

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COECI - COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

MICHELE TURMENA

**AVALIAÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO DAS SALAS DE AULA DO
BLOCO C DA UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO
PARANÁ CAMPUS TOLEDO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

TOLEDO

2017

MICHELE TURMENA

**AVALIAÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO DAS SALAS DE AULA DO
BLOCO C DA UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO
PARANÁ CAMPUS TOLEDO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
como requisito parcial à obtenção do título de
Bacharel, do curso de Engenharia Civil, da
Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientadora: Prof^a. Msc. Gladis Cristina Furlan

TOLEDO

2017



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Toledo
Coordenação do Curso de Engenharia Civil



TERMO DE APROVAÇÃO

Título do Trabalho de Conclusão de Curso de N° 69

AVALIAÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO DAS SALAS DE AULA DO BLOCO C DA UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ CAMPUS TOLEDO

por

Michele Turmena

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado às 17:30 h do dia **07 de Junho de 2017** como requisito parcial para a obtenção do título **Bacharel em Engenharia Civil**. Após deliberação da Banca Examinadora, composta pelos professores abaixo assinados, o trabalho foi considerado **APROVADO**.

Prof^a Dra Silmara Dias Feiber
(UTFPR – TD)

Prof. Dr Fulvio Natercio Feiber
(UTFPR – TD)

Prof^a Msc. Gladis Cristina Furlan
(UTFPR – TD)
Orientador

Visto da Coordenação
Prof^a Msc. Silvana da Silva Ramme
Coordenadora da COECI

A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso.

Aos meus pais, Sandra e Vilson pela dedicação e constante incentivo na formação acadêmica.

Aos meus irmãos, Matheus e Douglas pelo apoio e confiança.

A minha avó Marinele pela simplicidade e amor.

Ao amor da minha vida, Michel pelo esforço e compreensão.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu bom Deus, que permitiu que este momento fosse vivido por mim, pela sua incessante proteção, amor e benevolência juntamente com Nossa Senhora Aparecida minha fiel intercessora.

Aos meus pais Vilson e Sandra pelo exemplo de perseverança, fé e amor. Sou inteiramente grata por toda dedicação e carinho depositados a mim. Vocês são os grandes amores da minha vida.

Aos meus queridos e amados irmãos, Douglas e Matheus, por me tornarem capaz de enfrentar novos desafios sabendo que vocês sempre estarão ao meu lado.

Agradeço ao amor da minha vida Michel, foi você que escolhi partilhar todos os momentos da minha vida, obrigada por todo carinho, paciência e amor. Amo você.

Agradeço aos meus amigos, Thiago, Patrícia, Regina, Claudia, Carol e Debora por confiarem em mim e estarem do meu lado em todos os momentos durante minha graduação.

Agradeço de forma especial ao meu grande amigo e companheiro de jornada acadêmica Arnor, por não medir esforços no auxílio a conclusão deste trabalho. Sua ajuda foi sem dúvida uma das mais importante, muito obrigada.

Agradeço a minha orientadora, Gladis, pela paciência, dedicação, e ensinamentos que possibilitaram que eu realizasse este trabalho.

Agradeço todos os professores da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Toledo, pelos conhecimentos passado.

RESUMO

TURMENA, Michele. Avaliação do conforto térmico das salas de aula do bloco C da Universidade Tecnológica Federal do Paraná Campus Toledo. 92f. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil - Coordenação do Curso de Engenharia Civil, Universidade Tecnológica federal do Paraná. Toledo, 2017.

O conforto térmico, cuja avaliação é um processo de caráter psicofisiológico, busca adaptar o ambiente, para que este ofereça melhores condições de segurança, rendimento, saúde e bem-estar. Esta pesquisa objetivou, a determinação de índices de conforto térmico, a partir do estudo de campo efetuado em um ambiente escolar, realizado na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Toledo, onde foram coletadas duas, das principais variáveis ambientais sendo elas: a temperatura ambiente e a umidade relativa do ar, totalizando 1.500 dados coletados. Com os dados levantados pode-se avaliar o desempenho térmico das salas de aula de forma geral e individual, além da classificação por estação do ano. A análise procedeu através de tratamento estatístico e foram comparadas com a metodologia proposta em norma. A pesquisa apresentou ainda uma correlação entre a temperatura ambiente e a temperatura externa, também coletada dentro do campus da Universidade, para que fosse possível o desenvolvimento de um modelo que caracterizasse a relação entre elas. Na modelagem, o resultado da equação obteve um r^2 (coeficiente de determinação) de 0,90 sendo este bem próximo de um, indicando que a variação total foi comum aos dois elementos, validando assim a regressão.

Palavras-chave: Conforto térmico, Sala de aula, temperatura ambiente e umidade relativa do ar.

ABSTRACT

TURMENA, Michele. Avaliação do conforto térmico das salas de aula do bloco C da Universidade Tecnológica Federal do Paraná Campus Toledo. 92f. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil - Coordenação do Curso de Engenharia Civil, Universidade Tecnológica federal do Paraná. Toledo, 2017.

Thermal comfort, whose evaluation is a psychophysiological process, aims to adapt the environment, in order to provide better conditions of safety, performance, health and well-being. This research aimed the determination of thermal comfort indices, based on the field research, which was developed in an academic environment, at Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Toledo, in which two of the main environmental variables were collected: ambient temperature and relative humidity in air, totaling 1500 data collected. Regarding the collected data, it is possible to evaluate the thermal performance of classrooms, both in general and individual ways, in addition to the classification based on the season of the year.

The analysis proceeded over statistical data analysis, which were compared to the methodology proposed in the regulatory norm. The research presented as well a correlation between the ambient temperature and the external temperature, also collected within the University campus, to make possible the development of a model that characterized the relation among them. In the modeling, the result of the equation leaded to a r^2 (coefficient of determination) of 0.90, which is quite close to one, indicating that the total variation was common to both elements, thus validating the regression.

Keywords: Thermal Comfort, classroom, ambient temperature and relative humidity in air.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – ATIVIDADE E RESPECTIVO METABOLISMO SEGUNDO A ISO 7730	21
FIGURA 2 - TROCAS DE CALOR CORPO HUMANO E O AMBIENTE	24
FIGURA 3- ZONA DE CONFORTO	27
FIGURA 4 - ORDENAMENTO LÓGICO DA PESQUISA	33
FIGURA 5 – LOCALIZAÇÃO DA CIDADE DE TOLEDO/PR.....	34
FIGURA 6 – MAPA CLIMÁTICO DO ESTADO DO PARANÁ.....	35
FIGURA 7- IMAGEM AÉREA DA LOCALIZAÇÃO DA UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ.....	36
FIGURA 8- UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ, CAMPUS TOLEDO.....	37
FIGURA 9- BLOCO C. (A) VISTA LATERAL. (B) SAÍDA DE EMERGÊNCIA	38
FIGURA 10- SALA DE AULA C-108. (A) VENTILADOR 1 E 2. (B) ABERTURA LATERAL ESQUERDA. (C) ABERTURA LATERAL DIREITA.....	39
FIGURA 11- CORREDOR PRIMEIRO ANDAR. (A) VISTA CORREDOR. (B) DETALHE DAS ABERTURAS DO CORREDOR	40
FIGURA 12 - PLANTA DE LOCALIZAÇÃO DO BLOCO C DENTRO DO CAMPUS.	41
FIGURA 13 - PLANTA BAIXA 1 PAVIMENTO	42
FIGURA 14 – PLANTA DETALHADA DA SALA DE AULA.....	43
FIGURA 15 - SALA DE AULA C-108. (A) ABERTURA LATERAL ESQUERDA. (B) ABERTURA LATERAL DIREITA.....	45
FIGURA 16 - SALA DE AULA C-108. (A) ABERTURA LATERAL X QUADRO. SALA DE AULA C-305. (B) ABERTURA LATERAL X QUADRO.....	46
FIGURA 17 - CORREDOR PRIMEIRO ANDAR DETALHE DAS ABERTURAS.....	47

FIGURA 18 – BLOCO C, ÁREA DE SOMBREAMENTO.	48
FIGURA 19 – SALA DE AULA BLOCO C – VENTILAÇÃO CRUZADA	49
FIGURA 20 - ÂNGULO INCIDÊNCIA SOLAR NO INVERNO	50
FIGURA 21 - ÂNGULO INCIDÊNCIA SOLAR NO VERÃO.....	51
FIGURA 22 - TERMÔMETRO DE GLOBO DIGITAL	52
FIGURA 23 – PONTO DE COLETA DOS DADOS	54
FIGURA 24 – BRISE VERTICAL.....	77
FIGURA 25 – BRISE HORIZONTAL E VERTICAL	78
FIGURA 26 – PELÍCULA PROTETORA	79

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1– SINTOMAS RELACIONADOS A FATORES CLIMÁTICOS.....	28
GRÁFICO 2 - TEMPERATURA AMBIENTE MÁXIMA E MÍNIMA	61
GRÁFICO 3 – UMIDADE RELATIVA DO AR MÁXIMA E MÍNIMA OBSERVADA	64
GRÁFICO 4 – TEMPERATURA AMBIENTE MÁXIMA E MÍNIMA	67
GRÁFICO 5 - UMIDADE RELATIVA DO AR MÁXIMA E MÍNIMA OBSERVADA	69
GRÁFICO 6 - TEMPERATURA AMBIENTE MÁXIMA X MÁXIMA NR17	70
GRÁFICO 7 - TEMPERATURA AMBIENTE MÍNIMA X MÍNIMA NR17	71
GRÁFICO 8 - TEMPERATURA AMBIENTE MÉDIA X MÍNIMA X MÁXIMA NR17 ...	72
GRÁFICO 9 - UMIDADE RELATIVA DO AR (%) MÁXIMA E MÍNIMA OBSERVADA	73
GRÁFICO 10 - UMIDADE RELATIVA DO AR (%) MÉDIA X MÍNIMA NR17	74
GRÁFICO 11 – DIAGRAMA DE DISPERSÃO ENTRE A TEMPERATURA AMBIENTE E A TEMPERATURA EXTERNA	75

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: VALORES DE $I_{cl,o}$ E SUAS RESPECTIVAS RESISTÊNCIAS PARA ALGUMAS VESTIMENTAS.....	22
TABELA 2 – SALAS DE AULA EM QUE AS LEITURAS SERÃO FEITAS	36
TABELA 3: ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS TERMÔMETRO DE GLOBO.....	53
TABELA 4 – RESULTADO ANÁLISE GERAL.....	58
TABELA 5 – TEMPERATURA AMBIENTE SALA DE AULA.....	60
TABELA 6 – CORRELAÇÃO DA TEMPERATURA MÉDIA DAS SALAS DE AULA COM A MÉDIA GERAL	62
TABELA 7 – UMIDADE RELATIVA DO AR ANULA - INTERVALO DE CONFIANÇA DA MÉDIA DE 95%.....	63
TABELA 8 – UMIDADE RELATIVA DO AR MÉDIA 95%	65
TABELA 9 – TEMPERATURA AMBIENTE ANUAL POR ESTAÇÃO DO ANO.....	66
TABELA 10 - UMIDADE RELATIVA DO AR ANULA - INTERVALO DE CONFIANÇA DA MÉDIA DE 95%.....	68
TABELA 11 - COMPARAÇÃO DO PERCENTUAL DE REDUÇÃO DE GANHO SOLAR ENTRE DIFERENTES SISTEMAS DE PROTEÇÃO SOLAR.	77

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Justificativa	14
1.2	Objetivos	15
1.2.1	Objetivo geral	15
1.2.2	Objetivos específicos	15
1.3	Limitação da pesquisa	16
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1	Conforto ambiental	17
2.1.1	Conforto térmico	18
3	MATERIAIS E MÉTODOS	33
3.1	Caracterização climática do local em estudo	34
3.2	Levantamento de dados	35
3.3	Edificação analisada	37
3.4	Características estratégicas da edificação	44
3.5	Controle das variáveis temperatura e umidade	51
3.6	Equipamento utilizado para a realização das medições <i>in loco</i>	52
3.7	Intervalo de coleta de dados	54
3.8	Análise estatística dos dados	55
3.9	Intervalo de confiança t de uma amostra	55
3.10	Modelagem numérica	56
3.11	Apreciação dos dados obtidos	57
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	57
4.1	Análise geral	58
4.2	Análise das salas de aula	59
4.3	Análise das estações do ano	65
4.4	Comparativo NR 17	69
4.5	Modelagem matemática	74
4.6	Melhorias	76
4.6.1	Brise	76
4.6.2	Películas protetoras	79
4.6.3	Área de sombreamento	80
5	CONCLUSÃO	80

6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	83
REFERÊNCIAS.....	85
APÊNDICE A	89
APÊNDICE B	90
APÊNDICE C	91

1 INTRODUÇÃO

Uma nova concepção de projetos de arquitetura voltada a sustentabilidade tem instigado a conscientização sobre assuntos ambientais, no qual cada conjunto contribui para o uso consciente dos recursos naturais. Dentro da construção civil ressalta-se a atuação e a concepção de projetos de edifícios, cabendo ao projetista o discernimento a preocupação com tais assuntos, podendo assim contribuir com a minimização de impactos ambientais e o melhoramento da qualidade de vida da população.

