



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO SEMIÁRIDO
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

RODOLPHO MENDES VALE

**ANÁLISE DE CONFORTO TÉRMICO E ACÚSTICO EM UMA
ESCOLA MUNICIPAL EM CAMPINA GRANDE/PB**

SUMÉ – PB

2018

RODOLPHO MENDES VALE

**ANÁLISE DE CONFORTO TÉRMICO E ACÚSTICO EM UMA
ESCOLA MUNICIPAL EM CAMPINA GRANDE/PB**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Produção do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro de Produção.

Orientador: Prof. Me. Daniel Augusto de Moura Pereira

SUMÉ – PB

2018

V149a Vale, Rodolpho Mendes.
Análise de conforto térmico e acústico em uma Escola Municipal em Campina Grande/PB. / Rodolfo Mendes Vale. - Sumé - PB: [s.n], 2018.

78 f.

Orientador: Prof. Me. Daniel Augusto de Moura Pereira.

Monografia - Universidade Federal de Campina Grande; Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido; Curso de Bacharelado em Engenharia de Produção.

1. Engenharia de Produção. 2. Escola. 3. Edificações escolares. I. Título.

UFCG/BS

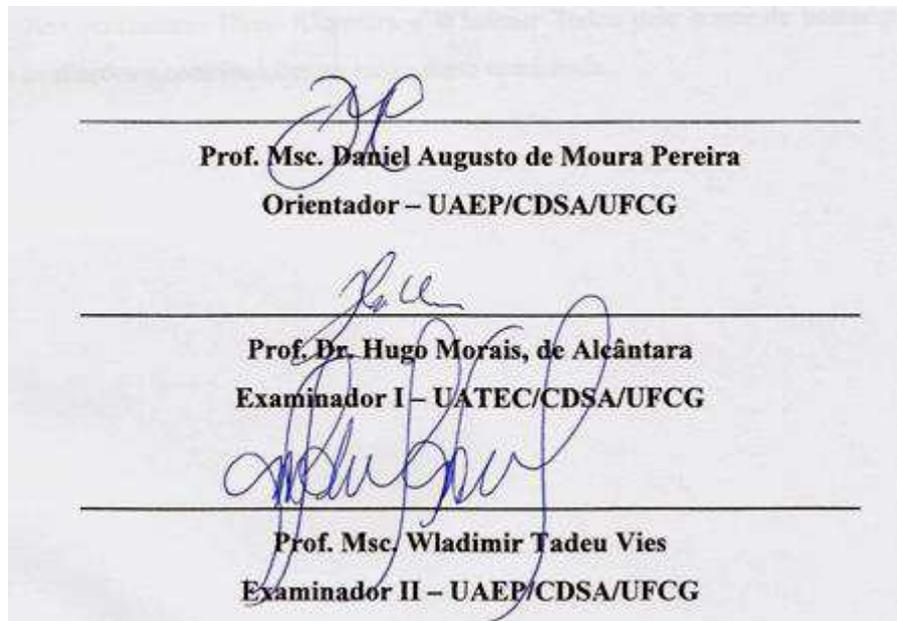
CDU: 37 (043.1)

RODOLPHO MENDES VALE

**ANÁLISE DE CONFORTO TÉRMICO E ACÚSTICO EM UMA
ESCOLA MUNICIPAL EM CAMPINA GRANDE/PB**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Produção do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro de Produção.

BANCA EXAMINADORA



Trabalho aprovado em: 19 de março de 2018.

SUMÉ – PB

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por iluminar meu caminho e me conceder forças diante de todas as dificuldades encontradas.

À minha família, por todo empenho, paciência e dedicação que tornaram essa caminhada ainda mais prazerosa. Especialmente aos meus pais, Ana Lúcia e Eluzimar, mesmo distantes sempre se fizeram presentes com o total empenho, apoio e dedicação. De todos os amores que podemos receber ao longo de nossa vida, o amor de vocês sempre será o mais especial, não há outro que consiga ser incondicional. Agradecer por tudo que vocês têm me proporcionado e, principalmente, ensinado. São estes ensinamentos que irei levar por toda a minha vida.

A todos os meus amigos, que sempre se fizeram presentes diante da alegria ou tristeza. A todo o aprendizado que me proporcionaram durante esta caminhada. À minha namorada e grande amiga Regina, pelo incentivo, paciência e companheirismo.

Ao professor e orientador Daniel Moura, que sempre mostrou tamanha disponibilidade para auxiliar neste projeto. Orientações com atenção e dedicação, compartilhando seu amplo conhecimento.

Aos professores Hugo Alcântara e Wladimir Tadeu pela honra de passar por vossas avaliações e contribuições ao longo desta caminhada.

RESUMO

As edificações escolares são de alta relevância quando se trata da formação do ser humano e um ponto chave para o desenvolvimento econômico, social e cultural de um país. As condições oferecidas pelas estruturas são determinantes para o quesito ensino-aprendizagem. O presente trabalho é uma pesquisa sobre avaliação de conforto térmico e acústico a que os docentes da Escola Municipal de Ensino Fundamental Cassiano Pereira estão submetidos, situada no bairro da Liberdade em Campina Grande/PB. Assim, a pesquisa objetiva explorar algumas estruturas de salas de aula com uma avaliação de conforto ambiental (térmico e acústico), bem como as legislações vigentes para o referido estudo. De acordo com os critérios estabelecidos pelas normas, fez-se um levantamento de dados através de medições para então discutir e levantar um diagnóstico dos dados encontrados.

Palavras-chave: Conforto Ambiental. Edificações. Salas de aula.

ABSTRACT

School buildings are of high relevance when it comes to the formation of the human being and a key point for the economic, social and cultural development of a country. The conditions offered by the structures are decisive for the teaching-learning aspect. The present work is a research on evaluation of thermal and acoustic comfort to which the teachers of the Municipal School of Elementary School Cassiano Pereira are submitted, located in the neighborhood of Liberdade in Campina Grande / PB. Thus, the research aims to explore some classroom structures with an assessment of environmental comfort (thermal and acoustic), as well as the legislation in force for that study. According to the criteria established by the norms, a data survey was carried out by means of measurements to then discuss and make a diagnosis of the data found.

Key words: Buildings. Classrooms. Environmental comfort.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Fatores pessoais e ambientais	16
Quadro 2 - Cronograma de Atividades	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Escala sétima de sensação térmica, ISO 7730/2005.....	25
Tabela 2 - Níveis sonoros recomendados.....	28

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Escola Municipal do Ensino Fundamental Cassiano Pereira.....	13
Figura 2 - Relação entre atividade física e calor.....	16
Figura 3 - Atividades Físicas	17
Figura 4 - Trocas Térmicas	21
Figura 5 - Fisiologia humana e trocas térmicas	22
Figura 6 - Variação do PPD com o PMV	25
Figura 7 - Voz do professor e o ruído no fundo da sala de aula.....	30
Figura 8 - A intensidade sonora	32
Figura 9 - Atividades da Metodologia	39
Figura 10 - Sala 01 (1° Vista)	40
Figura 11 - Sala 01 (2° Vista)	40
Figura 12 - Sala 02 (1° Vista)	41
Figura 13 - Sala 02 (2° Vista)	41
Figura 14 - Sala 03 (1° Vista)	42
Figura 15 - Sala 03 (2° Vista)	42
Figura 16 - Planta Baixa da Escola.....	44
Figura 17 - Termômetro de Globo Politerm (IBUTG)	45
Figura 18 - Decibélmetro	46
Figura 19 - <i>Croqui</i> Sala 01	48
Figura 20 - Ilustração de Objetos nos <i>Croquis</i>	49
Figura 21 - <i>Croqui</i> Sala 02	50
Figura 22 - <i>Croqui</i> Sala 03.....	51
Figura 23 - Analysis 1.5.....	53

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ISO	International Organization for Standardization
NBR	Normas Brasileiras Regulamentadoras
NHO	Normas de Higiene Ocupacional
NR	Normas Regulamentadoras
PMV	Voto médio predito ou estimado (<i>Predicted Mean Vote</i>) (adimensional)
PPD	Porcentagem de pessoas insatisfeitas com as condições ambientais (<i>Predicted Percentage of Dissatisfied</i>) (%)
APO	Análise Pós Ocupacional
T_a	Temperatura do Ar (°C)
T_{bu}	Temperatura de Bulbo Úmido (°C)
T_g	Temperatura de Globo (°C)
Rh	Umidade Relativa do Ar (%)
dB	Unidade de medida para ruídos (Decibéis)
V_{ar}	Velocidade do Ar (m/s)
T_{rm}	Temperatura Radiante Média (°C)
T_{bs}	Temperatura de Bulbo Seco (°C)
P_{var}	Pressão de Vapor do Ar
P_{vs}	Pressão de Vapor Saturado
M	Taxa Metabólica (W/m ²)
P_a	Pressão parcial do Vapor de Água
f_{cl}	Razão entre a área superficial do corpo vestido pela área do corpo
h_c	Coefficiente de Transferência de calor por convecção (W/m ² .°C)

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Gráfico de PMV (1° dia)	53
Gráfico 2 - Gráfico de PPD (1° dia).....	54
Gráfico 3 - Gráfico de PMV (2° dia)	54
Gráfico 4 - Gráfico de PPD (2° dia).....	55
Gráfico 5 - Gráfico de PMV (3° dia)	55
Gráfico 6 - Gráfico do PPD (3° dia)	56
Gráfico 7 - Gráfico de PMV (4° dia)	56
Gráfico 8 - Gráfico de PPD (4° dia).....	57
Gráfico 9 - Gráfico de PMV (5° dia)	57
Gráfico 10 - Gráfico de PPD (5° dia).....	58
Gráfico 11 - Gráfico de PMV (6° dia).....	58
Gráfico 12 - Gráfico de PPD (6° dia).....	59
Gráfico 13 - Gráfico de PMV (7° dia).....	59
Gráfico 14 - Gráfico de PPD (7° dia).....	60
Gráfico 15 - Gráfico de PMV (8° dia).....	60
Gráfico 16 - Gráfico de PPD (8° dia).....	61
Gráfico 17 - Gráfico de PMV (9° dia).....	61
Gráfico 18 - Gráfico de PPD (9° dia).....	62
Gráfico 19 - Gráfico de PMV (10° dia).....	62
Gráfico 20 - Gráfico de PPD (10° dia)	63
Gráfico 21 - Gráfico de Ruído (1° dia).....	64
Gráfico 22 - Gráfico de Ruído (2° dia).....	65
Gráfico 23 - Gráfico de Ruído (3° dia).....	65
Gráfico 24 - Gráfico de Ruído (4° dia).....	66
Gráfico 25 - Gráfico de Ruído (5° dia).....	66
Gráfico 26 - Gráfico de Ruído (6° dia).....	67
Gráfico 27 - Gráfico de Ruído (7° dia).....	67
Gráfico 28 - Gráfico de Ruído (8° dia).....	68
Gráfico 29 - Gráfico de Ruído (9° dia).....	68
Gráfico 30 - Gráfico de Ruído (10° dia).....	69

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
1.1 OBJETIVO GERAL.....	14
1.1.1 Objetivos específicos.....	Erro! Indicador não definido.
1.2 JUSTIFICATIVA.....	14
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	15
2.1 CONFORTO TÉRMICO.....	15
2.2 TROCAS TÉRMICAS	19
2.3 O CALOR	22
2.3.1 Doenças relacionadas ao calor	Erro! Indicador não definido.
2.4 INDÍCES DE PMV E PPD – MÉTODO PARA OBTER A SENSANÇÃO TÉRMICA DO AMBIENTE	24
2.5 RUÍDO.....	27
2.5.1 Níveis sonoros: decibéis (dB), dB(A), dB(B) e dB(C)	28
2.6 CONFORTO ACÚSTICO.....	29
2.6.1 NBR 10/151 E NBR 10/152.....	31
2.6.2 Doenças relacionadas ao ruído.....	Erro! Indicador não definido.
2.7 O TRABALHO DOCENTE	33
2.8 O ESTRESSE OCUPACIONAL	34
2.8.1 Doenças relacionadas ao estresse ocupacional	34
3 METODOLOGIA	37
4 RESULTADOS	48
4.1 DISCUSSÃO DE RESULTADOS RELACIONADOS AO CONFORTO TÉRMICO.....	51
4.2 DISCUSSÃO DE RESULTADOS RELACIONADOS AO CONFORTO ACÚSTICO.....	63
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	70
REFERÊNCIAS.....	71

1 INTRODUÇÃO

Segundo Hackenberg (2000), no Brasil, a preocupação com o conforto térmico do ser humano está se tornando dia a dia mais presente, porém o desenvolvimento de pesquisas na área ainda está começando. Vários fatores contribuem para que a questão do conforto térmico não seja prioritária. O clima não é excessivamente rigoroso, a ponto de colocar em risco a vida das pessoas. A mão de obra ainda é suficientemente barata para compensar as perdas por produtividade e as faltas ao trabalho, decorrentes da saúde do trabalhador.

A situação das escolas públicas no Brasil é o reflexo da falta de investimento no quesito educação, afetando o exercício profissional do docente e, conseqüentemente, a qualidade de vida. A realidade também reflete nas estruturas das escolas do nosso país, que se encontram cada vez mais sucateadas, muitas com ausência de recursos primordiais como água, energia elétrica e internet. Uma estrutura deficiente torna as atividades de alunos e professores mais complicadas, contribuindo assim com o índice de evasão de estudantes.

Boa parte das escolas do nosso país apresenta apenas uma estrutura básica ou elementar, ou seja, energia elétrica, água, esgoto, banheiros equipamentos eletrônicos, entre outros. Infelizmente, algumas estruturas não apresentam nem metade desses recursos que são de suma importância para o funcionamento das instituições. A burocracia também é um fato importante quando se trata de estruturação das escolas, não é uma tarefa simples manter um ambiente adequado se tratando de esfera pública.

Segundo Libâneo (1998), a escola funciona como modeladora do comportamento humano através de técnicas pedagógicas, psicológicas, econômicas e sociais. A ela compete organizar o processo de aquisição de habilidades, atitudes e conhecimentos específicos, úteis e necessários para os indivíduos.

O desafio de contribuir com a educação do jovem e do cidadão, num momento de mudanças e incertezas e a necessidade de resgatar valores tão importantes condizentes com a sociedade contemporânea leva o professor a entender que deve exercer um novo papel, de acordo com os princípios de ensino-aprendizagem adotados, como saber lidar com os erros, estimular a aprendizagem, ajudar os alunos a se organizarem, educar através do ensino, entre outros (SANTOS, 2013).

Com o avanço do ensino e práticas adotadas, as escolas deveriam estimular a capacidade de aprender de cada um, valorizando e incentivando cada avanço dos alunos. Quando não há comprometimento com condições de conforto ambiental, aquelas necessárias

para o bem-estar do usuário compromete o aprendizado do aluno, o ensino proporcionado pelos docentes e, principalmente, a saúde física e psicológica.

O presente trabalho faz parte de uma pesquisa sobre o corpo docente de uma Escola Municipal, na cidade de Campina Grande/PB, situada na Rua Getúlio Cavalcante, no Bairro da Liberdade. A Figura 1 mostra a vista frontal da Escola. É uma Escola bilíngue que, também trabalha com alunos com deficiência, a maioria são portadores de autismo.

Avaliação de conforto térmico e acústico, assim como a qualidade de vida no trabalho a partir do ambiente escolar. O conforto pode ser entendido como a adequação do próprio docente às condições de trabalho, motivando o mesmo e gerando uma sensação de bem-estar.

Figura 1 - Escola Municipal do Ensino Fundamental Cassiano Pereira



Fonte: Prefeitura Municipal de Campina Grande (PMCG/2017)

É importante discutir a relação entre saúde e trabalho, no ambiente escolar. É fundamental entender como as condições do ambiente, da saúde e da segurança no desenvolvimento das atividades produtivas dos docentes são tratadas (FRIAS JÚNIOR, 1999).

O estresse ocupacional requer uma atenção maior, por afetar tanto os docentes quanto os discentes, que sofrem também pela má transmissão de um determinado assunto na sala de aula. Docentes atuantes nas esferas públicas e privadas devem ser analisados, não somente a saúde física, mas também a saúde mental, em função do trabalho de professor ser bastante desgastante, desenvolvido em um ambiente onde se lidam com diferentes personalidades e diversas demandas sociais.

É comum o aparecimento do estresse ocupacional no ambiente de trabalho, seja ele qual for atividade exercida, mas em especial a classe docente. O desempenho e as relações interpessoais do mesmo estão diretamente ligados ao tratamento ou a redução do nível de

estresse. Portanto, o tema tem ganhado uma atenção importante com o aparecimento de problemas gerados no âmbito escolar, bem como o surgimento de doenças nos trabalhadores.

Em todo o mundo, há uma grande incidência da instalação de disfunções decorrentes da prática profissional. As doenças ocupacionais têm sido consideradas, por muitos estudiosos, a mais nova epidemia mundial e, dentre as principais disfunções, estão as osteomusculares (SEVERO, PEZZINI & CATTELAN, 2006).

1.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar as condições de conforto térmico e acústico a que os docentes da Escola Municipal de Ensino Fundamental Cassiano Pascoal Pereira estão submetidos, localizados no Bairro da Liberdade, Campina Grande/PB.

1.1.1 Objetivos Específicos

- i) Analisar as condições ambientais da escola, assim como os requisitos necessários para a realização das atividades nas salas de aula, atendendo as especificações;
- ii) Aferir os níveis de ruído e temperatura nas salas de aula;
- iii) Realizar o diagnóstico das condições ambientais da unidade escolar;
- iv) Analisar se os ambientes estão em conformidade ou não através dos níveis de medições coletados.

1.2 JUSTIFICATIVA

Um ambiente em suas devidas condições com ausência de acidentes e livres de problemas de saúde favorece tanto a classe docente quanto discente, ou seja, se for oferecido condições de conforto, a produtividade será praticamente garantida.

É necessária uma atenção maior desde a implantação das estruturas até os níveis de exposição do ambiente. Níveis relacionados às condições de temperatura, iluminação, ruído e vibração, que podem interferir diretamente no aprendizado do aluno, leitura, comunicação e, principalmente, na saúde. A problemática também afeta o docente e os demais colaboradores da instituição.

Portanto, o estudo avaliará as condições de conforto térmico e acústico, através da coleta de dados com as devidas medições para então, avaliar se estão de acordo com as legislações vigentes.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 CONFORTO TÉRMICO

Segundo a ASHRAE Standard 55, conforto térmico é definido como: “O estado de espírito que expressa satisfação com o ambiente térmico”.

A definição do termo “conforto” é intensamente abordada nos diversos setores no qual o “homem” é parte essencial, ao envolver vários parâmetros que procuram garantir o bem-estar do indivíduo em determinado ambiente. A sensação de conforto atua nos sentidos do ser humano, na audição com a acústica, na visão com a iluminação e por fim no tato com a sensação térmica (XAVIER, 2000).

Já o conceito de sobrecarga térmica está ligado a aspectos técnicos bem definidos. “Sobrecarga térmica é a quantidade de energia que o organismo deve dissipar para atingir o equilíbrio térmico” (ARAUJO, 2003).

Segundo Lamberts et al (2005), o conforto térmico é definido como um estado mental que reflete a satisfação com o ambiente térmico que envolve o indivíduo. A não satisfação pode ser causada pela sensação de desconforto pelo calor ou pelo frio, quando o balanço térmico não é estável, isto é, quando há diferenças entre o calor produzido pelo corpo e o calor perdido para o ambiente ou ganho do mesmo. Quando essas diferenças são baixas, o próprio organismo compensa os ganhos e as perdas. No entanto quando são altas, e fogem ao controle automático do corpo, podem ocorrer doenças ou mesmo a morte.

Para Coutinho (1999), o homem é um ser que mantém sua temperatura em aproximadamente 37°C, independentemente das condições ambientais a que ele esteja submetido.

O número de pessoas satisfeitas está diretamente relacionado com os níveis de temperatura e o equilíbrio. Sendo assim, o desenvolvimento e esforço dependem das condições oferecidas pelo ambiente de trabalho.

Existem alguns parâmetros que influenciam na determinação do conforto térmico no ambiente: fatores de natureza ambiental e fatores de natureza física ou pessoal, conforme o Quadro 1.

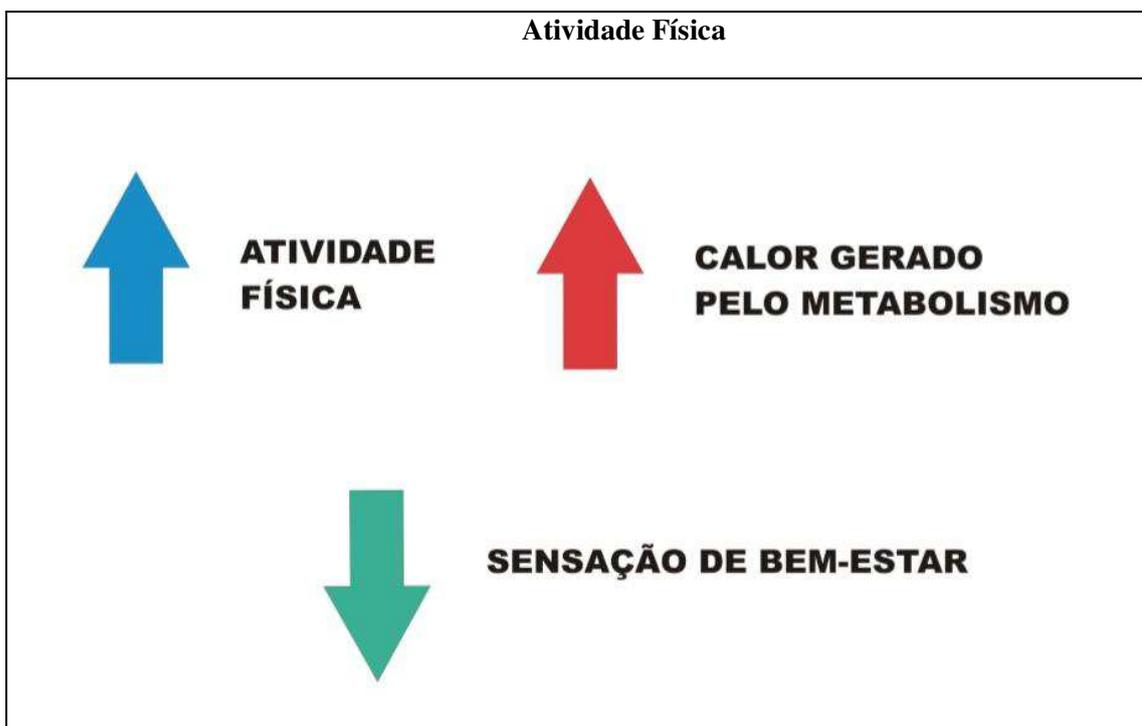
Quadro 1 - Fatores pessoais e ambientais

Natureza Ambiental	Natureza Pessoal
Temperatura das superfícies dos elementos do ambiente (parede, piso, teto)	Metabolismo
Temperatura do Ar (T_a)	Vestimenta
Velocidade do Ar (V_a)	Atividade
Umidade Relativa do Ar (Rh)	Relacionadas com o metabolismo, vestimenta e atividade.
Temperatura de Bulbo Úmido (T_{bu})	
Temperatura Radiante Média (T_m)	

Fonte: Adaptado de LABCON/UFRGS (2011)

Do fator de natureza pessoal no Quadro 1, tem-se a taxa de Metabolismo, que varia de acordo com o que o homem está exercendo, bem como o fator de resistência térmica das vestimentas que estão associados a atividade física, que será discorrido inicialmente com a figura 2, que relaciona o exercício ou atividade física e o calor.

