar o quanto a radiação térmica (diferença entre as temperaturas de globo e do ar) influenciará no desempenho, com repercussões na saúde do trabalhador. Este conjunto de fatores é uma das preocupações das diretrizes para 2013-2020 da Segurança e Saúde Ocupacional da Comunidade Europeia. Segundo SAS e SUARES (2013), esta inserção e as más condições dos ambientes de trabalho (fabril; salas de controle, cirurgia, aula,...) podem expor os trabalhadores a um misto de riscos químico, físico e biológico, emergindo assim certo número de riscos para a saúde e segurança do trabalhador.

### **3 OBJETIVOS E METAS A SEREM ALCANÇADOS**

#### **3.1 OBJETIVO GERAL**

Analisar em que medida as variáveis do conforto térmico afetam a saúde e o desempenho de estudantes nos ambientes de ensino inteligentes (*news ICT*) nas regiões brasileiras.

### 3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar quais as funções cognitivas utilizadas durante o processo de aprendizagem;
- Aplicar testes que avaliem o desempenho cognitivo em diferentes faixas de temperatura e umidade do ar;
- Comparar o desempenho em função do conforto térmico entre as regiões brasileiras;
- Comparar os votos de sensação térmica dos estudantes com os determinados analiticamente através do modelo da ISO 7730/2005;
- Medir o nível de radiação não-ionizante nos ambientes de ensino;
- Verificar o peso da radiação não-ionizante entre as fontes de calor nos ambientes de ensino;
- Avaliar o gasto metabólico do aluno;
- Avaliar a pressão arterial do aluno;
- Monitorar a frequência cardíaca durante a atividade em sala de aula;
- Verificar a relação entre a frequência cardíaca do aluno e o conforto térmico nos ambientes de ensino.

### 3.3 METAS

- Mensuração de desempenho: mínimo de 360 alunos;
- Avaliação da percepção térmica: mínimo de 360 alunos;
- Avaliação da bioimpedância, pressão arterial e da frequência cardíaca: mínimo de 360 alunos;
- Construção de 2 (dois) modelos matemáticos (linear e não-linear) para prever as condições térmicas ideais nos ambientes de ensino segundo a percepção dos alunos;
- Proposição de 1 (um) modelo matemático linear generalizado para avaliar a influência das variáveis térmicas no desempenho (alunos);
- Mensuração de radiação não-ionizante: mínimo de 18 salas de aulas.
- Construção de 1 (um) modelo matemático para prever em que condições térmicas a frequência cardíaca do aluno sofre alterações.



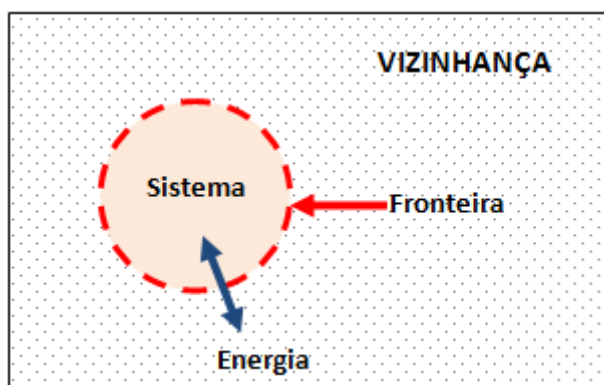
## 4 REFERENCIAL TEÓRICO

### 4.1 NOÇÕES SOBRE CALOR

A análise das interações térmicas entre o homem e o ambiente, requer o estudo dos fatores envolvidos durante todo processo de transmissão de calor. Um passo primordial em qualquer análise de engenharia é descrever precisamente o que está sendo estudado. O termo *Sistema* é normalmente utilizado para representar o sujeito em análise (Moran e Shapiro, 2006), e pode ser definido como uma quantidade de matéria delimitada para um estudo, não sendo necessário que sua forma ou o volume seja essencialmente constante. Uma vez que o sistema está definido, as interações com outros sistemas relevantes podem ser identificados.

O sistema distingue-se dos seus arredores, *vizinhança*, por uma *fronteira* especificada, que pode estar em repouso ou em movimento (figura 1). Ou seja, as interações entre um sistema e sua vizinhança, se realizam através da fronteira que, portanto, deve ser delineada cuidadosamente antes de prosseguir com qualquer análise termodinâmica, de acordo com a conveniência do estudo.

Figura 1 - Definição de Sistema



#### 4.1.1 MECANISMOS DE TRANSMISSÃO DE CALOR

Devido à dificuldade em se conceituar a propriedade temperatura, Sonntag *et. al.* (2003) opta por definir a igualdade de temperatura, sendo este o estado em que dois corpos se encontram se não apresentar alterações em qualquer unidade mensurável (resistência elétrica, altura da coluna de mercúrio em um termômetro, etc) quando colocados em contato térmico.

O calor é 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 temperatura mais baixa (BAERHR e STEPHAN, 2011). Dessa forma, sempre que exista diferença de temperaturas entre um ou mais corpos, deve ocorrer uma transferência de calor. Sonntag *et. al.* (2003) ressalta que um corpo não contém calor, ou seja, este só pode ser identificado quando atravessa uma fronteira, o que o caracteriza como fenômeno transitório.

Existem três modos de transferência de calor: Condução, Convecção e Radiação (Incropera e DeWitt,1996), que serão descritas adiante.

#### 4.1.1.1 CONDUÇÃO

Ocorre quando existe um gradiente de temperatura em um meio estacionário, sólido ou líquido na direção  $x$ , por meio da interação entre partículas mais energéticas com outras menos energéticas. O processo de transferência de calor pode ser quantificado através da equação (1).

$$q_x'' = -k \frac{dt}{dx} \quad (1)$$

O fluxo de calor  $q_x''$  (W/m<sup>2</sup>) é a taxa de transferência de calor na direção  $x$  por unidade de área perpendicular, enquanto a constante de proporcionalidade  $k$  é uma propriedade de transporte conhecida como condutividade térmica (W/m<sup>2</sup>.K), que varia de acordo com a estrutura molecular de cada material.

Dessa forma, a taxa de condução de calor através de uma parede plana de área  $A$  pode ser obtida a partir da equação (2):

$$q_x = -kA \frac{dt}{dx} \quad (2)$$

#### 4.1.1.2 CONVECÇÃO

Se refere à transferência de calor que ocorre entre uma superfície e um fluido em movimento, mediante a diferença de temperatura entre eles. Neste caso, além da transferência de calor provocada pelo movimento molecular aleatório (difusão), a energia também se transfere pelo movimento de massa do fluido.

A transferência convectiva pode ser classificada como: forçada, quando o escoamento for provocado por meios externos; ou livre (natural), quando o mesmo se origina pelas

forças de empuxo originadas das diferenças de densidade devido às variações de temperatura do fluido.

De uma forma geral, a transferência de calor por convecção pode ser representada pela equação (3):

$$q_c = h_c A (T_s - T_f) \quad (3)$$

Onde a taxa de transferência de calor é proporcional à diferença entre as temperaturas da superfície e do fluido,  $T_s$  e  $T_f$ , respectivamente; à área  $A$  da superfície sólida ( $m^2$ ), e ao coeficiente de transferência convectiva de calor,  $h$  ( $W/m^2.K$ ). O coeficiente de convecção depende das condições na camada limite de escoamento, que são influenciadas pela geometria da superfície, pela natureza do movimento do fluido e por um conjunto de propriedades termodinâmicas e de transporte do mesmo.

#### 4.1.1.3 RADIAÇÃO

A radiação térmica consiste em energia cuja emissão pode ser atribuída às modificações das configurações eletrônicas dos átomos ou das moléculas constituintes da matéria. Desta forma, todas as superfícies em uma temperatura maior que 0 K emitem radiação em forma de ondas eletromagnéticas, não necessitando de qualquer meio físico para a transferência de calor.

O fluxo de calor emitido por uma superfície real é obtido em função da comparação deste à um corpo negro, ideal (equação 4).

$$\dot{q} = \epsilon \sigma T_s^4 \quad (4)$$

Neste caso, uma propriedade radiativa  $\epsilon$ , emissividade, dentro do intervalo  $0 < \epsilon < 1$ , é multiplicado ao fluxo máximo ( $W/m^2$ ) emissível por uma superfície ideal, resultando na equação (5):

$$q'' = \epsilon \sigma T_s^4 \quad (5)$$

Onde  $T_s$  é a temperatura absoluta (K) da superfície e  $\sigma$  é a constante de Stefan-Boltzmann ( $\sigma = 5,67 \times 10^{-8} W/m^2.K^4$ ).

Considerando o caso frequente em que uma pequena superfície se encontra envolvida por outra muito maior, a taxa líquida de troca de radiação entre a superfície e a sua vizinhança pode ser expressa de acordo com a equação (6):

$$q_{rad} = \varepsilon \sigma A (T_s^4 - T_v^4) \quad (6)$$

Em que  $A$  é a área da superfície envolvida,  $\varepsilon$  é a emissividade da mesma, enquanto  $T_v$  representa a temperatura da vizinhança.

Entretanto, é conveniente exprimir a troca líquida de calor por radiação de acordo com a equação (7):

$$q_{rad} = h_r A (T_s - T_v) \quad (7)$$

Para tanto o coeficiente de transferência radiativa de calor  $h_r$  é expresso pela equação (8):

$$h_r = \varepsilon \sigma (T_s + T_v) (T_s^2 + T_v^2) \quad (8)$$

Neste caso, o modo radiante é modelado analogamente ao modo convectivo, ou seja, a equação da taxa de radiação é linearizada de forma que o calor irradiado seja proporcional à diferença de temperatura.

#### **4.1.2 FISILOGIA DA TERMORREGULAÇÃO**

Tendo o ser humano como sistema de estudo, é necessário identificar as interações deste com o meio ambiente. Para tanto, é imprescindível conhecer quais os esforços fisiológicos necessários para a manutenção do seu equilíbrio térmico. A seguir faz-se uma análise das referidas interações.

##### **4.1.2.1 REGULAÇÃO DA TEMPERATURA CORPORAL**

O homem é um animal homeotérmico, ou seja, sua temperatura corporal interna se mantém constante, a aproximadamente 37 °C. Oscilações superiores a  $\pm 2$  °C indicam anormalidade no sistema termorregulador. (IIDA, 2005).

Grande parte do calor produzido pelo corpo é oriunda de órgãos profundos como fígado, cérebro e coração, e músculos esqueléticos, sendo transferido dos mesmos para a pele, onde é perdido para o ar e o meio ambiente. A condução do calor para a pele pelo sangue é controlada pelo grau de vasoconstrição das arteríolas e das anastomoses arteriovenosas que irrigam a pele, em resposta a alterações na temperatura central do corpo ou no meio ambiente. O calor pode ser transferido pela pele através da radiação, condução e evaporação (GUYTON e HALL, 2011):

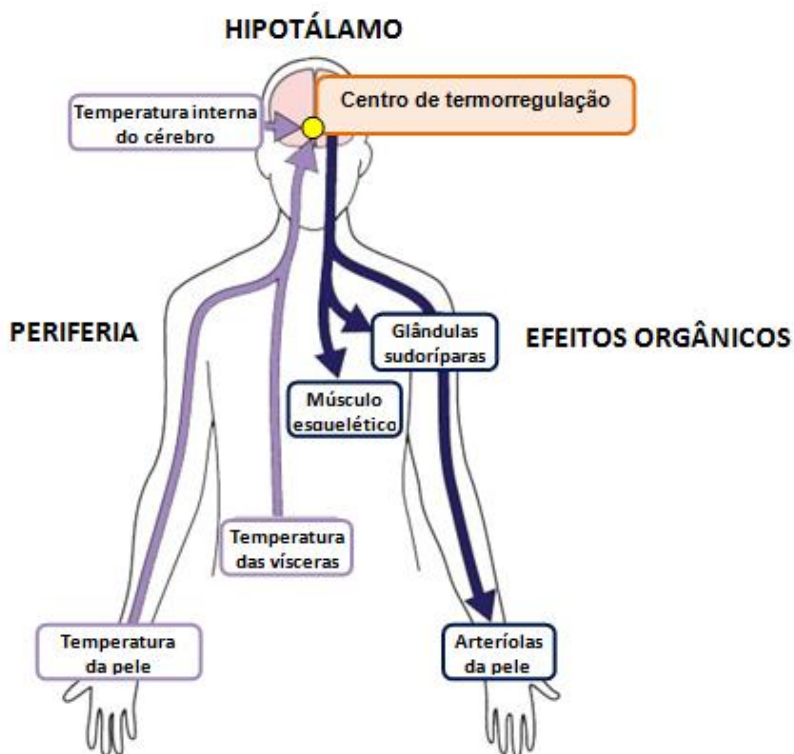
- Radiação – corresponde a 60% da perda total de calor. Dá-se através de raios infravermelhos, entretanto, raios de calor também são irradiados pelas paredes e outros objetos em direção ao corpo.
- Condução – a condução direta da superfície corporal para objetos sólidos (cadeiras, camas, etc) representa 3 % da perda total de calor do corpo. Por outro lado, a condução para a camada de ar adjacente à pele permite que o calor seja posteriormente dissipado por convecção.
- Convecção - a remoção do calor conduzido até a camada adjacente de ar, pelas correntes de ar ou água, é responsável por 15 % das perdas de calor pelo corpo.
- Evaporação – A cada grama de água que evapora insensivelmente a partir da pele e dos pulmões, 0,58 kcal de calor é perdido. Dessa forma, a evaporação é responsável por 22 % das perdas de calor pelo corpo. O que pode chegar a taxa de 600 e 700 ml/dia de água, que não pode ser controlada a propósito de regulação, ao contrário da evaporação de suor.

Devido ao fato de gerar calor durante a realização de trabalho, o corpo humano é comparado a uma “máquina térmica”. Com isso, segundo Coutinho (2005), o corpo não pode apresentar saldo positivo ou negativo em seu balanço térmico. Isto porque, o primeiro caso implicaria no aumento da temperatura interna, e o segundo implicaria na redução dessa temperatura, podendo em ambos os casos acarretar em danos aos órgãos vitais.