Neste contexto, uma das funções da engenharia é, oferecer ao interior dos edifícios condições ambientais compatíveis às exigências que o ser humano impõe, independentemente de quais sejam as condições externas.

Os níveis destas exigências de conforto têm se tornado cada vez mais elevados, principalmente nos grandes centros urbanos, nos quais os índices de poluição sonora, do ar e aspectos de segurança, levam as pessoas a desejarem um ambiente que lhes forneçam bem-estar.

Portanto, atender as condições ambientais se tornou um pré-requisito propício ao desempenho adequado das atividades humanas, sem que se perca a cautela em outras questões, que também influenciam na aceitação da população.

As edificações têm como função, a associação de características dos materiais que as constituem, com as suas interações com o meio externo e interno. A busca pelo aproveitamento das características térmicas dos materiais, nos possibilita desenvolver melhores soluções para que a estrutura trabalhe de forma eficiente a todas as variações climáticas, atendendo as premissas impostas pelos usuários.

Quando se trata de edificações de ensino, o modelo a ser estudado torna-se um pouco mais simples, já que se trata de um espaço construído reduzido, delimitado por paredes, porta e janelas. Isto permite a busca por informações mais específicas para a avaliação da percepção ideal de conforto e do funcionamento físico, orgânico, mecânico e bioquímico do usuário, seja ele o próprio aluno ou seus mestres.

Neste quadro, a necessidade da ampliação dos conhecimentos relativos ao conforto térmico em sala de aula, torna-se indispensável para que esse ambiente

possa permitir a instauração de índices de conforto mais adequados a diferentes realidades.

Assim, nessa pesquisa, foram estudados os aspectos de conforto térmico em salas de aula, cujo objetivo é contribuir com a ampliação e difusão de estratégias de projeto que auxiliem na obtenção de conforto ambiental, com a implantação de sistemas que regulem o aquecimento ou a refrigeração em edificações de ensino de maneira que haja a redução do consumo energético e dos recursos naturais, promovendo assim a conscientização ambiental.

1.1 Justificativa

O ambiente escolar é visto como um meio socializador, responsável pela aquisição de conhecimentos e pela transmissão de valores de culturas diferentes. A união entre o “ambiente” e os usuários se faz essencial para atingir a plenitude do desenvolvimento intelectual, uma vez que todo meio físico exerce um impacto direto sobre seus ocupantes. (GOULART, 2008)

A aprendizagem é um processo complexo, que pode ocorrer em qualquer espaço físico. Entretanto a área escolar que tem um elevado padrão ambiental, reflete diretamente no desempenho do usuário. Seguindo este raciocínio, a qualidade do meio é essencial para a saúde física e mental dos ocupantes, uma vez que sua adequação gera o aumento da absorção do aprendizado, a concentração e o desenvolvimento da criatividade.

A avaliação do comportamento térmico em edificações é uma ação de difícil avaliação, pois vários parâmetros como: orientação solar, interferência dos ventos e a finalidade da ocupação, pode influenciar no seu real desempenho térmico (MACHADO, 2015).

Diante disso, qualquer tomada de decisão em prol da conservação e melhoramento do ambiente estará preservando não só os recursos naturais e contribuindo para a sustentabilidade, mas também o bem-estar da população.

É nessa circunstância que se justifica a avaliação do conforto térmico das salas de aula do bloco C da Universidade Tecnológica Federal do Paraná Campus Toledo. Devido não apenas pela sua relevância em relação ao desenvolvimento

social e intelectual dos usuários mas também por acreditar que este estudo de caso possa contribuir como uma pesquisa piloto, para que assim possa auxiliar em trabalhos futuros e a busca por melhorias na qualidade das universidades, contribuindo assim com o desempenho de alunos e professores dentro das salas de aula.

1.2 Objetivos

O capítulo tem como finalidade, a colocação das metas que a pesquisa pretende atingir, designando desde o propósito mais amplo como também, os que somados, conduzirão ao desfecho da pesquisa.

1.2.1. Objetivo geral

O trabalho buscou analisar o conforto térmico das salas de aula do bloco C na Universidade Tecnológica Federal do Paraná campus Toledo, averiguando se as características térmicas atuais, estão condizentes com as condições mínimas, estabelecidas pela norma técnica específica, através do levantamento bibliográfico e monitoramento das salas de aulas.

1.2.2. Objetivos específicos

- Monitorar a variação da temperatura interna das salas de aula no período da manhã, tarde e noite durante 5 dias por mês.
- Comparar os dados obtidos com normas técnicas vigentes.
- Analisar duas, das seis principais variáveis, sendo elas temperatura ambiente e umidade relativa do ar.
- Analisar os dados por meio de tratamento estatístico.

1.3 Limitação da pesquisa

O conforto térmico, envolve várias disciplinas dentro de uma única área do conhecimento sendo elas relacionadas a engenharia, arquitetura, ciências humanas e da saúde. Seguindo este raciocínio, bem como a imensa gama de situações e características nas quais o conforto térmico pode ser analisado e também por apresentar variações, o trabalho em questão foi delimitado por fatores de ordem espacial e temporal, visando sua viabilidade.

A escolha do ambiente, partiu da ideia da distribuição do campus da Universidade em estudo, uma vez que o bloco “C” encontra-se entre dois blocos e acreditando que isso poderia influenciar a circulação de ar sobre ele, prejudicando assim o seu conforto comparado aos demais. Além disto, outro fator que influenciou na decisão, foi a quantidade de salas de aulas disponíveis entre os blocos A, C e E, sendo que o último, estava em construção quando iniciou-se as medições. Ficando assim a decisão entre o bloco A e C, optando-se pelo C pois apresentava o maior número de salas disponíveis no momento.

Desta maneira, a determinação dos parâmetros e condições de conforto térmico através da metodologia oriunda de estudos de campo, a pesquisa foi efetuada em ambientes internos (salas de aula), não condicionados, sem a presença de pessoas, ou que o número não excedesse 10 usuários, pois a partir deste valor e considerando a área da sala, acarretaria no acréscimo de mais uma variante no problema em questão.

Desta forma não foram analisados nesse estudo, as diferenças e distinções entre gênero e idade dos ocupantes. Isso se deve ao fato do presente estudo analisar basicamente duas variáveis, sendo elas a umidade relativa do ar e a temperatura ambiente.

Contudo, por se tratar de medições efetuadas em ambientes nos quais as pessoas encontram-se no desempenho de suas atividades rotineiras, as datas e os períodos das medições foram escolhidas para que não prejudicassem o desempenho normal das atividades, por isso a escolha dos horários 10:00, 12:00 e 18:20.

Assim, as medições foram realizadas nos anos de 2016 e 2017, em datas referentes a todas as estações climáticas do ano. Procurou-se efetuar todas as medições em um período de 10 minutos, para que não houvesse interferência entre o primeiro dado colhido e o último. Nos apêndices A, B e C, encontram-se os modelos das tabelas utilizadas nas medições efetuadas no dia 16 de maio de 2016 nos três horários definidos, como exemplo.

O equipamento utilizado para a realização das medições foi o termômetro de globo digital. Foram realizadas ainda 1500 leituras e com o intuito de englobar todas as estações do ano e de ter a maior quantidade de dados na determinada estação, optou-se por realizar as medições em cinco dias por mês, no intervalo de um ano.

Embora houve delimitações como as citadas anteriormente, o trabalho apresentou representatividade nos resultados, haja visto que os mesmos foram obtidos de observações extraídas de uma amostra de dados, e resultam na conformidade ou não de um local em que o desempenho do usuário é de grande importância.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo será realizada uma abordagem sobre a caracterização climática do local em estudo; definições de conforto térmico; fatores que influenciam seu resultado; normativas que englobam o desempenho térmico e como ocorre o desempenho térmico nas edificações.

2.1 Conforto ambiental

Compreendido como o agrupamento de condições ambientais que permite ao ser humano sentir: bem-estar térmico, visual, lumínico e acústico. Adequando assim, os princípios físicos envolvidos e as necessidades do ambiente. A pesquisa será

restringida ao bem estar térmico e sua relação com o meio ambiente escolar. O subcapítulo tratará a sua definição e todos os fatores que o envolve.

2.1.1 Conforto térmico

Segundo a norma ASHRAE55 (2004, p. 4), conforto térmico pode ser definido como “uma condição de espírito que retrata a satisfação com o ambiente térmico que a rodeia”. Se o balanço de todas as trocas de calor, a que está sujeito o corpo, for nulo e a temperatura da pele estiver dentro de certos limites, pode-se então dizer que o homem sente conforto térmico.

Assim o conceito de conforto térmico busca atender os requisitos básicos humanos, trabalhando na junção entre estímulos físicos gerados pelo meio ambiente, construção e usuário.

Na busca pelo que lhe traga satisfação, as pessoas acabam se submetendo a ambientes térmicos sintéticos, para que desta forma se sintam em um estado de conforto aceitável, para desenvolver melhor suas atividades. Esta criação de ambientes propícios, pode acontecer tanto em salas de aula como em salas comerciais, dentro de veículos automotivos, etc. Quando o propósito é alcançado, a sensação de bem-estar é evidenciada com o prazer do ambiente (GOMES, 2005).

Em condições térmicas desconfortáveis, o organismo provoca reações desencadeadas pelo sistema termorregulador que age no sentido de manter constante a temperatura interna do corpo frente a variações térmicas internas e externas. A ação mais intensa do sistema termorregulador acarreta uma sensação de desconforto (GOMES, 2005).

Isto só ocorre, por que o sistema termorregulador do corpo humano, o qual é definido como a capacidade de promover a manutenção da temperatura normal corporal, não atinge seu propósito, gerando assim a perda da funcionalidade do sistema.

Conforme a ISO 7730 (2005 p. 10), “conforto térmico é um conceito complexo, influenciado por um grande número de variáveis e nem sempre percebido da mesma maneira por todos os indivíduos”. Porém, algumas tentativas têm sido desenvolvidas

a fim de gerar uma correlação empírica para, relacionar a percepção do conforto com respostas fisiológicas específicas.

Dispondo da dificuldade em definir a ideia de conforto térmico, estudos convencionais não levam apenas em consideração as condições da mente e espírito, mas também do corpo, de maneira que o conjunto destas, levem a algum resultado.

2.1.1.1 Fatores que influenciam o conforto térmico

O conhecimento dos conceitos vitais acerca dos elementos que interferem no desempenho térmico de uma edificação e o conforto térmico de seu usuário, necessitam do entendimento da diferença entre tempo e clima. Segundo INMET (2016 p. 1) “o tempo é a influência do estado físico da atmosfera sobre a vida e as atividades do homem”. O clima é o estudo médio do tempo para o determinado período ou mês, em uma certa localidade.