Figura 2 - Relação entre atividade física e calor

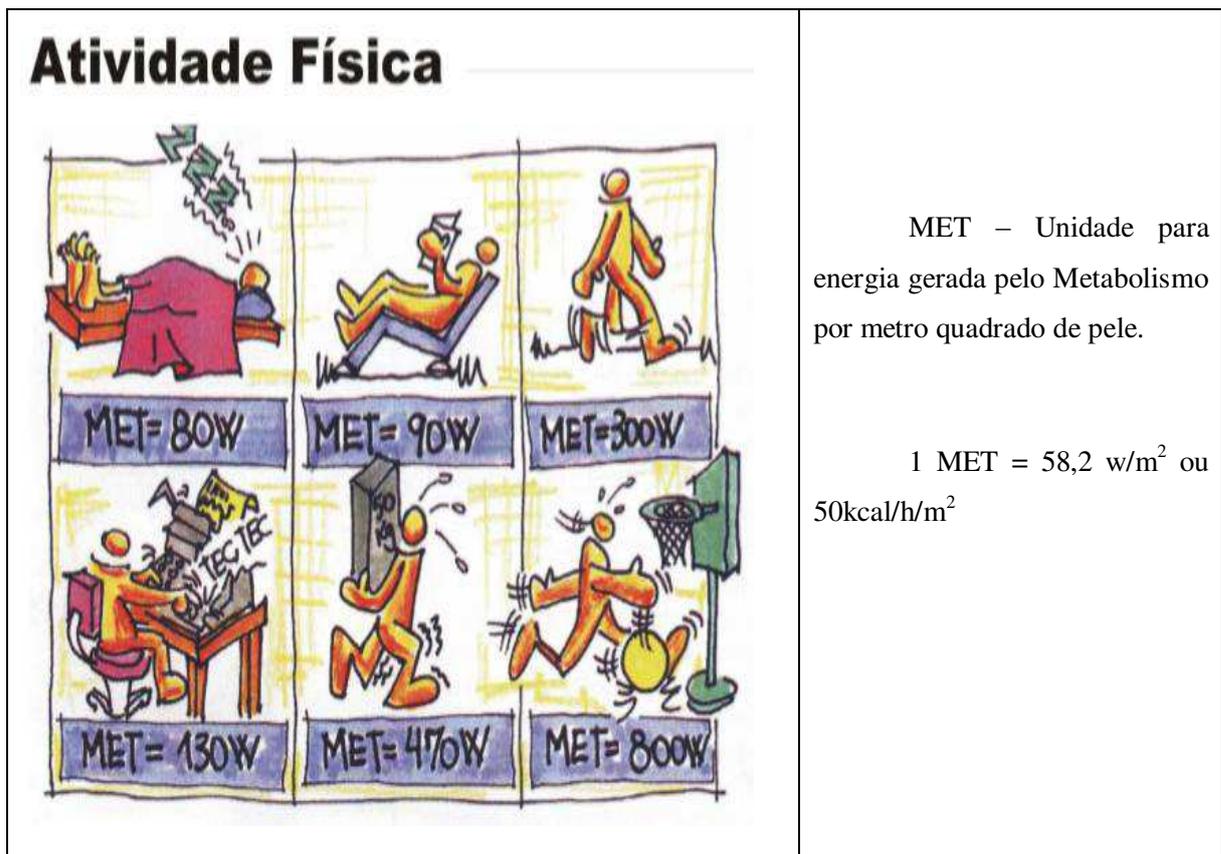


Fonte: LABCON/UFRGS (2011)

A produção de calor é um dos principais resultados do metabolismo. E um dos principais fatores que determinam essa taxa de produção de calor é o aumento do metabolismo pela atividade física. A atividade física intensa pode chegar a um ponto em que as perdas por condução e irradiação não são suficientes para dar vazão à produção interna de calor do corpo.

Algumas atividades físicas são mostradas quantitativamente, conforme a figura 3.

Figura 3 - Atividades Físicas



Fonte: ISO 7730/1984

A taxa metabólica é maior no sexo masculino que no feminino, devido à ação dos hormônios sexuais androgênicos que estimulam os processos metabólicos mais intensamente que os estrógenos em mulheres. Também, os efeitos da taxa metabólica são maiores em crianças do que em pessoas com idade superior (ANDREASI, 2009).

De acordo com Çengel (2008), o metabolismo é a energia resultante da reação química entre o oxigênio inspirado e os alimentos como carboidratos, gorduras e proteínas. O metabolismo é responsável pela energia gerada pelo organismo. No entanto, no máximo 20% é transformada em trabalho. A energia restante é transformada em calor a ser dissipado para

que a temperatura interna do organismo seja mantida em equilíbrio (PARSONS, 2000). É expresso pela unidade *met*, sendo que 1 *met* corresponde a 58,2W/ m², e é igual à energia produzida por unidade de área superficial do corpo para uma pessoa sentada em repouso.

Em relação aos parâmetros de natureza ambiental, estão descritos de acordo com a ISO 7726 (1996), que são medidos diretamente no local de estudo ou calculados a partir de medidas de acordo com o exposto:

Temperatura de bulbo seco (T_{bs}): é uma variável determinante para a sensação térmica dos seres humanos. A temperatura do ar possui grande importância nas trocas de calor por convecção entre o corpo e o ar. A temperatura do ar (T_a), chamada de temperatura de bulbo seco, é medida com um termômetro de vidro ou eletrônico, com o bulbo ou sensor devidamente protegidos da radiação. A temperatura de bulbo úmido (T_{bu}) é medida com um termômetro igual ao anterior, porém com o bulbo ou sensor envolvidos por um tecido branco devidamente umedecido com água destilada. Seu valor é inversamente proporcional à umidade relativa do ar. Os dois termômetros juntos constituem o psicrômetro que pode ser estático, giratório ou de aspiração. Os dois valores obtidos permitem encontrar os demais parâmetros psicrométricos numa carta psicrométrica ou através das respectivas equações.

Temperatura radiante média (T_{rm}): é a temperatura de um ambiente imaginário isotérmico onde a troca de calor por radiação com a pessoa é igual à do ambiente real (ÇENGEL, 2007). A temperatura das superfícies internas da envoltória e dos equipamentos, móveis do ambiente; paredes, teto e equipamentos, do espaço interno emitem radiações que servem de intercâmbio de calor entre o homem e o ambiente (RIVERO, 1986; SUZUKI, 2010). Isto implica uma temperatura radiante média representada pelas equações seguintes, respectivamente para convecção natural e forçada, que serão definidas mais adiante:

Convecção Natural:

$$i) \quad t_{rm} = [(t_g + 273)^4 + 0,4 \times 10^8 |t_g - t_{bs}|^{0,25} \times (t_g - t_{bs})]^{0,25} - 273 \quad (1)$$

Convecção Forçada:

$$ii) \quad t_{rm} = [(t_g + 273)^4 + 2,5 \times 10^8 \times V^{0,6} (t_g - t_{bs})]^{0,25} - 273 \quad (2)$$

Onde:

t_g = temperatura de globo (°C);

t_{bs} = temperatura de bulbo seco (°C);

V_{ar} = velocidade do ar (m/s).

Temperatura de globo (T_g): é a temperatura obtida com o termômetro de globo. Este instrumento consiste em uma esfera oca, de cobre, pintada externamente com tinta preta

fosco, tendo no seu centro o bulbo ou o sensor de um termômetro. Essa variável é importante para indicar o nível de troca de calor por radiação entre o ambiente e a pessoa.

Velocidade do ar (V_{ar}): é uma variável de grande influência no conforto térmico do homem, pois favorece os processos de troca de calor do corpo com o ar ambiente através da convecção e da evaporação. Assim, a sensação térmica humana é determinada pela intensidade da ventilação. Especialmente para o clima quente-úmido, a ventilação representa um fator imprescindível, visto que ajuda a diminuir a sensação térmica desconfortável provocada pelo calor e favorece o processo de evaporação do suor. O ar se desloca pela diferença de temperatura no ambiente, onde o ar quente sobe e o ar frio desce (convecção natural). Quando o ar se desloca por meios mecânicos, como um ventilador, o coeficiente de convecção aumenta, aumentando a sensação de perda de calor (convecção forçada) (CÂNDIDO; LAMBERTS; BITTENCOURT; DEAR, 2010).

Umidade relativa do ar (Rh): é a razão entre a massa de água de vapor existente no ar e o máximo que este pode conter à mesma temperatura, ou seja, é a relação percentual entre a pressão de vapor do ar (P_{var}) e a pressão de vapor saturado (P_{vs}) (ÇENGEL & BOLES, 2008). Como fator relevante à saúde, a umidade relativa do ar (Rh) não deve ser inferior a 20%, para não ocorrer o ressecamento das mucosas (nariz, boca e garganta) e desidratação; nem superior 70% para não dificultar a evaporação (ANVISA, 2014)

2.2 TROCAS TÉRMICAS

Segundo Ruas (1999), o corpo humano efetua trocas térmicas com o ambiente podendo ser secas (por convecção e radiação) e úmidas (por evaporação).

- i) Convecção: A redução da temperatura do ar diminui este fenômeno, e isso é conseguido por meio de insuflação de ar fresco, com velocidade adequada e, em certos casos, com exaustão de ar quente. A convecção é um processo de remoção de calor que ocorre quando o ar apresenta temperatura inferior à do corpo e o corpo transfere calor pelo contato com o ar frio circundante. O aquecimento do ar provoca seu movimento ascensional. À medida que o ar quente sobe, o ar frio ocupa seu lugar, completando assim o seu ciclo de convecção. Se a temperatura do ar for exatamente igual à temperatura de superfície do corpo, não haverá troca térmica por esse processo. Se a

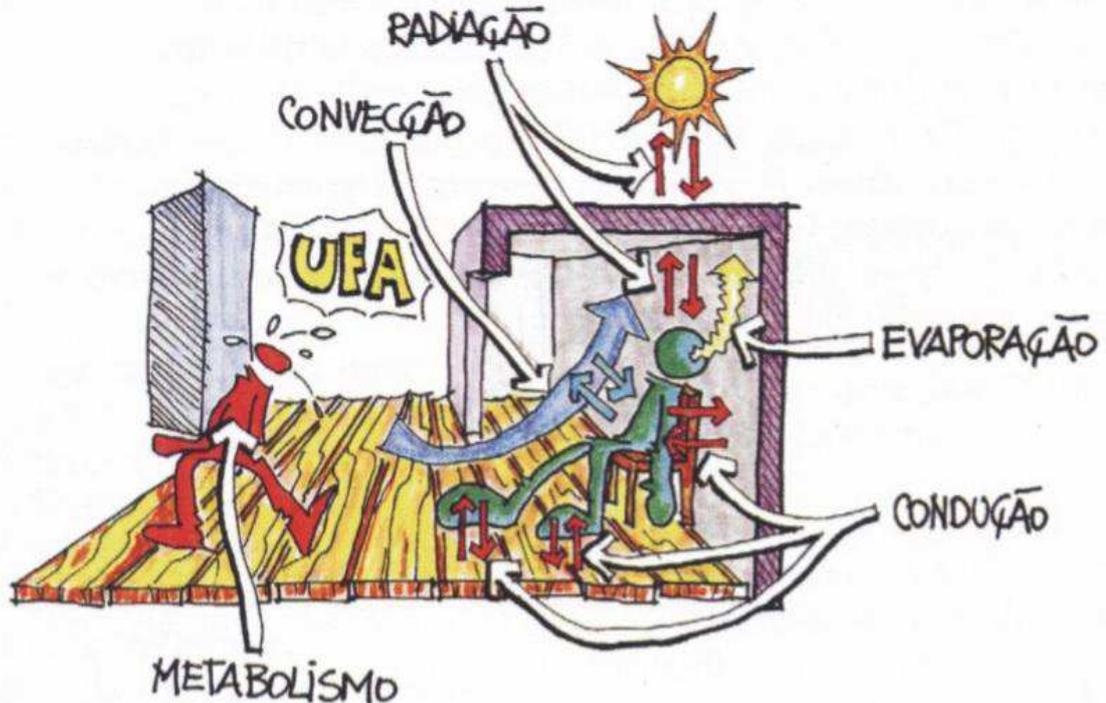
temperatura do ar for mais elevada do que a superfície do corpo, o ar cederá calor para o corpo invertendo o mecanismo.

- ii) Radiação: A radiação térmica seria o processo pelo qual a energia radiante é transmitida de superfície quente para a fria por meios de ondas eletromagnéticas que, ao atingirem a superfície fria, transformam-se em calor. A energia é emitida continuamente por todos os corpos que estão a uma temperatura superior ao zero absoluto. Isso equivale dizer que uma pessoa num ambiente está continuamente emitindo e recebendo calor radiante, o diferencial entre energia recebida e emitida é que define se o corpo é aquecido ou resfriado por radiação. Dessa forma, se as temperaturas das paredes de um ambiente forem inferiores ao da pele de um homem, este perderá calor por radiação. Se as paredes estiverem mais quentes que a pele, a temperatura do corpo aumentará por efeito da radiação. A redução deste fator é de grande importância para a diminuição da sobrecarga térmica.
- iii) Evaporação: Na evaporação as condições ambientais fazem com que as perdas de calor do corpo humano por convecção e radiação não sejam suficientes para regular a temperatura interna, o organismo intensifica a atividade das glândulas sudoríparas e perde calor pela evaporação da umidade (suor) que se forma na pele. A explicação é simples: simultaneamente à transpiração ocorre à evaporação do suor, esse é um fenômeno endotérmico, isto é, para ocorrer precisa de calor cedido pelo corpo. De forma simplificada, pode-se dizer que um líquido evaporando sobre uma superfície quente extrai calor dessa superfície resfriando-a (RUAS, 1999).

A troca de calor por condução envolve a troca de calor entre dois sólidos em contato entre si, ou partes deste sólido que apresentem diferenças de temperaturas.

As trocas de calor funcionam de acordo com a figura 4.

Figura 4 - Trocas Térmicas

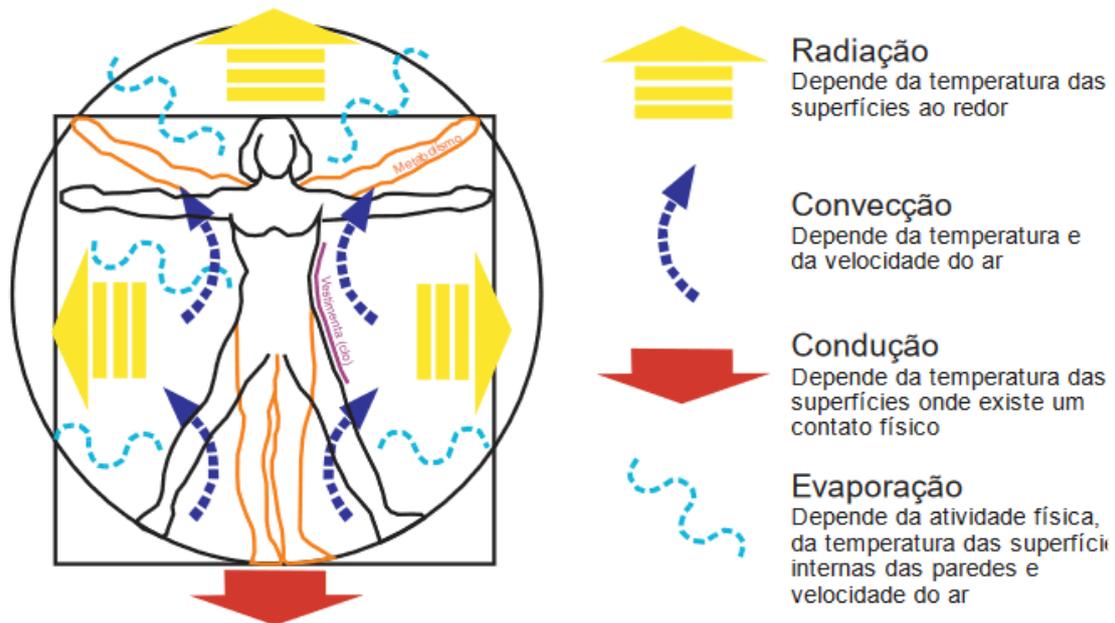


Fonte: LABCON/UFRGS (2011)

A transferência de calor ocorre quando há diferença de temperaturas, sempre no sentido da maior para a menor temperatura.

O corpo humano pode ser considerado como uma espécie de “máquina térmica”, onde suas atividades exercidas geram calor ao próprio corpo, o qual deve ser dissipado ao ambiente a fim de que não se acarrete um aumento exagerado da temperatura interna e que se mantenha o equilíbrio térmico do corpo. A dissipação é realizada através de mecanismos de trocas térmicas (radiação, convecção, condução e evaporação) que serão ilustradas de uma forma mais abrangente na figura 5.

Figura 5 - Fisiologia humana e trocas térmicas



Fonte: LABEEE/UFSC (2011)

2.3 O CALOR

Calor é um risco físico presente em processos com liberação de grande quantidade de energia térmica e está presente em várias atividades (SOUZA, 2003).

A avaliação do calor a que um indivíduo está exposto é importante, envolvendo uma grande quantidade de fatores a serem considerados; a temperatura do corpo e as condições ambientais devem ser levantadas, pois influenciam nas trocas térmicas entre o corpo humano e o meio ambiente (SOUZA, 2003).

As temperaturas extremas têm influência sobre a quantidade e qualidade de trabalho que o homem pode realizar, como também sobre a forma em que possa fazê-lo. O problema industrial frequentemente origina-se pela exposição ao calor excessivo. O corpo humano produz calor através de seus processos metabólicos. Para que o organismo atue eficientemente, é necessário que o calor produzido se dissipe tão rapidamente como se produz. O organismo possui um conjunto de mecanismos termostáticos de atuação rápida e sensível, que têm como missão controlar o ritmo dos processos reguladores de temperatura (SOUZA, 2003).

2.3.1 Doenças relacionadas ao calor

Para Saliba (2000, p. 12), quando o calor cedido pelo organismo ao meio ambiente é inferior ao recebido ou produzido pelo metabolismo total, o organismo tende a aumentar sua temperatura. Para entrar essa hipertermia, são colocados em ação alguns mecanismos de defesa, sejam eles:

- i) Vasodilatação periférica: com o aumento da temperatura ambiente, o organismo humano promove a vasodilatação periférica, no sentido de permitir maior troca de calor entre o organismo e o ambiente.
- ii) Ativação das glândulas sudoríparas: há aumento do intercâmbio de calor através da transformação do suor de estado líquido em vapor.

De acordo com Saliba (2000, p. 13), caso a vasodilatação periférica e a sudorese não sejam suficientes para manter a temperatura do corpo em torno de 37 °C haverá consequências para o organismo que podem se manifestar das seguintes maneiras:

- i) Exaustão do calor: com a dilatação dos vasos sanguíneos em resposta ao calor, há uma insuficiência do suprimento de sangue ao córtex cerebral, resultando em queda da pressão arterial.
- ii) Desidratação: provoca, principalmente, a redução do volume de sangue, ocasionando a exaustão do calor.
- iii) Câimbras de calor: na sudorese, há perda de água e sais minerais, principalmente o $NaCl$ (cloreto de sódio), com a redução dessa substância no organismo, poderão ocorrer câimbras.
- iv) Choque térmico: ocorre quando a temperatura do núcleo do corpo atinge determinado nível, colocando em risco algum tecido vital que permanece em contínuo funcionamento.

O trabalho em condições de sobrecarga térmica, sem os controles adequados, pode ocasionar várias doenças. “Os fatores ambientais combinados com as características físicas, fisiológicas e somáticas de cada trabalhador e a respectiva carga de trabalho resulta no aparecimento de estados patológicos (ação imediata) e efeitos a longo prazo a saúde” (ARAÚJO & REGAZZI, 1999).

Coutinho (1999) lista as principais doenças causadas por temperaturas elevadas:

- Hipertermia ou intermação;
- Tontura ou desfalecimento por déficit de sódio, por hipovolemia relativa ou por evaporação deficiente;

- Doenças da pele;
- Distúrbios psiconeuróticos;
- Catarata.

2.4 INDÍCES DE PMV E PPD – MÉTODO PARA OBTER A SENSANÇÃO TÉRMICA DO AMBIENTE

- PMV: Ole Fanger (1970) desenvolveu um método que tem por base a determinação do índice PMV (*Predicted Mean Vote*), partindo de uma equação de balanço térmico para o corpo humano. Este índice corresponde a uma previsão da votação de um determinado número de pessoas relativamente a um dado ambiente térmico. O Método de Fanger relaciona a diferença entre o calor produzido e o calor libertado pelo corpo humano com a votação média previsível de um painel de avaliação numa escala de conforto. Segundo Fanger, a sensação de neutralidade térmica é a condição na qual o indivíduo não deseje nem mais calor nem mais frio em relação ao ambiente térmico em que se encontra. O corpo humano está em neutralidade térmica quando todo o calor gerado pelo organismo através do metabolismo é trocado em igual proporção com o ambiente.
- PPD: Após determinação do PMV, o índice PPD prevê o número de pessoas insatisfeitas com o ambiente térmico. Aparece sob a forma de percentagem e corresponde às pessoas que votam muito quente ou muito frio, no PMV.

