



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
LABORATÓRIO DE ANÁLISE DO TRABALHO**

**ANÁLISE SOBRE CONFORTO TÉRMICO E DESEMPENHO NOS
AMBIENTES DE ENSINO COM *VIDEO DISPLAY TERMINALS (VDT)*:
ESTUDOS DE MULTICASOS NO NORDESTE DO BRASIL E NORTE DE
PORTUGAL**

Projeto de pesquisa submetido ao
Conselho Nacional de
Desenvolvimento Científico e
Tecnológico (CNPq), vinculado ao
MCTI/CNPq N° 14/2013

Faixa de financiamento C – Até R\$ 120.000,00

**Proponente: Prof. Dr. Luiz Bueno da Silva
Coordenador do Laboratório de Análise do Trabalho**

João Pessoa, Maio 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.....	6
3.3 METAS.....	7
4 REFERENCIAL TEÓRICO.....	7
4.1 NOÇÕES SOBRE CALOR.....	7
4.1.1 MECANISMOS DE TRANSMISSÃO DE CALOR	8
4.1.2 FISIOLOGIA DA TERMORREGULAÇÃO.....	11
4.2 VARIÁVEIS DO CONFORTO TÉRMICO.....	15
4.2.1 METABOLISMO.....	15
4.2.2 VESTIMENTAS.....	18
4.2.3 TEMPERATURA DO AR (°C)	19
4.2.4 TEMPERATURA RADIANTE MÉDIA – T_{RM} (°C)	20
4.2.5 VELOCIDADE DO AR, V (M/S)	20
4.2.6 VELOCIDADE RELATIVA DO AR, V_{AR} (M/S).....	20
4.2.7 UMIDADE RELATIVA DO AR (%)	20
4.3 PRODUTIVIDADE E CONFORTO TÉRMICO	21
4.4 ERGONOMIA E DESEMPENHO COGNITIVO.....	26
4.5 APRENDIZAGEM, INTELIGÊNCIA E A BATERIAS DE PROVA DE RACIOCÍNIO (BPR-5).....	31
5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	37
5.1 NATUREZA E CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA.....	37
5.2 POPULAÇÃO E AMOSTRA.....	38
5.3 VARIÁVEIS E INDICADORES.....	38
5.4 COLETA DE DADOS	39
5.5 TRATAMENTO DOS DADOS.....	44
6 PRINCIPAIS CONTRIBUIÇÕES CIENTÍFICAS OU TECNOLÓGICAS DA PROPOSTA	45
7 ORÇAMENTO DETALHADO	46

8 EQUIPE EXECUTORA	48
9 COLABORAÇÕES OU PARCERIAS JÁ ESTABELECIDAS COM OUTROS CENTROS DE PESQUISA NA ÁREA.....	49
10 DISPONIBILIDADE EFETIVA DE INFRA-ESTRUTURA E DE APOIO TÉCNICO PARA O DESENVOLVIMENTO DO PROJETO.....	53
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54

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, 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 que é 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, quão 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, acarretando 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, etc. Desta forma, a qualidade do ambiente interno, como combinação complexa

de variáveis como condições térmicas, visual e acústico, 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 nas organizações como um todo. As condições ambientais podem representar maior influência sobre a produtividade dos trabalhadores quando comparada à insatisfação e o stress no trabalho, o que justifica o custo-benefício de se investir em sua melhoria. E a baixa qualidade do ar e 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). Mas existe pouca informação sobre a influência da temperatura do ar em ambiente de ensino, principalmente quando ele é provido de *VDTs (Video Display Terminals)*, o que pode colaborar para o aumento de radiação não-ionizante no recinto, tornado-se importante investigar a importância de outras variáveis (e não isoladamente a temperatura de bulbo seco do ar) do balanço térmico no 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. Essa subjetividade faz com que a percepção sobre o ambiente 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, etc., podem agravar a sensação de desconforto.

Diante do caráter subjetivo na 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, subpopulações 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, ocupantes das 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.

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.

3 OBJETIVOS E METAS A SEREM ALCANÇADOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Analisar a relação entre conforto térmico e o desempenho de estudantes nos ambientes com *Video Display Terminals (VDT)* em áreas das regiões nordeste do Brasil e norte de Portugal.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Identificar quais as funções cognitivas utilizadas durante o processo de aprendizagem;
- b) Aplicar testes que avaliem o desempenho cognitivo em diferentes faixas de temperatura do ar;
- c) Comparar o desempenho em função do conforto térmico entre as regiões nordeste do Brasil e norte de Portugal;

- d) Comparar os votos de sensação térmica dos estudantes e os determinados analiticamente através do modelo da ISO 7730/2005.

3.3 METAS

- Mensuração do desempenho de 320 alunos;
- Avaliação da percepção térmica de 320 alunos;
- Construção de 2 (dois) modelos matemáticos para prever as condições térmicas ideais nos ambientes de ensino com *VDT* segundo a percepção dos alunos;
- Proposição de 1 (um) modelo matemático para avaliar a relação entre as variáveis térmicas (em ambiente de ensino com *VDT*) e desempenho (alunos).