O responsável pela manutenção da temperatura corpórea normal é uma estrutura denominada hipotálamo. Nele, encontra-se o sistema de controle central, que regula a temperatura do corpo ao integrar os impulsos térmicos provenientes de quase todos os tecidos do organismo. Quando o impulso integrado excede ou fica abaixo da faixa limiar de temperatura, ocorrem respostas termorreguladoras autônomas, que mantêm a temperatura do corpo em valor adequado. Tais impulsos são provenientes de receptores periféricos existentes na pele e em alguns tecidos profundos específicos do corpo, encontradas principalmente na medula espinhal, nas vísceras abdominais e em torno de grandes veias, no abdômen superior e tórax (GUYTON e HALL, 2011).

A figura (2) apresenta um esquema das vias de termorregulação corporal, em que os termorreceptores periféricos detectam as temperaturas na pele e nas vísceras e a reportam para o hipotálamo.

Figura 2 - Termorreceptores corporais



Fonte: Siemenslab (2012)

Quando o centro de termorregulação do hipotálamo constata que a temperatura corporal encontra-se muito alta ou muito baixa, aciona mecanismos fisiológicos de controle que vão propiciar o aumento ou diminuição da mesma, a fim de manter um saldo nulo de calor no corpo. Quando o corpo está muito quente o sistema de controle de temperatura utiliza três mecanismos importantes para reduzi-lo (Guyton e Hall, 2011; Coutinho, 2005):

- **Vasodilatação** - Em quase todas as áreas do corpo, os vasos sanguíneos da pele tornam-se intensamente dilatados, aumentando a vazão de sangue, conduzindo maior quantidade de calor do interior para a superfície, onde será perdido por convecção e/ou radiação. Esse mecanismo é capaz de aumentar a taxa de transferência de calor para a pele em até oito vezes.
- **Transpiração** - Quando a temperatura do núcleo do corpo se eleva acima do nível crítico de 37 °C, as glândulas sudoríparas são acionadas, desta forma, a sudorese permite um aumento da taxa de evaporação corporal, que é adicionada a perda por convecção provocada pela vasodilatação. Um aumento adicional de

1°C da temperatura corporal provoca sudorese suficiente para remover 10 vezes a taxa basal de produção de calor corporal.

- **Diminuição da produção de calor.** Os mecanismos que causam a produção de calor em excesso, como tremores e termogênese química, são fortemente inibidos.

Já os mecanismos de aumento de temperatura interna do corpo quando o corpo este se encontra abaixo do valor normal são exatamente opostos (Guyton e Hall, 2011; Coutinho, 2005):

- **Vasoconstrição** - Os diâmetros dos vasos sanguíneos passam a ser reduzidos, diminuindo, assim, a vazão sanguínea do interior para a superfície e, conseqüentemente, as perdas de calor por convecção.
- **Piloereção** - Também conhecido como cabelos "em pé", consiste em uma estimulação simpática que traz os cabelos para uma postura ereta. Não é importante para os seres humanos, mas nos demais animais permitem-lhes prender uma espessa camada de "ar isolante" sobre a pele, de modo a diminuir a transferência de calor para o ambiente.
- **Aumento da termogênese (produção de calor)** - A produção de calor pelo sistema metabólico é aumentada através da promoção de tremores (tiritar), da produção de calor simpático, e secreção de tiroxina. Durante esse processo observa-se um aumento no metabolismo.

## 4.2 VARIÁVEIS DO CONFORTO TÉRMICO

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

As variáveis pessoais referem-se a:

- Metabolismo;
- Resistência térmica das vestes;

Enquanto as variáveis ambientais englobam a:

- Temperatura do ar ou de bulbo seco;

- Temperatura radiante média;
- Velocidade do ar;
- Umidade relativa do ar.

#### 4.2.1 METABOLISMO

O corpo humano necessita de energia para prover todas as reações que ocorrem continuamente dentro de si mesmo, 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.

Segundo Guyton e Hall (2011), para que a energia presente nos alimentos chegue até as células é necessária a presença de um composto rico em energia, o trifosfato de adenosina (ATP). 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 a ocorrência de qualquer 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, etc.

Vale ressaltar, que em média 35% da energia dos alimentos transforma-se em calor na formação do ATP, sendo esta perda aumentada gradativamente no decorrer das demais reações existentes até a chegada aos sistemas funcionais celulares, culminando em um aproveitamento de apenas 27% em média de toda a energia dos alimentos.

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.

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 gerado no corpo humano.



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), está no entorno de 44 W/m<sup>2</sup> para os homens e 41 W/m<sup>2</sup> 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 9:

$$M = 5,88(0,23RQ + 0,77) \frac{V_{O_2}}{A_{Du}} \quad (9)$$

Onde:

RQ= quociente respiratório, correspondente à relação entre o volume de CO<sub>2</sub> produzido e O<sub>2</sub> consumido;

V<sub>O<sub>2</sub></sub> = oxigênio consumido.

A<sub>Du</sub> =Área Dubois representada pela equação 10:

$$A_{Du} = 0,202p^{0,425}z^{0,725} \quad (10)$$

p=peso (kg), z=altura (m)

A área superficial do corpo de uma pessoa média, com altura de 1,70m e pesando 70kg, é de 1,80 m<sup>2</sup>. E os valores referentes ao metabolismo exigido para cada tipo de atividade podem ser extraídos de tabelas elaboradas pelos fisiologistas. A tabela 3 mostra a taxa metabólica necessária para algumas atividades.

**Tabela 1 - Taxa Metabólica para diferentes atividades**

<b>Atividade</b>	<b>Taxa Metabólica (W/m<sup>2</sup>)</b>
Reclinada	46
Sentado, relaxado	58
Atividade sedentária (escritório, escola, laboratório)	70
Atividade leve (compras, atividades laborais)	93
Atividade moderada (trabalho doméstico, etc)	116
Caminhar em local plano:	
2 km/h	110
3 km/h	140
4 km/h	165
5 km/h	200

Fonte: ISO 7730/2005

Segundo Xavier (2000), 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 sexo, tipo físico, nível de stress e esforço, e outras especificidades que podem levar ao aumento dos batimentos cardíacos durante a realização da mesma. O autor analisou características que pudessem influenciar a diferenciação da taxa metabólica para pessoas efetuando a mesma atividade, no caso, estudantes no desempenho de atividades escolares, com isso, através de métodos de regressão múltipla, o mesmo observou que a idade e a massa corporal influenciam significativamente na taxa metabólica. Estes métodos permitiram a construção da seguinte expressão de predição (equação 11):

$$\textit{Taxa metabólica} = 0,476.\textit{Idade} + 0,324.\textit{massa corporal} + 29,953 \quad (11)$$

O que indica que pessoas com mais idade e maior massa corporal tendem a possuir uma maior taxa metabólica que outros indivíduos realizando as mesmas atividades. No entanto, essa expressão é limitada a faixas de população com idade entre 18 e 50 anos e massa corporal com limites entre 50 e 90 Kg.

#### 4.2.2 VESTIMENTAS

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 a 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., podem se tornar uma ferramenta mais potente que os próprios mecanismos inconscientes para o controle de temperatura corporal.

De acordo com Coutinho (2005), para facilitar o cálculo das taxas de transferência de calor, considerando o uso de roupas, aplica-se um fator de redução de calor sensível ( $F_s$ ), para os processos de convecção e radiação, assim como um fator de redução de calor latente ( $F_l$ ), nos processos de evaporação na pele. Ambos são calculados de acordo com a resistência térmica das vestes ( $I_{cl}$ ), que por sua vez depende do número de peças de roupas que estão sendo usadas, assim como do material das mesmas.

O isolamento térmico das vestes ( $I_{cl}$ ) é expresso em  $m^2 \cdot ^\circ C/W$  ou em “clo”, sendo que 1 clo equivale a  $0,155 m^2 \cdot ^\circ C/W$ . Os valores dos isolamentos térmicos das roupas

encontram-se tabelados nas normas ISO 7730(2005), ISO 9920(2007) e ASHRAE (2004), parcialmente demonstrados na tabela 2.

Tabela 2 - Índice de resistência Térmica para vestimentas

Vestimenta	Isolamento Térmico	
	clo	m <sup>2</sup> .°C/W
Calcinhas	0,03	0,005
Cueca com pernas longas	0,1	0,016
Camiseta	0,09	0,014
Camisa com mangas compridas	0,12	0,019
Calcinha e sutiã	0,03	0,005
mangas curtas	0,15	0,023
Bermudas	0,06	0,009
calça normal	0,25	0,039
Saias leves (Verão)	0,15	0,023
Vestido leve, mangas curtas	0,2	0,031
Macacão	0,55	0,085
suéter grosso	0,35	0,054
Jaqueta leve de verão,	0,25	0,039
Jaqueta	0,35	0,054
Bata	0,3	0,047
Meias	0,02	0,003
Calçados com sola fina	0,02	0,003
Calçados com sola grossa	0,04	0,006
Botas	0,1	0,016
Luvras	0,05	0,008

Fonte: ISO 7730/2005

#### 4.2.3 TEMPERATURA DO AR (°C)

Em psicometria é denominada temperatura de bulbo seco. É a temperatura do ar ao redor do corpo humano, estando diretamente ligada às trocas de calor realizadas entre o corpo humano e o ambiente ao redor. Pode ser medida por vários métodos, dependendo do sensor a ser utilizado, como termômetro coluna de mercúrio, resistência de platina, termopar, etc. Entretanto, segundo Monteiro (2008), a temperatura do sensor pode diferir do meio devido a efeitos radiantes, devendo-se, dessa forma, proteger o sensor da radiação sem comprometer a circulação de ar ao seu redor.

#### **4.2.4 TEMPERATURA RADIANTE MÉDIA – $T_{RM}$ (°C)**

Consiste na temperatura uniforme de um ambiente imaginário, 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 calculada por meio de valores obtidos através de instrumentos tais como termômetro de globo negro, radiômetro de duas esferas, sensor esférico ou elipsoidal à temperatura do ar constante, através das temperaturas superficiais das superfícies ao redor do corpo humano, ou ainda através das temperaturas radiantes planas determinadas nas seis direções ao redor do indivíduo.

#### **4.2.5 VELOCIDADE DO AR, $V$ (M/S)**

Consiste na média da velocidade do ar instantânea sobre um intervalo de tempo, tendo papel importante na transferência de calor por convecção e evaporação. Pode ser aferida através de anemômetros de copo, de hélice, de fio quente, esfera quente, ultra-sônico e laser-doppler.

#### **4.2.6 VELOCIDADE RELATIVA DO AR, $V_{AR}$ (M/S)**

Consiste na resultante da velocidade do ar e da velocidade do corpo ou de seus membros em relação ao solo, sendo expressa pela equação (12)

$$V_{ar} = V + 0,0052(M - 58) \quad (12)$$

#### **4.2.7 UMIDADE RELATIVA DO AR (%)**

A umidade relativa é definida como 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, podendo ser expressa como a relação entre a pressão de vapor de água nas condições reais ( $P_v$ ) e a pressão de vapor de água nas condições de saturação ( $P_{vs}$ ), na mesma temperatura. A umidade relativa está relacionada às perdas de calor por evaporação. Pode ser medida através do psicrômetro, equipamento que mede simultaneamente a temperatura de bulbo seco, ou do ar e a temperatura do bulbo úmido. Com essas duas leituras, o valor da umidade do ar é obtido pela utilização das relações psicrométricas constantes da norma ISO 7726/1998.

Em casos em que a temperatura do ar e/ou das superfícies envolventes está acima da temperatura da pele, o corpo passa a receber calor através da convecção e radiação, sendo a evaporação o único mecanismo responsável pela eliminação do calor excedente. Tendo em vista que quanto maior a umidade relativa, menor a eficiência da evaporação na remoção do calor, em situações de alta umidade relativa a ventilação passa a ser um fator determinante para a manutenção do conforto.

### **4.3 PRODUTIVIDADE, CONFORTO TÉRMICO E SAÚDE**

A produtividade, dentre outros fatores, é considerada um componente determinante para garantir a competitividade das organizações. Segundo Contador (2004), a produtividade consiste na capacidade de produzir ou o estado em que se dá a produção, tendo como medida a relação entre os resultados da produção efetivada e os recursos produtivos aplicados a ela (produção/recursos).

De acordo com Slack *et al.* (2009), a medida do fator produtividade (output/input) permite que diferentes operações possam ser comparadas individualmente. Dessa forma é possível identificar o desempenho de cada uma delas e seu respectivo impacto sobre a organização como um todo.

Contador (2004) afirma que o aumento da produtividade pode ser alcançado via capital e/ou via trabalho. Pela via capital o aumento se dá através da aquisição de máquinas e equipamentos mais produtivos, enquanto, pela via trabalho, o aumento é alcançado por meio de técnicas de estudo de métodos de trabalho que conseguem aumentar a eficiência dos trabalhadores, de forma a os fatigar menos.

Nesse contexto, as medidas de produtividade devem ser vistas como instrumentos auxiliares na detecção de problemas e no acompanhamento no desempenho dos seus respectivos sistemas de produção (MOREIRA, 1991). Dessa forma, o monitoramento da produtividade, se mostra uma ferramenta gerencial importantíssima nos mais diversos setores.

Estudos vêm sendo realizados nos mais diversos tipos de organizações produtivas, de bens ou serviços, a saber: indústria em geral, Ramstetter (2004), Lee *et al.* (2007), Nataraj (2011); indústria automobilística Kadefors *et al.* (1996), Dawal *et al.* (2009), Thun *et al.* (2011); indústria calçadista, Bertolini *et al.* (2007); *call centers*, Niemela *et al.* (2002); setor farmacêutico, Färe *et al.* (1995); setor elétrico, Ebrahimipour *et al.*

(2007); setor de serviços, Calabrese (2012); sistema bancário, Nakane e Weintraub (2005), e Silva (2001).