O método desenvolvido por Fanger (1972), considerado o mais completo dos índices de conforto, pois analisa a sensação de conforto em função das seis variáveis envolvidas no balanço térmico da pessoa. Ele faz uma relação daquelas variáveis com o voto médio estimado (PMV – *Predicted Mean Vote*) e deste com a percentagem de pessoas insatisfeitas (PPD – *Predicted Percentage of Dissatisfied*). A escala sétima da ASHRAE, ou escala de sete pontos, utilizada nos estudos de Fanger e utilizada até hoje para determinação real das sensações térmicas das pessoas, é assim representada conforme a Tabela 1.

Tabela 1 - Escala sétima de sensação térmica

Sensação	PMV
Muito Frio	-3
Frio	-2
Levemente Frio	-1
Neutro ou Zona de Conforto	0
Levemente Quente	+1
Quente	+2
Muito Quente	+3

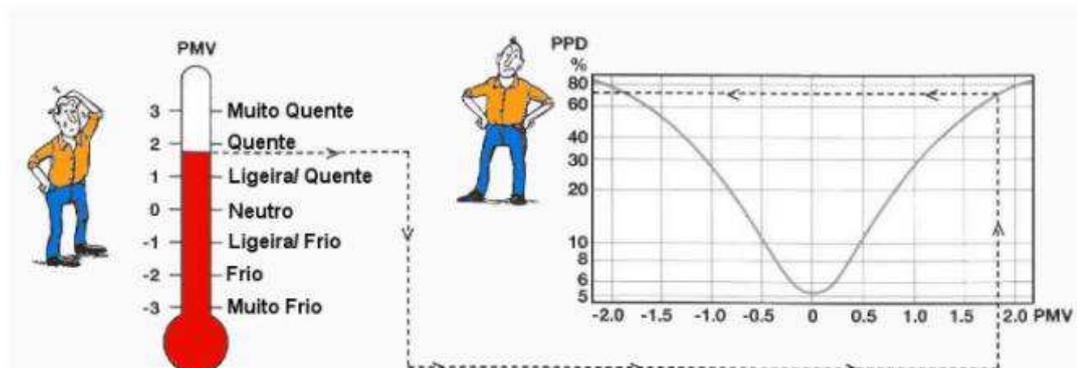
Fonte: ISO 7730/1994

Porém, este índice deve ser usado apenas para valores entre -2 e $+2$, pois acima destes limites tem-se mais de 80% das pessoas insatisfeitas (ISO 7730, 2005). Devido às diferenças individuais é difícil especificar um ambiente térmico que satisfaça a todos; sempre haverá uma porcentagem de insatisfeitos.

O PPD (*Predicted Percentage of Dissatisfied*) dá a conhecer o número de pessoas insatisfeitas com um certo ambiente térmico. Este índice está contemplado na ISO 7730/05. Prevê o número de pessoas insatisfeitas com o ambiente térmico (pessoas que votam muito quente ou muito frio, no PMV); o resto das pessoas considera-o ligeiramente quente, neutro, ou ligeiramente frio.

De acordo com Fanger, a variação do PPD e PMV corresponde a uma curva semelhante à curva de Gauss Invertida, ilustrada na figura 6.

Figura 6 - Variação do PPD com o PMV



Fonte: Fanger (1970)

Segundo a curva de variação do PPD com o PMV, a zona de conforto térmico é definida pelos valores de PMV contidos entre -0,5 e 0,5, ou seja, a percentagem de pessoas insatisfeitas (PPD) não deve ser superior a 10%. Pela análise desta curva, observa-se, ainda, que a percentagem de pessoas insatisfeitas é de 5%, para PMV=0, isto é, para ambientes definidos pela generalidade das pessoas como termicamente neutros.

O Analysis CST, software desenvolvido no LabEEE (Laboratório Eficiência Energética em Edificações), visa tornar mais acessível o método desenvolvido por Fanger. Através das variáveis pessoais e climáticas, obtêm-se o PMV e o PPD, as parcelas do balanço térmico e o estado de estresse térmico por frio ou calor.

O cálculo do PMV é realizado quando se conhece os parâmetros pessoais, vestimenta (resistência térmica) e atividade (taxa metabólica), e medindo-se os parâmetros físicos (temperatura do ar, temperatura radiante média, velocidade do ar e umidade do ar, conforme a norma ISO 7726/1985, calcula-se o PMV pela equação (3):

$$PMV = (0,303 \cdot e^{-0,036M} + 0,028) \times \{ (M - W) - 3,05 \times 10^{-3} \times [5733 - 6,99 \times (M - W) - p_a] - 0,42 \times [(M - W) - 58,15] - 1,7 \times 10^{-5} \times M \times (5867 - p_a) - 0,0014 \times M \times (34 - t_a) - 3,96 \times 10^{-8} \times f_{cl} \times [(t_{cl} + 273)^4 - (t_{rm} + 273)^4] - f_{cl} \times h_c \times (t_{cl} - t_a) \} \quad (3)$$

Onde:

PMV – Voto médio estimado

M – Taxa metabólica (W/m²)

W – Trabalho mecânico (W/m²) – nulo para a maioria das atividades

p_a – Pressão parcial do vapor de água

t_a – Temperatura do ar (°C)

f_{cl} – Razão entre a área superficial do corpo vestido pela área do corpo nu

t_{cl} – Temperatura superficial das roupas (°C)

t_{rm} – Temperatura radiante média (°C)

h_c – Coeficiente de transferência de calor por convecção (W/m².°C)

Há algumas ressalvas quanto à equação utilizada para cálculo do PMV. Segundo Humphreys e Nicol (2001), há trinta anos vêm se fazendo vários estudos sobre Conforto Térmico no cotidiano das pessoas, incluindo todas as informações necessárias para o cálculo do PMV.

Fanger (1970) constatou que a cada sensação térmica (PMV) correspondia uma percentagem de pessoas insatisfeitas (PPD). Essa percentagem está relacionada com o PMV através da equação (4):

$$PPD = 100 - 95 \exp(-(0,03353 PMV^4 + 0,2179 PMV^2)) \quad (4)$$

Essa equação é representada pela curva de probabilidade, que tem um valor mínimo na abscissa $PMV = 0$, e, por isso, representa a condição de conforto ótimo ($PPD = 5\%$). Isso mostra que não se deve esperar 100% de pessoas termicamente satisfeitas, mesmo em ambientes servidos por excelentes sistemas de climatização.

2.5 RUÍDO

Ruído é qualquer som indesejado, que não oferece informação alguma. A exposição excessiva a ruídos pode causar perda da audição, perturbação do sono, alteração do estado de alerta e dificuldade de comunicação (KROEMER; GRANDJEAN, 2005).

De acordo com Soares (2008), para evitar esses tipos de problemas relacionados ao ruído, é importante que as organizações desenvolvam para cada público ferramentas e programas de relacionamento específicos, buscando, assim, reduzir os inevitáveis ruídos e conflitos de interesse nas relações.

Nos locais de trabalho onde são executadas atividades que exijam solicitação intelectual e atenção constantes, tais como: sala de controle, laboratórios, escritórios, salas de desenvolvimento ou análise de projetos, dentre outros, recomenda-se que os níveis de ruído estejam de acordo com a NBR 10152. Caso, a atividade tenha as características acima, porém não apresenta nenhuma correlação com o que é apresentado na NBR 10152, deve-se adotar um nível de ruído máximo de 65 decibéis (dB) (NR-17).

A NBR 10152 estabelece os níveis de ruído para conforto acústico de acordo com o ambiente de trabalho. Na tabela 2 podemos identificar a relação entre os ambientes de trabalho, o valor de decibéis (dB) e a curva de avaliação de ruído (NC), que significa *Noise Criteria*, método de avaliação de um ruído num ambiente determinado. O valor inferior da faixa representa o nível sonoro para conforto, enquanto que o valor superior significa o nível sonoro aceitável para a finalidade. Níveis superiores aos estabelecidos nesta Tabela são considerados de desconforto, sem necessariamente implicar risco de danos à saúde.

Tabela 2 - Níveis sonoros recomendados

Locais	dB(A)	NC
<u>Hospitais</u>		
Apartamentos, enfermarias, centros cirúrgicos, laboratórios, áreas para uso público.	35 – 45	30 – 40
Serviços	40 – 50	35 – 45
	45 - 55	40 - 50
<u>Escolas</u>		
Bibliotecas, salas de música, salas de desenho.	35 – 45	30 – 40
Salas de aula, laboratórios.	40 – 50	35 – 45
Circulação	45 - 55	40 - 50
<u>Hotéis</u>		
Apartamentos	35 – 45	30 – 40
Restaurantes, salas de estar.	40 – 50	35 – 45
Portaria, recepção, circulação.	45 - 55	40 - 50
<u>Residências</u>		
Dormitórios	35 – 45	30 – 40
Salas de estar	40 – 50	35 – 45
Restaurantes	40 – 50	35 - 45
<u>Escritórios</u>		
Salas de reunião	30 – 40	25 – 35
Salas de gerência, projetos e administração.	35 – 45	30 – 40
Salas de computadores	45 – 65	40 – 60
Salas de mecanografia	50 – 60	45 - 55
Igrejas e templos (cultos meditativos)	40 – 50	35 - 45
Locais para esporte		
Pavilhões fechados para espetáculos e atividades esportivas	45 – 60	40 - 55

Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 10.152

2.5.1 Níveis sonoros: decibéis (DB), DB(A), DB(B) E DB(C)

A diferença entre os níveis de (dB) Decibéis para níveis dB(A) é que, os níveis de (dB) representa uma unidade de medida de som, onde a mesma mede a intensidade de um som ou quão forte seja, sendo calculado como uma relação sinal-ruído.

Decibel, uma unidade de medida de níveis de ruído expressa como dB, é utilizado para comunicação, eletrônica e emissão de sinais. Os termos dB(A) e dB(C) referem-se aos tipos

de filtros usados para medir dB - um filtro A ou um filtro C. Cada filtro possui uma sensibilidade diferente para diversas frequências.

O coeficiente A é usado para medir o risco de perda de audição. Especificamente, ele ajuda a determinar a conformidade com as normas da OSHA e MSHA, que classificam a exposição ao ruído permitido por um tempo ponderado a um nível de ruído médio (dBA) ou a uma dose diária máxima de ruído. Por outro lado, o coeficiente C é utilizado através da comparação das suas dimensões às de ponderação. Por exemplo, o coeficiente C ajuda a fazer cálculos sobre protetores auditivos e sobre taxas de redução de ruído.

Eventualmente, sistemas de som profissionais listam uma classificação do coeficiente A em suas especificações impressas. Ao localizar esse dado, obtém-se o índice que o filtro encobre ou filtra certos ruídos ou outros sons de fundo. Sistemas de som profissionais, obviamente, possuem a necessidade de filtrar ruídos desagradáveis. Com isso, pode-se verificar se a adição é positiva ao sistema ou presumir se o som é de alta qualidade, com a presença de filtros de coeficiente A. Caso contrário, os fabricantes dos sistemas de som não veriam necessidade em filtrar esses sons indesejáveis.

2.6 CONFORTO ACÚSTICO

De acordo com Araújo & Regazzi (1999) nenhum dos riscos existentes no ambiente de trabalho se faz tão presente como o ruído. Praticamente todas as atividades industriais têm o ruído como agente potencial de risco. Um trabalhador gasta 20% a mais de energia em ambientes ruidosos. Estatísticas do INSS comprovam que o ruído tem sido um agente causador de doenças, estresse ocupacional e acidentes.

Em relação aos ruídos gerados no interior das salas, Ferreira (2006), atribui este problema aos métodos de ensino atuais, que “valorizam trabalhos em equipe ao invés da comunicação unilateral e dessa forma acrescentam mais fontes sonoras nas salas de aula”.

Agravando ainda mais a situação das instituições, as estruturas são feitas sem nenhum tipo de preocupação com a acústica do ambiente, paredes sem nenhum tipo de isolamento, acarretando assim a propagação do ruído e, conseqüentemente, a desatenção dos alunos em relação ao professor.

Na prática, em grande parte isto não é observado, sendo a grande maioria das salas de aula, tanto em universidades quanto em escolas de ensino fundamental e médio, construídas como afirma Ferreira (2006) com projetos que “se preocupa com os aspectos funcionais

(manutenção, iluminação, ventilação...), estéticos (espaços, áreas verdes, cores...) e de custos, sendo que o projeto acústico, muitas vezes, não é abordado ou é mal abordado”.

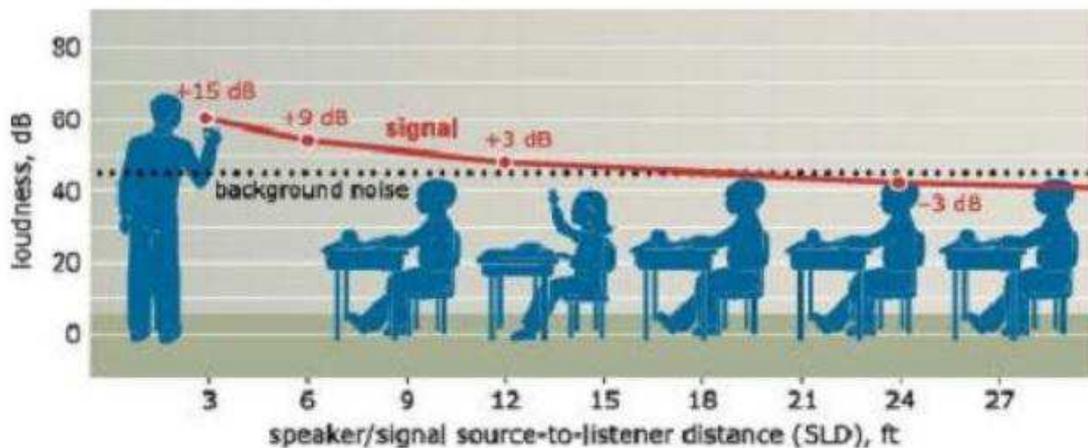
O ruído, já abordado no ponto anterior, pode ser definido como qualquer tipo de sensação sonora indesejada.

Grandjean (1998) define ruído como sendo todo som incômodo. O ruído é medido em decibel (dB), que está em escala logarítmica em relação à pressão sonora. O decibel começa no limiar da audição de 20 m, que serve como medida de referência. 1 (dB) é a menor diferença que o ouvido humano pode diferenciar.

A intensidade sonora decresce 6 (dB) quando se dobra a distância da fonte. “É evidente que o som da voz do professor é maior na frente da sala do que no fundo” Fernandes (2006). Assim, se soubermos aproveitar as propriedades acústicas da sala, diminuiremos o esforço na comunicação.

A relação sinal/ruído, que é a comparação entre as intensidades do sinal (voz) e ruído. Conforme a figura 7, onde é possível visualizar a queda da intensidade do sinal, sendo que se um professor falar a 15 (dB), o som que chega ao fundo da sala com -3 (dB).

Figura 7 - Voz do professor e o ruído no fundo da sala de aula



Fonte: Guckelberger (2003)

Infelizmente, com o alto nível de ruído encontrado nas escolas, dificilmente se encontra a situação ideal para a inteligibilidade, a qual, é a condição que haja uma diferença de 10 (dB) fala/ruído, o que, para ser alcançado, precisaria que houvesse um ruído com no máximo 40 dB e o professor falar a 65 dB para que haja esta diferença e garanta a boa comunicação e evite problemas vocais ao professor (FERNANDES, 2006).

2.6.1 NBR 10/151 E NBR 10/152

- i) NBR 10/151 (Avaliação de Ruído em áreas habitadas visando ao conforto da comunidade) - Esta Norma fixa as condições exigíveis para avaliação da aceitabilidade do ruído em comunidades, independentemente da existência de reclamações. Especificando um método para a medição de ruído, a aplicação de correções nos níveis medidos, se o ruído apresentar características especiais e uma comparação dos níveis corrigidos com um critério que leva em conta vários fatores.
- ii) NBR 10/152 – Esta norma fixa os níveis de ruídos compatíveis com o conforto acústico em ambientes diversos

As questões relativas a riscos de danos à saúde em decorrência do ruído são estudadas em normas específicas;

A aplicação desta norma não exclui as recomendações básicas referentes às demais condições de conforto.

Para aplicação desta norma deve-se consultar a NBR 10/151 (Avaliação de Ruído em áreas habitadas visando ao conforto da comunidade), IEC 225 (*Octave, half-octave and third-octave band filters intended for the analysis of sound and vibrations*), IEC 651 (*Sound Level Meters*).

2.6.2 Doenças relacionadas ao ruído

A intensidade e a repetição sonora levam a prejuízos de audição, que inicialmente podem ser temporários até lesões definitivas no aparelho auditivo. “A estes danos da audição provocados pela exposição ao ruído chama-se surdez por ruído” (GRANDJEAN, 1998).

Pesquisas mostram que o ruído fora de controle é um dos agentes mais nocivos à saúde humana, causando perda da audição, zumbidos, ansiedade, nervosismo e até mesmo impotência sexual. Bruno Castro, médico otorrinolaringologista da Clínica Alves de Sousa e membro da Sociedade Mineira de Otorrinolaringologia, explica que o ruído ou barulho é todo som audível que se torna desarmônico à audição, tornando-se, dessa forma, pessoal e subjetivo. “O ruído intenso, que pode causar alguma perda de audição, está acima de 85 decibéis (dB) por um período de oito horas. Para cada 5 (dB) aumentado, a exposição ao ruído deve diminuir pela metade, ou seja, 90 (dB) por apenas quatro horas de exposição. E 95 (dB) por apenas duas horas e, aos 110 (dB), a exposição deve ser de apenas 15 minutos”.

O especialista ressalta que esses excessos de ruído podem gerar a perda de audição chamada de perda auditiva induzida por ruído (PAIR), que, por sua vez, pode gerar zumbido

(ou tinnitus), transtornos de atenção, ansiedade, insônia e até depressão. “A perda auditiva pode ser gerada por duas formas de ruído intenso, sendo a primeira já citada anteriormente pela exposição prolongada (geralmente ocupacional); a segunda é chamada de trauma acústico (TA) por uma exposição súbita e intensa, como nas explosões acidentais, casos de fogos de artifício e tiros, entre outros. Essas perdas são por lesão de células não renováveis pelo organismo humano e, dessa forma, tornam-se irreversíveis, havendo necessidade de uso de aparelhos de ampliação sonoras individuais (aparelho auditivo)”.

A intensidade sonora relacionada às salas de aulas, por exemplo, sofrem um impacto direto no exercício do professor, desde um sussurro 15 (dB), passando por uma conversa normal 60 (dB) e chegando a picos de voz alta, chegando em média a 75 (dB). Na figura 8 podemos observar algumas intensidades relacionadas ao ruído e seus níveis preocupantes.

Figura 8 - A intensidade sonora

A INTENSIDADE SONORA

Próximo ao silêncio total	0dB
Um sussurro	15dB
Conversa normal	60dB
Voz humana (alta)	75dB
Uma máquina de cortar grama	90dB
Ruído do metrô	90dB
Uma buzina de automóvel	110dB
Trovão forte	120dB
Um show de rock	120dB
Um tiro ou um rojão	140dB
Avião a jato na pista	140dB
Ônibus	75dB
Trens	78dB
Túneis da cidade	79dB

2.7 O TRABALHO DOCENTE

A categoria trabalho docente contempla tanto os sujeitos nas suas complexas dimensões, experiências e identidade quanto às condições com que as tarefas são desenvolvidas no ambiente escolar. Engloba, portanto, atividades que vão além da regência de classe, estendendo-se à gestão (OLIVEIRA, 2003).

Logo, a profissão professor é tratada de forma diferenciada, devido a sua complexidade e ao nível de desgaste físico e emocional que caracteriza a rotina docente. É necessário ser criativo, inovador e estar presente de corpo e alma no trabalho (WEBBER & VERGANI, 2010; CODO, 2002). Isso porque existe, hoje, um novo perfil de professor, influenciado pelas inovações tecnológicas e novos métodos gerenciais, que exigem ritmo acelerado, maior responsabilidade e complexidade e uma mudança na forma de se relacionar com a instituição e com os alunos (WEBBER & VERGANI, 2010).

É comum, atualmente, a escola organizar seu trabalho enxergando o professor como um prestador de serviços, que desenvolve funções burocráticas, o que favorece a diminuição das chances de realização do objetivo desejado com o trabalho educativo: o saber, a reprodução e produção de conhecimento científico e a intensificação da condição humana (LANDINI, 2006).

Para Araújo *et al.* (2003), os processos de desgaste dos professores representam consequências negativas não só para esses, mas também para o aluno e para o sistema de ensino. Os custos sociais e econômicos podem ter múltiplos desfechos: absenteísmo, acidentes e enfermidades diversas – físicas comportamentais e psíquicas.

No Brasil, de acordo com Codo (2002), Lemos (2005) e Esteve (1999), as preocupações com a saúde dos professores estão intimamente ligadas ao tipo de trabalho exercido, ao fato de estar relacionado à formação de outros sujeitos, ao excesso de atividades, à perda de autonomia, à sobrecarga de trabalho burocrático, ao quadro social e econômico e às condições de vida dos alunos.

Mas há alguns fatores que se sobrepõe antes do exercício profissional, sendo necessário avaliar o dia-a-dia do trabalhador, sua vivência social, ou seja, avaliar qualquer situação que venha a interferir no exercício de suas atividades. Observar o quanto o estresse e o ambiente pode afetar diretamente a relação entre professores e alunos. Muitas vezes o profissional não reage bem a certas situações causadas pelo estresse, mas o que auxilia a pessoa lidar com esse tipo de problema é exatamente a reavaliação de tudo que foi feito de maneira equivocada e passar a corrigi-lo.

2.8 O ESTRESSE OCUPACIONAL

O vocábulo stress deriva do latim *stringere* que significa espremer, e seu uso se tornou mais frequente a partir das décadas de 30 e 40 do século passado. De acordo com LIPP (2007, p. 12) stress é uma palavra latina usada na área da saúde no século XVII, porém, foi somente em 1936 que o pai da “estressologia”, Dr. Hans Selye usou o vocábulo para “descrever um estado de tensão patogênico no organismo”.

O termo estresse, em português, origina-se da palavra em inglês *stress*. De acordo com o Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa, estresse significa esgotamento físico, mental ou emocional (HOUAISS, VILLAR e FRANCO, 2003). Para fins deste trabalho, o termo *stress*, em inglês, será grafado em português, estresse.