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.

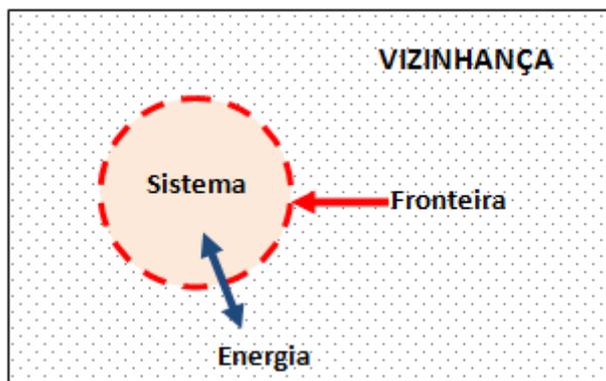


Figura 1 - Definição de Sistema

4.1.1 MECANISMOS DE TRANSMISSÃO DE CALOR

Devido a 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 apresentarem 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^2) 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 ($W/m^2.K$), 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 $0K$ 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 ϵ , 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 σ 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, ε 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 $\pm 2^\circ\text{C}$ 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):

- a) 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.
- b) 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.
- c) 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.
- d) Evaporação – A cada grama de água que evapora insensivelmente a partir da pele e dos pulmões, 0,58kcal 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 à propósito de regulação, ao contrário da evaporação de suor.

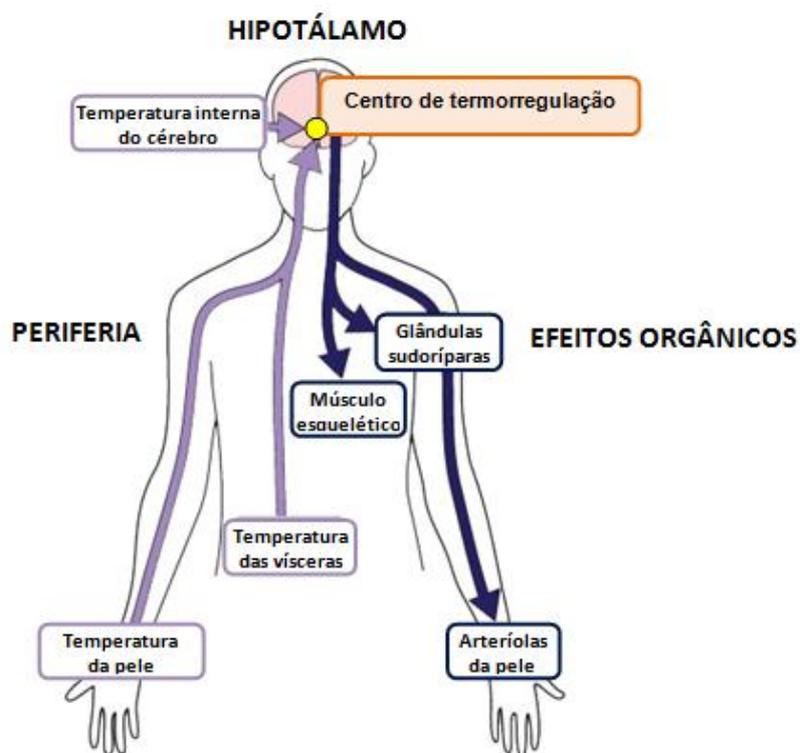
Devido ao fato de gerar calor durante a realização de trabalho, o corpo humano é comparado a uma “máquina térmica”. Com isso, segundo Coutinho (2005), o corpo não pode apresentar saldo positivo ou negativo em seu balanço térmico. Isto porque, o primeiro caso implicaria no aumento da temperatura interna, 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 autonômicas, 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):

1. **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.

2. **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.
3. **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):

1. **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.
2. **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.
3. **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 abordadas 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), é de 44 W/m² para os homens e 41 W/m² para as mulheres.

As inúmeras atividades realizadas pelo homem implicam em taxas metabólicas diferentes, ou seja, demandam quantidades distintas de energia.

Em geral esta taxa pode ser obtida em laboratórios de fisiologia por meio da equação 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 CO₂ produzido e O₂ consumido;

V_{O₂} = oxigênio consumido.

A_{Du} =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 m². 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 segundo ISO 7730/2005

Atividade	Taxa Metabólica (W/m²)
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

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):

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

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 $0,155m^2 \cdot ^\circ C/W$. 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 4.

Tabela 2 - Índice de resistência Térmica para vestimentas

Vestimenta	Isolamento Térmico	
	clo	m ² .°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)

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. Em psicometria é denominada temperatura de bulbo seco. 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 pelas 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 7726/1996.

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 E CONFORTO TÉRMICO

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); ambiente hospitalar, Lillbank *et al.* (2002); sistema bancário, Nakane e Weintraub (2005), e Silva (2001).