Os estudos atuais que buscam investigar o conforto térmico, baseiam-se principalmente em três fatores: a satisfação do homem, o desempenho humano e a conservação de energia.

Segundo Lamberts (2008 p. 5), baseados em estudos experimentais em câmaras climatizadas “os cálculos do conforto térmico apresentam seis variáveis principais que o influenciam” sendo elas:

- Atividade desenvolvida, M , (W/m^2).
- Vestimenta, I_{cl} , (clo).
- Temperatura do ar ($^{\circ}C$).
- Temperatura radiante, t_{rm} , ($^{\circ}C$).
- Velocidade do ar, v_a , (m/s).
- Pressão parcial do vapor de água no ar ambiente, p_a , (kPa).

As variáveis atividade desenvolvida e vestimenta, são conhecidas como pessoais ou subjetivas, pois estão diretamente ligadas ao usuário, não dependendo

assim do ambiente, o que não ocorre com as demais. Denominadas de variáveis ambientais, pois fundam-se no ambiente.

A seguir, será feita uma abordagem mais detalhada sobre cada um destes fatores, mencionando como eles atuam no conforto térmico do usuário. Destas seis variáveis, foram escolhidas duas para avaliação das salas de aula, são elas a temperatura ambiente e umidade relativa do ar.

a. Atividade desenvolvida

A realização de atividades exige do organismo humano a transformação da energia química em energia mecânica. Por conseguinte, a taxa de calor gerada, aumenta consideravelmente. Esta produção excessiva de calor varia com a taxa metabólica, expresso em Watt (W/m^2) e depende da atividade que está sendo desenvolvida pelo indivíduo.

A ISO7730 (2005) apresenta valores de metabolismo para algumas atividades representadas na Figura 1. Nela os valores apresentados por cada atividade desenvolvida estão expressos em W, com este valor e a superfície corporal (m^2) definida, podemos então estimar a taxa de metabólica do indivíduo. A superfície corporal é dada por meio da massa e a altura do corpo.

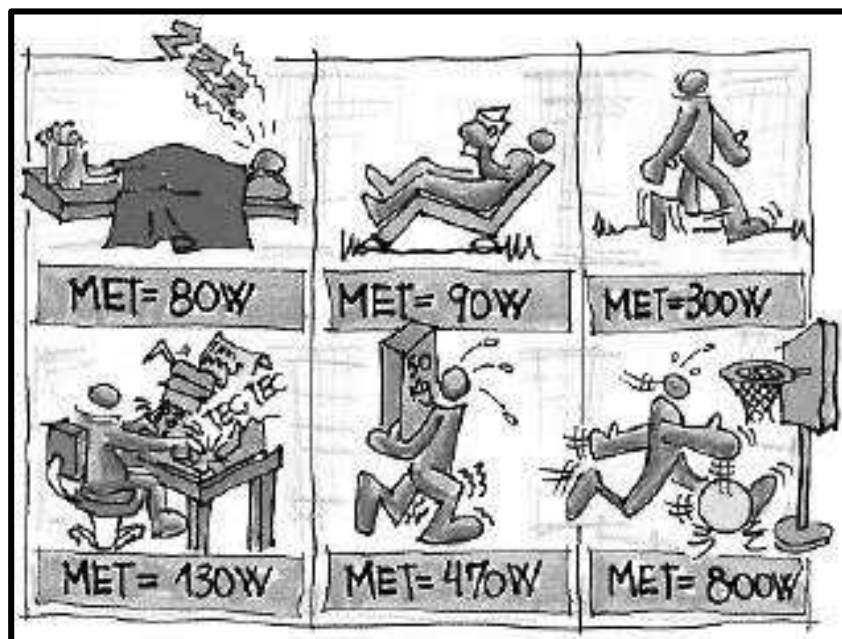


Figura 1 – Atividade e respectivo metabolismo segundo a ISO 7730
 Fonte: LAMBERTS, et al., 1997.

Ao desenvolver suas propostas, o projetista deverá ter em mente o nível de atividade que será realizado no seu interior, assim o rendimento com relação ao conforto térmico será eficiente para o ambiente, pois estará sendo direcionado ao tipo específico de metabolismo, já que este depende de qual atividade o indivíduo está exercendo.

b. Vestimenta

Vieira (2008 p. 41) menciona que a “vestimenta influencia nas trocas de calor por convecção entre o corpo humano e o ambiente”. Utilizando do recurso de isolamento térmico das roupas, obtém-se resistência a essas trocas de calor. Os valores desse isolamento térmico, variam em função não apenas dos materiais utilizados na confecção das roupas, mas também no seu ajuste ao corpo.

Esta variável é medida em “clo”, sendo que 1 clo equivale em resistência térmica de $0,155 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C/W}$. A Tabela 1 apresenta os valores de I_{clo} e suas respectivas resistências para algumas vestimentas, segundo a (ISO7730, 2005).

Tabela 1: Valores de I_{clo} e suas respectivas resistências para algumas vestimentas

Vestimenta	I_{clo}	m^2 $^{\circ}C/W$	Vestimenta	I_{clo}	m^2 $^{\circ}C/W$
Meia calça	0,10	0,0155	Colete leve	0,15	0,02325
Meia fina	0,03	0,0047	Colete pesado	0,29	0,04495
Meia grossa	0,05	0,0078	Sueter pesado	0,37	0,05735
Roupas intimas femininas	0,03	0,0047	Saia	0,25	0,03875
Roupa intima masculina	0,03	0,0047	Vestido leve	0,15	0,02325
Cueca box	0,1	0,0155	Vestido pesado	0,4	0,062
Shorts	0,11	0,0171	Jaqueta leve	0,22	0,0341
Bermuda	0,15	0,0233	Jaqueta pesada	0,49	0,07595
Camiseta de baixo	0,09	0,014	Calça fina	0,2	0,031
Camisa de baixo manga comprida	0,12	0,0186	Calça média	0,25	0,03875
Camisa manga curta	0,15	0,0233	Calça grosso	0,28	0,0434
Camisa fina manga comprida	0,2	0,031	Sandália	0,02	0,0031
Camisa manga comprida	0,25	0,0388	Sapato	0,04	0,0062
Camisa flanela manga comprida	0,3	0,0465	Botas	0,08	0,0124

Fonte: Adaptado de ISO7730, 2005, p. 25.

O aumento da resistência térmica gerada pela roupa, menor serão as trocas de calor com o meio. Pois cria-se um microclima entre a pele e a roupa tornando – o mais ameno e satisfatório ao usuário em dias frios.

c. Variáveis ambientais

As principais variantes ambientais que podem ser medidas diariamente são: a temperatura do ar, temperatura radiante, umidade relativa e a velocidade do ar.

Temperatura do ar, intitulada como sendo uma medida indireta da energia interna de um sistema, ou seja, representa a quantidade de calor que uma parcela de ar possui. A temperatura do ar é expressa pela escala Celsius ($^{\circ}C$) e aferida através de termômetros (RORIZ, 2008).

Com relação à pesquisa, esta é uma das variáveis que foi avaliada, assim foram caracterizadas cada sala de aula do bloco C com relação ao seu desempenho perante os resultados obtidos *in loco*.

Temperatura radiante, conhecida como a temperatura uniforme de um ambiente fictício no qual a troca de calor do corpo humano por ondas eletromagnéticas, é igual a troca de calor pelo mesmo método no ambiente real variável (ABNT NBR 15220-1, 2005).

Velocidade do ar, de todas as variáveis em torno do conforto térmico, esta é a que mais possui instabilidade, já que muda em função da velocidade e direção do ar. Devido a sua grande inconstância, a sua resposta no corpo humano pode ser brusca, como mencionado por RIVERO (1985), um movimento de ar da ordem de 1,5 m/s ocasiona em uma pessoa a sensação de redução térmica de 3°C (NETO, 2010).

Para que esta variável não interferisse nos resultados, todas as janelas das salas de aula, estavam fechadas durante a realização das leituras.

Umidade relativa do ar, variante que necessita de um ponto de equilíbrio pois, não devem ser muito baixa, uma vez que pode causar ressecamento das mucosas, bem como nem muito alta, pois pode causar solidificação superficial devido à dificuldade da evaporação do suor. Em climas muito quentes, o suor evapora tão rapidamente que não há tempo hábil para resfriar a pele e a troca de calor do corpo com o meio fica ainda mais ineficaz.

Esta foi a segunda variável analisada na pesquisa, da mesma forma que a temperatura ambiente, foi caracterizada cada sala de aula do bloco C com relação ao seu desempenho perante os resultados obtidos in loco.

2.1.1.2 Metabolismo do corpo humano

A adaptação do ser humano permitiu que este ocupasse no decorrer de sua história evolutiva, regiões do planeta Terra com climas diversificados e muitas vezes hostis. Ainda que o clima seja bem diferente, o ser humano é flexível as condições climáticas irregulares, fazendo o uso de mecanismos para auxiliá-lo nessas variações como por exemplo, a utilização de agasalhos, abrigos, etc.

Frota e Shiffer (2001 pg. 19), admitem que o organismo humano é mantido a uma temperatura “interna da ordem de 37°C, com limites entre 36,1°C e 37,2°C, tendo, ainda, como mínima 32°C e máxima 42°C para sobrevivência em caso de

enfermidade”. Em um certo intervalo, o sistema de controle de temperatura do corpo humano, luta para manter esta temperatura frente as confusões térmicas internas ou externas.

Alterações em circunstâncias climáticas fornecem reações ao organismo geradas como respostas fisiológicas autônomas, no entanto com mudanças de comportamento. As respostas autônomas, são administradas pelo hipotálamo, controlando as diversas formas de perda de calor pelo suor e respiração. A oscilação do comportamento pode se dar por mudanças no nível de atividade, no ajuste da vestimenta e na alternância de posição (GOMES, 2005).

O conjunto de sistema de regulação da temperatura corporal independente de ser um espaço natural de controle de perdas de calor pelo organismo, representa um esforço extra e por isso, uma queda da capacidade de trabalho. O organismo humano vivencia sensação de conforto térmico quando não necessita utilizar nenhum mecanismo de regulação, o calor produzido pelo metabolismo é compatível com sua atividade (LAMBERTS, et al., 1997).

Adriazola (2002) menciona que a condição primordial para que haja troca de calor é que os corpos estejam em temperaturas diferentes, com o fluxo ocorrendo do mais quente para o mais frio. Esta transmissão pode ocorrer de três formas: uma seca e duas úmidas. São elas: convecção, radiação e condução, evaporação e condensação, como está ilustrado na Figura 2.

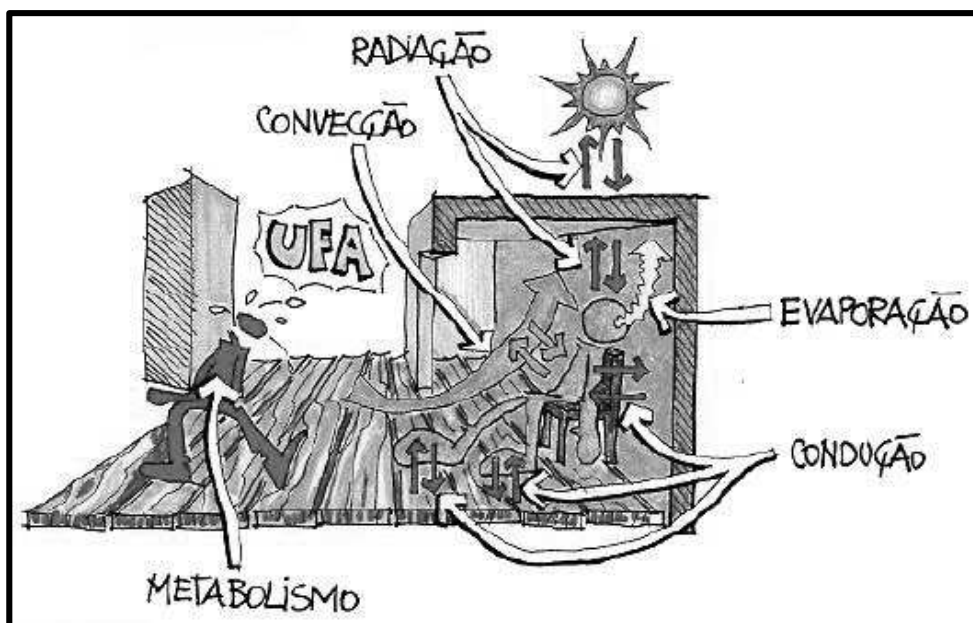


Figura 2 - Trocas de calor corpo humano e o ambiente
Fonte: LAMBERTS, et al., 1997.