Sob uma variedade de condições físicas e ambientais, o equilíbrio entre a produção e a perda do calor, que é resultante da ação dos centros termorreguladores, mantém a temperatura corporal em níveis estáveis, ou seja, em torno dos 37°C. Na maioria dessas situações, o organismo não precisa acionar ações termorreguladoras excepcionais para manter em equilíbrio sua temperatura central. Entretanto, quando o corpo é exposto a situações térmicas excedentes de calor ou de frio, que ultrapassam os limites de conforto térmico, essas ações são acionadas para que se mantenha o calor interno estável, evitando alterações funcionais prejudiciais ao organismo (GALLOIS, 2002; GUYTON; HALL, 2006).

Diversos estudos, por sua vez, foram realizados no âmbito de quantificar como os fatores ambientais interferem na produtividade dos trabalhadores. Silva (2001) verificou a relação entre a produtividade e as variáveis de conforto térmico dos digitadores do Centro de Processamento de Dados de uma agência bancária no estado da Pernambuco, em que dois ambientes foram analisados, um termicamente confortável e outro termicamente desconfortável. A produtividade dos digitadores foi calculada através da quantidade de toques por hora, constatando-se que 66% da variação da mesma estavam relacionadas à temperatura operativa do ambiente.

Niemela *et. al.* (2002), investigou o efeito de temperaturas elevadas no verão sobre a produtividade do trabalho em duas *Call centers*. Uma delas teve sua temperatura reduzida através da instalação de sistema de arrefecimento adicional. A produtividade foi monitorizada antes e após a intervenção. O sistema de monitoramento informatizado registrou o número de chamadas, o tempo total de trabalho e o tempo de trabalho ativo de cada empregado em cada turno. Com isso, o número de comunicações telefônicas, dividido pelo tempo de trabalho ativo, foi escolhido como melhor indicador da produtividade. O estudo observou uma queda na produtividade a partir de 25°C, a uma taxa de 2,4%/°C para baixo.

Segundo Seppänen *et al.* (2005) existe uma diminuição consistente no desempenho humano em tarefas típicas de trabalho em escritório a partir do aumento da temperatura acima de 24 a 26°C.

Lan, Wargocki e Lian (2011) analisaram as consequências do desconforto térmico na performance de pessoas através da simulação de atividades do trabalho em escritório como digitação de textos, problemas de adição e multiplicação, assim como em testes neurocomportamentais, enquanto eram submetidas a duas sensações térmicas, neutra (22°C) e quente (30°C). O estudo demonstrou um decréscimo no desempenho quando aquelas pessoas eram submetidas ao ambiente quente. As reduções chegaram a 10% do tempo de reação à tarefa (*Stroop effect*), 11% em problemas de adição e a 25% de raciocínio gramatical.

Um estudo realizado por Lee et. al. (2012), mediu a relação entre a qualidade do ambiente interno (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, numa escala em 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 o 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 operativa média de 22,1°C (DP=1,5). De 312 entrevistados, 261 demonstraram aceitação ao ambiente térmico, ficando 88% dos votos entre -1 e 1 (de levemente frio a levemente quente).

O estudo realizado por Tham et. al.(2010) teve como objetivo identificar a relação entre parâmetros térmicos e o estado de alerta mental das pessoas, através da percepção e dos efeitos fisiológicos. O experimento foi realizado em 3 faixas de temperatura 20°C (moderadamente frio), 23°C (neutro) e 26°C (moderadamente quente), cada sessão tendo duração de 4 horas, em que os participantes eram 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 menor 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.

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. A concentração de CO<sub>2</sub> (0-5000 ppm), 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 estudar as mudanças no desempenho cognitivo dos alunos em diferentes condições de qualidade do ar. O estudo observou um impacto significativo da taxa de ventilação sobre o desempenho no trabalho escolar dos alunos, proporcionando um aumento sob ventilação melhorada de 5,1% e 5,8% para os testes de adição e subtração respectivamente, chegando a 7% para os alunos com melhores competências em matemática.

Observa-se que os seres humanos, estando susceptíveis aos fatores ambientais, sofrem influência dos mesmos, o que é refletido em suas ações, e conseqüentemente em sua produtividade no trabalho. Assim, é notória a importância do projeto adequado dos ambientes de trabalho, o que segundo Kroemer e Kroemer (2001) consiste no sucesso do esforço ergonômico, medido pela melhoria da produtividade, eficiência, e segurança, permitindo que os indivíduos realizem suas atividades de forma eficiente.

Por outro lado, a superfície corporal pode perder calor para o ambiente externo por meio das denominadas trocas secas: radiação, condução e convecção, e por meio das trocas úmidas: evaporação da água. Esse evento é promovido por condições externas e internas



ao ambiente de trabalho. A elevação desse fator em conjunto com outros aspectos ao posto de trabalho poderá ter implicações na saúde do trabalhador. E o principal risco de dano térmico se concentra nas áreas de baixa vascularização, como por exemplo, os olhos e a têmpora (Figura 3).

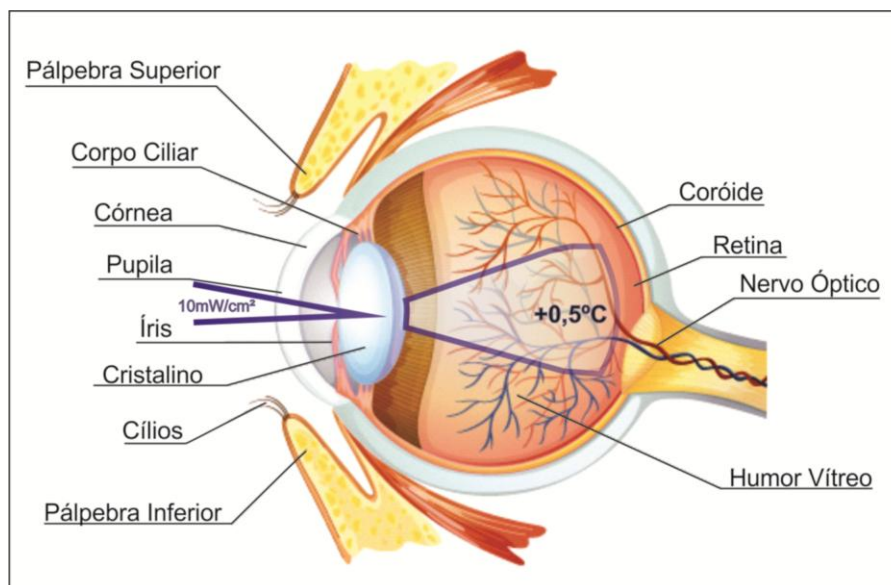


Figura 3: anatomia do olho e influência da temperatura

Way, Kritikos e Schwan (2005) mostraram que no intervalo de 500 a 2000 MHz há pontos quentes, com elevação da temperatura em torno de  $0,5^{\circ}\text{C}$  na cabeça humana com níveis de potência de  $10\text{mW}/\text{cm}^2$ . Verificou-se que a exposição da cabeça à radiação electromagnética, em geral, provoca uma diminuição na temperatura do tronco e da pele. Mas os olhos são considerados órgãos bastante críticos com relação ao efeito das radiações não-ionizantes, sendo bastante suscetíveis ao efeito térmico (Figura 3). Quantidades relativamente pequenas de energia eletromagnética podem elevar a temperatura das lentes oculares, pelo fato destas não possuírem sistema vascular adequado para as trocas térmicas, o que reduz sua capacidade de dissipação de calor (Figura 3).

A radiação é o processo pelo qual as superfícies de todos os objetos emitem calor na forma de ondas eletromagnéticas. O que determina a taxa de emissão das ondas é a temperatura da superfície radiante. O ganho ou perda de calor por meio da radiação é consequência da diferença de temperatura entre as superfícies próximas ao corpo (WIDMAIER; RAFF; STRANG, 2006). Esse fato pode ser vislumbrado em algumas

áreas corpóreas específicas, como no olho humano. Por isso, a possibilidade de danos aos olhos constitui um aspecto muito sério das radiações de microondas e radiofrequência; este risco poderá ser mais atenuante se houver outros fatores do ambiente de trabalho, como a produção de calor advinda de novas tecnologias e a elevação de temperatura que poderá estar vinculada a mudanças climáticas.

#### **4.4 ERGONOMIA E DESEMPENHO COGNITIVO**

Derivada do grego *ergon* (trabalho) e *nomos* (leis) para denotar a ciência do trabalho, a ergonomia consiste em uma disciplina de orientação sistêmica que se aplica a todos os aspectos de atividade humana, levando em consideração fatores físicos, cognitivos, sociais, organizacionais e ambientais.

De acordo com a Internacional Ergonomics Association – IEA (2000), a ergonomia, ou fatores humanos, é a disciplina científica relacionada à compreensão das interações entre os seres humanos e outros elementos de um sistema, sendo o campo profissional que aplica os princípios teóricos, dados e métodos para projetar, a fim de otimizar o bem-estar humano e o desempenho geral do sistema. Os ergonomistas, com isso, contribuem para o planejamento, concepção e avaliação de tarefas, trabalhos, produtos, organizações e ambientes, a fim de torná-los compatíveis com as necessidades e limitações das pessoas.

Dessa forma, a ergonomia estuda os diversos fatores que influem no desempenho do sistema produtivo, procurando reduzir as suas consequências nocivas sobre o trabalhador, como a fadiga, estresse, erros e acidentes, proporcionando segurança, satisfação e saúde aos trabalhadores, durante o seu relacionamento com esse sistema produtivo (IIDA, 2005).

Guérin (2001) ressalta a importância de se compreender o trabalho para que se possa transformá-lo. Para o autor, as atividades de um indivíduo são resultado de numerosos fatores externos e internos aos mesmos e trazem consequências múltiplas tanto para ele mesmo, como para a produção e o meio de trabalho. Dessa forma, os resultados da atividade de trabalho devem ser relacionados com a produção tanto de um ponto de vista qualitativo quanto quantitativo, assim como às consequências acarretadas aos trabalhadores, que podem ser positivas ou negativas. O autor ainda afirma que entre os determinantes de uma atividade encontram-se fatores internos (sexo, idade, tempo de

serviço, estado de saúde, etc.), assim como fatores externos (objetivos a alcançar, meios técnicos, organização do trabalho, regras e normas, espaço de trabalho, etc.).

Segundo Karwowski (2006), os ergonomistas contribuem para a concepção e avaliação de tarefas, trabalhos, produtos, ambientes e sistemas para torná-los compatíveis com as necessidades, habilidades e limitações das pessoas. Com isso, a disciplina de Ergonomia promove uma abordagem holística do trabalho centrada na concepção no ser humano, que considera os sistemas físicos, cognitivos, sociais, organizacionais, ambientais e outros fatores relevantes, tendo como domínios de especialização dentro dos fatores humanos a *Ergonomia Física, Cognitiva e Organizacional*:

- Ergonomia Física: ligada principalmente com características da anatomia humana, antropometria, fisiologia, biomecânica e como eles se relacionam à atividade física.
- Ergonomia Cognitiva: se concentra em processos mentais, tais como percepção, memória, processamento de informação, raciocínio e resposta motora como eles afetam as interações entre os seres humanos e outros elementos de um sistema.
- Ergonomia Organizacional: está preocupada com a otimização dos sistemas sócio-técnicos, incluindo suas estruturas organizacionais, políticas e processos.

A Ergonomia Cognitiva busca compreender como o indivíduo gerencia a situação de trabalho e as informações que recebe. É relevante destacar que qualquer tentativa neste sentido deve levar em conta a limitação fisiológica do sistema cognitivo humano; assim, os processos de aquisição, processamento e recuperação de informações devem primar pela economia, eliminando ao máximo informações repetidas ou desnecessárias (STERNBERG, 2000).

Segundo Gazzaniga *et al.* (2002) a neuropsicologia cognitiva estuda fundamentalmente o processamento da informação, isto é, das diferentes operações mentais que são necessárias para a execução de determinadas tarefas, dando ênfase para o estudo das operações mentais. Estas, por sua vez, tomam uma representação como um *input*, executam algum tipo de processamento sobre esse *input*, e então produzem uma nova representação, o *output*.

A neuropsicologia cognitiva visa compreender como um indivíduo processa a informação, em termos funcionais, sendo de menor interesse, para essa abordagem, o mapeamento das relações cérebro-comportamento (FERNANDES, 2003 *apud*

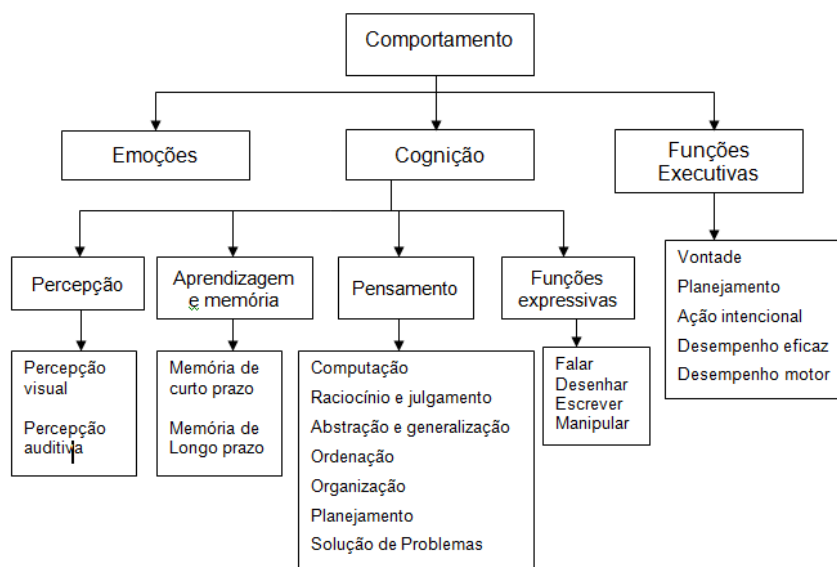
CAPOVILLA, 2007). Duas implicações fundamentais derivam deste modelo, o direcionamento de modelos de reabilitação de pacientes com lesões ou disfunções cerebrais, e o teste de modelos do funcionamento cognitivo normal.