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 conseqüências 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 CO₂ (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.

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

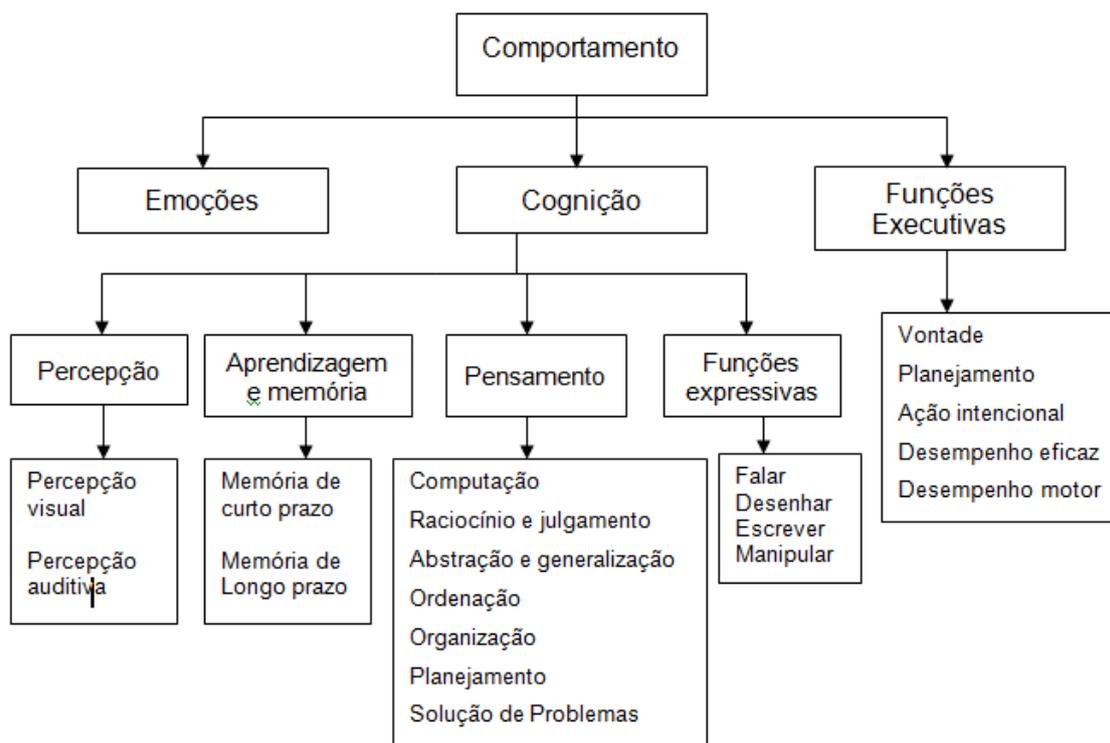
pacientes com lesões ou disfunções cerebrais, e o teste de modelos do funcionamento cognitivo normal.

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 auto-regulado. 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 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 A 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 se utilizam de 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 se 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, guardando-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 à 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 um 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:

- a) **Inteligência Fluida (Gf)** - ligada às operações mentais de raciocínio em situações novas minimamente dependentes de conhecimentos adquiridos;
- b) **Conhecimento Quantitativo (Gq)** - ligada ao estoque de conhecimentos declarativos e de procedimentos quantitativos e à habilidade de uso da informação quantitativa e manipular símbolos numéricos;
- c) **Inteligência Cristalizada (Gc)** - ligada à extensão e profundidade dos conhecimentos adquiridos de uma determinada cultura;
- d) **Leitura e Escrita (Grw)** – ligada ao conhecimento adquirido em habilidades básicas requeridas na compreensão de textos e expressão escrita;
- e) **Memória de Curto Prazo (Gsm)** - ligada à habilidade associada à manutenção de informações na consciência por um curto espaço de tempo;
- f) **Processamento Visual (Gv)** - ligado à habilidade de gerar, perceber, armazenar, analisar, manipular e transformar imagens visuais;
- g) **Processamento Auditivo (Ga)** - ligada à habilidade associada à percepção, análise e síntese de padrões sonoros;
- h) **Armazenamento e Recuperação da Memória de Longo Prazo (Glr)** - definido como a extensão e fluência que itens de informação ou conceitos são recuperados por associação da memória de longo prazo;
- i) **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
- j) **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)	<ul style="list-style-type: none"> • 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)	<ul style="list-style-type: none"> • 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)	<ul style="list-style-type: none"> • 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)	<ul style="list-style-type: none"> • 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)	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidade de raciocínio com símbolos numéricos em problemas quantitativos • Conhecimento de operações aritméticas básicas.

Fonte: Almeida e Primi (2000)

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 com *VDT (Video Display Terminals)* em áreas das regiões Nordeste do Brasil e Norte de Portugal, 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 40 alunos. Espera-se avaliar no mínimo 8 (oito) salas, totalizando no mínimo uma amostra de 320 alunos. A escolha das regiões é devido às diferenças do clima e da semelhança entre o homem brasileiro e o homem português.