As trocas secas, são denominadas como calor sensível, enquanto que o calor perdido por trocas úmidas é denominado calor latente e envolve mudança de fase. No corpo humano, as trocas ocorrem através da pele, por condução, convecção, evaporação e radiação com as vestimentas, que por sua vez troca calor com o ar por convecção e com outras superfícies por radiação.

Logo a convecção é definida como, o processo de transmissão de calor em que a energia térmica é transmitida através do transporte de matéria, em virtude da diferença de densidade e a ação da gravidade. Este processo ocorre entre o corpo e o ar que está em seu contato direto, entre o ar e as paredes externa e interna (BOABAID NETO, 2010).

Já a radiação ou irradiação, é a forma de troca de calor que ocorre por meio de ondas eletromagnéticas. Neste tipo de transferência, não há necessidade de contato entre os corpos, uma vez que as ondas se propagam no vácuo. Os corpos expõem radiações térmicas que são proporcionais à sua temperatura. Quanto maior a temperatura corporal, maior a quantidade de calor que o objeto irradia (RUAS, 1999). As trocas por radiação ocorrem entre o sol e a construção, entre o corpo e as paredes, entre as faces internas das paredes.

Tem-se ainda a condução, que é fundamentada na propagação de calor no interior de um corpo maciço, aquecido de forma desregular ou entre corpos rígidos distintos em contato direto. Este processo de transferência de calor precisa de um meio material para ocorrer, ou seja, por meio do corpo e toda superfície em que ele toca (RORIZ, 2008).

Contudo a evaporação é designada como vaporização típica, sendo a transição do estado líquido para o gasoso, ou seja, quando o ponto de ebulição é atingido, a vaporização do fluido ocorre, passando de um estado para o outro (RUAS, 1999).

Por fim a condensação, chamada de liquefação, processo inverso ao que se tem na vaporização logo, é a transição do estado gasoso para o estado líquido. Ocorre quando é retirada uma quantidade de calor satisfatória para a substância que estava em forma de vapor se condensar (RORIZ, 2008).

2.1.1.3 Índices de conforto térmico

Segundo Lamberts, et al. (1997 p. 49), “o conforto térmico sempre foi um conceito subjetivo”, uma vez que diversos são os fatores e as variáveis influenciadoras no conforto térmico do ser humano no meio em que se encontra, eles podem ser desde o temperamento do indivíduo como a mudança de variáveis ambientais.

Na busca pelo enquadramento, de uma forma simplificada que mensurasse à percepção humana, as respostas fisiológicas ao conforto e o desconforto térmico em determinada situação, a principal e mais atual tentativa foi proposta por Fanger em 1972 nos Estados Unidos.

Garcia (2015 p.43) cita que o modelo sugerido por Fanger (1972), ficou conhecido como “Predicted Mean Vote (PMV) ou o Voto Médio Predito, que procura expressar quantitativamente o conforto térmico e a sensação térmica associada ao Predicted Percent of Dissatisfied (PPD)” que seria a porcentagem de pessoas insatisfeitas.

O modelo foi adotado posteriormente pela ISSO 7730 e aplicado a ambientes condicionados, recomendando-se que extensões com ocupação humana termicamente moderados o PPD deve ser menor que “10%, o que corresponde a uma variação de PMV entorno de -0,5 a +0,5” (ISO7730, 2005 p. 8).

2.1.1.4 Zona de conforto

Conforme GARCIA (2015 p.48), as pessoas podem apresentar “zonas de respostas fisiológicas e comportamentais, de acordo com as condições a que estiverem submetidas e de acordo com a atividade que estiverem desempenhando”.

O ser humano possui uma região corpórea neutra (Figura 3), em que seu sistema termorregulador não é ativado, esta região é conhecida como neutralidade térmica. A neutralidade térmica é a condição na qual uma pessoa não sinta frio nem calor no ambiente em que a rodeie (FANGER, 1972).

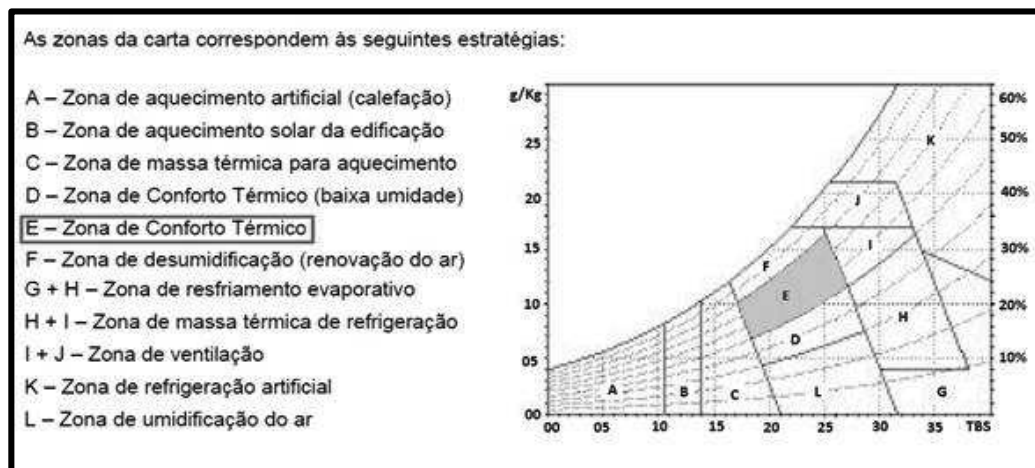


Figura 3- Zona de conforto

Fonte: Adaptado de ABNT NBR 15220-3, 2005 p. 14.

A região corpórea neutra ou como é conhecida zona de conforto, é delimitada pela transição entre as zonas de renovação do ar, zona de baixa umidade e a zona de refrigeração.

2.1.1.5 Conforto térmico e o desempenho do usuário em sala de aula.

O ambiente de sala de aula é o local em que alunos e professores passam a maior parte do seu tempo, portanto deve constituir-se em um espaço agradável, para que sintam satisfação e possam desenvolver suas tarefas da melhor forma possível. Contudo, se o lugar não proporcionar alívio, o organismo do usuário emite uma resposta estimulada pelo sistema termorregulador.

A sala de aula apresenta-se como um espaço de fácil avaliação, por ser limitado por paredes, teto e piso e podendo ser reconhecidos pelo discernimento dos ocupantes. Dessa maneira, o projeto da edificação e o ambiente externo, exercem influência sobre o bem-estar dos usuários do ambiente interno, podendo afetar a sua produtividade (MORAES, 2009). Para que a satisfação do usuário seja atendida a temperatura ideal interna deverá estar na faixa dos 20°C aos 23°C e a umidade relativa do ar acima de 40% (NR17, 2007).

A eficiência mental, manual e assimilativo do indivíduo é elevada se a mesma estiver em conforto térmico (FANGER, 1972) . Do mesmo modo faz-se necessário ter níveis de iluminação que não gerem distúrbios e cansaço visual, além dos

sonoros que devem estar adequados, pois o ruído intenso causa nervosismo e reduz as resistências físicas do homem, coibindo a concentração mental.

Diversos estudos científicos em meados dos anos 60 e 70 buscaram analisar a influência do ambiente térmico no desempenho escolar de seus alunos e professores. Trabalhos estes, que descreveram o aumento da temperatura e a qualidade do ar como fatores cruciais para a redução da performance e do aprendizado do usuário (BATIZ, et al., 2009).

O estudo aponta que em algumas situações de conforto térmico a média do desempenho dos ocupantes atingiu os 70%. Verificou-se também, que a redução de temperatura aumentava a velocidade de resposta em 28%, reduzindo os erros de atenção em 10% e aumentando em 24% o ritmo na leitura de textos. Por conseguinte, um ambiente térmico entre os 18 °C e os 26 °C não prejudica a atenção e a memória dos acadêmicos (BATIZ, et al., 2009).

Entretanto quando o estado de bem-estar não é alcançado, além da redução da eficiência mental, alguns sintomas comumente relacionados a fatores climáticos podem surgir ao longo do dia acadêmico, principalmente com temperaturas elevadas acima da faixa ideal, como pode ser observado no Gráfico 1.

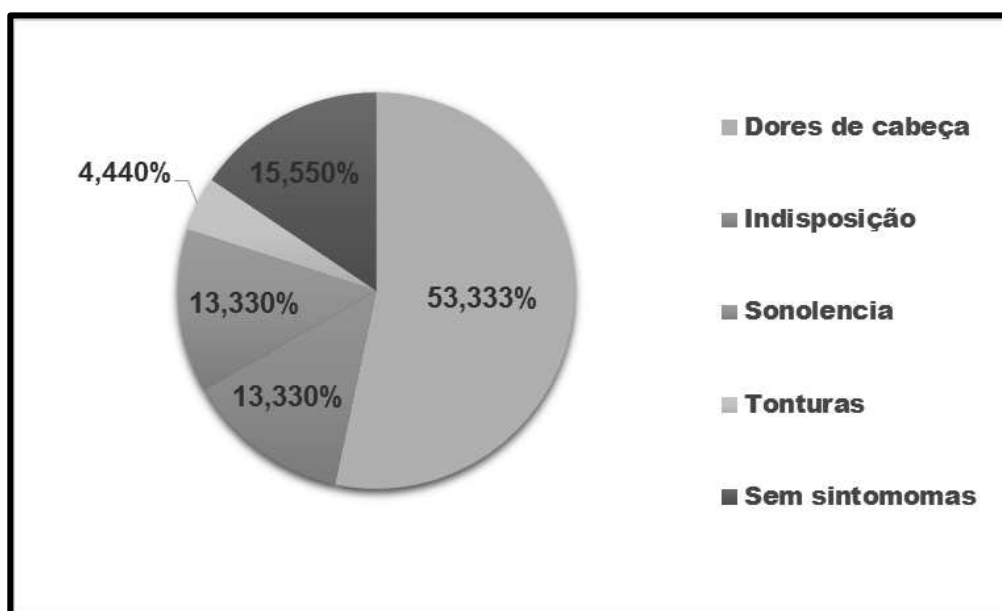


Gráfico 1– Sintomas relacionados a fatores climáticos

Fonte: Adaptado AIALA, et al., 2011.

O conforto térmico e sua relação com o processo de atenção e memória são de extrema importância uma vez que em condições neutras, os ocupantes

apresentam desempenho mental e físico superior, desenvolvendo adequadamente suas atividades contribuindo de forma positiva no convívio com os demais usuários do meio.

2.1.1.6 Desempenho térmico em edificações escolares

Desde os primórdios da história da civilização, as edificações tinham como finalidade de refúgio contra as mais variadas condições climáticas. O clima sempre foi o principal fator determinante na execução das construções e devido à ausência de técnicas, os materiais naturais eram utilizados apenas como facilitador do clima nas habitações (RIBEIRO, 2008).

O comportamento e desempenho térmicos, possuem algumas diferenças. O comportamento térmico é a resposta física que a edificação apresenta quando sujeita às solicitações do clima externo e também as condições de uso e ocupação. Contudo, o desempenho térmico, está relacionado com as especificações dos seus elementos constituintes e suas interações, sua energia térmica pode provir por exemplo, da parte interna procedente do metabolismo humano (LAMBERTS, et al., 2010).