As mudanças econômicas, sociais e tecnológicas, pelas quais a sociedade tem passado nas últimas décadas, atingem substancialmente a vida dos homens seja individual ou em grupo (SARDA; LEGAL; JABLONSKI, 2004).

Na definição apontada por Cardoso et al. (2000), o estresse é concebido como uma relação de desequilíbrio entre exigências ambientais e recursos pessoais, em que os indivíduos percebem exigências que esgotam ou excedem os recursos de que julgam dispor frente a uma situação que avaliam como ameaçadora do seu equilíbrio.

Grandjean (1998, p. 165) conceitua estresse ocupacional como: “o estado emocional, causado por uma discrepância entre o grau de exigência do trabalho e recursos disponíveis para gerenciá-lo”. É um fenômeno subjetivo o qual depende da compreensão individual e da capacidade de gerenciar as exigências no trabalho.

Lipp, Malagris e Novais (2007) apontam alguns sintomas relacionados ao estresse ocupacional, como o comprometimento do sistema imunológico, reduzindo a resistência da pessoa e tornando-a vulnerável ao desenvolvimento de infecções e doenças contagiosas, pois “devido ao enfraquecimento do organismo, doenças que permaneciam latentes, podem ser desencadeadas”.

2.8.1 Doenças relacionadas ao estresse ocupacional

Segundo Perkins (1995) todas as pessoas sofrem de alguma forma de estresse, quando este estresse se torna grave frequentemente resulta em enfermidades físicas e emocionais.

Para Alves (1985) mostra que “cada corpo é o centro do mundo” os limites do desejo, do prazer, da dor, dos desafios do viver são desempenhados na dinâmica do corpo de cada

pessoa. Quando se trabalha, o corpo vai se moldando as exigências e necessidades mentais, físicas e de relacionamento de cada função.

- Síndrome da Fadiga: a fadiga pode ser definida como um estado físico e mental que resulta de um esforço prolongado ou repetido o qual implica repercussões sobre vários sistemas do organismo, provocando múltiplas alterações de funções, que conduz a uma diminuição do desempenho no trabalho tanto de forma qualitativa quanto quantitativa em graus variáveis e também ao absenteísmo do trabalho, qual desencadeia uma série de distúrbios psicológicos, familiares e sociais. As principais características são: sensação de cansaço, fadiga constante e intensa após esforço mental; às vezes seguidas de exaustão ou de esgotamento e fraqueza, após pequenos esforços.

Muitas doenças físicas podem provocar a síndrome da fadiga tais como: quadros infecciosos como brucelose, mononucleose infecciosa distúrbios endócrinos glandulares como a hipo ou hiperfuncionamento da tireoide, alterações do metabolismo como: apneia do sono. Distúrbios psiquiátricos também podem provocar a fadiga: hipocondria, depressões e psicoses são as mais comuns (FRANÇA; RODRIGUES, 2005).

- Distúrbios do Sono: França e Rodrigues (2005) abordam que o distúrbio do sono é considerado um dos sintomas mais comuns apresentados por uma pessoa após uma situação que exija esforço, embora não seja o único fator etiológico desse problema.

- Insônia: consiste em uma alteração extremamente comum, muitas vezes transitória a qual está relacionada com uma situação estressante, pode desaparecer espontaneamente tão logo haja adaptação à situação, é secundária a quadros psiquiátricos, por exemplo: ansiedade e depressão ou o uso de drogas, como álcool, cafeína, medicamentos que podem ter ação estimulante do sistema nervoso central ou secundária a retirada destes. A insônia pode ser secundária ainda a problemas respiratórios os quais são induzidos pelo sono tais como a apneia do sono ou por outros problemas orgânicos de saúde, como distúrbios de tireoide, doenças que levam a dor crônica ou por movimentações musculares noturnas involuntárias.

- Depressão: a depressão requer tratamento médico e psicológico, pois apresentam vários sintomas de intensidade variável que pode comprometer a vida as pessoas que apresentam este tipo de problema. Este estado compromete a atividade profissional onde o indivíduo não consegue desenvolver suas funções adequadamente, por muitas vezes sente-se incapaz de trabalhar e apresenta problemas de concentração e cansaço excessivo. Alguns sintomas comuns observados são: redução do nível de energia; perda do interesse; dificuldades de iniciar atividades, principalmente pela manhã; diminuição ou aumento de apetite; ganho ou perda de peso; dificuldade a tomada de decisões, entre outros.

- Síndrome de *Burnout*: França e Rodrigues (2005) esclarecem que esta síndrome está relacionada ao trabalho que exige contato com pessoas e ocorre com frequência em profissionais de ajuda como enfermeiros, assistentes sociais, médicos, psicólogos, ou executivos, porém qualquer pessoa que desenvolva um trabalho tedioso, sob pressão, cujas exigências são superiores e as recompensas desfavoráveis, onde o retorno em termos de gratificação é considerado insuficiente em relação às expectativas da profissão.

Os principais sintomas baseiam-se na exaustão emocional e postura desumana, resultando em uma redução pessoal e profissional, com sentimentos de decepção e frustração o que leva a um quadro clínico de mal-estar, sentimentos de exaustão, perda de energia, infelicidade, desamparo, esgotamento, diminuição da autoestima e perda do entusiasmo pela profissão (FRANÇA; RODRIGUES, 2005).

Enfim, a insatisfação no trabalho pode está diretamente ligado a diversas causas, sejam fatores internos ou externos. A exemplo de professores, uma vez afetado por esse tipo de problema, os impactos são desastrosos a curto e longo prazo. A curto prazo devido ao estresse imediato e passar estes problemas para a sala de aula e, a longo prazo, no que diz respeito ao aprendizado dos seus alunos, ou seja, o rendimento vai cair. Um indivíduo que não tem suas necessidades atendidas, não terá satisfação necessária para desempenhar as suas atividades com qualidade no trabalho.

3 METODOLOGIA

A Metodologia de Avaliação de Desempenho dos Ambientes Construídos tem por objetivo diagnosticar os aspectos positivos e negativos de desempenho do ambiente construído em uso, levando em consideração a opinião dos técnicos, projetistas e clientes, considerando essencial o ponto de vista dos usuários, a partir da avaliação de fatores técnicos, funcionais, econômicos, estéticos e comportamentais (ORNSTEIN & ROMERO, 1992).

A metodologia é descrita como estudo quantitativo, devido a realização de avaliações no local, medições etc., comparando-os para então fazer o cruzamento de dados para obtenção de resultados confiáveis. Levantamento de dados e questionários aplicados no local. O questionário foi relacionado a questão de subjetividade, ou seja, como os professores estavam se sentindo no ambiente de trabalho.

Pesquisas bibliográficas através da leitura de livros e consulta de artigos, revistas e publicações.

A coleta de dados foi realizada através de observações visuais e medições de parâmetros ambientais. Esta metodologia é definida a partir das seguintes recomendações que:

Em primeiro lugar, minimizem, ou até mesmo corrijam, problemas detectados no próprio ambiente construído submetido à avaliação do estabelecimento de programas de manutenção e de conscientização do público usuário, da necessidade de alterações comportamentais, tendo em vista a conservação do patrimônio público ou privado; e, em segundo lugar, utilizem os resultados destas avaliações sistemáticas (estudos de caso) para realimentar o ciclo do processo de produção e uso dos ambientes semelhantes, buscando otimizar o desenvolvimento de projetos futuros. Em outras palavras, a APO pode ser entendida como um método interativo que detecta patologias e determina terapias no decorrer do processo de produção e uso dos ambientes construídos, através da participação intensa de todos os agentes envolvidos na tomada de decisões (ORNSTEIN & ROMERO, 1992).

Para Dantas (2001), o uso da APO no Brasil tem se mostrado uma técnica bastante eficaz para a verificação de qualidade do ambiente construído, podendo focalizar principalmente três fatores: avaliação técnica, funcional e comportamental, que se relacionam com o interesse e com os objetivos almejados do pesquisador, bem como e com a percepção do edifício.

A diversidade de métodos e técnicas adotadas para a realização da APO, sendo alguns com resultados qualitativos (questionários, observações e etc.) e, outros com resultados quantitativos (medições, avaliações e etc.), e a comparação entre eles, aumenta a confiabilidade dos diagnósticos finais e seus cruzamentos.

Etapas da APO:

- Pesquisa bibliográfica;
- Definição das variáveis de desempenho;
- Definição dos critérios de desempenho;
- Uso de ferramentas para a coleta de dados;
- Análise do projeto original;
- Coleta de dados;
- Sistematização e análise dos dados;
- Diagnósticos.

A metodologia pode ser descrita através do seguinte processo de atividades simples, como podemos observar na figura 9.

Figura 9 - Atividades da Metodologia



Fonte: O autor (2018)

A metodologia está descrita da seguinte maneira:

- I) A Escola Municipal de Ensino Fundamental Cassiano Pereira foi avaliada 10 dias antes do início da coleta de dados. Após essa avaliação, iniciou-se o processo de coleta de dados.
- II) Após a realização e avaliação dos ambientes (salas de aula), foram escolhidas e fotografadas 3 salas de aula. Nas figuras 10, 11, 12, 13, 14 e 15 podemos observar duas vistas de cada sala avaliada.
 - Sala 01 – Foram realizadas 4 visitas.

Figura 10 - Sala 01 (1° Vista)



Fonte: O autor (2018)

Figura 11 - Sala 01 (2° Vista)



Fonte: O autor (2018)

- Sala 02 – Foram realizadas 3 visitas.

Figura 12 - Sala 02 (1° Vista)



Fonte: O autor (2018)

Figura 13 - Sala 02 (2° Vista)



Fonte: O autor (2018)

- Sala 03 – Foram realizadas 3 visitas.

Figura 14 - Sala 03 (1° Vista)



Fonte: O autor (2018)

Figura 15 - Sala 03 (2° Vista)



Fonte: O autor (2018)

- III) As características técnico-construtivas de conforto ambiental são variáveis que se referem as avaliações feitas pelo estudo em relação as edificações.
- “Técnico – por exemplo, através da observação de traços físicos que indiquem desconforto ambiental, tais como a utilização de proteção adicional contra o sol para melhorar a sensação de conforto térmico, ou constatar a deteriorização de mobiliários que indiquem a existência de

goteiras ou umidades excessivas, etc.” (REIS & LAY, 1995). Quanto a questão de conforto ambiental, foram analisados:

- ✓ Conforto Acústico
- ✓ Conforto Térmico

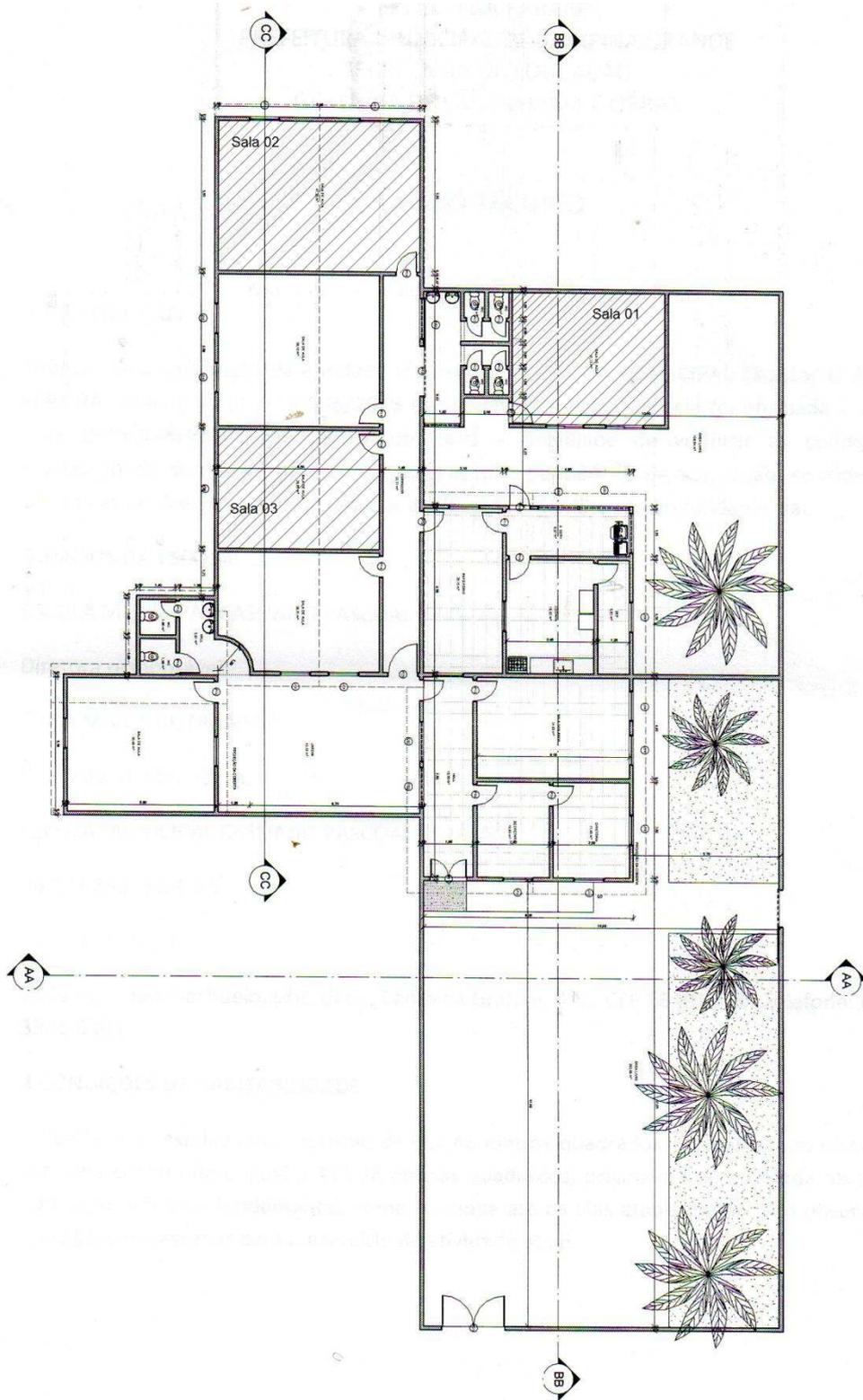
IV) A APO surge também como pesquisa de modo qualitativo, pois o estudo aborda a questão subjetiva dos colaboradores, ou seja, como o ambiente pode ou não interferir no exercício profissional que, conseqüentemente, afeta os próprios alunos.

Finalizando o processo, a APO ainda está incluída na última parte do processo das atividades da metodologia com a parte quantitativa do estudo, ou seja, a realização da coleta e tabulação de dados através do software Excel.

V) A partir de então, foi feito a comparação dos dados para obtenção de um diagnóstico mais preciso. Os resultados foram comparados com as normas vigentes: NBR 10/151, NBR 10/152 e ISO 7730/1994.

Além das ilustrações das salas de aula estudadas, para melhor visão do ambiente, na figura 16, podemos observar a planta baixa (sem escala) da escola com a seleção das salas, assim como os *croquis* de cada uma.

Figura 16 - Planta Baixa da Escola (sem escala)



Fonte: Escola Municipal de Ensino Fundamental Cassiano Pereira

As salas estudadas também foram marcadas com *hachuras* na planta baixa da Escola.

As variáveis relacionadas com os confortos térmico e acústico foram observadas e estudadas no ambiente escolar para a realização de medições.

Os critérios para a seleção de salas de aula foram definidos através da disponibilidade de ambientes e de professores. Diante disso foram selecionadas as salas 01, 02 e 03, conforme o item II abordado e ilustrado através de figuras.

As realizações das medições térmicas e acústicas foram feitas em conformidade com os procedimentos das normas ISO 7730/1994, NBR 10/151 E NBR 10/152.

- Medições Térmicas: foram realizadas através do Termômetro de Globo (IBUTG), marca *Politerm* e um tripé de suporte para o equipamento, conforme a figura 17.

Figura 17 - Termômetro de Globo Politerm (IBUTG)



Fonte: O autor (2018)

O Termômetro de Globo (IBUTG), da marca *Politerm* foi desenvolvido como uma base de monitoramento em campos de treinamento militar dos Estados Unidos e se espalhou para o uso em ambientes de trabalho.

Atende as normas internacionais ISO 7243/1989, OSHA (US Segurança do Trabalho), Sociedade Japonesa de Saúde do Trabalho e Meio SMA (Sports Medicine Áustria) para

estabelecer os limites de exposição a calor admissíveis em saúde, esportes ou outras atividades físicas.

Medição: Valor WBUTG (Interno/Externo Bulbo úmido temperatura de globo), Temperatura do Globo Negro, umidade, Temperatura do Ar, Temperatura de Bulbo Úmido, Temperatura do Ponto de Orvalho. Sua faixa de medição está definida da seguinte maneira:

- a) Bulbo Úmido Temperatura de Globo (WBGT):
 - Interno: 0 ~ 59°C
 - Externo: 0 ~ 56°C
 - b) Temperatura do Globo Negro (T_g): 0 ~ 80°C
 - c) Temperatura do Ar (T_a): 0 ~ 50°C
 - d) Temperatura de Bulbo Úmido (WB) ou (T_{bu}): -21.6 ~ 50.0°C
 - e) Umidade Relativa (Rh): 5% ~ 95%
 - f) Temperatura do Ponto de Orvalho: -25.3 ~ 48.9°C
 - g) Resolução 0.1 graus.
- Medições Acústicas: foram realizadas através do Decibelímetro - Medidor de Nível de Pressão Sonora Digital - DEC-470 da *Instrutherm*, conforme a figura 18.

Figura 18 - Decibelímetro



Fonte: O autor (2018)

O Decibelímetro DEC-470 é um instrumento utilizado para realizar medição de níveis de ruído. O microfone é peça vital no circuito, sendo sua função a de transformar um sinal mecânico (vibração sonora) num sinal elétrico. O circuito de medição dos aparelhos pode ter resposta lenta ou rápida.

Fabricado conforme a norma IEC 60651 e com as seguintes características:

- a) Escala: 30 a 130 (dB)
- b) Precisão: $\pm 1,5$ (dB)
- c) Resolução: 0,1 (dB)
- d) Ponderação de Frequência: A até C
- e) Resposta Rápida (*FAST*) e lenta (*SLOW*)
- f) Função LEQ para o último minuto.

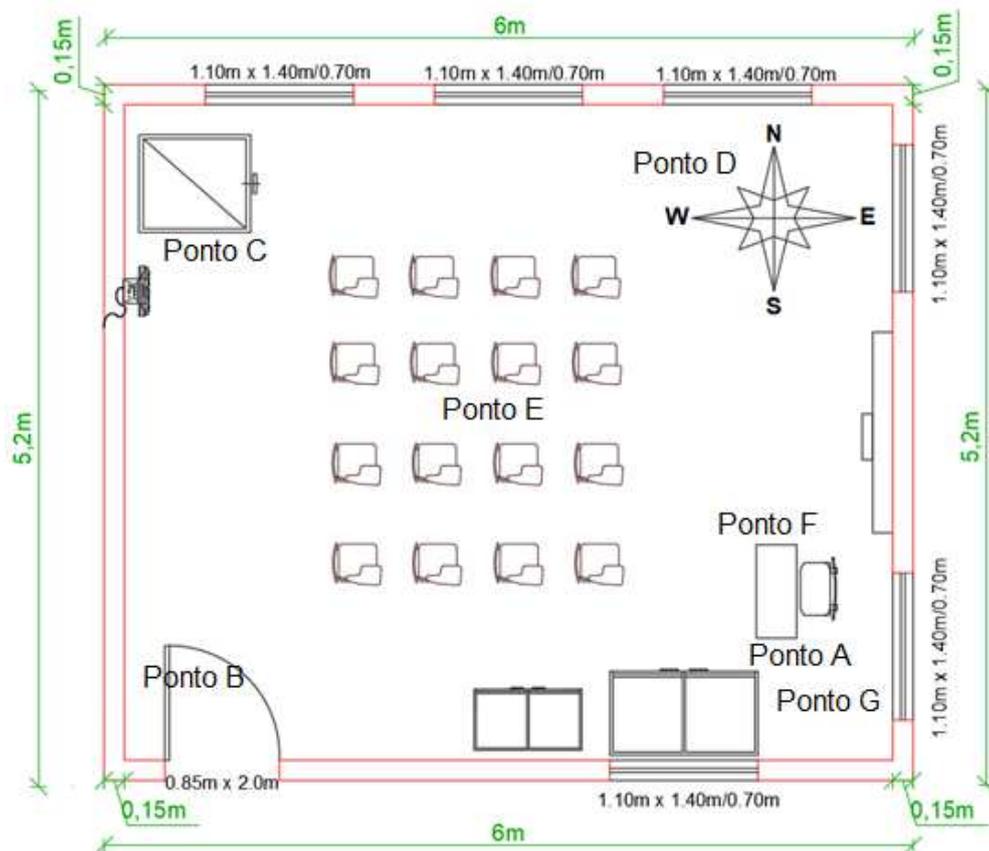
VI) A tabulação dos dados coletados a partir dos instrumentos citados foi feita através do Software Excel. A comparação dos dados foi realizada de acordo com as normas ISO 7730/1994 e NBR 10/152.

Após a análise e coleta de dados, foi realizado um diagnóstico referente às condições térmicas e acústicas dos ambientes avaliados.

4 RESULTADOS

Os blocos de salas de aulas que compõem a Escola Municipal de Ensino Fundamental Cassiano Pereira possuem dimensionamentos relativamente diferentes e dotados de esquadrias de ferro. Essas esquadrias são do tipo Basculante com pivôs em suas laterais, com chapas de vidro e aberturas pequenas para circulação de ar no ambiente. As salas de aula apresentam algumas características distintas (dimensões, cores, aberturas, altura das janelas, número de janelas, entre outros). Em função disso, os croquis mostram as características das salas escolhidas e avaliadas, iniciando com a figura 19 com o *croqui* da Sala 01. Todos os *croquis* foram confeccionados na escala 1:50 m.