Segundo Lezak (1995), o comportamento pode ser dividido em três grandes sistemas funcionais. O primeiro refere-se às (1) *funções cognitivas*, que envolvem os aspectos do comportamento relacionados ao processamento de informação. Dividem-se em quatro classes, por analogia às operações computacionais de *input*, *estocagem*, *processamento* e *output*, que são: *funções receptivas (percepção)*, *memória*, *pensamento* e *funções expressivas*, além das “variáveis de atividade mental” (nível de alerta, atenção e taxa de atividade ou velocidade). O segundo sistema funcional refere-se aos (2) *aspectos emocionais*, e incluem as variáveis de personalidade e emoção. O terceiro sistema funcional refere-se às (3) *funções executivas*, que refletem a capacidade do sujeito de engajar-se em comportamento independente, proposital e autorregulado. As funções executivas referem-se a como uma pessoa faz algo, enquanto as funções cognitivas se referem ao que e quanto uma pessoa consegue fazer.

Para Capovilla (2007), 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. Para tanto, diferentes testes foram desenvolvidos com este fim, abordando algumas das áreas avaliadas pela neuropsicologia, especificamente atenção, processamento visoespacial, linguagem oral, linguagem escrita, funções executivas e habilidades aritméticas. Vários desses testes são informatizados, o que facilita o registro de parâmetros temporais como tempo de reação e duração da resposta.

Devido à importância da cognição e do processamento de informações nos ambientes de trabalho em escritórios, Lan *et. al.* (2011) associou as funções cognitivas solicitadas em cada processo a variáveis mensuráveis (Figura 3).

**Figura 3 - Um quadro neurocomportamental para avaliação da produtividade de trabalho de escritório**



Fonte: Lan *et. al.* (2011)

Com isso, Lan *et. al.* (2011) pode avaliar sistematicamente o efeito do ambiente sobre o desempenho dos indivíduos através de testes psicométricos sobre as funções neurocomportamentais. No estudo foram utilizados nove testes informatizados que representam cada função neurocomportamental utilizada durante a realização das atividades em escritório (Quadro 1)

**Quadro 1 - Principais funções testadas e seus correspondentes testes**

Nº	Nome do teste	Descrição	Função Neurocomportamental testada
1	Procura de cartas	Detectar a presença ou ausência de uma carta marcada, em uma cadeia de 10 cartas, o mais rápido possível.	Percepção – Busca visual
2	Sobreposição	Numerar a ordem em que 6 figuras geométricas aleatórias se encontram em uma pilha.	Percepção – Orientação espacial
3	Extensão da memória	Reproduzir uma determinada sequência de números no teclado, com aumento de dificuldade.	Aprendizagem e memória – recuperação de memória, memória verbal, atenção
4	Reconhecimento de figuras	Reconhecer entre vinte imagens àquelas que eram estímulos alvo pressionando dois teclados diferentes.	Aprendizagem e memória – memória de reconhecimento, memória espacial, atenção e exatidão de respostas
5	Teste de modalidades de Digitação de símbolos	Reproduzir pares de símbolos-dígitos pressionando teclas numéricas correspondentes para outro conjunto reordenado dos dez símbolos.	Aprendizagem e memória – recuperação de memória, memória verbal
6	Cálculo	Digitar o valor resultante da soma de dois números de três dígitos tão rapidamente quanto possível.	Pensamento - procedimentos matemáticos, velocidade de resposta
7	Raciocínio Condicional	Escolher uma entre quatro possíveis conclusões referentes a uma premissa o mais rápido possível, sendo apenas uma correta.	Pensamento - raciocínio verbal
8	Imagem espacial	Escolher, entre quatro cubóides, qual corresponde a uma quinta imagem de um cubóide dobrado.	Pensamento - raciocínio espacial, imaginação
9	Tempo de reação visual e escolha	Indicar através das teclas de esquerda e direita, qual a direção de setas e a posição de triângulos, previamente exibidos.	Funções executivas - velocidade de resposta e precisão

Fonte: Lan et. al. (2011)

Bakó-Biró (2007), da mesma forma, em estudo realizado em escolas primárias no sul da Inglaterra, utilizou testes de desempenho cognitivo para avaliar o desempenho de alunos, em diferentes condições de qualidade do ar na sala de aula.

Dessa forma, entende-se que é possível avaliar a produtividade de trabalhos não repetitivos, através das funções cognitivas solicitadas para a realização do trabalho, com o auxílio de testes psicométricos associados às funções cognitivas.

#### 4.5 APRENDIZAGEM, INTELIGÊNCIA E BATERIAS DE PROVA DE RACIOCÍNIO (BPR-5)

A aprendizagem consiste em uma alteração relativamente duradoura de comportamento e conhecimento envolvendo processos mentais, que ocorre como resultado da experiência externa ou interna dos indivíduos (TINOCO, 2007). Segundo a autora, a aprendizagem tem sido estudada em várias abordagens psicológicas: O *behaviorismo* a estuda através dos condicionamentos que ocorrem através do reforço, punição e extinção de comportamento e seus efeitos positivos ou nocivos como a ansiedade, assim como as generalizações e discriminações de eventos, situações e objetos; O *cognitivismo* estuda como o sujeito adquire conhecimento, importando-se com suas expectativas, preferências, escolhas e decisões, enfatizando os estágios de desenvolvimento como fator importante para a aquisição de conhecimento e a forma que a maioria dos comportamentos humanos é adquirida por meio da observação e imitação em vez de tentativa e erro ou pela experiência direta das consequências dos nossos atos; A *psicanálise*, por sua vez, estuda a aprendizagem através da relação sujeito-objeto, do desejo e necessidades que estão presentes nesta relação e de como se forma o aparelho psíquico e das forças atuantes entre o princípio do prazer e princípio da realidade. Por fim, o *humanismo* a estuda através das experiências significativas que fazem emergir o que já existe em potencial.

Todas essas abordagens recorrem a técnicas de observação, escuta e/ou de técnicas de mensuração e manipulação sistemática, assim como intuição a fim de compreenderem o fenômeno da aprendizagem.

Segundo Inácio (2007), existem fatores internos ao indivíduo que fazem parte integrante da sua personalidade e da sua vivência, enquanto seres sociais, e que condicionam a aprendizagem. Estes podem ser de natureza cognitiva como a atenção, concentração, memória, associação, compreensão, abstração, intuição, criatividade; como de natureza psicossocial como a responsabilidade, conhecimentos prévios e referências, pragmatismo, resistência à mudança, medo de errar e preocupação com a imagem, relação com o poder/autoridade.

Um dos processos mentais relacionados que nos permitem adquirir, reter e recuperar informações é a memória. Este, de acordo com Tinoco (2007), compreende três processos fundamentais: *codificação*, processo de transformar a informação de forma

que possa ser introduzida e retida pelo sistema da memória; *armazenamento*, retenção de informação na memória podendo ser utilizado posteriormente; e *recuperação*, consiste em resgatar informação armazenada tornando-a consciente.

De acordo com a autora, há três estágios distintos da memória, que diferem na quantidade de informação que pode ser armazenada, no tempo que pode ser armazenada e no que é feito com a informação armazenada. A (1) *memória sensorial registra* grande quantidade de informações do meio, guarda-as por segundos e em seguida estas desaparecem gradualmente. A informação que é selecionada da memória sensorial é transferida para o segundo estágio chamado de (2) *memória de curto prazo*, que se refere ao sistema de trabalho ativo da memória. Este guarda informações por até 30 segundos, podendo ser estendido através de repetições. Sua capacidade é limitada. Entretanto, é considerada uma memória de trabalho, pois imaginar, lembrar (informações antigas são recuperadas da memória de longo prazo) e solucionar problemas são processos que ocorrem na memória de curto prazo. As informações transferidas da memória sensorial e recuperadas da memória de longo prazo tornam-se conscientes, o que permite o entendimento de sentenças, textos, cálculos, etc. Na (3) *memória de longo prazo*, as informações que foram codificadas na memória de curto prazo são armazenadas. A mesma apresenta capacidade ilimitada de informações e é potencialmente permanente. A codificação acontece por repetição (números, datas, nomes) ou pelo significado das informações. A elaboração de informação acontece através de associações e relações entre informações. O sistema límbico ajuda a relacionar a informação com as emoções e as imagens visuais de forma a aumentar a codificação.

Os tipos de informação encontradas na memória de longo prazo são: *procedural*, como desempenhar diferentes habilidades, operações e ações; *episódica*: quando e como ocorreram determinados eventos ou episódios da vida; *semântica*, conhecimento geral que inclui fatos, nomes, definições, conceitos e idéias. Por fim, a memorização ocorre através de associações entre conceitos que podem ativar outras associações na rede semântica, o que é importante para o processo de aprendizagem.

Tinoco (2007) ainda trata dos conceitos relacionados ao pensamento, linguagem e inteligência:



**Pensamento** - compreende a manipulação de imagens mentais e conceitos. Estes são formados a partir das representações mentais que surgem da associação das imagens com a palavra podendo estar associado também aos sentimentos, emoções e sensações.

**Cognição** - é o termo que se refere às atividades mentais envolvidas na aquisição, retenção e no uso de conhecimento.

**Conceito** - é uma categoria mental que formamos para agrupar objetos, eventos ou situações que compartilham características semelhantes.

**Linguagem** - consiste num sistema de combinação de símbolos arbitrários a fim de produzir um número infinito de enunciados que tenham significados, podendo ser feita através de símbolos, sons, palavra escrita, gestos, sinais, etc.

Dessa forma, solucionar problemas refere-se ao pensamento e ao comportamento direcionados a atingir um objetivo que ainda não está disponível. Enquanto todas as habilidades cognitivas estão envolvidas na compreensão e na produção da linguagem. Ao utilizar a aprendizagem e memória, o indivíduo adquire e lembra o significado das palavras, interpretando as palavras e frases de acordo com a percepção que é subjetiva. A linguagem é usada para raciocinar, representar e solucionar problemas, tomar decisões, podendo influenciar no pensamento de várias formas.

Para Tinoco (2007), a inteligência, consiste em habilidades mentais diferentes que operam independentemente, sendo estudados, atualmente, nove tipos de inteligência: linguística, lógico-matemática, musical, espacial, cinestésico-corporal, interpessoal, subjetiva ou intrapessoal, naturalística, existencial. A inteligência bem sucedida compreende três tipos distintos de habilidades mentais: analítica, processos mentais utilizados na aprendizagem de como solucionar problemas, como escolher uma estratégia de solução de problema e aplicá-la; criativa, habilidade de lidar com situações novas usando habilidades e conhecimentos existentes; e prática, envolve habilidade de adaptar-se ao meio e em geral.

Segundo McGrew & Flanagan (1998) *apud* Almeida e Primi (2004), de acordo com os modelos mais recentes sobre a estrutura da inteligência, as capacidades humanas se organizam hierarquicamente em pelo menos dez áreas amplas de raciocínio além do fator g, sendo estas:

- **Inteligência Fluida (Gf)** - ligada às operações mentais de raciocínio em situações novas minimamente dependentes de conhecimentos adquiridos;

- **Conhecimento Quantitativo (Gq)** - ligada ao estoque de conhecimentos declarativos e de procedimentos quantitativos e à habilidade de uso da informação quantitativa e manipular símbolos numéricos;
- **Inteligência Cristalizada (Gc)** - ligada à extensão e profundidade dos conhecimentos adquiridos de uma determinada cultura;
- **Leitura e Escrita (Grw)** – ligada ao conhecimento adquirido em habilidades básicas requeridas na compreensão de textos e expressão escrita;
- **Memória de Curto Prazo (Gsm)** - ligada à habilidade associada à manutenção de informações na consciência por um curto espaço de tempo;
- **Processamento Visual (Gv)** - ligado à habilidade de gerar, perceber, armazenar, analisar, manipular e transformar imagens visuais;
- **Processamento Auditivo (Ga)** - ligada à habilidade associada à percepção, análise e síntese de padrões sonoros;
- **Armazenamento e Recuperação da Memória de Longo Prazo (Glr)** - definido como a extensão e fluência que itens de informação ou conceitos são recuperados por associação da memória de longo prazo;
- **Velocidade de Processamento (Gs)** - relacionado à habilidade de manter a atenção e realizar rapidamente tarefas simples automatizadas em situações que pressionam o foco da atenção; e
- **Rapidez de Decisão (Gt)** - ligada à rapidez em reagir ou tomar decisões envolvendo processamentos mais complexos.

Neste contexto encontra-se a Bateria de Prova de Raciocínio (BPR-5) que consiste em um instrumento de avaliação das habilidades cognitivas que oferece estimativas do funcionamento cognitivo geral e das forças e fraquezas em cinco áreas específicas, analisadas por meio de cinco subtestes, detalhados no Quadro 2.

**Quadro 2 - Baterias de Prova de Raciocínio (BPR-5) e seus cinco subtestes: Raciocínio verbal, abstrato, mecânico, espacial e numérico**

Prova	Descrição	Capacidade específica
Raciocínio verbal (RV)	Prova composta por 25 itens envolvendo analogia entre palavras. (Duração: 10 minutos)	Extensão do vocabulário; Capacidade de estabelecer relações abstratas entre conceitos verbais
Raciocínio Abstrato (RA)	Prova composta por 25 itens de conteúdo abstrato, envolvendo analogia com figuras geométricas. (Duração: 12 minutos)	Capacidade de estabelecer relações abstratas em situações novas para as quais se possui pouco conhecimento previamente aprendido;
Raciocínio Mecânico (RM)	Prova composta por 25 itens constituídos por gravuras que retratam um problema físico-mecânico e opção de resposta. (Duração: 15 minutos)	Conhecimento prático de mecânica e física; Capacidade de integrar as informações em textos com a figura descritiva da situação-problema
Raciocínio Espacial (RE)	Prova composta por 20 itens envolvendo os movimentos tridimensionais de uma série de cubos. (Duração: 18 minutos)	Capacidade de visualização, isto é, em formar representações mentais visuais e manipulá-las, transformando-as em novas representações;
Raciocínio Numérico (RN)	Prova comporta por 20 itens envolvendo a relação aritmética de uma série linear ou alternada de números. (Duração: 18 minutos)	Capacidade de raciocínio com símbolos numéricos em problemas quantitativos Conhecimento de operações aritméticas básicas.