A importância da arquitetura é ressaltada neste ponto, (conforto térmico). Pois, as condições ambientais dependem do comportamento dos edifícios. Para cada tipo de clima há sistemas construtivos adequados.

Quando ocorre a desarmonia entre a arquitetura da obra e o clima, mesmo que tenham outros tipos de sistema para a correção do problema como: sistemas eletromecânicos de ventilação, o mesmo pode não ser suficiente para solucioná-lo. Além do mais, elevará o custo da edificação, uma vez que terá um valor de instalação e manutenção, sem mencionar ainda que este tipo de alternativa eleva o consumo de energia.

Deve-se ter em mente, a preocupação com a obtenção de níveis adequados de conforto térmico nos edifícios, de maneira a satisfazer os usuários, mas também a inclusão da eficiência energética à construção civil, com o interesse na minimização dos gastos de energia, reduzindo assim o uso de outros tipos de sistemas como: iluminação e refrigeração artificiais. Dessa maneira, os edifícios que

estão adequados ao clima vêm ganhando cada vez mais enfoque (GOULART, 2014).

Com relação a avaliação do conforto ambiental em edificações escolares, infelizmente, os estudos apontam um panorama nacional insatisfatório em quase todos os casos e em diferentes localidades. Pode-se observar algumas falhas comuns como: a falta de manutenção adequada, descontentamento dos usuários em relação ao conforto ambiental, etc. O ponto positivo é que existem soluções possíveis de implementação para tentar reduzir o problema, para que assim ocorra o melhoramento das condições internas das salas de aula e conseqüentemente, o ensino de forma geral.

2.1.1.7 Normas técnicas

O conceito de determinação do conforto térmico em edificações tem sido tema de diversos trabalhos nos âmbitos nacionais e internacionais, visto que o ser humano busca cada vez mais a satisfação com o meio. As normas técnicas que regulamentam este conceito já existem desde a década de 70.

Porém há um grande desafio na utilização das normas de desempenho dentro da construção civil, a junção entre a finalidade da obra, ou seja, qual será o tipo de usuário e suas necessidades e o que a norma assegura para cada tipo de meio. Esta ideia deverá estar clara para o projetista antes do início do planejamento da obra.

A indispensabilidade de se executar a norma em sua plenitude vem da busca pelo estímulo de progresso, aperfeiçoamento e inserção no meio. Utilizando-as como mecanismo de análise de sistemas de construção, possibilitando um desfecho adequado para problemas relacionados ao conforto e eficácia energética.

A seguir serão destacadas as principais normas que tratam dos fatores e índices que influenciam direta e indiretamente no conforto térmico.

a. Norma Regulamentadora 17

A Norma Regulamentadora, 17 para a presente pesquisa teve uma maior representatividade pois os parâmetros estabelecidos por esta norma serão comparados com os resultados obtidos nas medições *in loco*. Ela define parâmetros que permitirão a adaptação das condições de trabalho às características do indivíduo, como os reflexos, postura, equilíbrio, coordenação motora e mecanismo de execução dos movimentos, de modo a proporcionar máximo conforto, segurança e desempenho.

Logo, para locais de trabalho onde as atividades desempenhadas necessitem de raciocínio e atenção constantes, tais como: salas de controle, laboratórios, escritórios, salas de desenvolvimento ou análise de projetos, dentre outros, são recomendadas as seguintes condições de conforto (NR17, 2007):

- i. Índice de temperatura efetiva entre 20°C e 23°C;
- ii. Umidade relativa do ar não inferior a 40 %.

b. NBR 15220/2005 - Desempenho térmico de edificações

Dentre as normas brasileiras, torna-se relevante citar o conjunto da NBR 15.220 – Desempenho Térmico de Edificações (ABNT, 2005). Esta norma é constituída de cinco partes. A primeira delas trata das definições, unidades e símbolos; a segunda aborda os métodos de cálculo da transmitância térmica, capacidade térmica, atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações; a terceira traz, o zoneamento bioclimático brasileiro, dividindo o Brasil em oito zonas. Para cada zona bioclimática são apresentadas estratégias de condicionamento passivo e diretrizes construtivas. As duas últimas trazem um conceito de medição de resistência térmica e condutividade térmica.

Desta norma, foi utilizada a terceira parte, a qual traz o zoneamento bioclimático brasileiro. Assim pôde-se usufruir de definições e contexto acerca da zona de conforto.

c. NBR 15575/2013 - Edificações Habitacionais

A norma brasileira 15.575 – Edificações habitacionais de até 5 pavimentos – desempenho, reúne 6 partes, cujo foco está nas exigências dos usuários para edifício habitacional e seus sistemas; quanto a sua atuação em uso e não na determinação de como os sistemas são edificados. A norma prevê a edificação como um todo, determinando critérios de avaliação de desempenho para requisitos gerais, tratando ainda de temas associados a esta: os sistemas estruturais, de pisos internos, vedações verticais internas e externas, coberturas e os hidrossanitários.

A aplicação desta norma na pesquisa partiu das instruções estabelecidas no projeto de norma 02:136.01.001/1 que trata da avaliação do desempenho térmico de edificações por meio de medição. Dessa forma todas as leituras foram aferidas segundo estas recomendações.

d. ISO 7730/2005 - *Ergonomics of the thermal environment*

ISO 7730/2005 - *Ergonomics of the thermal environment – Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria*. A norma internacional propõe a determinação da sensação térmica e grau de desconforto de homens e mulheres saudáveis, expostas a ambientes térmicos moderados e condições térmicas aceitáveis para o conforto. Permitindo a determinação e a interpretação de conforto térmico utilizando “o cálculo de PMV (voto médio estimado) e PPD (percentagem de pessoas insatisfeitas) e critérios locais de conforto térmico” (VIEIRA, 2008 p. 42). Levando em consideração um método para avaliação de períodos longos, bem como informações sobre desconforto térmico localizado (GOULART, 2008).

Suas definições foram importantes para que o embasamento teórico fosse mais amplo, contribuindo com outras variáveis definidas na pesquisa como os índices de conforto, vestimenta, etc.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Com a finalidade da avaliação do comportamento térmico das edificações educacionais, foram analisadas as salas de aula pertencentes a Universidade Tecnológica Federal do Paraná, localizada na Rua Cristo Rei, número 19, Vila Becker – Toledo/PR, as quais fazem parte de um mesmo bloco.

Para que a avaliação fosse feita, foi necessário a obtenção de dados que consolidassem a pesquisa. Desta maneira os valores das variáveis ambientais foram aferidos englobando o IBUTG, temperatura de globo, temperatura do ar e umidade na área interna. O intervalo das medições *in loco* ocorreu durante cinco dias por mês, no período de um ano. Contemplando todas as estações: outono, inverno, primavera e verão. A pesquisa segue o fluxograma abaixo (Figura 4).

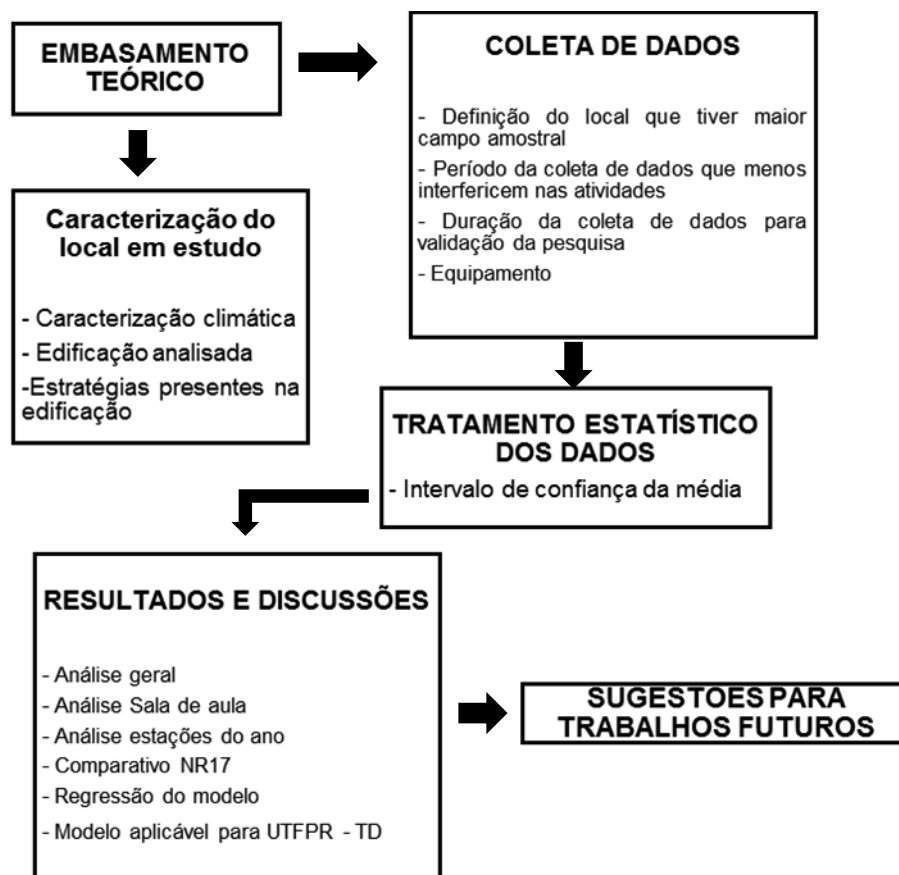


Figura 4 - Ordenamento lógico da pesquisa
Fonte: Autora, 2016.

Em posse dos dados coletados, foi possível a avaliação específica do desempenho térmico das salas para o caso em estudo.

3.1 Caracterização climática do local em estudo

O município de Toledo está localizado na região oeste do Estado do Paraná (Figura 5) no bioma Mata Atlântica. Emancipado no dia 14 de novembro de 1951, conta com uma área de 1.196,999 km², altitude média 550 m e uma população de aproximadamente 119.313 habitantes (Censo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010).

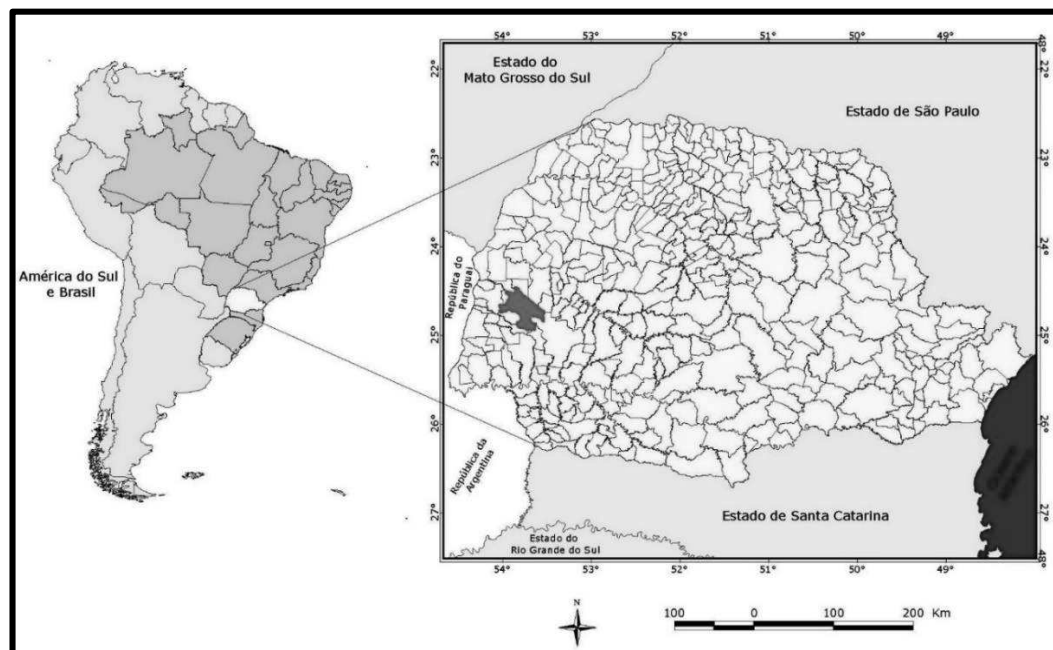


Figura 5 – Localização da cidade de Toledo/PR
Fonte: Adaptado de ESPÍRITO SANTO JÚNIOR, 2007.