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

	VARIÁVEIS	INDICADORES
Parâmetros de Conforto	Pessoais	Atividade desempenhada, M , (W/m^2); Isolamento térmico das vestes, I_{cl} , (clo);
	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);
Parâmetros Subjetivos	Sensação Térmica Avaliação térmica	Escala de sete pontos de percepção e preferências da ISO 10551/1995
Desempenho	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, em três dias consecutivos, onde a temperatura de bulbo seco será de 24°C, 20°C e 30°C, faixas consideradas de conforto e desconforto térmico segundo normas nacionais e internacionais. No Brasil os dados serão coletados no mês de dezembro e, em Portugal, em Junho, estação verão.

Em uma sessão prévia, os alunos serão orientados sobre a finalidade da pesquisa e quais os tipos de questionários que seriam utilizados. Além disso, será feita uma explanação sobre a natureza das questões dos testes de raciocínio. Os alunos utilizarão notebooks para instalação de software 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 40 minutos de permanência no local iniciarão os testes de raciocínio. Estes testes terão 40 minutos de duração máxima e logo ao final dos mesmos serão aplicados os questionários de percepção e avaliação térmica.

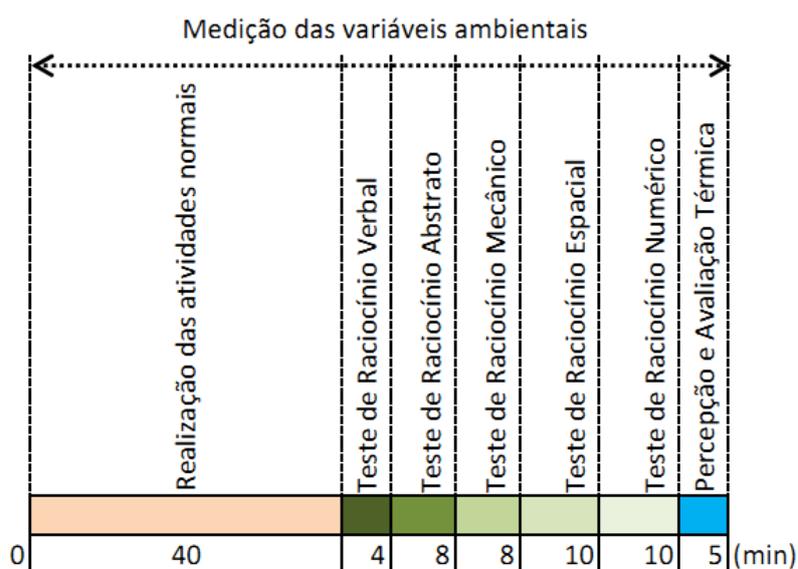


Figura 3 - Procedimento experimental

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

Variáveis Ambientais

As medições das variáveis ambientais temperatura de bulbo seco (t_{bs}), temperatura de bulbo úmido (t_{bu}) e temperatura de globo (t_g) 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 uma PC, 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.



**Figura 4 - 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 5 minutos, desde a entrada dos alunos na sala de aula.

Variáveis pessoais

O metabolismo dos usuários bem como a resistência térmica de suas vestes serão posteriormente estabelecidas de acordo com a Norma ISO 9920/95.

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 (2000), 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 cadete.

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. Descobrimo-se o movimento, por meio da análise das diferentes faces, deve escolher-se entre as alternativas de resposta a representação do cubo que se seguiria se o movimento descoberto fosse aplicado ao último cubo da série. (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 (RN); 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 *multíssimo 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 (D_{rt}), 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.

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

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

Assim, pode-se calcular o D_{rt} de cada estudante para cada temperatura, de acordo com a equação (16).

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

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.

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 Modelos Lineares Generalizados (MLG), sendo o tratamento dos dados realizado com o auxílio do *software* R.

6 PRINCIPAIS CONTRIBUIÇÕES CIENTÍFICAS OU TECNOLÓGICAS DA PROPOSTA

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 com VDTs** segundo características do **homem luso-brasileiro**.

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 verificar quais variáveis térmicas poderão ter maior influência no desempenho da pessoa, haja vista que o senso comum atribui o nível de conforto térmico especificamente à temperatura de bulbo seco do ar.

3. **A radiação não ionizante dissipada pelos VDTs 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 pode não ser isoladamente a variável mais representativa**, mas um parâmetro que leve em consideração todas as variáveis envolvidas no fenômeno, inclusive a temperatura do ar e a radiação térmica. Ou seja, espera-se obter modelos matemáticos capazes de verificar o peso relativo da radiação não ionizante e das variáveis térmicas no desempenho dos usuários de VDTs. Esta constatação poderá promover **subsídios para as normas nacional e internacional** no tocante a padrões de conforto térmico quando o ambiente sofrer influências de **radiações não ionizantes**.