Figura 19 - *Croqui* Sala 01



Fonte: O autor (2018)

Legenda para os pontos:

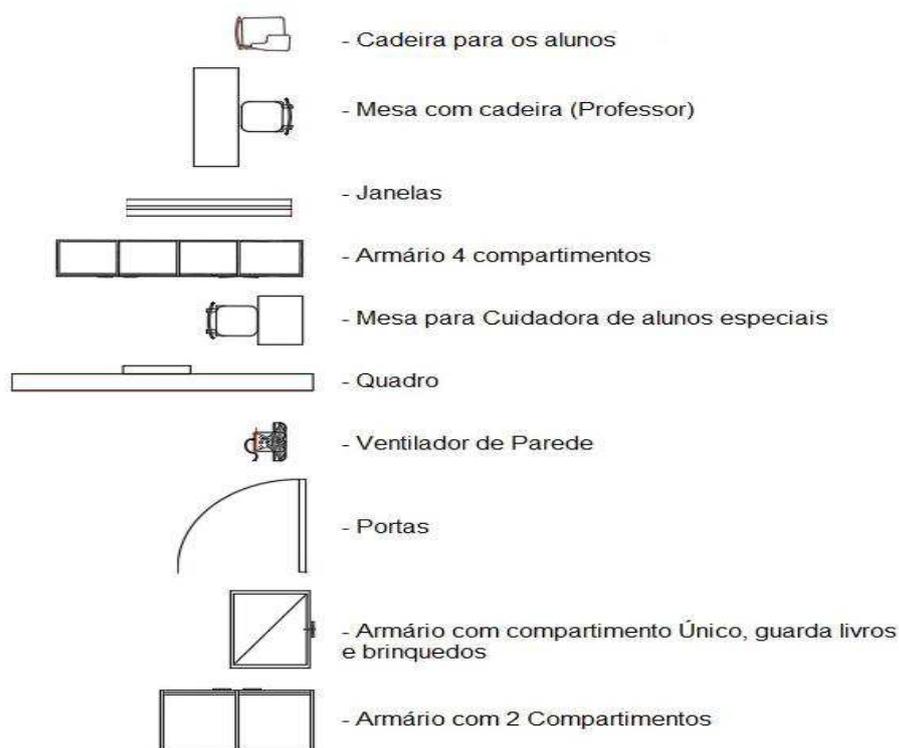
Na figura 19. Podemos observar a definição dos pontos (A, B, C, D e E) pontos extremos e meio da sala para medição de ruído com o Decibelímetro;

F – Ponto de medição de ruído ao lado do professor;

G – Ponto de medição do medidor de estresse térmico com o Termômetro de Globo (IBUTG).

Na figura 20 podemos observar a legenda dos objetos, assim como para os demais *croquis* listados.

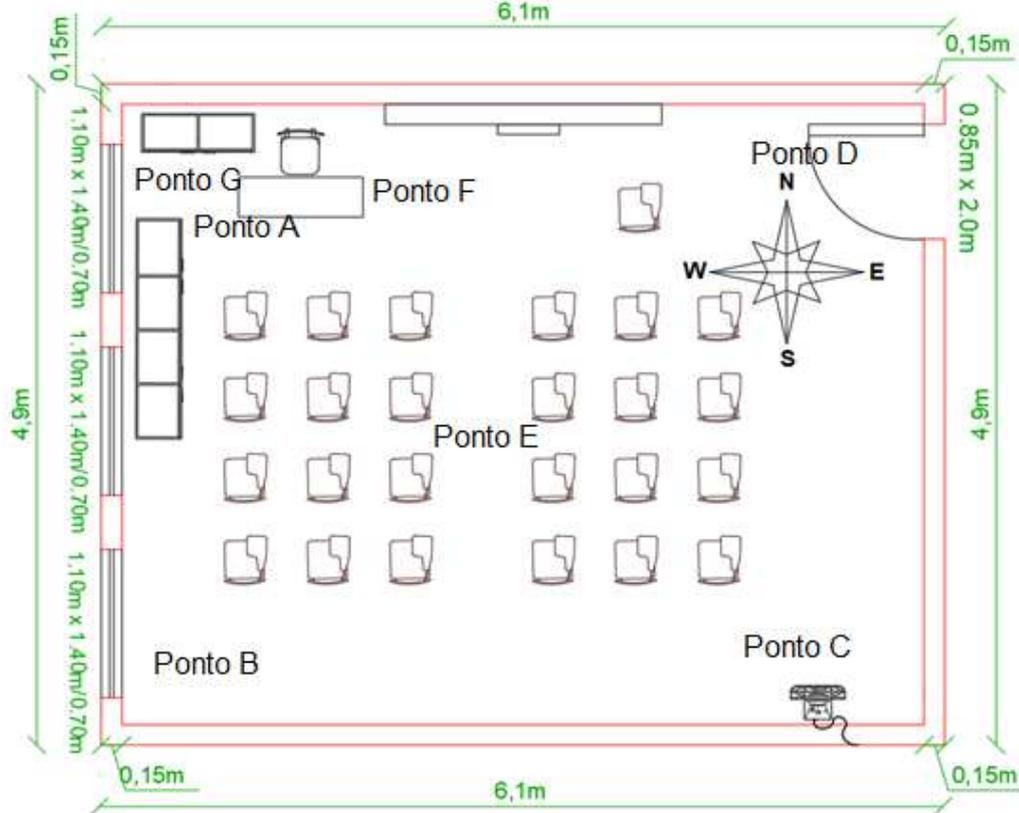
Figura 20 - Ilustração de Objetos nos *Croquis*



Fonte: O autor (2018)

Para os demais *croquis*, serão ilustrados com os mesmos objetos que foram legendados.

Figura 21 - Croqui Sala 02

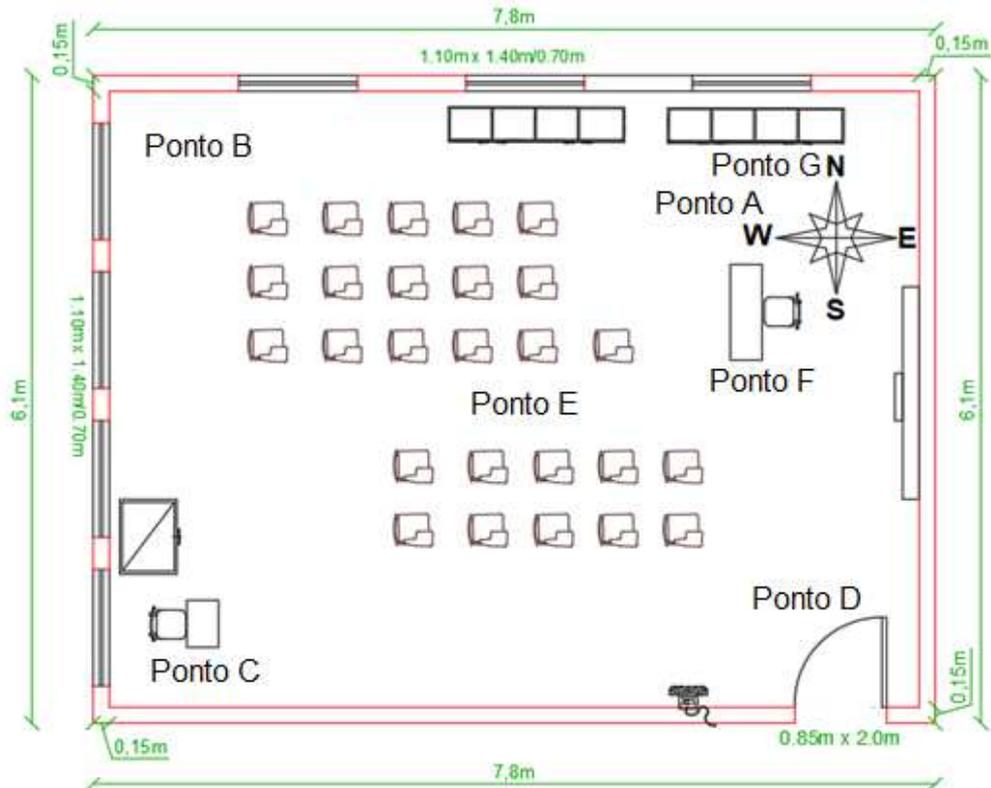


Fonte: O autor (2018)

Na figura 21, segue a mesma sistematização da figura 19 com a definição dos pontos A ao G. De acordo com a planta baixa da escola (sem escala), a sala 01 tem exatamente 31,20 m². A Sala 02 possui 29,89 m² e a Sala 03 com 47,58 m².

Assim como as demais ilustrações dos *croquis*, a figura 22 segue o mesmo padrão com definição e localização dos pontos.

Figura 22 - Croqui Sala 03



Fonte: O autor 2018

4.1 DISCUSSÃO DE RESULTADOS RELACIONADOS AO CONFORTO TÉRMICO

O posicionamento das salas 01 e 02 eram mais favoráveis ao recebimento de ventos que a sala 03 devido a maioria dos ventos predominantes surgir do Leste durante os dias de medições. A sala 03 também possui um outro ponto fraco devido sua localização possuir alguns obstáculos, sendo esses obstáculos exatamente as duas outras salas que foram avaliadas. Com isso praticamente inexistente ventilação adequada.

No ambiente referido foram realizadas duas medições durante os turnos: manhã e tarde, com início 8:00h às 11:00h e 14:00h às 17:00h. As medições foram feitas durante 10 dias, seguindo o cronograma no Quadro 2.

Quadro 2 - Cronograma de Atividades

Atividades	Mês	
	Novembro	Dezembro
Medições sala 01	X	
Medições sala 02	X	
Medições sala 03		X
Medições sala 01		X
Medições sala 02		X
Medições sala 03		X
Medições sala 01		X
Medições sala 02		X
Medições sala 03		X
Medições sala 01		X

Fonte: O autor 2018

Os instrumentos utilizados foram o Termômetro de Globo (IBUTG), da marca *Politerm*.

Para determinação do PMV cumpriram-se as seguintes atividades:

- I) Medição de temperatura de Bulbo Úmido (T_{bu}) em um ponto central da sala de aula;
- II) Classificação da resistência das vestes e da energia metabólica consumida pelos usuários do ambiente (alunos), conforme tabelas constantes na literatura (FANGER, 1970).

De acordo com os dados obtidos, foi calculado o PMV e PPD comparando os resultados do PPD com as recomendações da ISO 7730/1994. Portanto, as medições tiveram os resultados com os gráficos separados por dia.

Os dados referentes ao PMV e PPD foram calculados a partir de um software chamado Analysis 1.5, é um software para avaliação bioclimática a partir de dados climáticos plotados em cartas bioclimáticas e avaliação das condições de conforto térmico de acordo com a ISO7730. Disponibilizado pelo LABEEE-UFSC, conforme a figura 23.

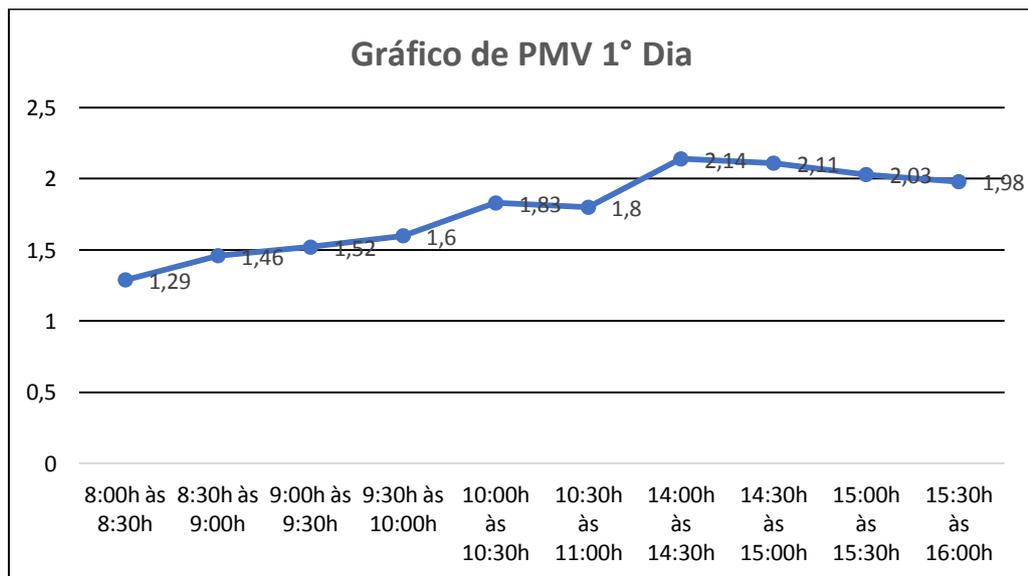
Figura 23 - Analysis 1.5



Fonte: LABEEEE/UFSC

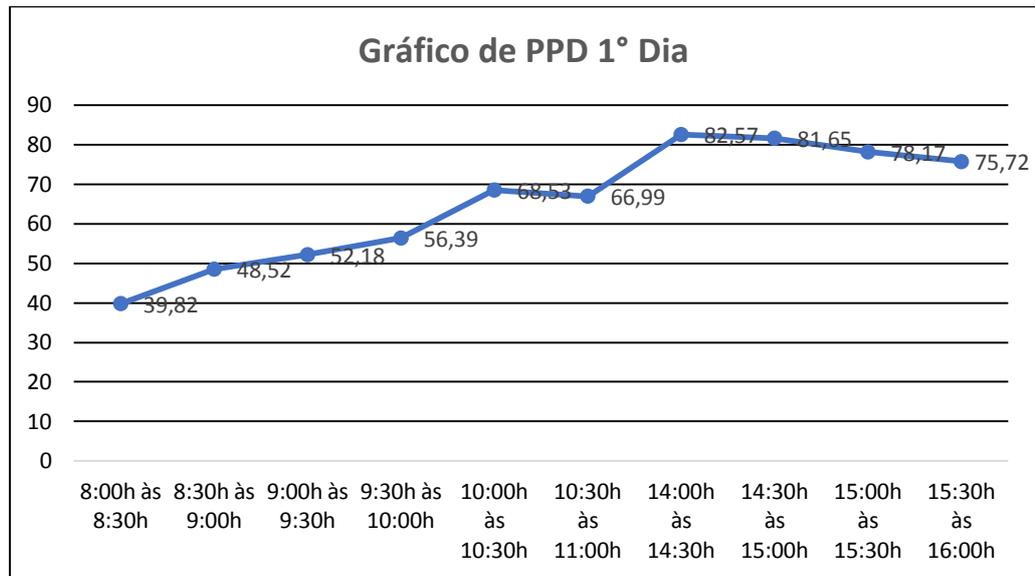
Gráficos relacionados aos índices PMV e PPD:

Gráfico 1 - Gráfico de PMV (1º dia)



Fonte: O autor (2018)

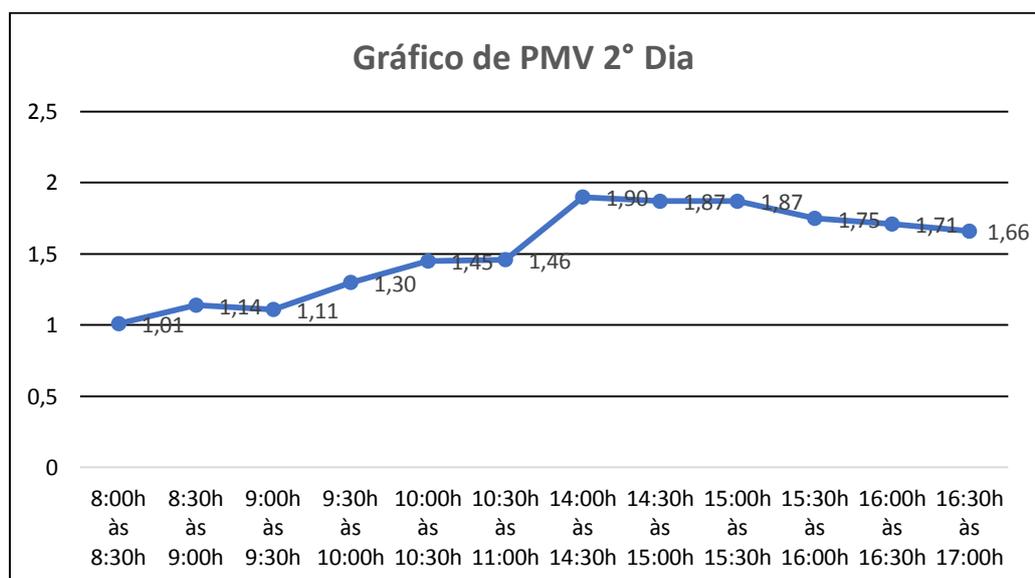
Gráfico 2 - Gráfico de PPD (1º dia)



Fonte: O autor (2018)

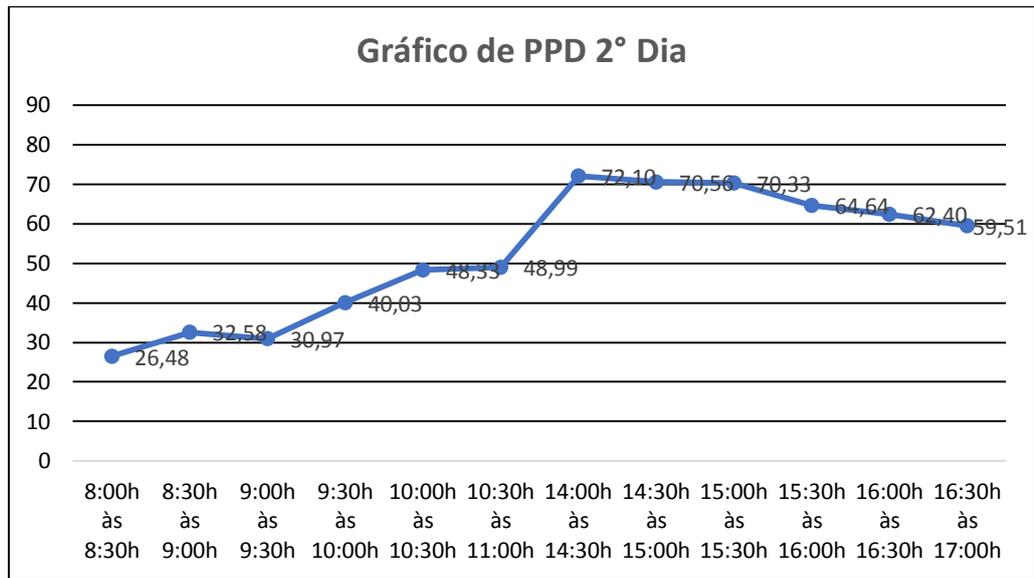
A primeira medição foi feita na Sala 01. A avaliação qualitativa da sensação térmica (PMV) percebida pelo professor tende a ser de levemente quente (+1) a quente (+2) durante o primeiro dia de medições. Neste dia dois professores frequentaram a sala de aula estudada e relataram basicamente os mesmos problemas com a insatisfação do ambiente. Já a avaliação quantitativa do estresse térmico, a média de PPD, indica que naquele mesmo intervalo de tempo, ou seja, durante os turnos manhã e tarde, o ambiente encontrava-se entre levemente quente e quente com o índice de insatisfação térmica de 65,05%.

Gráfico 3 - Gráfico de PMV (2º dia)



Fonte: O autor (2018)

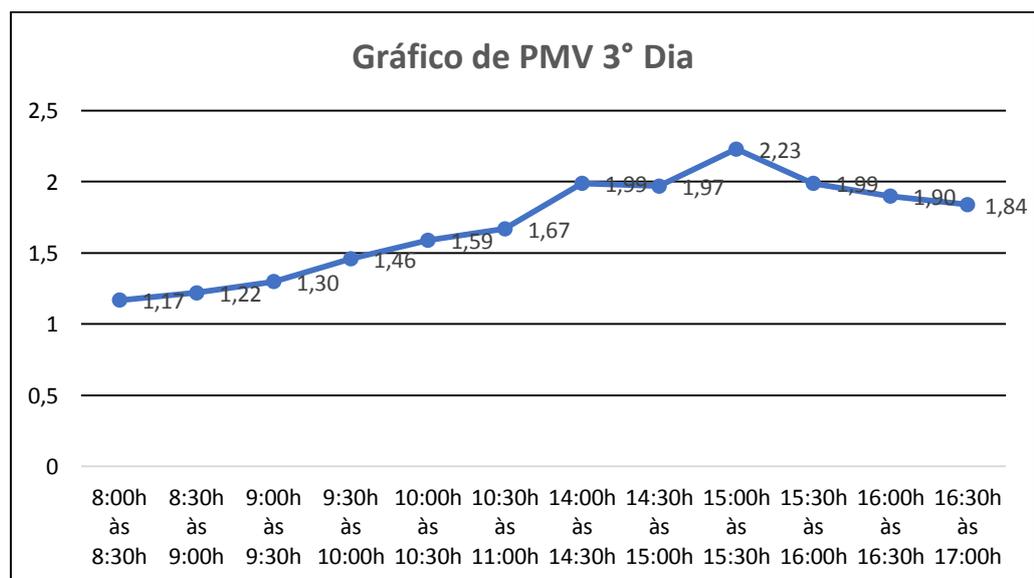
Gráfico 4 - Gráfico de PPD (2º dia)



Fonte: O autor (2018)

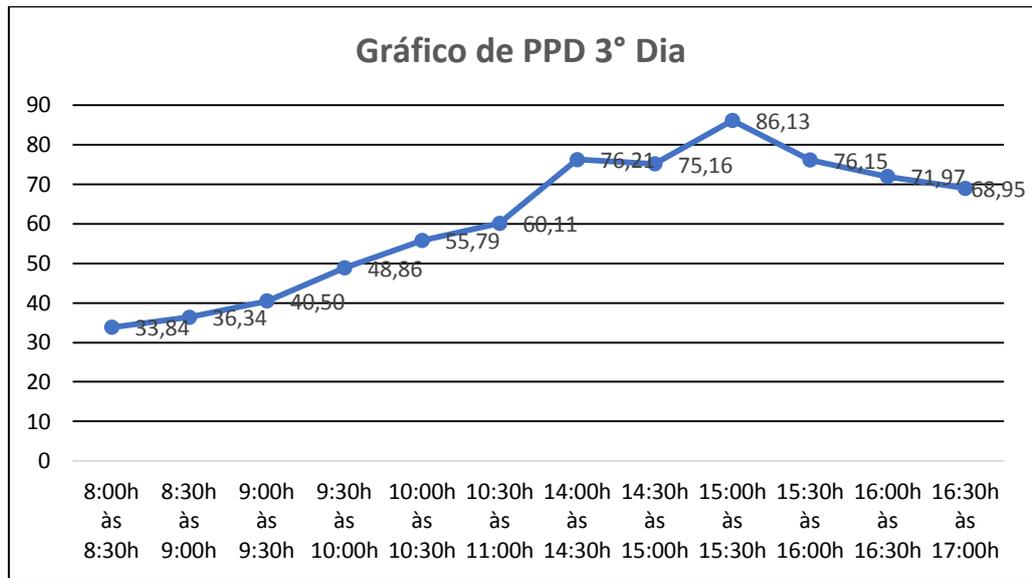
A avaliação para o PMV durante o segundo dia de medições, também realizada na Sala 01, percebidas pelo professor tende a ser de levemente quente (+1) a quente (+2). Já a avaliação quantitativa do estresse térmico, mostrou que naquele mesmo intervalo de tempo, o ambiente encontrava-se entre levemente quente e quente com a média de PPD de 52,24% de insatisfação térmica.