O estado apresenta um clima predominantemente subtropical úmido. Definido como a transição entre os climas tropicais, com a talante de quatro estações bem definidas.

Possui ainda duas subdivisões que tomam grande parte do estado, sendo elas o clima subtropical úmido mesotérmico (Cfa) e o clima subtropical úmido mesotérmico (Cfb) (Figura 6).

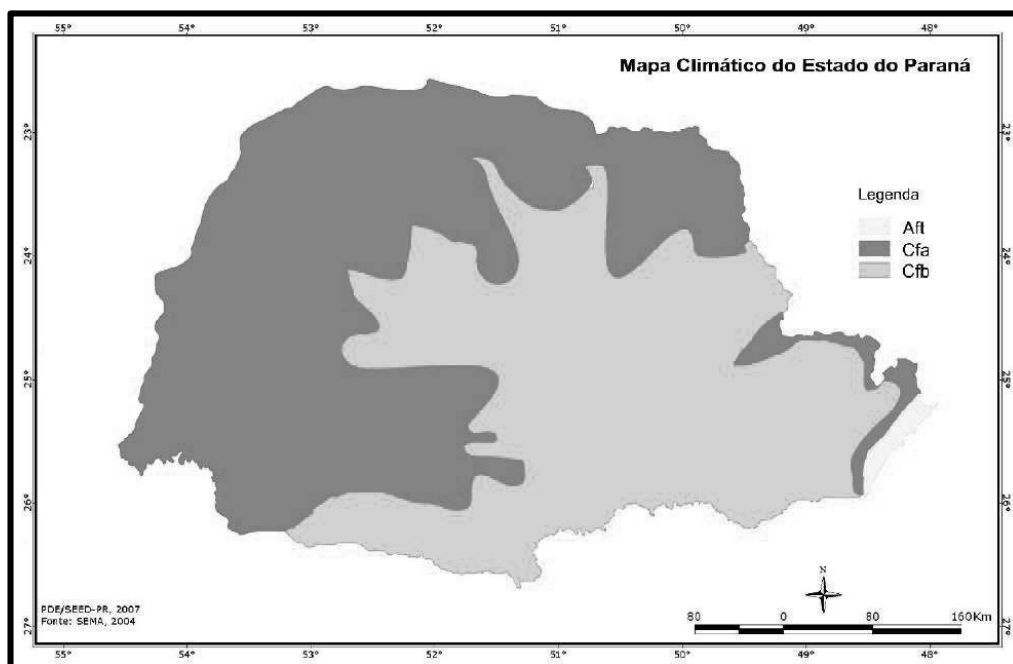


Figura 6 – Mapa climático do Estado do Paraná
Fonte: ESPÍRITO SANTO JÚNIOR, 2007.

Toledo encontra-se a oeste tendo como classificação a primeira subdivisão (Cfa), apresentando a “média do mês mais quente superior a 22°C e no mês mais frio inferior a 18°C, sem estação seca definida, verão quente e geadas menos frequentes” (ESPÍRITO SANTO JÚNIOR, 2007 p. 20).

3.2 Levantamento de dados

Os dados foram colhidos em oito salas de aula do Bloco C da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Toledo/PR, (Figura 7). A escolha por este ambiente de estudo está na iniciativa de análises que comprove se há a necessidade ou não de melhorias na Universidade, como parte um estudo piloto.

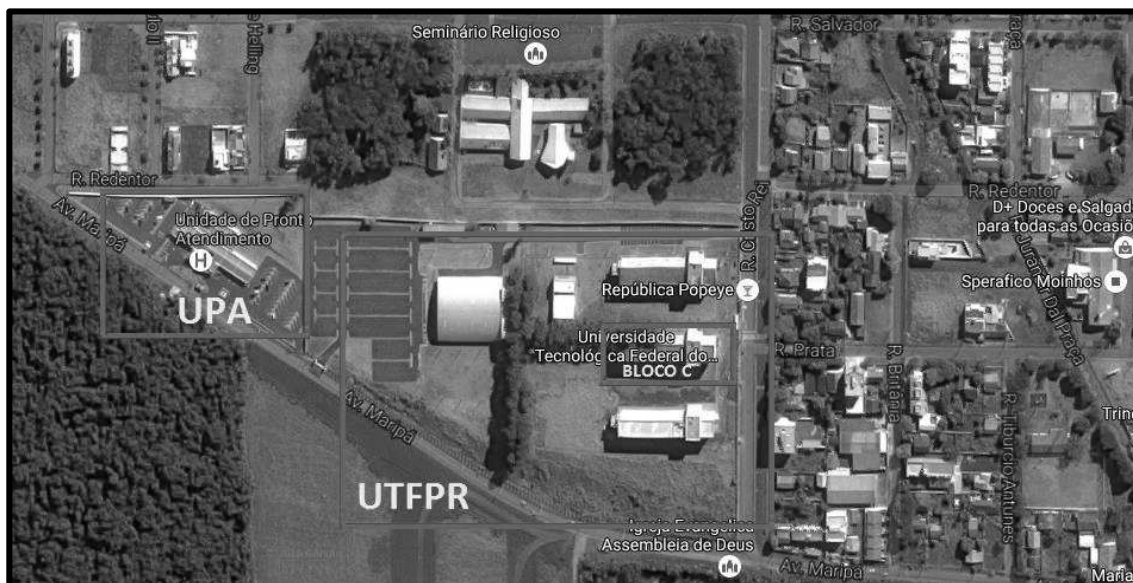


Figura 7- Imagem aérea da Localização da Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Fonte: GOOGLE EARTH (2016).

O bloco conta com 3 pavimentos e o térreo, dispendo de duas salas de aula no primeiro pavimento e seis distribuídas igualmente no segundo e terceiro andar. O térreo não conta com nenhuma sala destina exclusivamente para aula. Assim as salas em que as leituras foram realizadas estão apresentadas na Tabela 2, juntamente com o pavimento em que estão dispostas.

Tabela 2 – salas de aula em que as leituras serão feitas

SALA	PAVIMENTO	BLOCO
107	1º	C
108	1º	C
204	2º	C
205	2º	C
206	2º	C
305	3º	C
306	3º	C
307	3º	C

Fonte: Autora, 2016.

Com relação a vizinhança, o campus conta com uma unidade de pronto atendimento ao lado do estacionamento principal, nos fundos, apenas casas térreas e edifícios residenciais com salas comerciais e em uma de suas laterais um Seminário Religioso.

3.3 Edificação analisada

O campus Toledo, teve suas instalações definitivas concluídas em agosto de 2010, porém o bloco C, só teve finalização em 2011 (Figura 8). Atualmente, o Campus conta com cerca de 1.300 alunos, 104 professores (efetivos e contratados) e 54 servidores técnico-administrativos (UTFPR, 2016).



Figura 8- Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Toledo
Fonte: Autora (2016).

O bloco C (Figura 9) conta com paredes externas em alvenaria e divisões entre as salas de aulas de gesso acartonado sem lã de vidro. O gesso acartonado é um tipo de painel de gesso revestido por papel cartão, parafusado em perfis metálicos fixados no teto, piso e paredes.

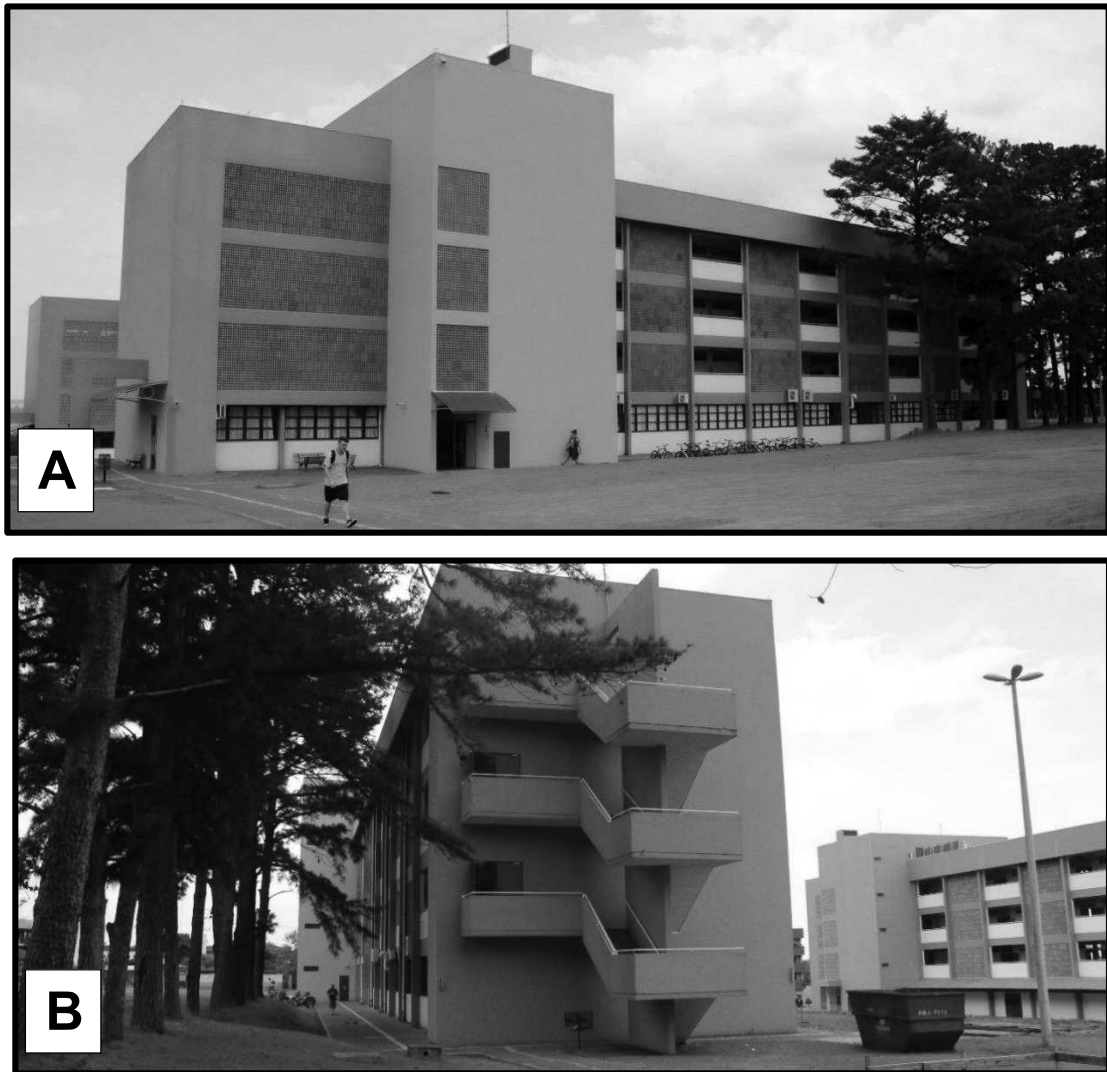


Figura 9- Bloco C. (A) Vista lateral. (B) Saída de emergência
Fonte: Autora, 2016.

As salas abrangem uma área total de 69,11 m² com pé direito de 3,50 m, revestimento cerâmico no piso e parede com pintura acrílica. Apresentam ainda, aberturas tipo basculantes de alumínio e dois ventiladores fixados nas paredes laterais, como pode ser verificada na Figura 10.



Figura 10- Sala de aula C-108. (A) Ventilador 1 e 2. (B) Abertura lateral esquerda. (C) Abertura lateral direita
Fonte: Autora, 2016.