7 ORÇAMENTO DETALHADO

PLANILHA ORÇAMENTÁRIA				
Projeto Universal Universidade Federal da Paraíba Centro de Tecnologia Departamento de Engenharia de Produção Laboratório de Análise do Trabalho				
CUSTEIO				
ITEM	DISCRIMINAÇÃO	QUANT.	VALOR UNITÁRIO (R\$)	VALOR TOTAL (R\$)
1	Passagem aérea internacional	2	3.000,00	6.000,00
2	Diária (exterior)	10	440,00	4.400,00
3	Passagem aérea nacional	6	1.000,00	6.000,00
4	Diária (nacional)	30	187,83	5.619,90
SUBTOTAL				22.019,90
CAPITAL				
1	Projektor	1	1.799,00	1.799,00
2	Notebook	1	2.799,00	2.799,00
3	Microcomputador	3	1.200,00	3.600,00
4	Cadeira	3	300,00	900,00
5	Mesa	3	270,00	810,00
6	Impressora Laser	1	500,00	500,00
SUBTOTAL				10.408,00
TOTAL				32.427,90

Recursos	Ano 2014				Ano 2015				TOTAL
	1º trimestre	2º trimestre	3º trimestre	4º trimestre	1º trimestre	2º trimestre	3º trimestre	4º trimestre	
Passagem aérea internacional	3.000,00					3.000,00			R\$ 6.000,00
Diárias	2.200,00					2.200,00			R\$ 4.400,00
Passagem Aérea Nacional		3.000,00							R\$ 3.000,00
Diárias		2.600,00							R\$ 2.600,00
Passagem Aérea Nacional			3.000,00						R\$ 3.000,00
<i>Diárias</i>			3.019,90						R\$ 3.019,90
Projedor	1.799,00								R\$ 1.799,00
Notebook	2.799,00								R\$ 2.799,00
Microcomputador	3.600,00								R\$ 3.600,00
Cadeira	900,00								R\$ 900,00
Mesa	810,00								R\$ 810,00
Impressora Laser	500,00								R\$500,00
TOTAL	R\$ 15.608,00	5.600,00	6.019,90			5.200,00			32.427,90
Percentual	48,13%	17,27%	18,56%	0,00%	0,00%	16,04%	00,00%	0,00%	100,00%

8 EQUIPE EXECUTORA

- Professor Luiz Bueno da Silva, PPGE/CT/UFPB, Coordenador
CPF. 116.877.031-91
- Professor Antonio Souto Coutinho, LAT/CT/UFPB, Colaborador
CPF 005.766.704-72
- Professor Miguel Otávio Barreto Campos Melo, LAT/CT/UFPB,
Colaborador
CPF: 147.314.604-68
- Professor Francisco Rebelo, Universidade Técnica de Lisboa,
Faculdade de Motricidade Humana, Pesquisador.
- Professor Pedro Miguel Ferreira Martins Arezes, Universidade do
Minho, Campus Guimarães, Pesquisador.
- Professor João Manuel Abreu dos Santos Baptista, Universidade
do Porto, Pesquisador
- Professora Celina Maria Godinho Silva Pinto Leão, Universidade
do Minho, Campus Guimarães, Pesquisadora
- Professor Marinho Gomes de Andrade Filho, Instituto de Ciências
Matemáticas e Computacional, USP, Colaborador
CPF: 134.598.484-72
- Eivaldo Lopes de Souza, LAT/CT/UFPB, Técnico
CPF: 053.677.794-25
- Roberta de Lourdes Silva dos Santos, SEE/PB, Técnico
CPF: 010.631.064-00
- Elaine Victor Gonçalves Soares, Mestranda em Engenharia de
Produção, PPGE/CT/UFPB, Colaboradora.
CPF: 081.658.384-66

9 COLABORAÇÕES OU PARCERIAS JÁ ESTABELECIDAS COM OUTROS CENTROS DE PESQUISA NA ÁREA

▪ **Convênio entre PPGEP 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 (MESHO), pelo Programa Doutoral em Segurança e Saúde Ocupacionais (DemSSO) e pelo Laboratório de Prevenção de Riscos Ocupacionais e Ambientais (PROA) do Centro de Investigação em Geoambiente e Recursos (CIGAR).

▪ **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. Esta parceria poderá ser estendida através de proposta encaminhada à chamada “Ciências sem Fronteira”, onde se propõe que professores da Universidade Técnica de Lisboa possam interagir de maneira mais sólida com a UFPB em estudos de **Realidade Virtual aplicados à Ergonomia**, contribuindo assim de maneira significativa com a execução deste projeto.

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

A parceria vem sendo estabelecida junto às participações dos professores Luiz Bueno da Silva (proponente) e 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 PPGEF.