Fonte: Almeida e Primi (2004)

A BPR-5 fundamenta-se nas concepções fatoriais mais recentes da inteligência. Em termos de fatores específicos adotando-se a terminologia do modelo CHC, 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 RE associa-se em parte à inteligência fluida, mas, principalmente, à capacidade de processamento visual (Gv), 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 manual do teste também fornece os valores em percentuais para que seja possível a comparação de acertos dos sujeitos 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.

## **5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

Neste capítulo, são apresentados os procedimentos metodológicos que serão adotados para este estudo, apresentando o tipo de pesquisa, população e amostra, bem como os procedimentos e instrumentos utilizados para a coleta e análise dos dados.

### **5.1 NATUREZA E CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA**

Quanto à abordagem, o mesmo se classifica como quantitativa, pois tenta traduzir em números opiniões e informações para classificá-las e analisá-las, usando de técnicas estatísticas e recursos computacionais.

De acordo com os objetivos, classifica-se como explicativa e experimental já que busca identificar os fatores responsáveis pelos efeitos dos fenômenos observados.

Ainda quanto aos objetivos, se caracteriza como exploratória, porque visa proporcionar maior entendimento sobre o conforto térmico e o desempenho dos estudantes; descritiva, porque descreve o conforto térmico e a relação com suas principais variáveis; assim como, explicativa, porque procura verificar se o conforto térmico pode ser considerado um fator condicionante para o desempenho dos estudantes.

Quanto aos meios, classifica-se como: bibliográfica, porque utiliza material já publicado como livros, teses, dissertações, artigos de periódicos, etc.; levantamento, pois os participantes serão interrogados de forma direta quanto a sua percepção térmica, de modo que mediante análise quantitativa, se possa chegar a conclusões referentes à relação entre a sensação térmica analiticamente calculada pelas diversas normas e o realmente observado; e como experimental, porque ao se desejar identificar a relação

entre o conforto térmico e o desempenho, será necessário definir formas de controle dos parâmetros envolvidos.

## 5.2 POPULAÇÃO E AMOSTRA

O estudo se realizará em ambientes de ensino inteligentes (*news ICT*) em áreas das regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul do Brasil, garantindo a homogeneidade de algumas variáveis que podem interferir na sensação de conforto dos indivíduos, tais como faixas etárias, peso, estatura, alimentação, taxa metabólica, tipo de vestimenta, etc. O experimento será realizado em salas de aula de turmas universitárias onde cada uma possui no entorno de 20 a 40 alunos. Espera-se avaliar no mínimo 18 (dezoito) salas, totalizando uma amostra de no mínimo 360 alunos.

## 5.3 VARIÁVEIS E INDICADORES

O quadro 3 apresenta as variáveis a serem analisadas no presente estudo bem como seus respectivos indicadores.

**Quadro 3 - Variáveis e indicadores da pesquisa**

	<b>VARIÁVEIS</b>	<b>INDICADORES</b>
<b>Parâmetros de Conforto</b>	Pessoais	Atividade desempenhada, $M$ , ( $W/m^2$ ); Isolamento térmico das vestes, $I_{cl}$ , (clo); bioimpedância, frequência cardíaca, pressão arterial, altura (m), peso (kg), idade, sexo.
	Ambientais	Temperatura do ar ( $^{\circ}C$ ); Temperatura radiante média, $t_{rm}$ , ( $^{\circ}C$ ); Velocidade do ar, $v_a$ , (m/s); Pressão parcial do vapor de água no ar ambiente, $p_a$ , (kPa);
<b>Parâmetros Subjetivos</b>	Sensação Térmica Avaliação térmica	Escala de sete pontos de percepção e preferências da ISO 10551/1995
<b>Desempenho</b>	Raciocínio	Raciocínio verbal (RV); Raciocínio Abstrato (RA); Raciocínio Mecânico (RM); Raciocínio Espacial (RE); Raciocínio Numérico (RN);

## 5.4 COLETA DE DADOS

Os dados serão obtidos durante a realização de experimentos realizados em sala de aula, sendo uma sessão por dia. Se possível, devem ser realizados em três dias consecutivos.

Os ensaios serão efetuados a três níveis de temperatura de bulbo seco, respectivamente de 24°C, 20°C e 30°C, faixas consideradas de conforto e desconforto térmico segundo normas internacionais. Em simultâneo com a temperatura será medida a umidade. Todos os dados necessários de temperatura e umidade serão medidos em contínuo ao longo de todo o ensaio, com intervalos de 60 segundos, no sentido de verificar a constância das condições de ambiente térmico. Os dados serão coletados em dois períodos, entre os meses de novembro e fevereiro, e de maio a agosto, de modo a cobrir as épocas mais quentes e mais frias do ano.

Em uma sessão prévia, os alunos serão orientados sobre a finalidade da pesquisa e quais os tipos de questionários que serão utilizados. Além disso, será feita uma explanação sobre a natureza das questões dos testes de raciocínio. Os alunos utilizarão computadores contendo uma bateria de testes. A senha para cada dia de testes só será disponibilizada no momento de sua realização, evitando assim que os participantes tomem conhecimento das questões que iram resolver.

A uma dada temperatura do ar, dar-se-á início à sessão. Ao chegarem à sala de aula, os alunos serão orientados a permanecer no ambiente até o início das atividades normais. Após 37 minutos de permanência no local, para estabilização térmica, iniciarão os testes de raciocínio ao minuto 40. Estes testes terão 40 minutos de duração máxima e logo ao final dos mesmos serão aplicados novamente os questionários de percepção e avaliação térmica. Os primeiros 37 minutos serão utilizados para explicação do projeto e seus objetivos. Sempre que a diferença entre a temperatura ambiente e a temperatura de ensaio exceda 2 °C, será feita a aclimação dos indivíduos durante o tempo necessário, de acordo com essa diferença de temperaturas. Os estudantes e os docentes envolvidos assinarão um consentimento informado sobre os ensaios, que serão submetidos às comissões de ética das instituições participantes.

Após a realização do experimento, as atividades dos alunos devem seguir normalmente, e a temperatura será novamente ajustada, de acordo com o habitual.

### **Variáveis Ambientais**

As medições das variáveis ambientais temperatura de bulbo seco ( $t_{bs}$ ), temperatura de bulbo úmido ( $t_{bu}$ ), temperatura de globo ( $t_g$ ) e umidade, serão realizadas por meio de uma estação microclimática de marca BABUC/A/M (figura 8), que permite a gravação

dos dados mediante a criação de um arquivo local, assim como transferência dos mesmos para um computador, onde podem ser processados através de aplicativos especializados ou com o auxílio de planilhas eletrônicas. O equipamento atende às exigências da Norma ISO-DIS 7726/1998; e o mesmo está devidamente calibrado por entidades acreditadas de referência (INPE-RN).

**Figura 3 - Estação microclimática BABUC-A. a) psicrômetro; b) termômetro de globo**



Seguindo o que estabelece a norma ISO 7726(1998), a estação microclimática será instalada no centro da sala, a uma altura - a ser definida - em relação ao solo, tendo em vista que os indivíduos se encontram sentados. Esta estação será programada para medir as variáveis a cada 60 segundos, desde a entrada dos alunos na sala de aula.

Por outro lado, se temperatura do globo for representativa, a temperatura do ar também a será, e o efeito dessa variação térmica no desempenho poderá ser determinado pela interação entre os termos referentes às duas temperaturas. Se o impacto da temperatura de globo for maior, pode ser que haja uma redução no desempenho devido ao aumento das fontes de calor presentes no ambiente de ensino, como por exemplo, as tecnologias utilizadas pelos alunos, e pelo aumento da temperatura de bulbo seco no ambiente, devido, possivelmente, às mudanças climáticas.

Quanto maior for a temperatura de globo em relação à temperatura do ar, maior poderá ser a redução no desempenho provocada pela carga térmica no ambiente. A diferença entre a temperatura de globo e a temperatura do ar pode ocorrer devido à radiação térmica superar a convecção. Logo, pode ser que havendo aumento da radiação térmica

no ambiente, haja um aumento da carga térmica, tendo assim um efeito ainda maior sobre o desempenho, haja vista que esses efeitos são sentidos pelas pessoas no referido ambiente.

Assim, se confirmadas as observações supracitadas, simularemos em câmara térmica os efeitos da radiação térmica no homem. Essa simulação será realizada no Laboratório de Prevenção de Riscos Ocupacionais e Ambientais (PROA) coordenado pelo professor doutor João Manuel Abreu dos Santos Baptista, sediado na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Com a evidência da radiação térmica nos ambientes de ensino, é fundamental verificar se o ambiente possui radiação não ionizante. Para tanto, utilizar-se-á o equipamento NBM550 com a Probe de campo elétrico de 100KHz à 6GHz, no sentido de detectar possíveis efeitos térmicos de radiação não ionizante nos ambientes de ensinos. Esses efeitos devem ser comparados com a radiação térmica, com o propósito de expressar na modelagem matemática o peso que cada uma possui.

### **Variáveis pessoais**

A todos os alunos participantes no ensaio será recolhida a seguinte informação: bioimpedância, frequência cardíaca, pressão arterial, altura, peso, idade, sexo, origem étnica. Estes dados serão recolhidos diretamente por dois elementos da equipe de pesquisa (investigação), devidamente treinado.

A bioimpedância será medida através de uma balança impedancímetro BC-601 que analisa com precisão a composição do organismo humano. Ela medirá instantaneamente diversos parâmetros: peso, taxa de gordura corporal, taxa de massa hídrica, taxa de gordura visceral, massa mineral óssea, necessidade calórica quotidiana, idade metabólica, massa muscular, IMC. A sua capacidade é de 150 kg e a balança mostra o peso com uma margem de 100 gramas. Outro fator importante, são os seus 8 eléctrodo, nos quais permitem mostrar os valores da composição corporal para cada segmento do corpo: braço, pernas, tronco. Os dados serão gravados num cartão SD com extrema precisão para análises.

A medida de pressão arterial fidedigna é pré-requisito necessário para verificar se há alunos com suspeita de elevação da pressão arterial ou com hipertensão arterial



estabelecida. Para tanto, utilizar-se-á um aparelho digital para monitorização da pressão arterial no período de 24 horas em intervalos variáveis de 20 a 30 minutos. E com o Monitor Cardíaco da Speedo modelo 58003 verificar-se-á os batimentos dos alunos e avaliando como a saúde dos mesmos se comporta durante as atividades em sala de aula.

O metabolismo dos alunos bem como a resistência térmica de suas vestes será verificado individualmente de acordo com a Norma ISO 9920/2007.

### **Parâmetros Subjetivos**

Os parâmetros subjetivos, como sensação térmica e preferência térmica dos estudantes pesquisados, serão 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.

### **Desempenho dos estudantes**

Baseando-se no estudo realizado por Lan *et. al.*(2011), devido à importância da cognição e do processamento de informações para a realização de determinadas atividades, o efeito do ambiente sobre o desempenho dos estudantes pode ser sistematicamente avaliado através de testes psicométricos sobre as funções neurocomportamentais.

Segundo Almeida e Primi (2004), a BPR-5 é um instrumento para auxiliar os profissionais no psicodiagnóstico, seleção profissional, orientação profissional, avaliação escolar, entre outras áreas, para verificar o funcionamento cognitivo geral.

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).

A fim de que ao final do experimento se pudesse comparar o desempenho dos alunos em todas as faixas de temperatura optar-se-á por decompor o BPR-5 e reorganizá-lo em 3 testes resumidos de mesmo nível de dificuldade, a serem aplicados a cada dia. Será estabelecido um peso para cada nível de questão, de forma que cada teste tenha como nota máxima 10.

Será desenvolvido um software, o *BPR-5 Info*, que possibilitará a aplicação e medição do tempo de resposta de cada questão. Dessa forma, a medida de desempenho passará a ser a nota obtida em cada teste dividido pelo tempo levado para respondê-la. O software será utilizado apenas durante a pesquisa com o objetivo de obter o tempo de resposta de cada indivíduo.

Dessa forma cada bateria será composta de 4 questões referentes a cada teste de raciocínio, como mostra o quadro 4.

**Quadro 4 - Subtestes de Raciocínio baseados na BPR-5**

Teste	Descrição
Raciocínio verbal (RV)	Consiste em 4 itens em que a relação analógica existente entre um primeiro par de palavras deverá ser descoberta e aplicada de forma que identifique a quarta palavra entre as cinco alternativas de resposta que mantenha a mesma relação com uma terceira apresentada. (Duração: 4 minutos)
Raciocínio Abstrato (RA)	Prova composta por 4 itens em que é necessário que se descubra a relação existente entre os dois primeiros termos e aplicá-la ao terceiro, para se identificar a quarta figura entre as cinco alternativas de resposta. (Duração: 8 minutos)
Raciocínio Mecânico (RM)	Prova composta por 4 itens constituídos por gravuras que retratam um problema e opção de resposta. As questões são compostas por problemas práticos que envolvem conteúdos físico-mecânicos. A resposta é dada escolhendo-se entre as alternativas de resposta aquela que melhor responde à questão proposta pelo problema. (Duração: 8 minutos)
Raciocínio Espacial (RE)	Prova composta por 4 itens nos quais existem séries de cubos tridimensionais em movimento. Os movimentos podem ser constantes, por exemplo, sempre para a direita, ou alternados, por exemplo, para esquerda e para cima. Descobrendo-se o movimento, por meio da análise das diferentes faces, deve escolher-se entre as alternativas de resposta a representação do cubo que se seguiria se o movimento descoberto fosse aplicado ao último cubo da série. (Duração: 10 minutos)
Raciocínio Numérico (RN)	Prova composta por 4 itens na forma de séries de números lineares ou alternadas, em que o sujeito deve descobrir qual a relação aritmética que rege as progressões nas séries e aplicá-la respondendo quais seriam os dois últimos números que completariam a série. (Duração: 10 minutos)

Quanto à dificuldade dos testes, Campos (2005) apresenta uma classificação de cada item em categorias: 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 a prova de Raciocínio mecânico (RM).