Os corredores apresentam em um de seus lados, intercalação entre guarda corpos de 1,20 m de altura por 4,80 m de comprimento e elementos vazados de mesmo comprimento com 2,90 de altura (Figura 11).



Figura 11- Corredor primeiro andar. (A) Vista corredor. (B) Detalhe das aberturas do corredor
Fonte: Autora, 2016.

A localização do bloco C dentro do campus está representada na Figura 12, atualmente com relação aos blocos apenas o A, C e E estão construídos e em uso. Quanto aos outros elementos, o Campus conta ainda com estacionamento principal e outro exclusivo aos servidores, ginásio, biblioteca e restaurante universitário.

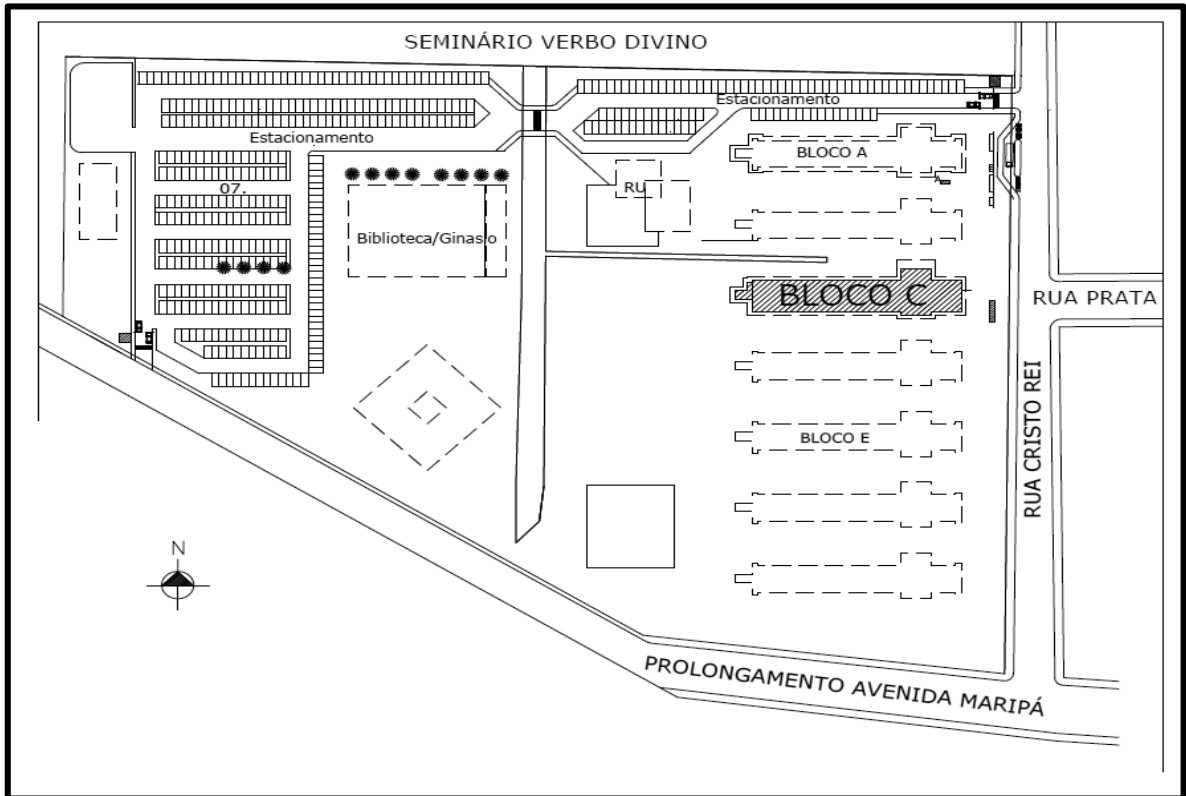


Figura 12 - Planta de localização do Bloco C dentro do campus
Fonte: Adaptado de UTFPR, 2016.

O bloco em estudo, possui a disposição demonstrada na Figura 13. Todos os pavimentos, com exceção do térreo, apresentam a mesma configuração, contemplando 3 salas de aula por andar com exceção do primeiro andar que conta com apenas uma única salas.

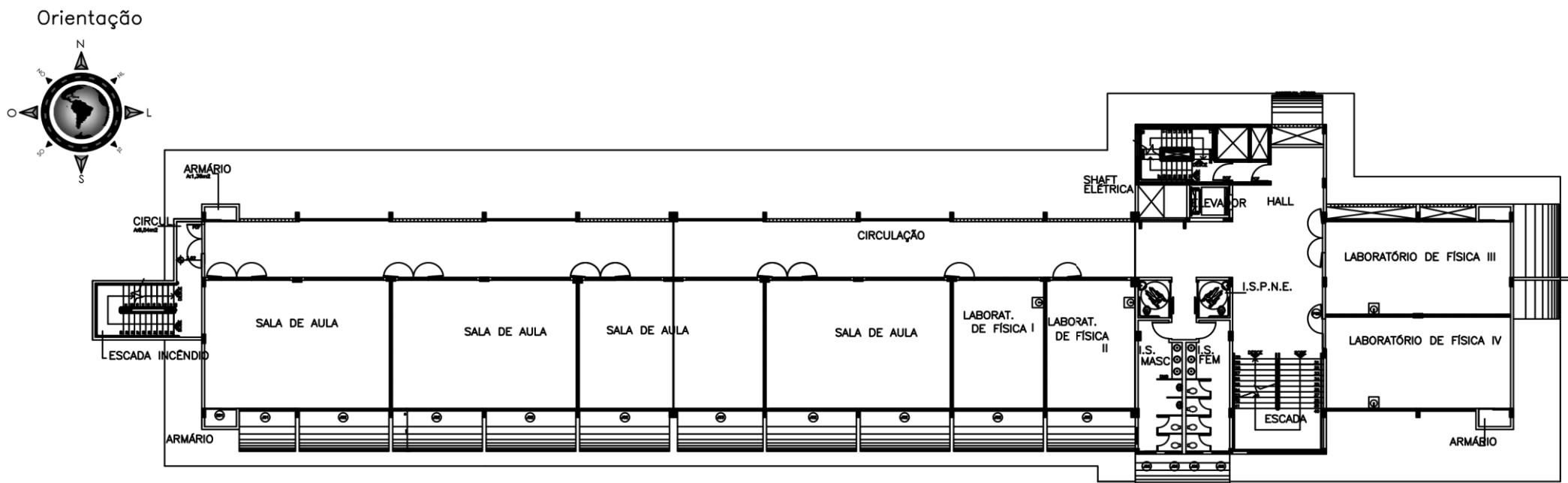


Figura 13 - Planta baixa 1 Pavimento
Fonte: Adaptado de UTFPR, 2016.

As salas de aula, em todos os andares, possuem as mesmas dimensões, a Figura 14 mostra detalhadamente sua estruturação.

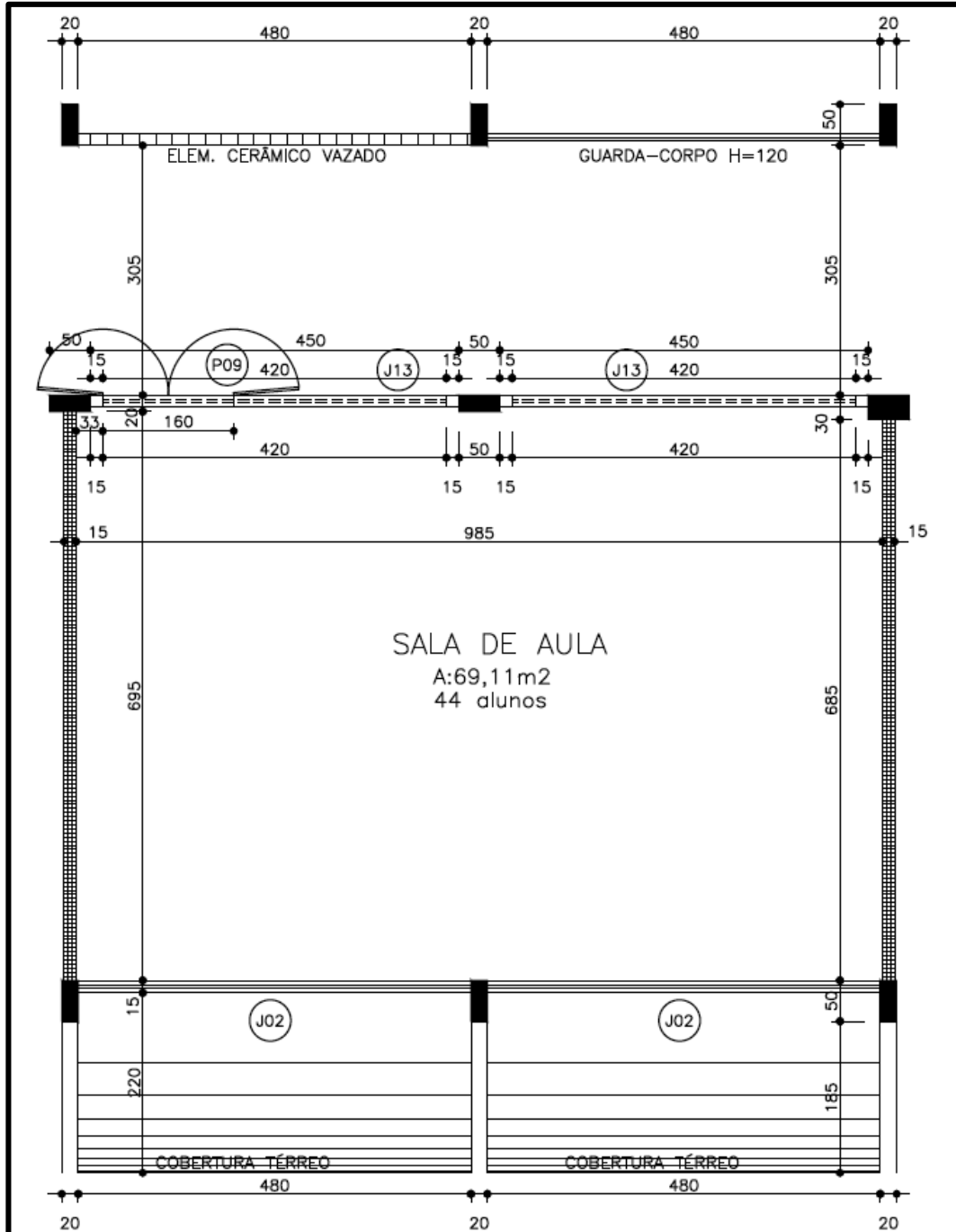


Figura 14 – Planta detalhada da sala de aula
Fonte: Adaptado de UTFPR, 2016.

3.4 Características estratégicas da edificação

Para que um ambiente seja termicamente adequado, deve-se ter a clara noção e conhecimento do local onde o mesmo irá ser edificado, em termos de clima e estratégias que deveram ser utilizadas.

O bloco conta com algumas estratégias em sua concepção arquitetônica (elementos vazados conhecidos como “cobogó”, a aplicação de áreas de sombreamento, ventilação cruzada, aberturas e a orientação solar), no intuito, de amenizar não só os efeitos da temperatura sobre o mesmo, como também, contribuir com a iluminação do ambiente.

a. Aberturas

Embora a região Oeste do Paraná, onde está localizada a cidade de Toledo, não apresentar climas predominantemente quentes, apenas no verão, o direcionamento da construção foi feita no eixo Leste-Oeste. Direção esta, que segundo (FROTA, et al., 2001) é conveniente para regiões em que o clima quente é predominante em quase todas estações do ano.

A localização das fachadas dos blocos, encontram-se no sentido Norte e Sul, pois acredita-se que tais orientações, provocam situações mais fáceis de serem protegidas por elementos bloqueadores da radiação solar direta. Este direcionamento evita elevados ganhos de calor no verão e torna o ambiente mais aquecido na orientação sul.