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

Desenvolvimento de projetos propondo aplicação de Modelagem Hierárquica Bayesiana, Séries Temporais e Modelagem Linear Generalizada (MLG) em estudos na área de **Ergonomia Ambiental**; e parceria na realização da Escola Tecnológica de Verão.

- **UFPB – UFCG (2007-2010)**

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

- **PROCAD UFPB – COPPE/UFRJ (2008-2012)**

Parceria que proporciona a alunos e professores do PPGEF/UFPB realização de projetos de pesquisas vinculados a mestrado-sanduíche e pós-doutoramento na COPPE/UFRJ e em outras instituições brasileiras na área de **Engenharia do Trabalho** e Engenharia Econômica; e viabiliza ainda a realização de missões de trabalho.

- **PRÓ-ENGENHARIA UFPB – UFPE (2008-2013)**

Desenvolvimento de projetos de Mestrado e Doutorado em conjunto com o Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da UFPB em áreas da Engenharia de Produção.

- **PRÓ-ENGENHARIA UFPB – UFF (2008-2013)**

Desenvolvimento de projetos de Mestrado e Doutorado em conjunto com o Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da UFPB em áreas da Engenharia de Produção.

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

Projeto: Avaliação das condições termofísicas nas indústrias de alimentos da cidade de Itapetinga/BA.

- **Projetos de pesquisa desenvolvidos na área de Ergonomia Ambiental com o apoio dos órgãos de fomento CNPq, CAPES, FINEP, SEBRAE, Banco do Nordeste, Caixa Econômica, a saber:**

1. Estudos Ergonômicos e de Saúde Ocupacional em Escolas Municipais de João Pessoa
2. Comportamento térmico das superfícies na determinação das temperaturas internas das edificações;
3. Coleta e análise de dados de conforto acústico para construção de modelo regressivo;
4. Construção de modelo bayesiano para estudos de conforto acústico;
5. Um estudo sobre a insalubridade térmica de trabalhadores em um protótipo central de concreto e argamassa na cidade de Juazeiro do Norte-CE

6. Condições térmicas e suas implicações na saúde do trabalhador em indústria de panificação;
7. Análise comparativa entre um modelo teórico e a sensação térmica declarada por trabalhadores em ambientes com VDT;
8. Análise das Condições Termoambientais do Setor de Digitação do Instituto de Medicina Legal do Estado da Paraíba;
9. Projeto e construção de um medidor de condutividade térmica de materiais alternativos de construção civil;
10. Análise das condições térmicas e lumínicas do Arquivo Geral do Departamento Estadual de Trânsito do Estado da Paraíba;
11. Análise das condições de trabalho em UTIs;
12. Avaliação de conforto térmico realizada num ambiente da Agência Cabo Branco da Caixa Econômica Federal;
13. Condições termoambientais em setores de fisioterapia da Fundação de Apoio ao Deficiente Físico-FUNAD;
14. Avaliação das condições de conforto térmico e dos níveis de iluminância na seção de coleções específicas da Biblioteca Central da UFPB;
15. Análise das condições de conforto termoambientais no laboratório de computação gráfica do Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba;
16. Análise de modificações simuladas nas cobertas dos galpões industriais da região metropolitana de João Pessoa;
17. Avaliação das condições termoambientais a que estão submetidos os trabalhadores de uma rede coletora de esgotos sanitários;
18. Análise do nível de conforto térmico da Sala de Processamento de uma unidade de alimentação e nutrição, sob o ponto de vista de segurança do trabalho;
19. Avaliação das condições termoambientais a que estão submetidos operários da construção civil na atividade de escavação de valas;

20. Avaliação das condições de trabalho na cozinha do Restaurante Universitário/Campus I/UFPB.
21. Análise das condições termoambientais nas ruas da Cidade de Patos;
22. Estudo das condições de conforto térmico de uma edificação de tijolos de terra crua;
23. Análise de fatores determinantes de conforto térmico ambiental na padronização de conjuntos habitacionais de baixa renda – o caso dos apartamentos de Mangabeira VII, João Pessoa (PB);
24. Parâmetros climatológicos para o estudo do balanço termo-energético de edificações na cidade de João Pessoa;
25. Avaliação das condições de trabalho ao ar livre na construção civil em clima quente e seco na Cidade de Juazeiro do Norte (CE);
26. A Arquitetura de uma indústria gráfica e o conforto térmico no ambiente de trabalho;
27. Estudo da qualidade do ar e das condições termoambientais na atividade de trabalhadores de serigrafia numa indústria de calçados;
28. Comparação entre índices de avaliação térmica aplicados em ambientes internos e externos (correlação entre conforto e produtividade) na Escola Agro-Técnica de Bananeiras.
29. Estudo do desempenho termoambiental de materiais não convencionais aplicados em habitações populares - Análise comparativa da influência do forro de PVC nas condições térmicas de habitações

10 DISPONIBILIDADE EFETIVA DE INFRA-ESTRUTURA E DE APOIO TÉCNICO 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) do Centro de Investigação em Geoambiente e Recursos (CIGAR) da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP). Este apoio técnico-científico será dado por técnicos de laboratórios, alunos graduados e alunos regularmente matriculados nos cursos de graduação de Engenharia de Produção Mecânica e Engenharia de Produção Plena. Os alunos de pós-graduação em Engenharia de Produção coordenarão as atividades técnicas e participarão na coleta, análise dos dados e na construção da modelagem matemática aplicado ao estudo proposto.