Gráfico 5 - Gráfico de PMV (3º dia)



Fonte: O autor (2018)

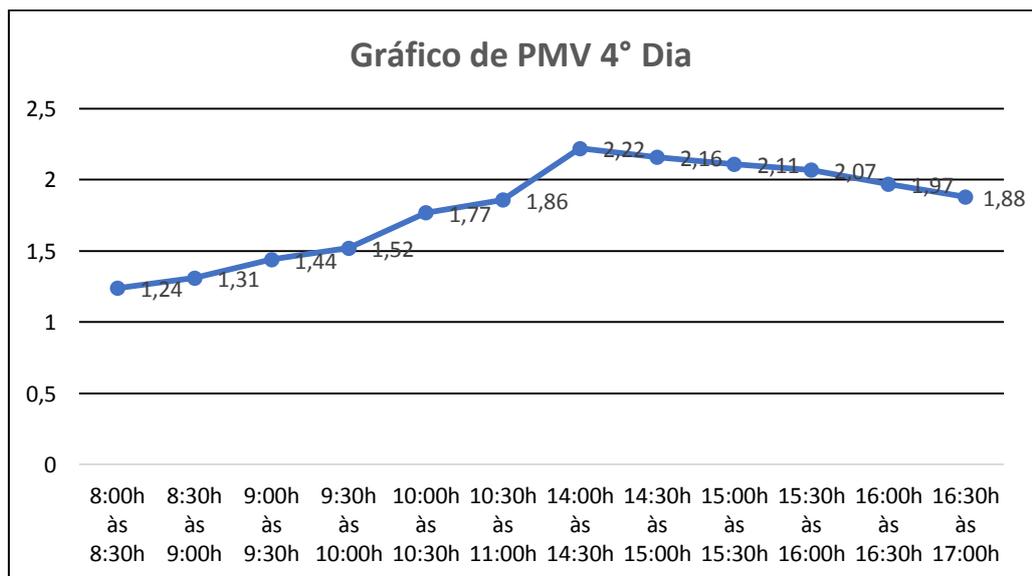
Gráfico 6 - Gráfico do PPD (3º dia)



Fonte: O autor (2018)

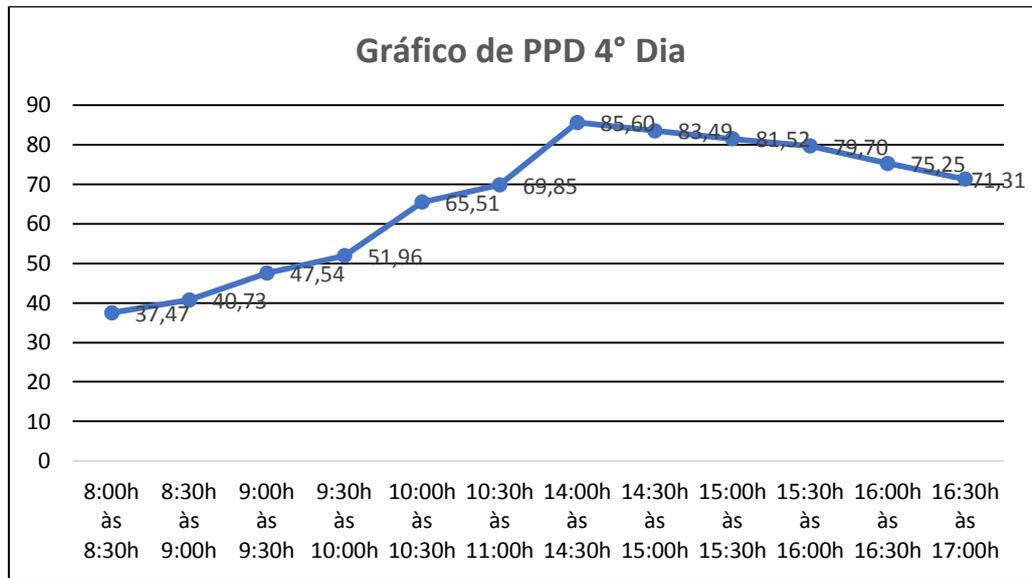
Ainda na Sala 01, o índice PMV durante o terceiro dia de medições percebidas pelo professor tende a ser de levemente quente (+1) a quente (+2). A avaliação quantitativa do estresse térmico neste mesmo dia, a média de PPD do ambiente encontrava-se com 60,83% de insatisfação térmica.

Gráfico 7 - Gráfico de PMV (4º dia)



Fonte: O autor (2018)

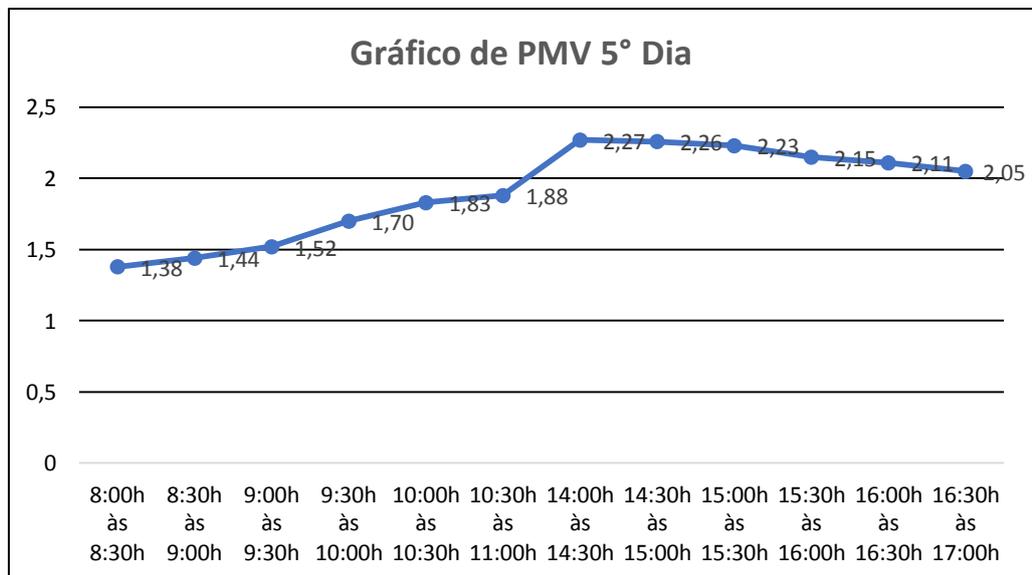
Gráfico 8 - Gráfico de PPD (4º dia)



Fonte: O autor (2018)

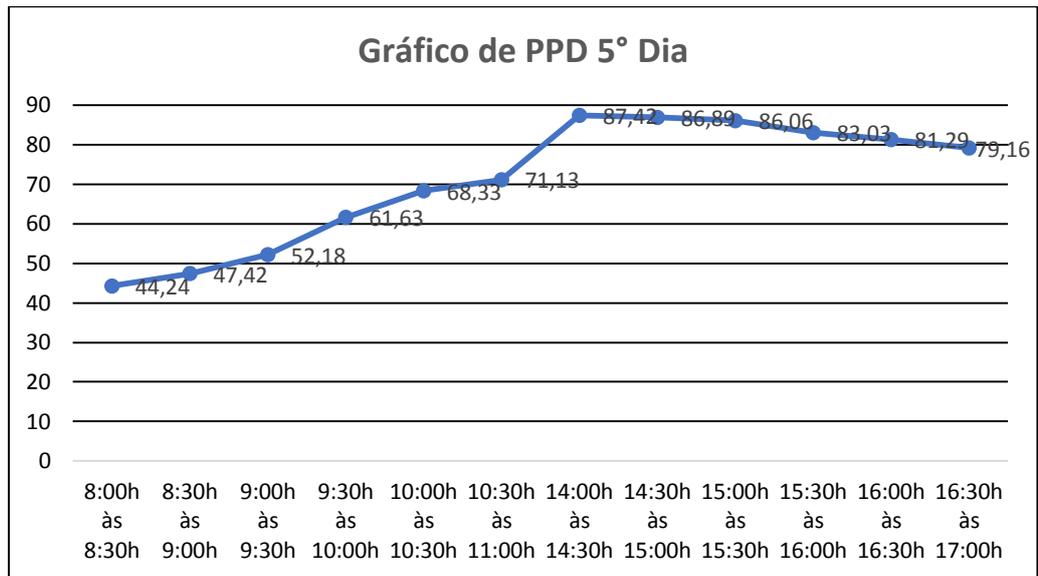
No quarto dia de medições, a avaliação foi realizada na Sala 02, os índices de PMV foram de levemente quente (+1) a quente (+2). Já a média avaliada de PPD mostrou-se com 65,83% de insatisfação para o ambiente que se encontrava entre levemente quente e quente.

Gráfico 9 - Gráfico de PMV (5º dia)



Fonte: O autor (2018)

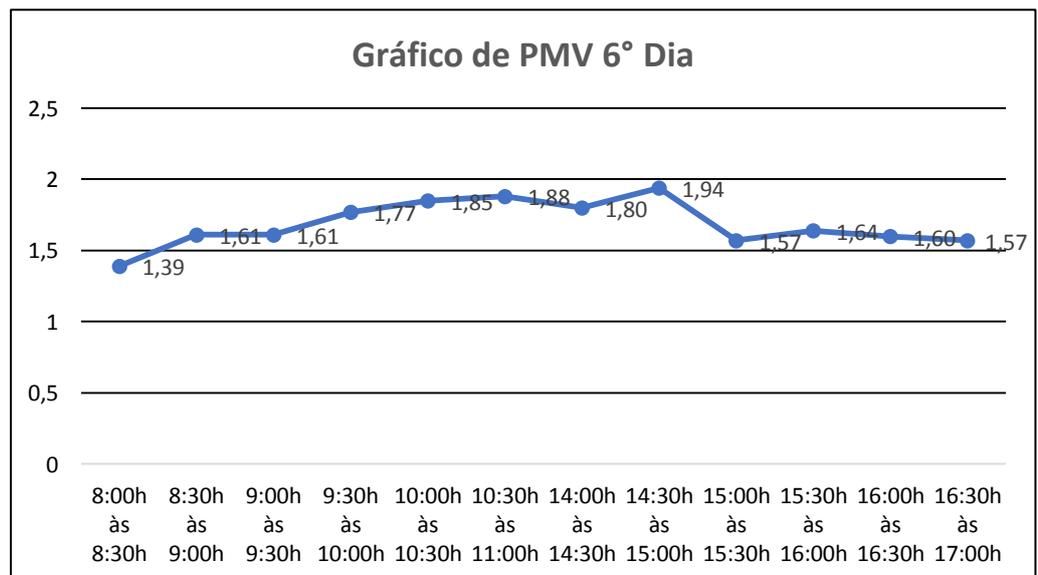
Gráfico 10 - Gráfico de PPD (5° dia)



Fonte: O autor (2018)

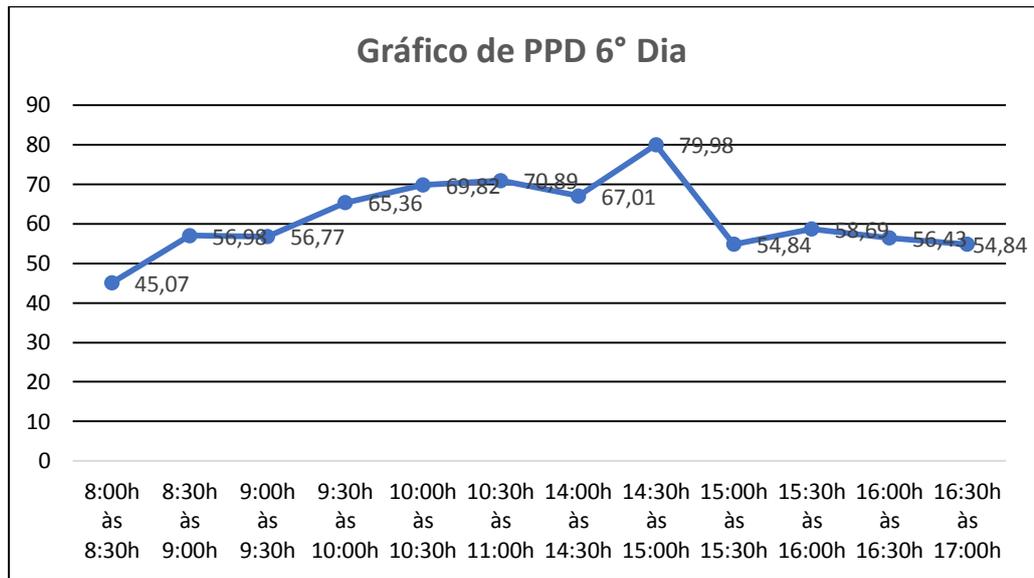
Durante o quinto dia de medições, também realizada na Sala 02, a avaliação qualitativa da sensação térmica percebida pelo professor tende a ser de levemente quente (+1) a quente (+2). Já a média de PPD, o ambiente encontrava-se com 70,73% de insatisfação térmica.

Gráfico 11 - Gráfico de PMV (6° dia)



Fonte: O autor (2018)

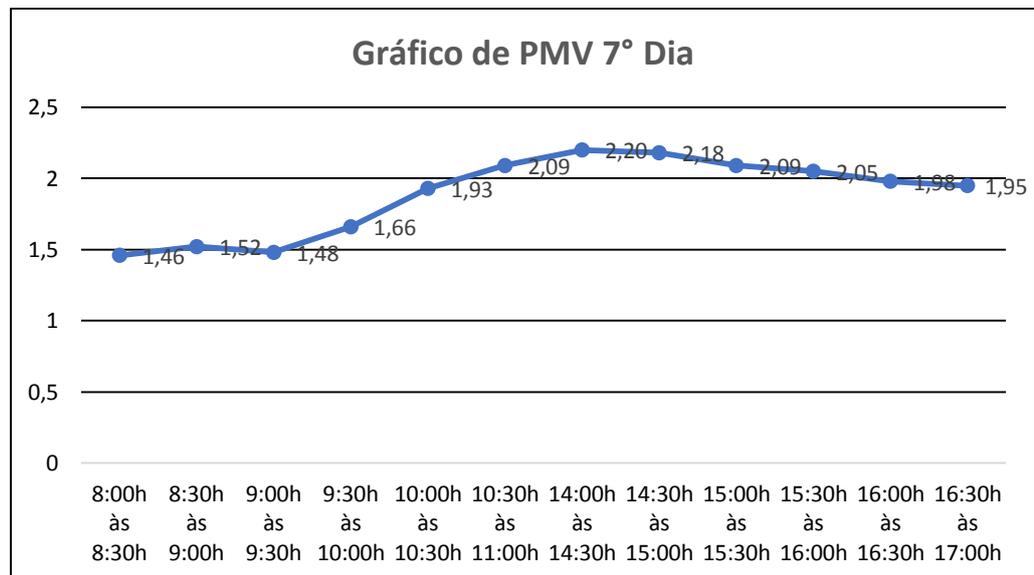
Gráfico 12 - Gráfico de PPD (6° dia)



Fonte: O autor (2018)

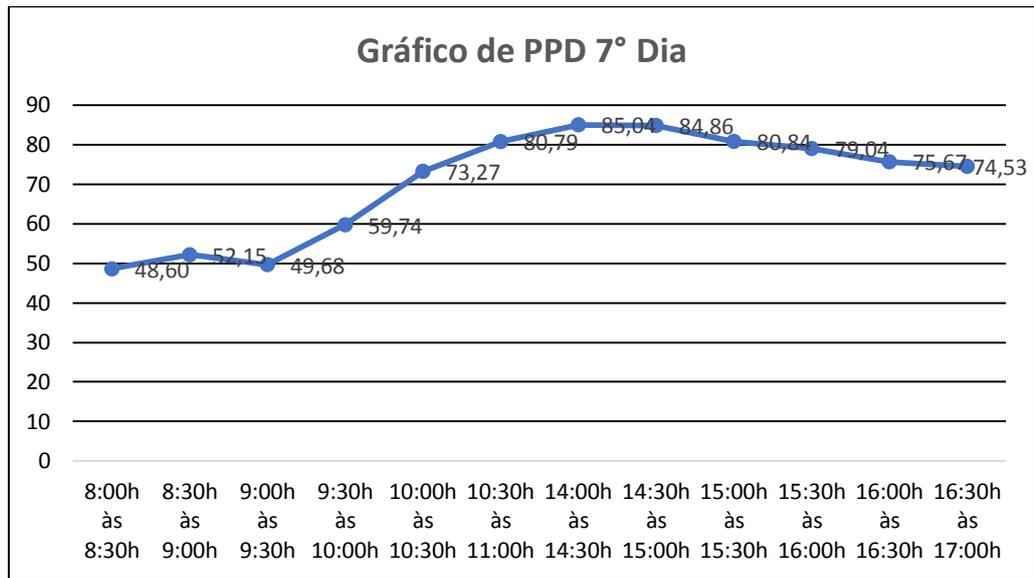
Para o sexto dia de medições, ainda na Sala 02, a tendência dos professores foram de levemente quente (+1) a quente (+2). A média de PPD para o ambiente foi de exatamente 61,39% de insatisfação térmica.

Gráfico 13 - Gráfico de PMV (7° dia)



Fonte: O autor (2018)

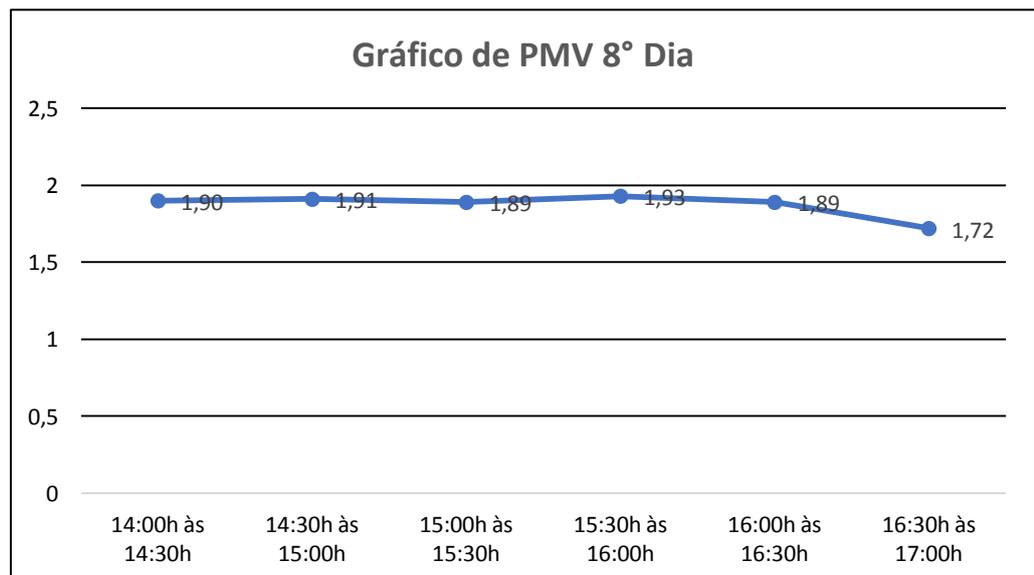
Gráfico 14 - Gráfico de PPD (7º dia)



Fonte: O autor (2018)

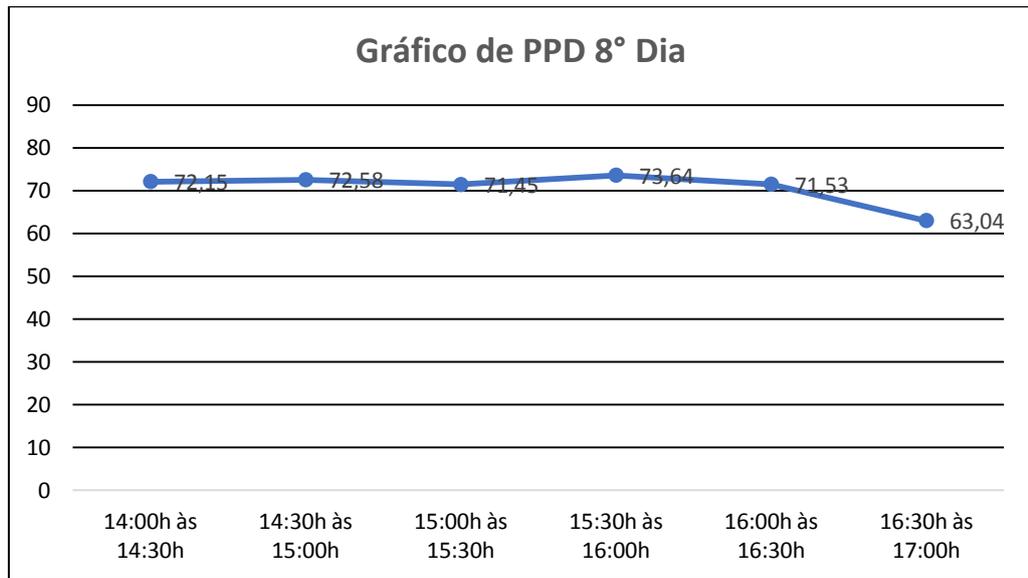
Para este dia, realizado na Sala 03, a avaliação qualitativa da sensação térmica percebida pelo professor tende a ser de levemente quente (+1) a quente (+2). Já a avaliação quantitativa do estresse térmico, o PPD, indica que naquele mesmo intervalo de tempo, o ambiente encontrava-se com a média de insatisfação térmica de 70,35%.