A partir dessa categorização serão selecionadas as questões a serem aplicadas em cada sessão do experimento. As classificações das questões escolhidas estão de acordo com a categorização de Campos (2005).

Após a realização dos mesmos será utilizada uma metodologia baseada no princípio do Processo Analítico Hierárquico (AHP) para a determinação dos pesos de cada uma delas. O princípio desse processo segundo Taha (2008), consiste em uma ferramenta de destaque no tratamento de decisões sob certeza, ou seja, nas quais o julgamento subjetivo é quantificado de maneira lógica e depois usado como base de decisão. A partir da porcentagem de acerto de cada uma das questões, serão determinados pesos relativos de acordo com a escala direta de 1 a 9, para comparação dos critérios, em que:

- $a_{ij} = 1$  significa que  $i$  e  $j$  tem *igual importância*;
- $a_{ij} = 5$  significa que  $i$  é *muito mais importante* que  $j$ ;
- $a_{ij} = 9$  significa que  $i$  é *muitíssimo mais importante* que  $j$ ;

De forma que se  $a_{ij} = k$ ,  $a_{ji} = 1/k$ .

Os pesos relativos serão obtidos através da normalização em uma nova matriz, em que foi verificado o nível de consistência da matriz de comparação. Dado  $w$  como o vetor coluna nos pesos relativos  $w_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$ ,  $A$  é considerada consistente se  $Aw = n_{max}w$ ,  $n_{max} \geq n$ .

A razão de consistência é calculada a partir das equações (13), (14) e (15).

$$CR = \frac{CI(\text{índice de consistência de } A)}{RI(\text{consistênci aleatória de } A)} \quad (13)$$

Em que:

$$CI = \frac{n_{max} - n}{n - 1} \quad (14)$$

$$RI = \frac{1,98(n-2)}{n} \quad (15)$$

De forma, que se  $CR \leq 0,1$ , o nível é considerado aceitável. Através da razão entre as notas obtidas em cada teste e o tempo de respostas das mesmas, obtem-se o desempenho dos estudantes para cada teste nas três faixas de temperatura.

O Desempenho em raciocínio total (Drt), portanto, levará em consideração a nota obtida em cada teste, com o respectivo tempo de resposta, distribuídos de acordo com as matrizes a e b.

$$Notas(x) = \begin{matrix} & \begin{matrix} Rv & Ra & Rm & Re & Rn \end{matrix} \\ \begin{matrix} x_{1,1} \\ x_{2,1} \\ x_{3,1} \\ x_{4,1} \end{matrix} & \begin{bmatrix} x_{1,2} & x_{1,3} & x_{1,4} & x_{1,5} \\ x_{2,2} & x_{2,3} & x_{2,4} & x_{2,5} \\ x_{3,2} & x_{3,3} & x_{3,4} & x_{3,5} \\ x_{4,2} & x_{4,3} & x_{4,4} & x_{4,5} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (\mathbf{a})$$

$$Tempo(t) = \begin{matrix} & \begin{matrix} Rv & Ra & Rm & Re & Rn \end{matrix} \\ \begin{matrix} t_{1,1} \\ t_{2,1} \\ t_{3,1} \\ t_{4,1} \end{matrix} & \begin{bmatrix} t_{1,2} & t_{1,3} & t_{1,4} & t_{1,5} \\ t_{2,2} & t_{2,3} & t_{2,4} & t_{2,5} \\ t_{3,2} & t_{3,3} & t_{3,4} & t_{3,5} \\ t_{4,2} & t_{4,3} & t_{4,4} & t_{4,5} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (\mathbf{b})$$

Assim, pode-se calcular o Drt de cada estudante para cada temperatura e umidade, de acordo com a equação (16).

$$D_{rt} = \frac{\sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^4 x_{ij}}{\sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^4 j_{ij}} \quad (16)$$

## 5.5 TRATAMENTO DOS DADOS

Com o tratamento dos dados busca-se descrever, analisar e prever relações entre as variáveis. Será realizado um estudo comparativo, a fim de identificar a relação entre os níveis de conforto estimados a partir das normas internacionais e a percepção térmica declarada pelos estudantes, através do uso de regressão linear.

Da mesma forma, com o uso de regressão polinomial, obter-se-á uma curva que correlaciona o desconforto térmico dos indivíduos à temperatura do ambiente.

No sentido de analisar a relação entre a frequência cardíaca do aluno e as condições térmicas nos ambientes de ensino, bem como observar se algum fator vinculado à própria bioimpedância do aluno possui algum vínculo na alteração dessa frequência, modelos matemáticos serão construídos através dos Modelos Lineares Generalizados (MLG).

Por fim, a fim de estabelecer a relação entre os parâmetros de conforto térmico e o desempenho dos estudantes, como variável resposta, identificando sua relação de influência, utilizar-se-á MLG. O tratamento dos dados e a modelagem matemática serão realizados com o auxílio dos softwares R, Statistica e Matlab.

Assim, a análise dos dados e a construção dos modelos matemáticos serão baseadas nos estudos realizados pelos autores CINCLAIR, M. A., DRURY, C. G.(1979); DOBSON, A. J. (1990); GARCÍA-HERRERO, Susana, MARISCAL, M.A., GARCÍA-RODRÍGUEZ, Javier; RITZEL, (2012); GOLDSTEIN, H. (1995); JOHNSON, Richard A., WICHERN, Dean W. (2007); KINAS, Paul Gerhard, ANDRADE, Humber Agrelli (2010); LINS, M.P.E.; MOREIRA, M.C.B. (1999); MIGON, Hélio S. et al. (2008); SAKAMOTO, Y. et al. (1986); SILVA, Luiz Bueno da et al. (2012); SOUZA, Erivaldo Lopes de; MARINHO, Tatianne Barros ; SANTOS, R. L. S. ; VASCONCELOS, Priscila Élide de Medeiros ; CAMERINO, Dácio L. ; SILVA, L. B. (2012); TURKMAN, M. A. A.; SILVA, G. L. (2000).

## **6 PRINCIPAIS CONTRIBUIÇÕES CIENTÍFICAS DA PROPOSTA A LUZ DA PNMC**

As contribuições a seguir contemplam as preocupações mencionadas na lei número 12.187 de 29/12/2009 da PNMC, decreto de 15/09/2010, artigo 2, cap VI, quando se refere ao impacto dos efeitos da mudança climática nos sistemas humanos; cap VIII, enfatizando que a mudança de clima pode ser direta ou indiretamente atribuída à atividade humana; artigo 5, cap VI, ressaltando a promoção e desenvolvimento de pesquisas científicas-tecnológicas no sentido de identificar certas vulnerabilidades, adotando medidas de adaptação adequadas; e ainda no mesmo artigo, cap XIII, estimula e apoia a manutenção e a promoção de padrões sustentáveis de produção e consumo.

### **Contribuições**

**6.1** Face à norma ISO 7730/2005 se basear em um estudo apresentado por Fanger em 1970 onde o elemento amostral de sua pesquisa incluía o homem europeu, parte dos Estados Unidos e do Canadá, propomos um modelo matemático para previsão de condições térmicas para ambientes de ensino inteligentes (*new ICT*) segundo características do homem brasileiro.

**6.2** Levando em consideração a grande inserção de novas tecnologias nos ambientes de trabalho, o que pode gerar aumento de radiação não ionizante ao longo do tempo, este estudo pretende identificar que variáveis térmicas poderão ter maior influência no

desempenho da pessoa, haja vista que o senso comum e mesmo alguns trabalhos publicados a nível internacional atribuem o nível de conforto térmico apenas à temperatura de bulbo seco do ar, sem levar em consideração a influência de fatores já amplamente conhecidos como a umidade ou a temperatura radiante em termos globais.

**6.3** A radiação não ionizante dissipada pelas tecnologias é transformada em radiação térmica, que somada às do homem, do ambiente e às das variáveis climáticas e pessoais, resultam na elevação total da radiação térmica no recinto. Logo, a temperatura do ar não é, necessariamente, a variável mais representativa, mas apenas mais um parâmetro a ter em consideração em conjunto com todas as outras variáveis envolvidas no fenômeno. Ou seja, espera-se obter modelos matemáticos capazes de verificar o peso relativo da radiação não ionizante e das restantes variáveis térmicas no desempenho dos usuários que utilizam essas tecnologias. Esta constatação poderá promover subsídios para as normas a nível nacional e internacional no tocante a padrões de conforto térmico, quando o ambiente sofrer influências de radiações.

**6.4** Tendo em vista a subjetividade dos julgamentos sobre percepção térmica por parte dos indivíduos, e mais especificamente dos estudantes, observa-se a necessidade de quantificar os efeitos do desconforto térmico sobre o desempenho dos mesmos, principalmente quando os ambientes destes alunos são providos de inovações tecnológicas de comunicação e informação (*news ICT*), fazendo surgir um novo fator: radiações não-ionizantes. Aliados a esse novo fator e ao aumento da temperatura do ar nos ambientes de ensino, o qual poderá ser advindo da elevação da temperatura média em todas as regiões brasileiras, decorrente das mudanças climáticas, pretendemos construir um modelo matemático para estimar o quanto a radiação térmica poderá interferir no desempenho, e quais as repercussões que ela poderá trazer para a saúde dos alunos.

**6.5** A temperatura corporal humana média está entre 36°C e 37,5°C, adaptando-se com facilidade ao meio ambiente externo desde que não haja condições adversas. Quando há aumento da temperatura (ou quando há diversas fontes de calor no ambiente, geradas pelo próprio homem e por equipamentos como microcomputadores, laptops, sistemas multimídias, isto é, *News ICT*), o cérebro envia ao corpo sinais que induzem ao aumento do suor e à vasodilatação (processo que torna o nosso rosto mais avermelhado em situações principalmente de calor), que tem como objetivo a perda de calor para o meio externo. Se houver aumento da temperatura e da umidade nos ambientes de ensino os

alunos poderão ter alterações nas suas frequências cardíaca e respiratória, nos seus metabolismo celular e processo de digestão, com reflexos na perda do raciocínio. Assim, torna-se necessária a construção de um modelo matemático para verificar o quanto as variações térmicas nos ambientes de ensino inteligentes (*News ICT*) poderão interferir na frequência cardíaca dos alunos.

## 7 ORÇAMENTO DETALHADO

<b>PLANILHA ORÇAMENTÁRIA</b>				
<b>Universidade Federal da Paraíba - Centro de Tecnologia</b>				
<b>Departamento de Engenharia de Produção</b>				
<b>CUSTEIO(CO)</b>				
<b>ITEM</b>	<b>DISCRIMINAÇÃO</b>	<b>QUANT.</b>	<b>VALOR UNITÁRIO (R\$)</b>	<b>VALOR TOTAL (R\$)</b>
1	Passagem aérea JPA/MAU/JPA Coleta de dados no inverno e verão (Técnico (2) e Pesquisador (2))	4	3.000,00	12.000,00
1.1	Diária (nacional) Despesas com traslado, hotel e alimentação para Técnico e Pesquisador	24	320,00	7.680,00
2	Passagem aérea JPA/SLZ/JPA Coleta de dados no inverno e no verão (Técnico (2) e Pesquisador (2))	4	3.000,00	12.000,00
2.1	Diária (nacional) Despesas com traslado, hotel e alimentação para Técnico (2) e Pesquisador (2)	24	320,00	7.680,00
3	Passagem aérea JPA/THE/JPA Coleta de dados no inverno e verão (Técnico (2) e Pesquisador (2))	4	2.000,00	8.000,00
3.1	Diária (nacional) Despesas com traslado, hotel e alimentação para Técnico e Pesquisador	24	320,00	7.680,00
4	Passagem aérea JPA/BSB/JPA Coleta de dados no inverno e verão (Técnico (2) e Pesquisador (2)) e duas reuniões p/ coord (2)	6	2.000,00	12.000,00
4.1	Diária (nacional) Despesas com traslado, hotel e alimentação para Técnico e Pesquisador, e para participação em duas reuniões	26	320,00	8.320,00
5	Passagem aérea JPA/CPQ/JPA	4	2.000,00	8.000,00



	Coleta de dados no inverno e verão (Técnico (2) e Pesquisador (2))			
5.1	Diária (nacional) Despesas com traslado, hotel e alimentação para Técnico e Pesquisador	24	320,00	7.680,00
6	Passagem aérea JPA/FLN/JPA Coleta de dados no inverno e no verão (Técnico (2) e Pesquisador (2))	4	2.000,00	8.000,00
6.1	Diária (nacional) Despesas com traslado, hotel e alimentação para Técnico e Pesquisador	24	320,00	7.680,00
7	Passagem aérea João Pessoa / Porto / João Pessoa (estudos e simulação dos efeitos térmicos no organismo humano em câmara térmica no Laboratório de Prevenção de Riscos Ocupacionais e Ambientais (PROA) da Universidade do Porto)	1	5.000,00	5.000,00
7.1	Diárias (internacional) Despesas com traslado, hotel e alimentação para um pesquisador (cotação de R\$ 2,30xU\$250=575,00)	14	575,00	8.050,00
8	Serviços de terceiros Tradução; Manutenção e calibração de equipamentos	5	1.000,00	5.000,00
9	Material de consumo (expediente e peças de reposição para a estação microclimática BABUC)	15	500,00	7.500,00
<b>SUBTOTAL</b>				<b>132.270,00</b>
<b>CAPITAL(CL)</b>				
1	<i>Notebook</i> (apoio na coleta de dados e na geração de relatórios em cada instituição das regiões brasileiras)	7	2.800,00	19.600,00
2	Microcomputador (apoio na análise de dados, simulação e calibração dos modelos no laboratório)	6	1.700,00	10.200,00
3	Impressora Epson tanque L800 (impressão de ofícios, relatórios de pesquisa, papers, artigos)	1	1.200,00	1.200,00
4	Projeter Multimídia (palestras, seminários, reuniões, aulas no laboratório – vídeo conferência)	2	3.000,00	6.000,00
5	Impressora HP LaserJet (impressão de documentos, fotos, plantas, layouts, gráficos)	1	900,00	900,00