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.

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*, 3º 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,

BANDLER JR, R, J.; MADARAS, G, R.; BEM, D, J, *Auto-observação com uma fonte de percepção de dor*, IN: JOHNSON, H, H.; SOLSO, R, L, *Uma Introdução ao planejamento experimental em psicologia: Estudos de caso*, São Paulo, EPU, 1975,

BECKER, S.; POTCHTER, O.; YAAKOV, Y. Calculated and observed human thermal sensation in an extremely hot and dry climate. *Energy and Buildings*, 35: 747–756, Elsevier, 2003.

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,

CAREY, Gregory. Quantitative Methods in Neuroscience. University of Colorado, 2012. Disponível em: <http://psych.colorado.edu/~carey/qmin/qmin.php>. Acesso em: novembro de 2012.

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

CONCEIÇÃO, G, M, S,; SALDIVA, P, H, N,; SINGER, J, M, Modelos MLG e MAG para análise da associação entre poluição atmosférica e marcadores de morbimortalidade: uma introdução baseada em dados da cidade de São Paulo, *Rev, bras, epidemiol*, vol,4 no,3 São Paulo Nov, 2001

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

COOK, R. Dennis; WEISBERG, Sanford. *Residuals and influence in regression*, New York, NY: Chapman & Hall, 1982. Disponível em >
http://conservancy.umn.edu/bitstream/37076/1/Cook_Weisberg_Residuals_and_Influence.pdf

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)

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.

DJONGYANG, N,; TCHINDA, R,; NJOMO, D, *Thermal comfort: A review paper*, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 14, Elsevier, 2010,

EBRAHIMIPOUR, V,; AZADEH, A,; REZAI, 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,

FARAWAY, Julian J. *Extending the Linear Model with R: Generalized Linear, Mixed Effects and Nonparametric Regression Models*. London: Chapman&Hall/CRC, 2006

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

FIELD, Andy; MILES, Jeremy; FIELD, Zoë. *Discovering statistics using R*. LA, USA: Sage, 2012.

FOX, John. *Applied Regression Analysis and Generalized Linear Models*. 2ª ed., 2008.

FROTA, A,; SCHIFFER, S, *Manual de Conforto Térmico: arquitetura, urbanismo*, — 5, ed, — São Paulo : Studio Nobel, 2001,

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

GIL, Antonio Carlos, *Como elaborar projetos de pesquisa*, 4, Ed, São Paulo: Atlas, 2002,

- GUÉRIN, F, *et al*, Compreender o trabalho para transformá-lo, Ed, ABDR, São Paulo, 2001,
- GUYTON, Arthur C., HALL, John E, *Textbook of Medical Physiology*, Philadelphia, PA: WB Saunders; 2006, pp, 899–900, 11th ed,
- HAN, J, ZHANG, G., ZHANG, Q., ZHANG, JIANLONG, L., TIAN, L, ZHENG, C., HAO, J., LIN, J., LIU, Y., MOSCHANDREAS, D,J, Field study on occupants' thermal comfort and residential thermal environment in a hot-humid climate of China, *Building and Environment* 2007, 42: 4043-4050,
- IEA - Internacional Ergonomics Association, Definition of Ergonomics, 2000, Disponível em: <http://www.iea.cc/01_what/What%20is%20Ergonomics.html>, Acesso em: Março de 2012 às 00:37h,
- INÁCIO, Magda. Manual do Formando - O Processo de Aprendizagem. Manual de formação em contexto de trabalho, Formação de Tutores. Lisboa, 2007
- INÁCIO, Magda. Manual do Formando - O Processo de Aprendizagem. Manual de formação em contexto de trabalho, Formação de Tutores. Lisboa, 2007
- Incropera, F,P, and 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,
- 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,
- KROEMER, Karl; KROEMER, Anne. *Office Ergonomics*. Taylor & Francis, New York, 2001. Caps: 1, 2 e 3.
- KUT, Elvan; SCHAFFNER, Nils; WITTEWER, Amrei; CANDIA, Victor; BROCKMANN, Meike; STORK, Claudio; FOLKERS, Gerd, Changes in self-perceived role identity modulate pain perception, *Pain*, 131, Elsevier, 2007,
- KWOK, A,G.; CHUN, C, Thermal Comfort in Japanese Schools, Elsevier, *Solar Energy*; vol 74, p 245-252 ; 2003,
- LAMBERTS,R; XAVIER, A, A, P, Conforto térmico e stress térmico, Apostila, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002,
- LAN, Li; LIAN, Zhiwei; PAN, Li; YE, Qian, Neurobehavioral approach for evaluation of office workers' productivity: The effects of room temperature, *Building and Environment*, 2009, 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 (2012) 238 – 244,
- Lezak, M, D, (1994), 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,
- LIN, Z.; DENG, S, *A study on the thermal comfort in sleeping environments in the subtropics—developing a thermal comfort model for sleeping environments*, *Building and Environment*, 43:70–80, 2008,
- LINS, F, G, A, A, *Predição De Conforto Térmico Em Climas Tropicais Com Regionalização Dos Parâmetros De Normas Internacionais*, 2005, Disponível em: www.higieneocupacional.com.br/download/conforto-lins.pdf, Acesso em: Novembro de 2010,
- MÁSCULO, F, S, *Ergonomia, higiene e segurança do trabalho*, In: Capítulo 6, BATALHA, MO, organizador, *Introdução à Engenharia de Produção*, Elsevier, Rio de Janeiro, 2008,
- McDONALD, Barry. A Teaching Note on Cook's Distance - A Guideline. *Res. Lett. Inf. Math. Sci.* (2002), 3, 127-128
- McGrew, K. S., & Flanagan, D. P. (1998). *The intelligence test desk reference (ITDR) – Gf–Gc cross battery assessment*. Boston: Allyn and Bacon. (EU USEI COMO APUD... NÃO PRECISAVA TER NA REFERÊNCIA)
- 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*, 5^o ed, Wiley, 2006,
- 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 (2002), 759-764,
- Olesen, B, 2005, *Indoor environment – health-comfort and productivity*, *Proceedings of Clima 2005*, Lausanne