Gráfico 15 - Gráfico de PMV (8º dia)



Fonte: O autor (2018)

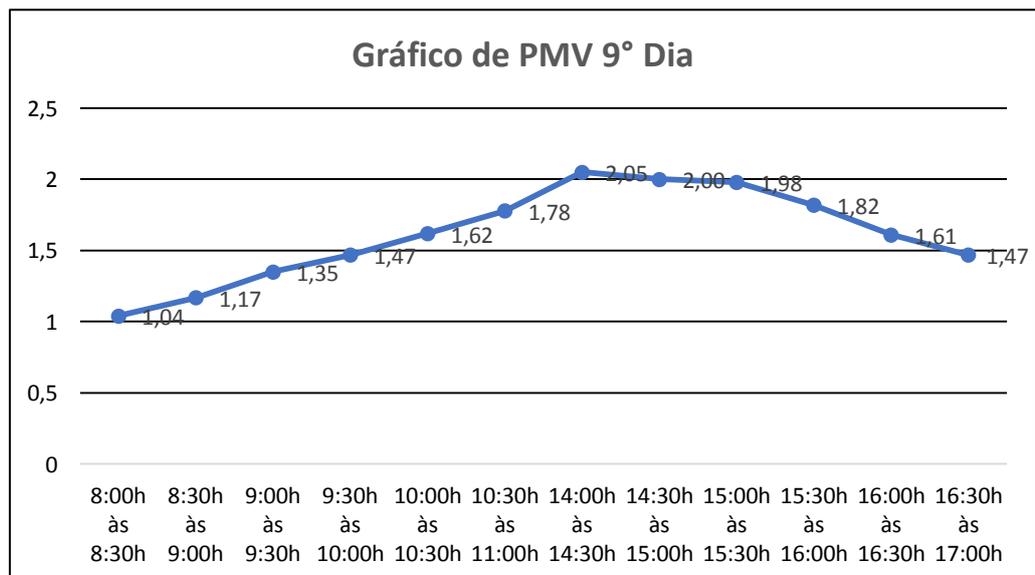
Gráfico 16 - Gráfico de PPD (8º dia)



Fonte: O autor (2018)

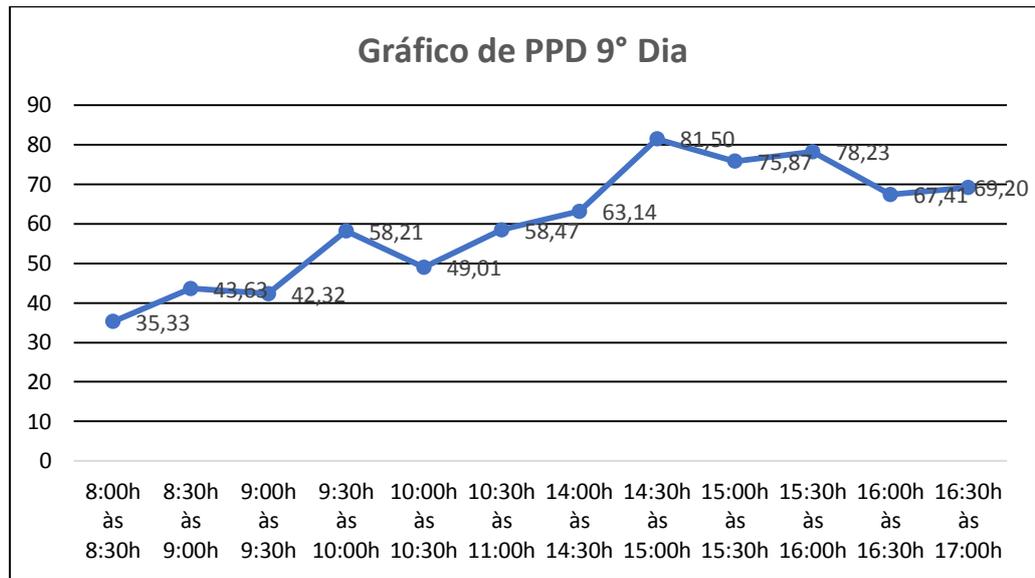
Durante o oitavo dia, também na Sala 02, as medições foram realizadas somente no turno da tarde, ou seja, o processo já iniciava com certa percepção de calor. O professor aparece com a tendência de levemente quente (+1) a quente (+2). Já a média de PPD para o mesmo dia e o mesmo ambiente, estava de 70,73% de insatisfação térmica.

Gráfico 17 - Gráfico de PMV (9º dia)



Fonte: O autor (2018)

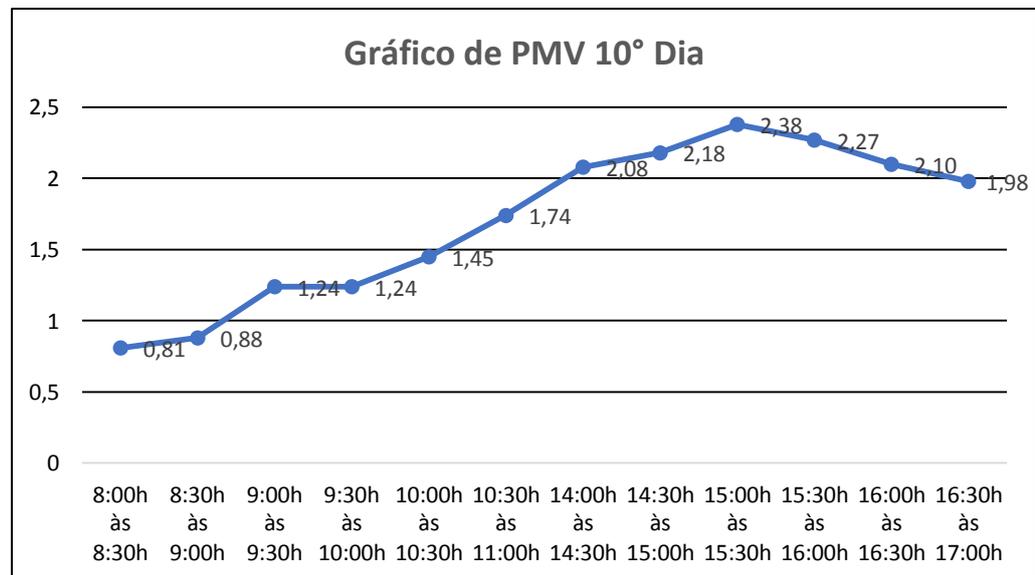
Gráfico 18 - Gráfico de PPD (9º dia)



Fonte: O autor (2018)

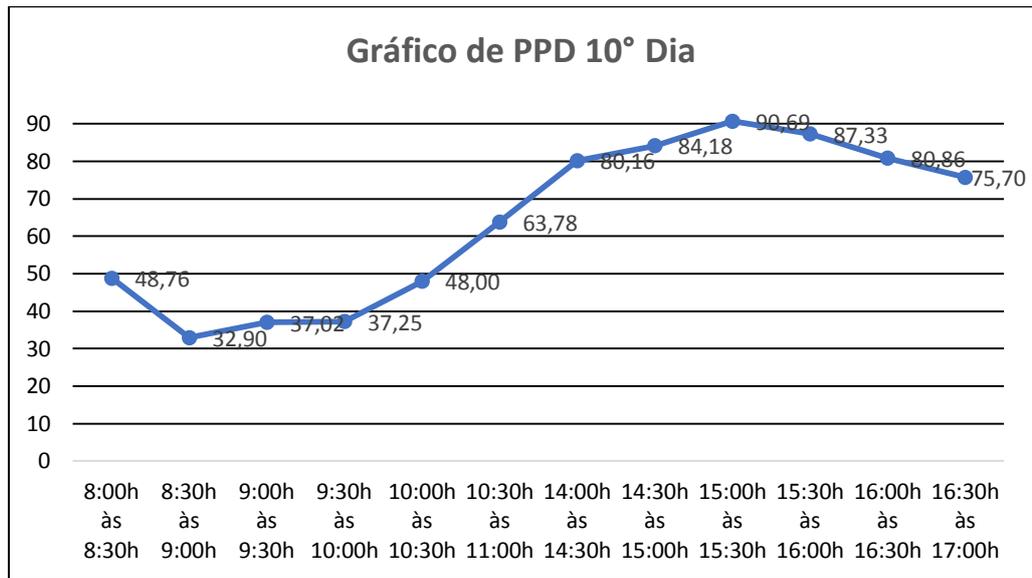
Para o penúltimo dia de medições, ainda na Sala 03, o PMV percebido pelo professor continuava a passar de levemente quente (+1) a quente (+2). A média de PPD para o mesmo intervalo de tempo e mesmo ambiente, encontrava-se com 48,17%.

Gráfico 19 - Gráfico de PMV (10º dia)



Fonte: O autor (2018)

Gráfico 20 - Gráfico de PPD (10° dia)



Fonte: O autor (2018)

Para o último dia de medições, foi avaliada novamente a Sala 01, a avaliação qualitativa da sensação térmica (PMV) percebida pelo professor tende a permanecer de levemente quente (+1) a quente (+2). Já a avaliação quantitativa do estresse térmico, o PPD, indica que naquele mesmo intervalo de tempo, ou seja, durante os turnos manhã e tarde, o ambiente encontrava-se com média de 60,43% de insatisfação térmica.

4.2 DISCUSSÃO DE RESULTADOS RELACIONADOS AO CONFORTO ACÚSTICO

De acordo com as citações referidas pelos autores, tratando-se de salas de aula, o ruído além de incomodar, provoca interferência direta no rendimento das atividades de ensino-aprendizagem.

A Norma Brasileira NBR-10152 (ABNT), define os níveis máximos de ruído para cada ambiente e estabelece critérios e métodos para a avaliação do conforto acústico de acordo com o tipo do ambiente. Na Tabela 2, podemos observar os níveis máximos de ruído e os ambientes adequados para cada situação.

Alguns dos problemas mais relatados pelos professores, segundo (Bevilacqua *et al*, 1999) foram: incômodo em ministrar aulas em salas ruidosas, patologias na voz, pois tinham que falar muito alto, interferência do ruído no entendimento de sua fala, e a falta de atenção dos alunos.

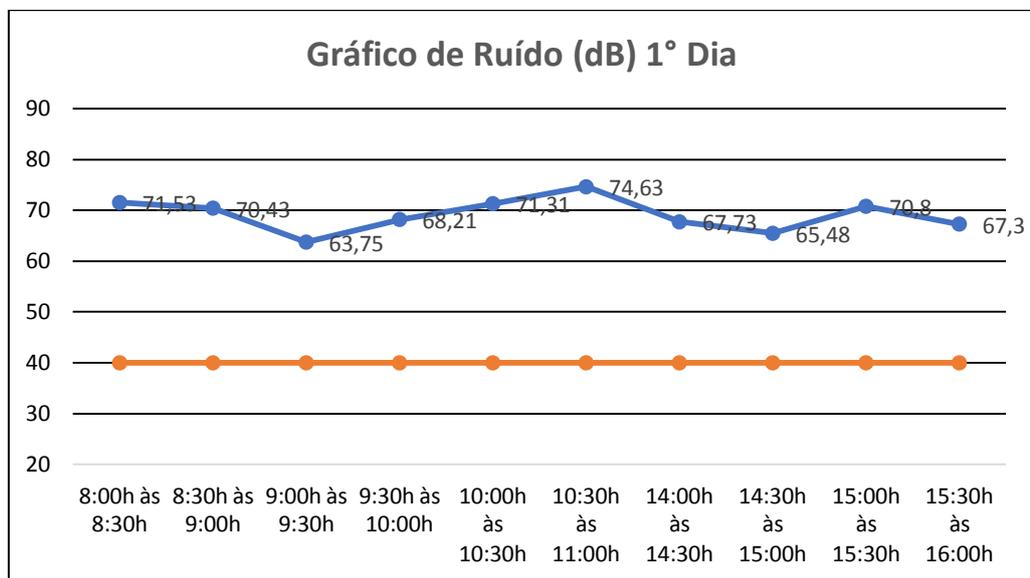
Para o levantamento de coleta de dados em relação ao ruído, as medições foram realizadas nos mesmos 10 dias que foram coletados os dados de conforto térmico. Utilizou-se

o Decibelímetro DEC-470, da marca *Instrutherm*. As medições foram realizadas nas três salas escolhidas: Sala 01, 02 e 03 e seguiu o mesmo padrão de duração durante os dois turnos: manhã e tarde.

Os resultados permitiram uma avaliação do conforto acústico do local, comparando-os com os valores recomendados pela legislação vigente, e considerando as características físicas das edificações.

Verificou-se que os níveis de ruído encontrados para as salas 01, 02 e 03 estão acima do que é recomendado pela NBR-10152 (vide Tabela 2). Portanto, os gráficos a seguir irão mostrar os níveis aferidos nas três salas estudadas e o limite estabelecido pela norma.

Gráfico 21 - Gráfico de Ruído (1º dia)



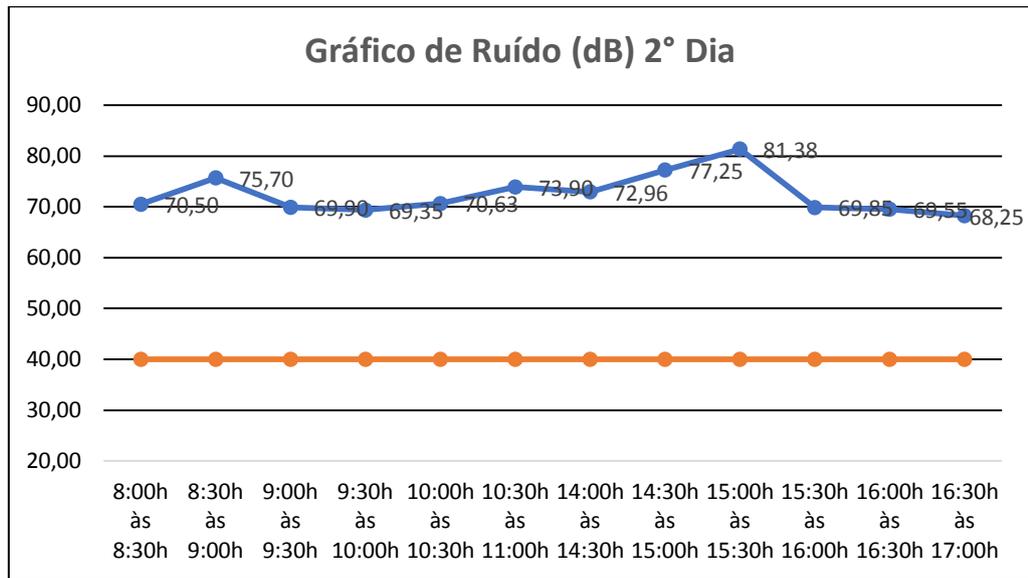
Fonte: O autor 2018

Legenda:

- Ruído encontrado durante as medições;
- Limite de ruído estabelecido pela NBR-10152.

O gráfico 21 mostra a situação da Sala 01 em relação aos níveis de ruído coletados com o limite máximo da NBR 10152. A tamanha insatisfação interfere diretamente no exercício do professor bem como o aprendizado do aluno. A média para a Sala 01 foi de 69,12 (dB).

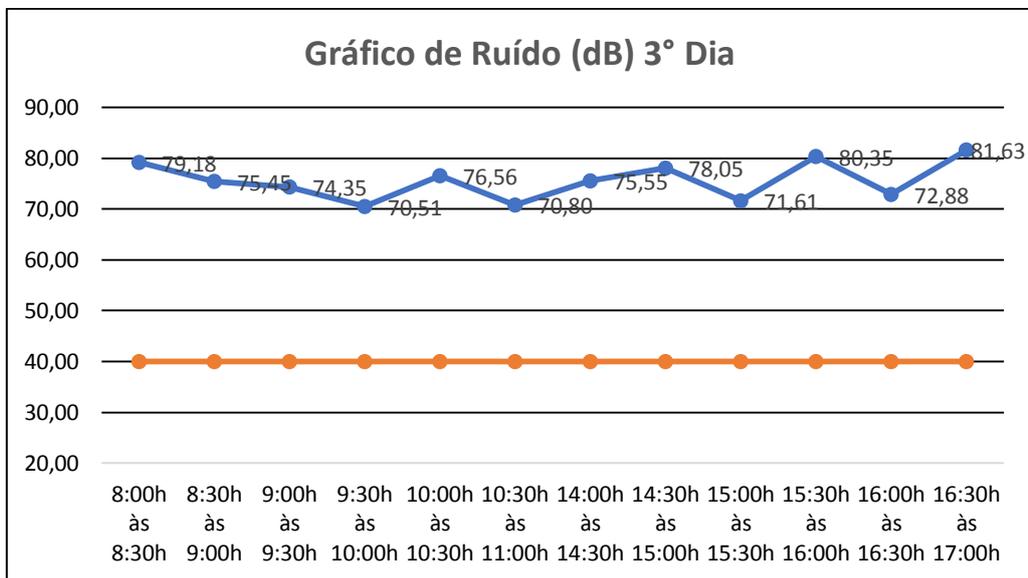
Gráfico 22 - Gráfico de Ruído (2º dia)



Fonte: O autor 2018

Também na Sala 01, mas para o segundo dia de medições, a média do nível de ruído já progride para 72,44 (dB).

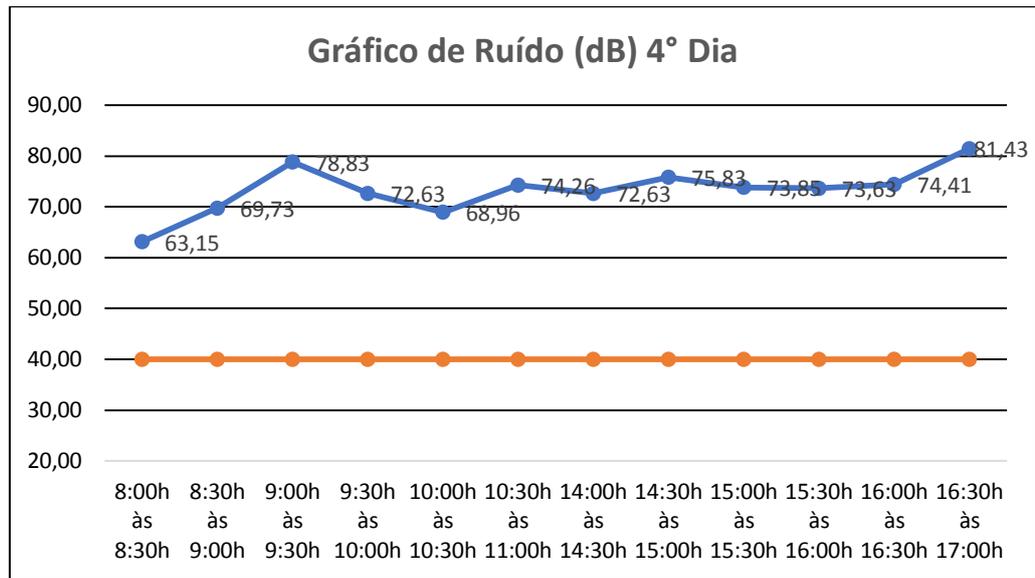
Gráfico 23 - Gráfico de Ruído (3º dia)



Fonte: O autor 2018

No terceiro dia, ainda na Sala 01, o nível de ruído não difere dos demais e sofre outra progressão, com média de 75,58 (dB).

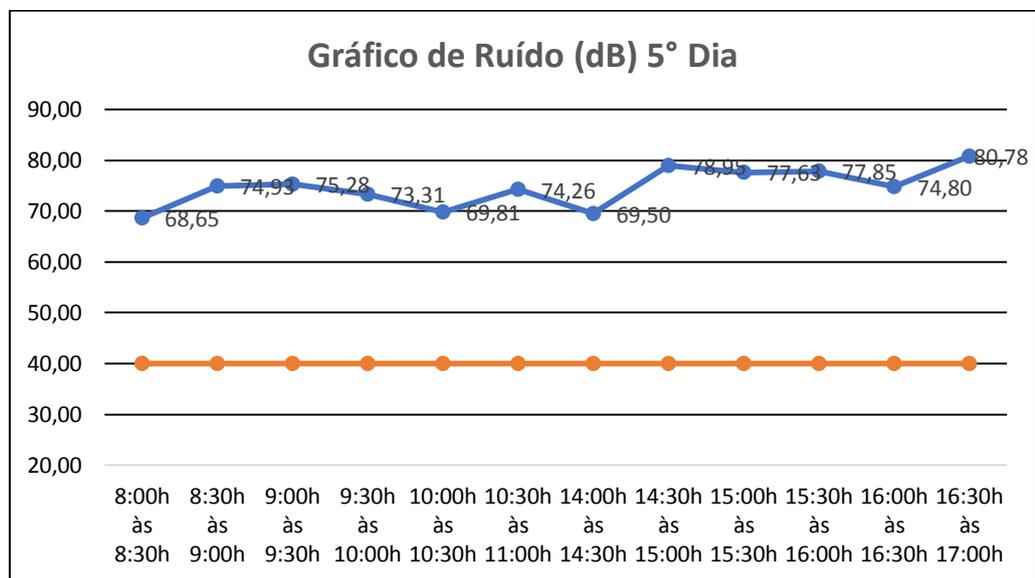
Gráfico 24 - Gráfico de Ruído (4º dia)



Fonte: O autor 2018

Iniciando os trabalhos na Sala 02, houve uma queda significativa na média do ruído com 73,28 (dB).

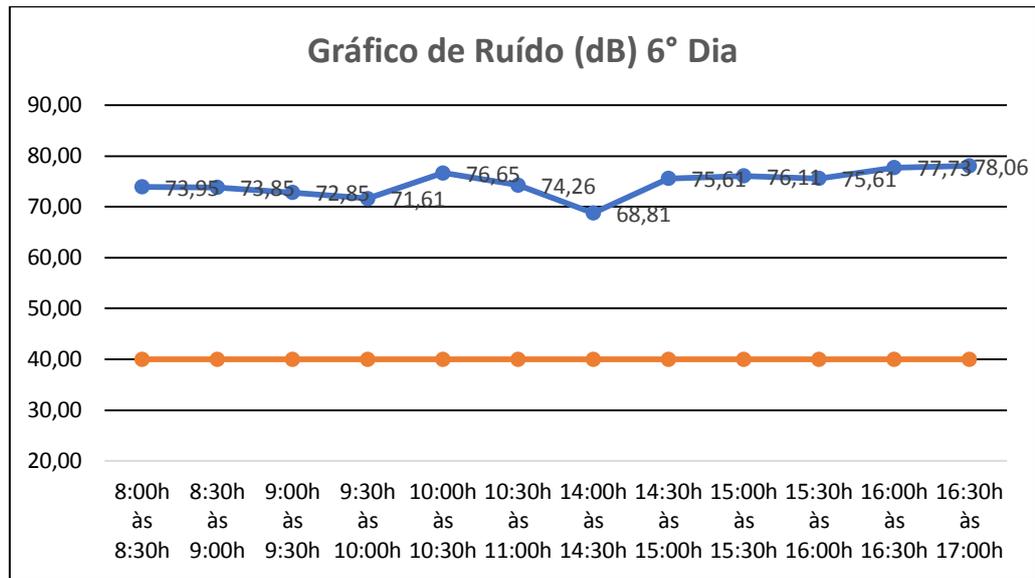
Gráfico 25 - Gráfico de Ruído (5º dia)



Fonte: O autor 2018

No quinto dia, as inconformidades continuam com outra progressão nos níveis de ruído com 74,65 (dB).