6	NBM550 com Probe de campo elétrico de 100KHz à 6GHz (detectar efeitos térmicos de radiação não ionizante em ambientes de ensino)	1	52.550,00	52.550,00
7	Balança TANITA impedancímetro BC-601(análise da composição do organismo do discente)	5	2.000,00	10.000,00
8	Monitorização Ambulatorial de Pressão Arterial (M.A.P.A)(avaliar a pressão e/ou a hipertensão do aluno)	5	2.500,00	12.500,00
9	Frequencímetro (avaliar os batimentos cardíacos do aluno)	80	200,00	16.000,00
10	Material bibliográfico (livros e normas nacionais e internacionais que serão utilizadas como suporte instrumental e técnico-científico)	25	200,00	5.000,00
<b>SUBTOTAL</b>				<b>133.950,00</b>
<b>BOLSA(BA)</b>				
	ATP (Duas) (uma bolsa p/ instituição da região norte e outra p/ região nordeste)	72	400,00	28.800,00
	ITI (Duas) (uma bolsa p/ instituição da região centro oeste e outra p/ região sudeste)	72	400,00	28.800,00
<b>SUBTOTAL</b>				<b>57.600,00</b>
<b>TOTAL</b>				<b>323.820,00</b>

## 8 CRONOGRAMA FÍSICO-FINANCEIRO

Distribuição dos itens a serem adquiridos ao longo dos 36 meses (R\$)

Recursos	2014		2015		2016		TOTAL
	1º semestre	2º semestre	1º semestre	2º semestre	1º semestre	2º semestre	
Serviços de terceiros	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00		1.000,00	5.000,00
Notebook	9.800,00	9.800,00					19.600,00
Microcomputador	5.100,00	5.100,00					10.200,00
Impressora L800	1.200,00						1.200,00
Projetor multimídia	6.000,00						6.000,00
Impressora HP LaserJet		900,00					900,00
NBM550 com a Probe de campo elétrico de 100KHz à 6GHz		52.550,00					52.550,00
Balança TANITA impedancímetro BC-601		10.000,00					10.000,00
Monitorização Ambulatorial de Pressão Arterial (M.A.P.A)		12.500,00					12.500,00
Frequencímetro		16.000,00					16.000,00
Material bibliográfico		2.000,00	2.000,00	1.000,00			5.000,00
Material de consumo	1.000,00	1.500,00	2.500,00	2.500,00			7.500,00
Bolsa ATP	4.800,00	4.800,00	4.800,00	4.800,00	4.800,00	4.800,00	28.800,00
Bolsa ITI	4.800,00	4.800,00	4.800,00	4.800,00	4.800,00	4.800,00	28.800,00
Passagens aéreas		24.000,00	17.000,00	24.000,00			65.000,00
Diárias		14.000,00	27.050,00	13.720,00			54.770,00
Percentual	10,41%	49,09%	18,27%	16,00%	2,96%	3,27%	100,00%

## 9 EQUIPE E COLABORADORES

<b>NOME</b>	<b>ESPECIALIDADE/ORIGEM</b>	<b>FUNÇÃO NO PROJETO</b>
José Felício da Silva, Dr.	Engenharia Biomédica - Engenharia Clínica Hospitalar da UNB	Colaborador
Elisa Brosina de Leon, Dra.	Fisiologia – UFAM	Colaboradora
Antonio Souto Coutinho, Dr.	Conforto Térmico - UFPB	Colaborador
João Manuel Abreu dos Santos Baptista, Dr.	Conforto Térmico – UP, PT	Pesquisador
Antonio Augusto de Paula Xavier, Dr.	Conforto e Stress Térmico – UTFPR	Colaborador
Luiz Bueno da Silva, Dr.	Ergonomia Ambiental e Modelagem Matemática – UFPB	Coordenador
Bárbara Iansa de Lima Barroso, MSc	Terapia Ocupacional - UFPB	Colaboradora
Ruy Alberto P. Altafim, Dr	Modelagem Computacional – UFPB	Pesquisador
Leticia Z. M. Altafim, MSc	Terapia Ocupacional - UFPB	Colaboradora
Erivaldo L. de Sousa, MSc	Modelagem Matemática – UFPB	Técnico
Wellinton de Assunção, MSc	Qualidade e Produtividade – UEMA	Colaborador
Roberta de Lourdes Silva dos Santos, MSc	Ergonomia Ambiental – Governo do Estado da Paraíba	Colaboradora
Marinho Gomes de Andrade Filho, Dr.	Modelagem Matemática – ICMC/USP	Pesquisador
Antonio Farias Leal, Dr.	Engenharia de Materiais – UFPB	Pesquisador
Maria Gabriela Ornilo Correia	Engenharia de Produção – UFPB	Apoio técnico
Pedro Arezes, PHd	Higiene e Saúde Ocupacional – UM, PT	Pesquisador
Lizandra Garcia Lupi Verdara, Dra.	Ergonomia – UFSC	Colaboradora
Francisco Soares Másculo, PHd	Saúde Ocupacional - UFPB	Colaborador
Elaine Soares Gonçalves de Medeiros	Ergonomia Ambiental – UFPB	Técnica

## **10 COLABORAÇÕES OU PARCERIAS JÁ ESTABELECIDAS COM OUTROS CENTROS DE PESQUISA**

### **10.1 Parceria entre o LAT/DEP/CT/UFPB e o INCEMAQ (2013-atual)**

Anuência da Reitoria da UFPB para a participação do Laboratório de Análise do Trabalho do Departamento de Engenharia de Produção sob a responsabilidade do professor Dr. Luiz Bueno da Silva, matrícula SIAPE 63366203, no projeto do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia Interface Cérebro-Máquina (INCEMAQ), coordenado pelo Dr. Miguel Nicolelis.

### **10.2 Convênio entre PPGEP/CT/UFPB e a Universidade do Porto (2012-atual)**

O convênio tem como principal interesse convergente da UFPB e da U.PORTO em relação a questões de desenvolvimento nas áreas da **Ergonomia e Segurança, Higiene e Saúde Ocupacionais**. O presente termo tem por objetivo estabelecer um regime de estreita cooperação técnico-científica entre a Universidade Federal da Paraíba – UFPB e a Universidade do Porto – U.PORTO. Pretendem as duas instituições estabelecerem uma relação privilegiada, promovendo a troca de experiências, docentes, investigadores e estudantes entre elas no âmbito das áreas de investigação em Ergonomia e Segurança, Higiene e Saúde Ocupacionais. Essas áreas são consubstanciadas, na UFPB, pelo PPGEP e departamento, pelo Laboratório de Análise do Trabalho; na UP, pelos cursos de Mestrado em Engenharia de Segurança e Higiene Ocupacionais (MESH0), pelo Programa Doutoral em Segurança e Saúde Ocupacionais (DemSSO), pelo Laboratório de Prevenção de Riscos Ocupacionais e Ambientais (PROA) coordenado pelo professor doutor João Manuel Abreu dos Santos Baptista, sediado na Faculdade de Engenharia da U.Porto e pelo Laboratório de Biomecânica da Universidade do Porto (LABIOME), sediado na Faculdade de Desporto da mesma Universidade.

### **10.3 UFPB – Universidade Técnica de Lisboa (2010 – Atual)**

A parceria estabelecida entre a Universidade Federal da Paraíba e a Universidade Técnica de Lisboa (UTL), tendo como protagonistas o proponente deste projeto e o Professor Francisco Rebelo (UTL), se firmou através de parcerias em projetos apoiados e financiados por órgãos como CAPES e CNPq, como a Escola Tecnológica de Verão e a Realidade Virtual aplicados à Ergonomia.

**10.4 UFPB – Universidade do Minho (UM) (2006-Atual)**

A parceria vem sendo estabelecida através do professor PhD Pedro Arezes (UM) nos projetos realizados na área de Ergonomia Ambiental e nos comitês científicos do Simpósio de Engenharia de Produção da Região Nordeste, Simpósio Internacional de Segurança Ocupacional e Escola Tecnológica de Verão realizada pelo PPGEP.

**10.5 UFPB – Instituto de Ciências e Matemática Computacional (ICMC/USP) (2010-Atual)**

Desenvolvimento de projetos com o professor Dr Marinho Gomes de Andrade Filho propondo aplicação de Modelagem Hierárquica Bayesiana, Séries Temporais e Modelagem Linear Generalizada (MLG) em estudos na área de Ergonomia e Segurança do Trabalho; e parceria na realização da Escola Tecnológica de Verão.

**10.6 UFPB – CHESF- ANEEL (2007-2010)**

Cooperação entre os laboratórios: Materiais – UFCG; Análise do Trabalho – UFPB; Métodos Quantitativos Aplicados – UFPB; Energia Solar – UFPB; e Laboratório de Ensaio de Materiais e Estruturas – UFPB. Projeto: Isolantes térmicos para fachadas e coberturas do semi-árido; Financiamento: CHESF-ANEEL-CAPES-CNPq. Este projeto foi coordenador pelo proponente deste projeto.

**10.7 UFPB – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (2005-2006)**

Projeto: Avaliação das condições termofísicas nas indústrias de alimentos da cidade de Itapetinga/BA. – Financiado pela UESB-UFPB.

**11 DISPONIBILIDADE EFETIVA DE INFRA-ESTRUTURA PARA O DESENVOLVIMENTO DO PROJETO**

Os equipamentos que serão utilizados nesta pesquisa bem como apoio técnico-científico estão vinculados ao Laboratório de Análise do Trabalho (LAT) do Departamento de Engenharia de Produção da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Laboratório de Ergonomia da Universidade do Minho; e do Laboratório de Prevenção de Riscos Ocupacionais e Ambientais (PROA) e Laboratório de Biomecânica (LABIOME), ambos da Universidade do Porto. Teremos apoio técnico-científico das instituições Governo do Estado da Paraíba, UFPI, UEMA, UFAM, UFTPR, UFSC, ICMC/USP e da SEC/UNB (Engenharia Clínica do Hospital da Universidade de Brasília).

## 12 CRONOGRAMA DE ATIVIDADES

As atividades foram identificadas em forma de itens, com respectivo tempo de desenvolvimento alocado para as mesmas e de acordo com a metodologia.

Atividades:	Descrição:
(1)	Revisão bibliográfica, calibração de equipamentos, teste piloto
(2)	Avaliação térmica/desempenho em salas de aula – regiões norte e nordeste do Brasil
(3)	Avaliação térmica/desempenho em salas de aula – regiões centro-oeste, sudeste e sul do Brasil.
(4)	Desenvolvimento de modelos matemáticos das avaliações realizadas
(5)	Simulação e calibração dos modelos matemáticos
(6)	Análise dos resultados obtidos
(7)	Relatórios e publicações

Duração total: 36 meses

Atividades	Semestres					
	1°	2°	3°	4°	5°	6°
(1)						
(2)						
(3)						
(4)						
(5)						
(6)						
(7)						

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKIMOTO, T.; TANABE, S.; YANAI, T, SASAKI, M, Thermal comfort and productivity – Evaluation of workplace environment in a task conditioned Office, Building and Environment, vol 45 (2010), 45-50,

ALMEIDA, Leandro S.; PRIMI, Ricardo. Perfis de capacidades cognitivas na Bateria de Provas de Raciocínio (BPR-5). Psicologia Escolar e Educacional, 8:135-144, 2004.

AMERICAN SOCIETY OF HEATING REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS, Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy, Atlanta: ASHRAE, 2004, 28 p,

BAERHR, H, D.; STEPHAN, K, Heat and Massa Transfer, 3° ed, Springer, 2011,

BAKÓ-BIRO, Z.; KOCHHAR, N.; CLEMENTS-CROOME,; AWBI, H.; WILLIAMS, M, Ventilation Rates in Schools and Learning Performance, In: Proceedings of Clima, , WellBeing Indoors, Helsinki, 2007,

BERTOLINI, M.; BOTTANI, E. RIZZI, A.; BEVILACQUA, M. Lead time reduction through ICT application in the footwear industry: A case study. *International Journal of Production Economics*, 110: 198-212, 2007.

CALABRESE, Armando. Service productivity and service quality: A necessary trade-off? *Int. J. Production Economics*, 135: 800–812, 2012.

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

CAPOVILLA, A, G, S, (2007), Contribuições da neuropsicologia cognitiva e da avaliação neuropsicológica à compreensão do funcionamento cognitivo humano, Disponível em:< <http://pepsic.bvs-psi.org.br/pdf/cap/v6n11/v6n11a05.pdf>> Acesso em: 14 de março de 2012 às 22:28h,

CHENG, Yuanda; NIU, Jianlei; GAO, Naiping. Thermal comfort models: A review and numerical investigation. *Building and Environment*, 47:13-22, 2012.

CINCLAIR, M. A., DRURY, C. G. Mathematical modelling in ergonomics. *Applied Ergonomics*, v. 10, 1979. p. 225-234.

CONTADOR, José Celso. Gestão de operações: a engenharia de produção a serviço da modernização da empresa. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2004.

CORGNATI,S,P.; FILIPPI,M.; VIAZZO, S, Perception of the thermal environment in high school and university classrooms: Subjective preferences and thermal comfort, *Science Direct, Buildings and Environment* 42, 2007.

COUTINHO, A. S. Conforto e Insalubridade Térmica em Ambientes de Trabalho. João Pessoa: Editora Universitária/UFPB/PPGEP, 2 ed., 2005.