- PARSONS, K, C, The effect of gender, acclimation state, the opportunity to adjust clothing and physical disability on requirements for thermal comfort, Energy and Buildings, Elsevier, 2002,
- PRIMI, Ricardo; ALMEIDA, Leandro S. Estudo de Validação da Bateria de Provas de Raciocínio (BPR-5). Psicologia: Teoria e Pesquisa. Vol. 16: 165-173, 2000.
- PRIMI, Ricardo; ALMEIDA, Leandro S. Estudo de Validação da Bateria de Provas de Raciocínio (BPR-5). Psicologia: Teoria e Pesquisa. Vol. 16: 165-173, 2000.
- RAMSTETTER, Eric D. Labor productivity, wages, nationality, and foreign ownership shares in Thai manufacturing, 1996–2000. Journal of Asian Economics, 14: 861-884, 2004.
- ROELOFSEN, P, The impact of office environments on employee performance: The design of the workplace as a strategy for productivity enhancement, Journal of Facilities Management, Vol, 1 Iss: 3, pp,247 – 264,
- RORIZ, Mauricio, Zona de conforto térmico - um estudo comparativo de diferentes abordagens, São Carlos, EESC/SAP, 1987
- RUPMPB - REGULAMENTO DE UNIFORMES DA POLÍCIA MILITAR DA PARAÍBA. Disponível em:
http://www.pm.pb.gov.br/pagina.php?conteudo=informacoes&sub=inf_rupm. Acesso em: Setembro de 2012.
- SHELLEN, 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.
- SCHNEIDER, Mark, Do School Facilities Affect Academic Outcomes? Washington, DL: National Clearinghouse for Educational Facilities, 2002,
- 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, 2005: Moscow,
- SIEMENSLAB, Temperature Detection and Thermoregulation, <http://www.siemenslab.de/research_detection.html>, Acesso em: Fevereiro de 2012 às 09:00h,
- SILVA, J, R, S, ; IDALINO, R, C, L, ; LUCIO, P, S, , Caracterização Climática das Capitais Nordestinas Através do DFA e SampEn, 2010
- 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, 2001. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina.
- 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,
- 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

THERMOANALYTICS, Human Technology Overview, Disponível em: <http://www.thermoanalytics.com/human_simulation_technology>, Acesso em: Fevereiro de 2012 às 11:21h

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. Acesso em: Janeiro de 2013.

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. Acesso em: Janeiro de 2013.

TURKMAN, Maria A. Amaral, SILVA, Giovani Loiola. Modelos Lineares Generalizados – da teoria à prática, Universidade de Lisboa, 151p, 2000.

VERGARA, S, C, Projetos e relatórios de pesquisa em administração, 3, ed, São Paulo: Atlas, 2000,

VIEIRA, Antonio Fernando de Castro. Análise da Média e Dispersão em Experimentos Fatoriais não Replicados para Otimização de Processos Industriais. Tese (doutorado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Industrial, 2004.

WARGOCKI, P; WYON, D, P, Effects of HVAC on student performance, *ASHRAE Journal*, 10 (2006) 22-28,

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

WYON, David, *The mental performance of subjects clothed for comfort o two different air temperatures*, *Ergonomics*, 1975, v, 18, p, 4,

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.