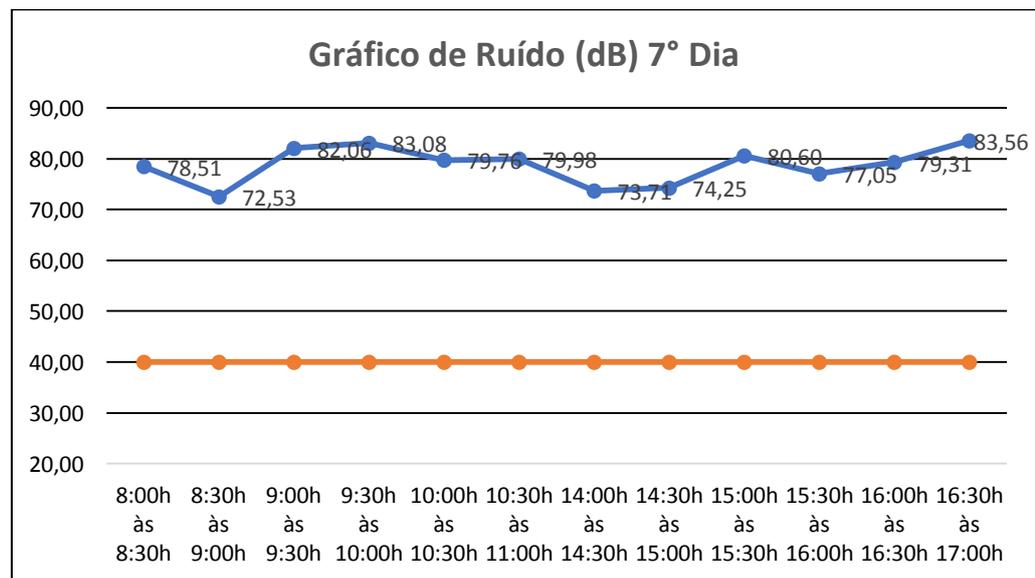
Gráfico 26 - Gráfico de Ruído (6º dia)



Fonte: O autor 2018

A média para o sexto dia aparece com 74,59 (dB).

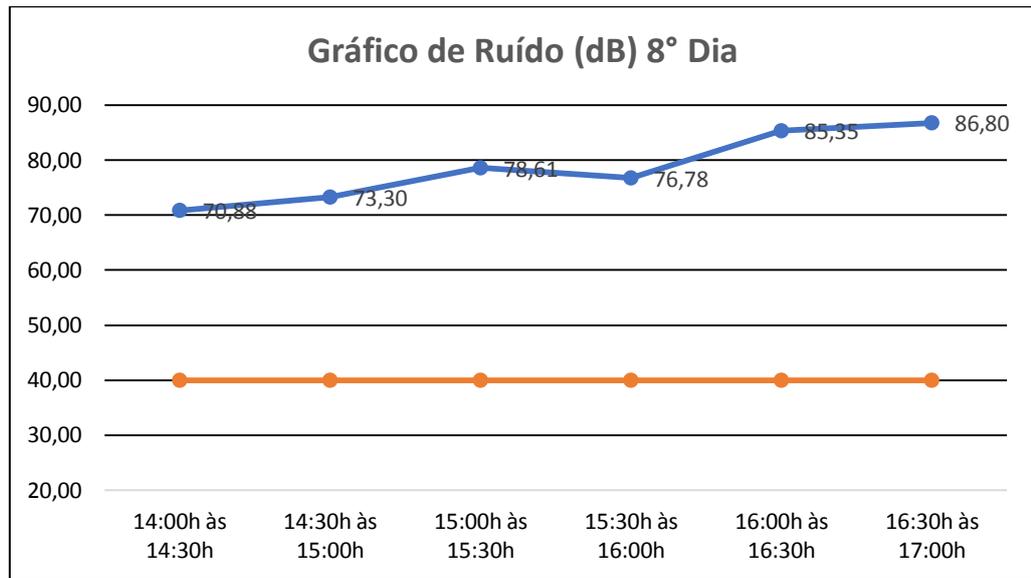
Gráfico 27 - Gráfico de Ruído (7º dia)



Fonte; O autor 2018

No sétimo dia, houve um pequeno aumento, chegando a bater os 78,70 (dB), ou seja, quase o dobro do que a norma estabelece.

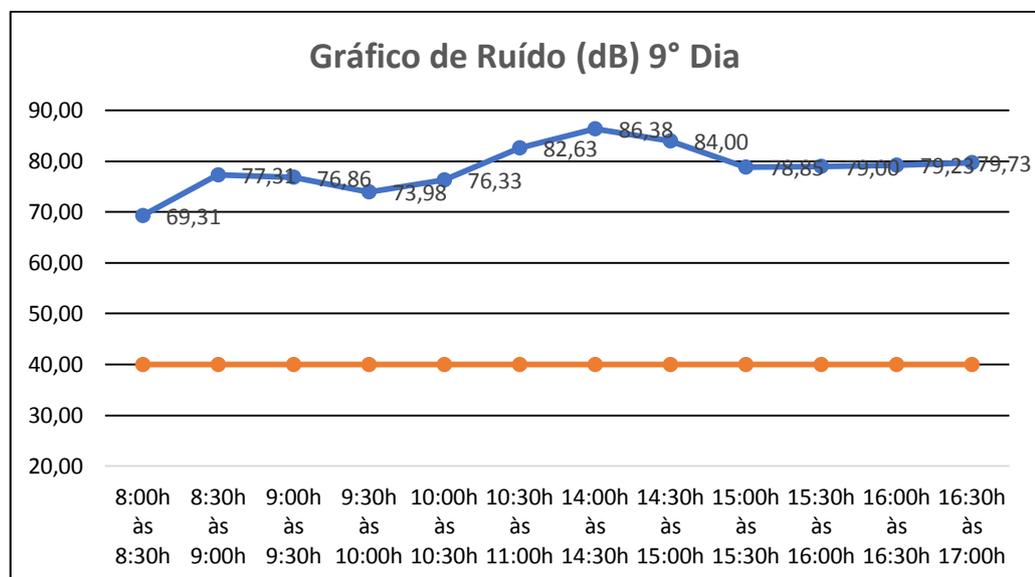
Gráfico 28 - Gráfico de Ruído (8º dia)



Fonte: O autor 2018

Já no oitavo dia, houve aula apenas no turno da tarde, mas mesmo assim não houve diferença nos níveis de ruído, com média de 78,62 (dB).

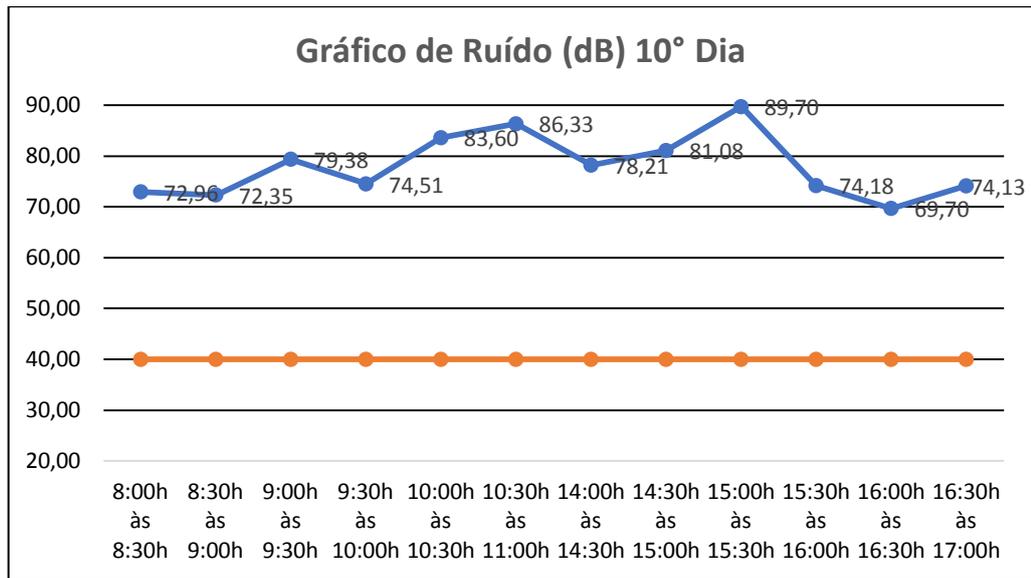
Gráfico 29 - Gráfico de Ruído (9º dia)



Fonte: O autor 2018

Para o penúltimo dia de medições, a média foi de 78,63 (dB).

Gráfico 30 - Gráfico de Ruído (10º dia)



Fonte: O autor 2018

Para o último dia de medições de ruído, o resultado não teve muita distinção dos demais com a média de 78,01 (dB).

Com base nos resultados obtidos e relacionando-os com os valores estabelecidos pela legislação vigente, conclui-se que as condições acústicas das salas de aula estão inadequadas para a realização das atividades que lá estão sendo exercidas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com as informações coletadas e auxiliadas através de um amplo referencial teórico, foi possível alcançar os objetivos do trabalho visto que, as condições de calor e ruído a que os docentes estão submetidos estão fora dos padrões estabelecidos pelas normas vigentes.

O conforto térmico apresentou um nível de insatisfação elevado de acordo com a subjetividade em relação aos professores. Um dos fatores mais cruciais da insatisfação térmica foi exatamente a ausência da ventilação que contribui diretamente no aspecto térmico da edificação e, conseqüentemente, no processo de ensino-aprendizagem. Já o conforto acústico foi avaliado com base nas normas vigentes NBR 10151 e NBR 10152, que estabelecem critérios para um conforto acústico adequado, o que não foi o caso das salas avaliadas, que apresentaram um nível de ruído muito além do permitido, onde o valor máximo permitido é de 40 (dB).

O uso da APO mostrou-se eficiente para fazer a verificação do ambiente, observando se o mesmo está ou não qualificado de acordo com os padrões normativos.

Quanto aos materiais observados, percebe-se que é utilizado um revestimento cerâmico no piso, apesar de ser um revestimento que apresente durabilidade e fácil manutenção, não é o material mais indicado para um ambiente onde exista uma grande quantidade de emissão e concentração de ruídos, pelo simples fato de a cerâmica refletir facilmente a energia sonora, sendo assim pouco absorvida. O piso do tipo frio, não apresentam boas qualidades acústicas para o ambiente. As paredes não possuem revestimento cerâmico, o que seria extremamente reverberante.

Como existem poucas esquadrias e a abertura pra passagem de ar é pequena, o som não tem como se dissipar, diminuindo ainda mais os níveis de conforto no ambiente.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10151:** Acústica - Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade –Procedimento. Rio de Janeiro, 2000. 6 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10152:** Níveis de Ruído para Conforto Acústico. Rio de Janeiro, 1987. 4 p.
- ALVES, Rubem. **Variações sobre a vida e a morte.** São Paulo: Edições Paulinas, 1985.
- ANDREASI, Wagner A. **Método de avaliação de conforto térmico em região de clima quente e úmido do Brasil.** 2009. 204 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.
- ARAÚJO, T. M. et al. Processos de desgaste da saúde dos professores. **Revista Textual**, out. 2003.
- ARAUJO & REGAZZI. Giovanni Araujo. **Novo PPP e LTCAT.** Rio de Janeiro: Ed. Autor - Giovanni Moraes - Rogério Dias Regazzi, 1999.
- ASHRAE, Standard 55-1992. **Thermal environment conditions for human occupancy.** ASHRAE, Atlanta. 2004.
- BEVILACQUA, Maria Cecília et al. **Ruído em escola.** HRAC-USP. Bauru, 1999.
- CÂNDIDO, Christhina; LAMBERTS, Roberto; BITTENCOURT, Leonardo e DEAR, Richard de. **Aplicabilidade dos limites da velocidade do ar para efeito de conforto térmico em climas quentes e úmidos.** Ambiente Construído. (Online). 2010.
- CARDOSO, R. M. et al. **O Stress nos Professores Portugueses.** Estudo do Instituto de prevenção do Stress e Saúde Ocupacional – IPSSO. Coleção mundo dos saberes 31. Porto: Porto Editora, 2000.
- ÇENGEL, Yunus A. - "**Heat and Mas Transfer: A Practical Approach**". Editora McGraw-Hill, 2007
- ÇENGEL, Yunus A; BOLES, Michael A. - "**Thermodynamics: An Engineering Approach**". New York: Editora McGraw-Hill, 2008.
- CODO, W. **Educação: carinho e trabalho.** Petrópolis: Vozes, 2002.
- COUTINHO, Gramsci. **Estudo sobre seu pensamento político.** Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 1999.
- DANTAS, Milena Bichara. **Avaliação pós-ocupacional em habitação multifamiliar: o caso Poliedro II.** Monografia. UFPB. João Pessoa, 2001.

Pio, Augusto. **Ruído pode gerar perda de audição, zumbido, ansiedade, insônia e até depressão.** Disponível em:

<https://www.uai.com.br/app/noticia/saude/2014/08/27/noticias-saude,191735/ruído-pode-gerar-perda-de-audicao-zumbido-ansiedade-insônia-e-ate-d.shtml>. **Acesso em:**

ESTEVE, J. M. **Mal-estar docente: a sala de aula e a saúde dos professores.** São Paulo: EDUSC, 1999.

FANGER, Ole P. **Thermal comfort: analysis and applications in environmental engineering.** New York: McGraw-Hill Book Company, 1972.

FANGER, O. **Thermal Comfort - Analysis and Application in Environmental Engineering.** Copenhagen, 1970.

FERNANDES, João Candido. **Padronização Das Condições Acústicas Para Salas De Aula.** Bauru, São Paulo, Brasil: S.N., 6 A 8 de Novembro. Xiii Simpep, 2006.

FERREIRA, Andressa Maria Coelho. 2006. **Avaliação Do Conforto Acústico Em Salas De Aula:** Estudo De Caso Na Universidade Federal Do Paraná. Dissertação De Mestrado. Curitiba, Paraná, Brasil: S.N., 2006.

FRANÇA, Ana C. L.; RODRIGUES, Avelino L. **Stress e trabalho: guia básico com abordagem psicossomática.** São Paulo: Atlas, 1997.

FRIAS JÚNIOR, C. A. S. **A saúde do trabalhador no Maranhão: uma visão atual e proposta de atuação.** 1999.

GRANDJEAN, E. **Manual de ergonomia: adaptando o trabalho ao homem.** 4. ed. Porto Alegre: Bokman, 1998.

GRANDJEAN, Etienne. **Manual de ergonomia – adaptando ao homem.** Tradução João Pedro Stein. Artes Médicas. Porto Alegre, ed. 4ª, 1998.

GRANDJEAN, E. **Manual de ergonomia: adaptando o trabalho ao homem.** 5. ed. Porto Alegre: Bookman. 2005.

GUCKELBERGER, D. **A New Standard for Acoustics in Classroom.** Engineers Newsletter, v. 32, n. 1, 2003.

HACKENBERG, A. M. **Conforto e “stress” Térmico em Indústrias:** Pesquisas efetuadas nas regiões de Joinville SC e Campinas SP. Tese de Doutorado Universidade Estadual de Campinas 2000.

HOUAISS, A.; VILLAR, M. S.; FRANCO, F. M. M. **Minidicionário Houaiss da Língua Portuguesa.** Rio de Janeiro: Objetiva, 2003.

Humphreys, M.A. and Nicol, J.F. (2001). **The validity of ISO-PMV for predicting comfort votes in every-day thermal environments.** Paper to this conference.

ISO 7243/1989 – Hot environments – Estimation of the heat stress on working man, based on the WBGT – index (wet bulb globe temperature), 1989.

ISO - INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO7726:** Ambientes térmicos - instrumentos e métodos para medição de quantidades físicas. Switzerland, 1985.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. Ergonomics of the thermal environments – Instruments for measuring physical quantities, **ISO7726. Genebra,** 1996.

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

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 7730;** Moderate thermal environments – Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort. Geneva, 1984. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION.

ISO 7730: Moderate thermal environments - Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort. 1994

ISO 7730:2005(E), Ergonomics of the thermal environment – Analytical determination and interpretation of the thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria.

KROEMER, K. H. E.; GRANDJEAN, E. (2005). **Manual de ergonomia:** adaptando o trabalho ao homem. 5. ed. Porto Alegre: Bookman.

LANDINI, S. R. Professor, trabalho e saúde: as políticas educacionais, a materialidade histórica e as consequências para a saúde do trabalhador-professor. In: SEMINÁRIO DE REGULAÇÃO EDUCACIONAL E TRABALHO DOCENTE, 6, 2006. **Anais...** Rio de Janeiro: REDESTRADO, 2006.

LEMONS, J. C. **Cargas psíquicas no trabalho e processos de saúde em professores universitários.** 2005. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

LIBÂNEO, J. C. **Pedagogia e pedagogos, para quê?** São Paulo: Cortez, 1998.

LIPP, M. E. N.; MALAGRIS, L. E. N.; NOVAIS, L. E. **Stress ao longo da vida.** São Paulo: Ícone, 2007.

OLIVEIRA, D. A. **As reformas educacionais e suas repercussões sobre o trabalho docente.** In. Reformas educacionais na América Latina e os trabalhadores docentes, 2003.

ORNSTEIN, Sheila Walbe; ROMÉRO, Marcelo de Andrade (colab.). **Avaliação Pós Ocupação do Ambiente Construído.** São Paulo, EDUSP/Studio Nobel, 1992.

PARSONS, K.C. **Environmental ergonomics:** a review of principles, methods and models. Applied Ergonomics, v. 31, n. 6, p. 581-594, dez. 2000.

PERKINS, John M. **Viver sem estresse: técnicas poderosas para a saúde e a longevidade trazidas dos Andes, Yucatan e do Extremo Oriente.** São Paulo: Gente, 1995.

REIS, A.; LAY, M.C. **As Técnicas de APO como instrumento de análise ergonômica do ambiente construído.** Gramado, RS: Curso III Encontro Nacional - I Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído, ANTAC - Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 1995.

RIVERO, R. **Arquitetura e clima.** Acondicionamento térmico natural. Porto, 1986.

RUAS, R. A problemática do desenvolvimento de competências e a contribuição da aprendizagem organizacional. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL COMPETITIVIDADE BASEADA NO CONHECIMENTO. *Anais...* São Paulo, 1999.

SANTOS, Elenir Souza. Trabalhando com alunos: subsídios e sugestões: o professor como mediador no processo ensino aprendizagem. **Revista do Projeto Pedagógico; Revista Gestão Universitária**, n. 40. Disponível em:<http://www.udemo.org.br/RevistaPP_02_05Professor.htm>. Acesso em: 18 abr. 2013.

SALIBA, Tuffi Messias. **Manual Prático de Avaliação e Controle de Ruído –PPRA.** 2000. 112 f. São Paulo - SP: Editora LTr. 2000.

SARDÁ Jr, Jamir J; LEGAL, Eduardo J; JABLONSKI Jr, Sérgio J. **Estresse: conceitos, métodos medidas e possibilidades de intervenção.** 1. ed. São Paulo: Casa do psicólogo, 2004.

SEVERO, C.; PEZZINI, G.; CATTELAN, A. V. **Lesões por esforço repetitivo – distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho (LER/DORT): a mais nova epidemia na saúde pública brasileira.** Disponível em:<http://www.wgate.com.br/conteudo/medicinaesaude/fisioterapia/reumato/ler_dort_epidemia.htm>. Acesso em: 01/10/2017.

SOARES, PAULO HENRIQUE LEAL. **Mídia organizacional: o agendamento estratégico in ABERJE. Comunicação Interna: A força das empresas.** Vol. 4 (pp. 97-110). São Paulo: Aberje Editorial. (2008).

SOUZA, Selene. M. A. GUELLI U, **Apostila do Curso de Engenharia de Segurança 58 do Trabalho - Sobrecarga Térmica e Temperaturas Baixas.** Universidade Federal de Santa Catarina: Florianópolis, 2003.

SUZUKI, E. H. **Avaliação do Conforto Térmico e do nível de CO2 em edifícios de escritório com climatização artificial na cidade de São Paulo.** 2010. 146 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade de São Paulo. São Paulo: 2010.

University of New South Wales School of Physics: **Animações físicas -- dB: O que é um decibel?; Joe Wolfe [em inglês]; E-A-R: O que significa dBA and dBC? [em inglês]; Sengpiel Audio: Calculadora para medir som e ruído [em inglês].** Disponível em: <http://www.animations.physics.unsw.edu.au/jw/dB.htm>. **Acesso em:**

WEBBER, D. V.; VERGANI, V. A profissão de professor na sociedade de risco e a urgência por descanso, dinheiro e respeito no meio ambiente laboral. In: ENCONTRO NACIONAL DO CONPEDI, 19., 2010. **Anais**. Fortaleza: 2010.

XAVIER, Antonio A. de P. **Predição de Conforto Térmico em ambientes internos com atividades sedentárias – Teoria física aliada a estudos de campo**. 2000. 251 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção e Sistemas) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

Websites Visitados:

<http://academiadoprodutormusical.com/blog/155-criterio-de-ruído-nc/>

<https://pmcg2.websiteseuro.com/programa-minha-arvore-arboriza-e-desperta-cidadania-nas-escolas/>

<http://www.politerm.com.br/>

<https://www.instrutherm.net.br/>

EM DA / Press. Disponível em:

<https://www.uai.com.br/app/noticia/saude/2014/08/27/noticias-saude,191735/ruído-pode-gerar-perda-de-audicao-zumbido-ansiedade-insônia-e-ate-d.shtml>

http://www.labee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/ECV4200_apostila%202011.pdf

http://www.ufrgs.br/labcon2/aulas_2009-1/Aula5_PMV_PPD.pdf

<http://www.labee.ufsc.br/downloads/software/analysis>