DAWAL, S. Z.; TAHA, Z.; ISMAIL, Z. Effect of job organization on job satisfaction among shop floor employees in automotive industries in Malaysia. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 39: 1-6, 2009.

DOBSON, A. J. An introduction to generalized linear models. 2.ed. New York:Chapman & Hall; 1990.

EBRAHIMIPOUR, V.; AZADEH, A.; REZAIE, K.; SUZUKI, K. A GA-PCA approach for power sector performance ranking based on machine productivity. *Applied Mathematics and Computation*, 186: 1205-1215, 2007.

FANGER, P,O, *Thermal Comfort: Analysis Engineering*, Kingsport: McGraw – Hill, 1970,

FÄRE, Rolf; GROSSKOPF, Shawna; ROOS, Pontus. Productivity and quality changes in Swedish pharmacies. *International Journal of Production Economics*, v. 39, n. 1, p. 137-144, 1995

GALLOIS, N. S. P.. Análise das condições de stress e conforto térmico sob baixas



temperaturas em indústrias frigoríficas de Santa Catarina. 2002. 140fls. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC: UFSC, 2002.

GARCÍA-HERRERO, Susana; MARISCAL, M.A. ; GARCÍA-RODRÍGUEZ, Javier; RITZEL, Dale O. Working conditions, psychological/physical symptoms and occupational accidents. Bayesian network models. *Safety Science* 50, 2012, p. 1760–1774

GAZZANIGA, M. S.; IVRY, R. B.; MANGUN, G. R. *Cognitive neuroscience: The biology of the mind*, New York: W. W. Norton & Company, 2002.

GUÉRIN, F, *et all*, *Compreender o trabalho para transformá-lo*, Ed, ABDR, São Paulo, 2001,

GOLDSTEIN, H. *Multilevel Statistical Models*. 2ª edição, John Wiley & Sons, New York. 1995.

GUYTON, Arthur C., HALL, John E, *Textbook of Medical Physiology*, Philadelphia, PA: WB Saunders; 2006, pp, 899–900, 11th ed,

IEA - Internacional Ergonomics Association, *Definition of Ergonomics*, 2000, Disponível em: <[http://www.iea.cc/01\\_what/What%20is%20Ergonomics.html](http://www.iea.cc/01_what/What%20is%20Ergonomics.html)>, Acesso em: Março de 2012 às 00:37h,

IIDA. I. *Ergonomia – Projeto e Produção*. São Paulo: Blucher, 2 ed. 2005.

INÁCIO, Magda. *Manual do Formando - O Processo de Aprendizagem*. Manual de formação em contexto de trabalho, Formação de Tutores. Lisboa, 2007

INCROPERA, F. P; DEWITT, D.P. *Fundamentos de Transferência de Calor e de Massa*, 4ª Edição”, LCT Livros Técnicos e Científicos Editora S,A,, São Paulo, Brasil,1996,

ISO 10551, *Ergonomics of the thermal environment - Assessment of the influence of the thermal environment using subjective judgement scales*, Genebra, 1995,

ISO 7726, *Ergonomics: instruments for measuring physical quantities*, Genève: ISO, 1998,

ISO 7730: *Ergonomics of the thermal environment — Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria*, Geneva, 2005,

ISO 9920, *Ergonomics of the thermal environment -- Estimation of thermal insulation and water vapour resistance of a clothing ensemble*, Geneve, ISO: 2007,

JOHNSON, Richard A., WICHERN, Dean W. *Applied multivariate statistical analysis*. New Jersey: Prentice Hall, 6ª ed., 2007. 800p.

KADEFORS, Roland; ENGSTRÖM, Tomas; PETZÄLL, Jan; SUNDSTRÖM, Lars. Ergonomics in parallelized car assembly: a case study, with reference also to productivity aspects. *Applied Ergonomics*, 27: 101-110, 1996.

KARWOWSKI, Waldemar *The discipline of ergonomics and human factors*, Capítulo 1, In *Handbook of Human Factors and Ergonomics*, 3ª ed, John Wiley & Sons, USA, 2006.

KINAS, Paul Gerhard, ANDRADE, Humber Agrelli. *Introdução à análise bayesiana (com R)*. Porto Alegre: maisQnada, 2010. 240p.

KROEMER, Karl; KROEMER, Anne. *Office Ergonomics*. Taylor & Francis, New York, 2001. Caps: 1, 2 e 3.

KWOK, A.G.; CHUN, C, *Thermal Comfort in Japanese Schools*, Elsevier, *Solar Energy*; vol 74, p 245-252 ; 2003,

LAN, Li; LIAN, Zhiwei; PAN, Li; YE, Qian, Neurobehavioral approach for evaluation of office workers' productivity: The effects of room temperature, *Building and Environment*, 2011, 44: 1578-1588,

LAN, Li; WARGOCKI, Pawel; LIAN, Zhiwei, Quantitative measurement of productivity loss due to thermal discomfort, *Energy and Buildings*, 2011, Vol 43: 1057-1062,

LEE, B. L.; RAO, D. S. P.; SHEPHERD, W. Comparisons of real output and productivity of Chinese and Indian manufacturing, 1980–2002. *Journal of Development Economics*, 84: 378-416, 2007.

LEE, M, C.; MUI, K, W.; WONG, L, T.; CHAN, W, Y.; LEE, E, W, M.; CHEUNG, C, T, Student learning performance and indoor environmental quality (IEQ) in air-conditioned university teaching rooms, *Building and Environment* 49, 238 – 244, 2012.

LEZAK, M. D. Domains of behavior from a neuropsychological perspective: The whole story, In: W, Spaulding (Ed.), *Nebraska Symposium on Motivation* (pp, 1992-1993), Lincoln: University of Nebraska Press, 1995.

LINS, M.P.E.; MOREIRA, M.C.B. Método I-O Stepwise para Seleção de Variáveis em Modelos de Análise Envoltória de Dados. *Pesquisa Operacional*, 19(1), 1999, p. 39-50.

McARDLE, W. D.; KATCH, F. L.; KATCH, V. L. *Fisiologia do Exercício, Energia, Nutrição e Desempenho Humano*. Rio de Janeiro: Editora Guanabara, 1985b Cap. 11: Diferenças individuais e mensurações das capacidades energéticas. p. 122-139.

MCGREW, K. S., & FLANAGAN, D. P.. *The intelligence test desk reference (ITDR) – Gf–Gc cross battery assessment*. Boston: Allyn and Bacon., 1998.

MIGON, Hélio S. et al. *Modelos hierárquicos e aplicações*. São Pedro: ABE – Associação Brasileira de Estatística, 18º SINAPE, 2008. 279p.

MONTEIRO, L, M, Modelos preditivos de conforto térmico: quantificação de relações entre variáveis microclimáticas e de sensação térmica para avaliação e projeto de

espaços abertos, Tese (Doutorado – Tecnologia da Arquitetura) – FAUUSP, São Paulo, 2008.

MORAN, Michael J.; SHAPIRO, Howard N, Fundamentals of Engineering Thermodynamics, 5º ed, Wiley, 2006.

MOREIRA, D. A. Administração da Produção e Operações. 5 ed. São Paulo: Pioneira, 2000.

MORS,S,;HENSEN, J,L,M,;LOOMANS, M,G,L,C,; BOERSTRA,A,C, Adaptive thermal comfort in primary school classrooms: Creating and validating PMV-based comfort charts, ELSEVIER- Building and Environment, 2011.

NAKANE, Marcio I. WEINTRAUB, Daniela B. Bank Privatization and Productivity: Evidence for Brazil. World Bank Policy Research Working Paper No. 3666, 2005.

NATARAJ, Shanthi. The impact of trade liberalization on productivity: Evidence from India's formal and informal manufacturing sectors. Journal of International Economics, 85: 292-301, 2011.

NIEMELÄ, R.; HANNULA, M.; RAUTIO, S.; REIJULA, K.; RAILIO, J, The effect of air temperature on labour productivity in call centres - a case study, Energy and Buildings, vol 34, 759-764, 2002.

OLESEN, B. Indoor environment – health-comfort and productivity, Proceedings of Clima 2005, Lausanne, 2005.

PIVETTA, Marcus. Brazilian model of the Global Climate System (nº 2009/50528-6); Modalidade Projeto Temático PFCMCG/Pronex FAPESP; Coord. Carlos Nobre/Inpe; 2013.

RAMSTETTER, Eric D. Labor productivity, wages, nationality, and foreign ownership shares in Thai manufacturing, 1996–2000. Journal of Asian Economics, 14: 861-884, 2004.

RUAS, A.C. Avaliação de Conforto Térmico – Contribuição à Aplicação Prática das Normas Internacionais, 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil, da Universidade Estadual de Campinas, FUNDACENTRO, 69p.

SAS, Katalin, SUARES, Adrian. Priorities for occupational safety and health research in Europe: 2013-2020. Luxembourg: Publications Office of the European Union, ISBN: 978-92-9240-068-2, doi: 10.2802/25457, European Agency for Safety and Health at Work, 2013.

SAKAMOTO, Y. et al. Akaike Information Criterion Statistics. Tokio: KTK Scientific Publisher/D. Riedel, 1986. 256 p.

SCHELLEN, L.; LOOMANS, M. G. L. C.; KINGMA, B. R. M.; WIT, M. H.; FRIJNS, A. J. H.; VAN MARKEN LICHTENBELT, W. D. The use of a thermophysiological

model in the built environment to predict: Coupling with the indoor environment and thermal sensation. *Building and Environment*, 59: 10-22, 2013.

SEPPÄNEN, O.; FISK, W,J.; LEI, Q,H, Effect of temperature on task performance in office environment, IN: 5th International Conference on Cold Climate Heating, Ventilating, and Air Conditioning, Moscow, 2005.

SIEMENSLAB, Temperature Detection and Thermoregulation, <[http://www.siemenslab.de/research\\_detection.html](http://www.siemenslab.de/research_detection.html)>, Acesso em: Fevereiro de 2012 às 09:00h,

SILVA, L. B. Análise da relação entre Produtividade e conforto térmico: o caso dos digitadores do centro de processamento de dados da Caixa Econômica Federal de Pernambuco. Florianópolis. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, 2001.

SILVA, Luiz Bueno da et al. Bayesian modeling approach for data analysis of acoustic comfort in classrooms of primary education in João Pessoa, Paraíba, Brazil. Guimarães, PT: SPOSHO, ISBN 978-972-99504-8-3, SHO2012. 437-439p.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. Administração da Produção. 3. Ed. São Paulo: Atlas, 2009.

SONNTAG, R, E.; BORGNAKKE, C.; WYLEN, G, J, V, Fundamentos da Termodinâmica, Tradução da 6ª Edição Americana, São Paulo: Editora Edgard Blücher, 2003,

SOUZA, Erivaldo Lopes de; MARINHO, Tatianne Barros ; SANTOS, R. L. S. ; VASCONCELOS, Priscila Élide de Medeiros ; CAMERINO, Dácio L. ; SILVA, L. B. Procedimentos de regressão robusta para o estudo da relação entre produtividade e conforto térmico. *Pesquisa Operacional para o Desenvolvimento*, v. 4, 2012. 187-199p.

STERNBERG, R,J, Psicologia Cognitiva, Porto Alegre: Ed, ArtMed, 2000,

STESKENS P.; LOOMANS, M. G. L. C. Performance indicators for health, comfort and safety of the indoor environment. *Clima*, 2010 e X REHVA World Congress. Antalya, Turkey, 2010.

TAHA, H. A. *Pesquisa Operacional*. 8. ed. São Paulo: Pearson, 2008.

THAM, K, W.; Tham\*, WILLEM, Henry Cahyadi, Room air temperature affects occupants' physiology, perceptions and mental alertness, *Building and Environment* 45 (2010) 40–44

THUN Jörn-Henrik; LEHR, Christian B.; BIERWIRTH, Max. Feel free to feel comfortable—An empirical analysis of ergonomics in the German automotive industry. *Int. J. Production Economics*, 133: 551–561, 2011.

TINOCO, Denise Hernandes. *Psicologia da aprendizagem*. Apostila, Pós-graduação em Psicopedagogia, Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium, Lins–SP, 2007. Disponível em:

[http://www.salesianolins.br/~notas/apostilas/Pos\\_Graduacao/Metodologia%20do%20Ensino%20Superior/Psicologia%20da%20Aprendizagem/PsicologiadaAprendizagem.pdf](http://www.salesianolins.br/~notas/apostilas/Pos_Graduacao/Metodologia%20do%20Ensino%20Superior/Psicologia%20da%20Aprendizagem/PsicologiadaAprendizagem.pdf). Acesso em: Janeiro de 2013.

TURKMAN, M. A. A.; SILVA, G. L. Modelos Lineares Generalizados – da teoria à prática. Universidade de Lisboa parcialmente financiado por FCT - PRAXIS XXI – FEDER . 2000. 151p.

WAY, W. I., KRITIKOS, H, SCHWAN H. Thermoregulatory physiologic responses in the human body exposed to microwave radiation. *Bioelectromagnetics*, 2: 341–356. doi: 10.1002/bem.2250020406, 2005.

WIDMAIER, E. P.; RAFF, H.; STRANG, K. T. Fisiologia humana: os mecanismos das funções corporais. 9. ed.. Rio de Janeiro, RJ: Guanabara Koogan, 2006.

WONG, N, H.; KHOO, S, S, Thermal comfort in classrooms in the tropics, *Energy and Buildings*, vol 35 (2003) 337–351,

XAVIER, A, A, P, Predição de conforto térmico em ambientes internos com atividades sedentárias, teoria física aliada a estudos de campo, Florianópolis, Tese, Doutorado em Engenharia de Produção, Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, 2000,

XAVIER, A, A, P.; Condições de Conforto Térmico para estudantes de 2º grau na região de Florianópolis, 1999, Dissertação, mestrado em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999,

YAU, Y, H; CHEW, B, T, *Thermal comfort study of hospital workers in Malaysia*, *Indoor Air*, 19: 500–510, 2009.