A Figura 15 mostra as aberturas da sala de aula C-108, as demais salas apresentam a mesma configuração. A figura intitulada de “A” expõe as aberturas localizadas na lateral esquerda, em contato com o ambiente externo. Já a figura “B”, as aberturas que estão ligadas ao corredor.

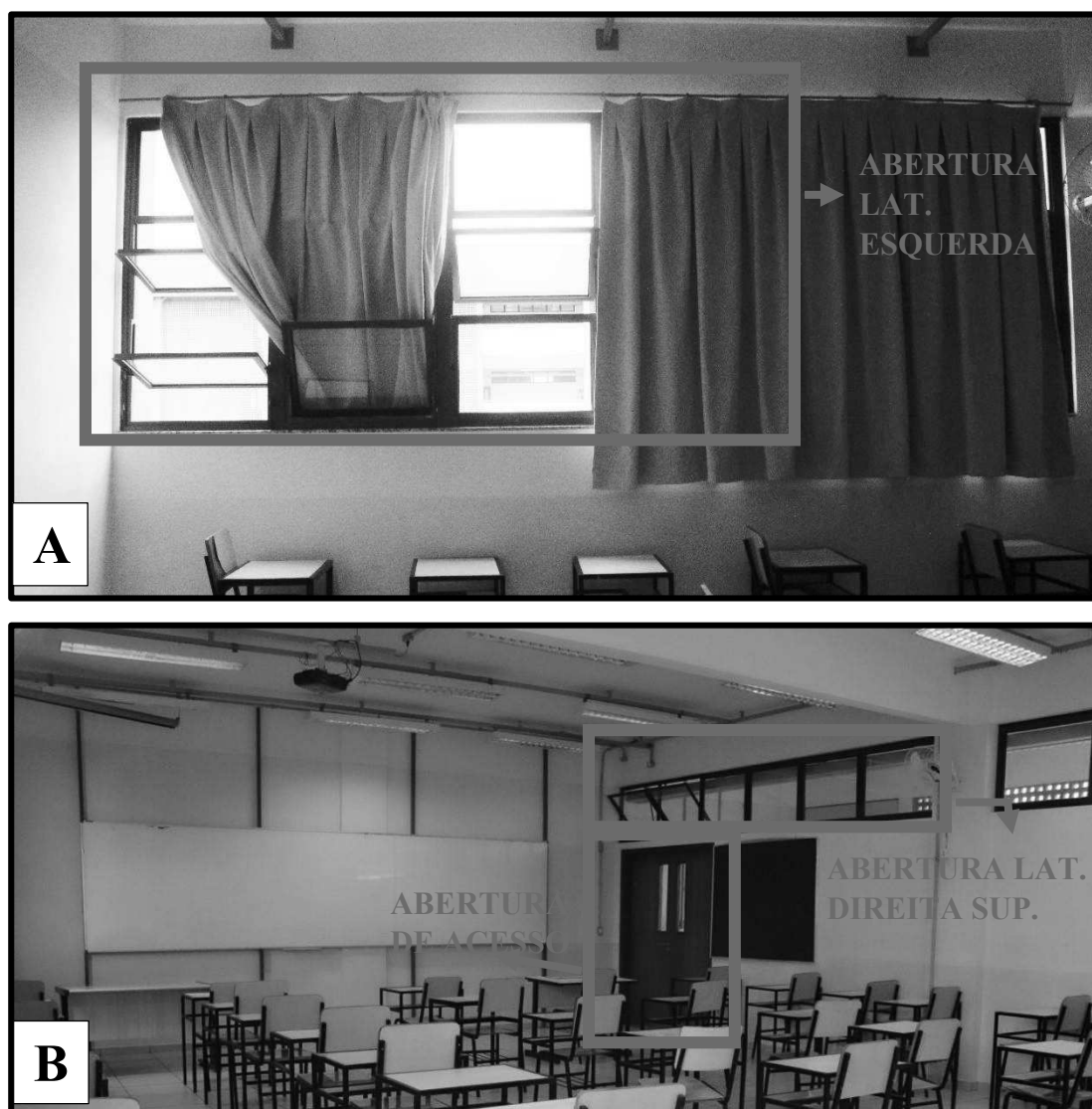


Figura 15 - Sala de aula C-108. (A) Abertura lateral esquerda. (B) Abertura lateral direita. Fonte: Autora, 2016.

O bloco conta com esquadrias do tipo basculantes, que possuem 100% de abertura, facilitando assim a entrada de ar.

É importante ressaltar que o tamanho das aberturas laterais, não deve ocupar toda a parede da sala para que assim possa ser evitado o ofuscamento no plano do quadro. Logo, elas não devem chegar até o canto da parede onde está o quadro ou o quadro não deve encontrar o canto da parede da janela (VIANNA, et al., 2001).

Entretanto isso não ocorre em todas as salas de aula do Campus, apenas nas salas C-108, C-206 e C-307 (Figura 16-A). As demais salas possuem janelas que ocupam a maior parte da parede esquerda em contato com o exterior chegando até o quadro (Figura 16-B).

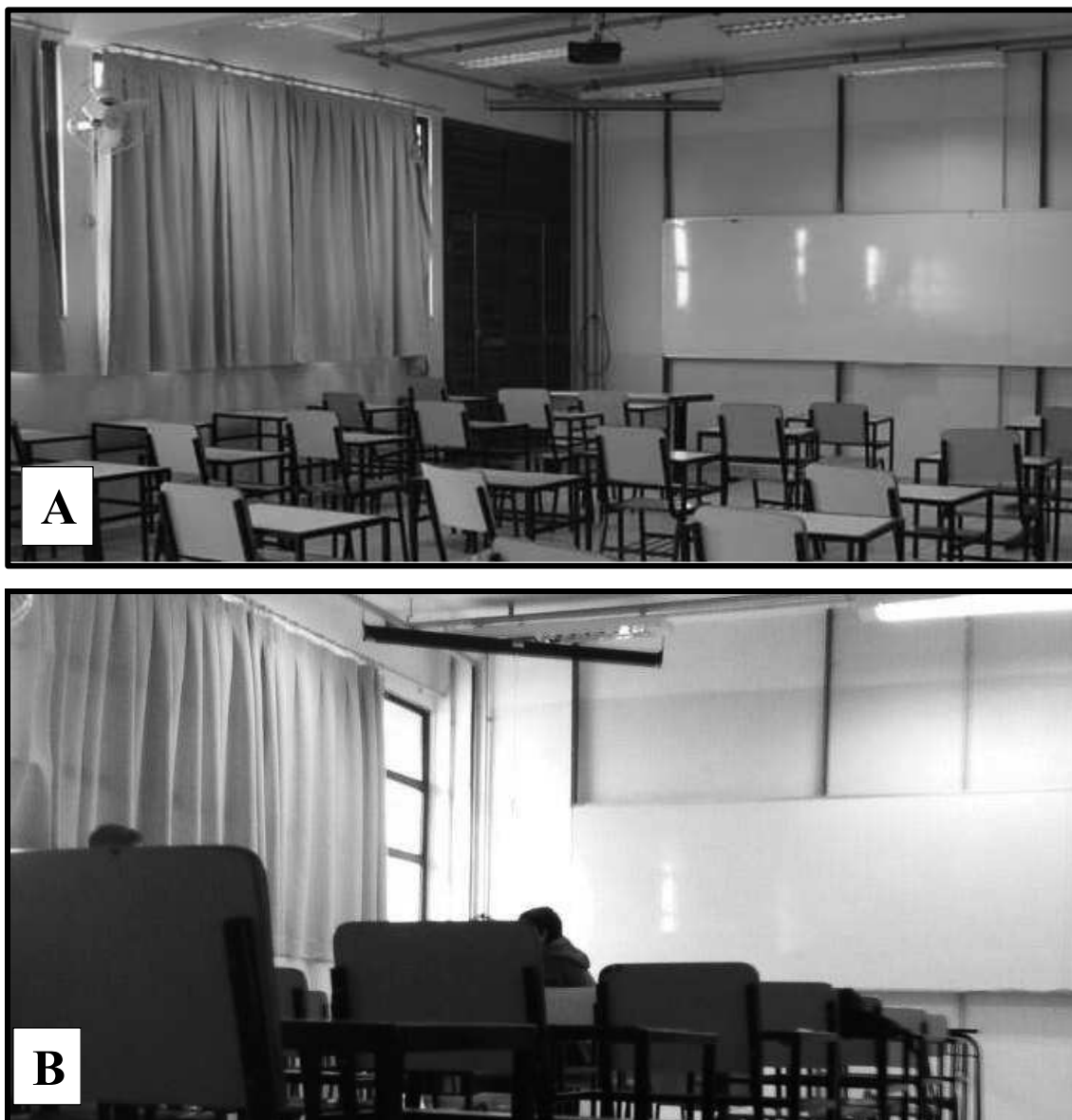


Figura 16 - Sala de aula C-108. (A) Abertura lateral x quadro. Sala de aula C-305. (B) Abertura lateral x quadro.

Fonte: Autora, 2016.

b. Cobogó

Cobogó, é a denominação dada a elementos construtivos vazados. São normalmente de concreto ou cerâmica e limitam os ambientes sem impedir a entrada de ar bem como geram sombreamento (Vieira, et al. 2013).

Criado na década de 20, por um comerciante português Amadeu Oliveira Coimbra, um alemão Ernest August Boeckmann e um engenheiro pernambucano Antônio de Goés, cobogó recebe este nome pois representa as iniciais dos sobrenomes de seus criadores. Surgiu da necessidade de amenizar as condições climáticas presentes nos interiores das residências nordestinas, por meio de paredes, que permitissem ao ambiente uma ventilação permanente e uma redução na incidência de luz solar.

Nos corredores o bloco C, conta com paredes intercaladas com guarda corpos e cobogós, ambos os vãos são de mesmo comprimento (Figura 17). Todos os blocos de sala de aula do Campus apresentam elementos como os cobogós implantado, no intuito de amenizar os efeitos da temperatura, auxiliando também na ventilação e iluminação de seu interior.



Figura 17 - Corredor primeiro andar detalhe das aberturas
Fonte: Autora, 2016.

Uma vez que os elementos vazados tem como finalidade proporcionar também eficiência energética pois impede a radiação solar direta, garantindo a ventilação permanente, o que diminui a necessidade do uso de ar condicionado e iluminação artificial nas edificações. Além de sua função estética.

c. Área de sombreamento

Quanto a área de sombreamento o bloco conta em sua lateral com árvores de grande porte como pode ser observado na Figura 18.



Figura 18 – Bloco C, área de sombreamento.
Fonte: Autora, 2016.

Os edifícios podem e devem ser protegidos do calor e do frio por plantas, quebra-ventos, etc. Eles são uma parte importante no auxílio da eficiência energética e dos níveis de conforto nos edifícios.

As plantas permitem a redução das temperaturas ambientes em dias quentes e em dias frios, funcionam como barreira para que o vento gelado não adentre os ambientes internos da edificação. Tornando assim, a área de sombreamento por meio de plantas, uma das estratégias mais importantes para colaborar com a climatização de edifícios.

d. Ventilação cruzada

Para Possebom et al., (2016 p. 1) “a ventilação cruzada pode ser definida pela movimentação do ar no interior dos edifícios sem que haja a indução de

sistemas mecânicos”, proporcionando diversas vantagens para as edificações através da preservação da qualidade do ar e na criação de ambientes salubres e confortáveis.

A ventilação cruzada só vai ocorrer em um ambiente, se existirem duas aberturas em face oposta ou adjacente, pois assim o ar fluirá pelo ambiente carregando consigo o ar quente e deixando o ar fresco dentro do ambiente.

Todas as salas de aulas do objeto de estudo, são constituídas com aberturas em faces opostas como pode ser observada na Figura 19. As setas representadas pela cor azul, mostram de forma gráfica a ventilação cruzada.

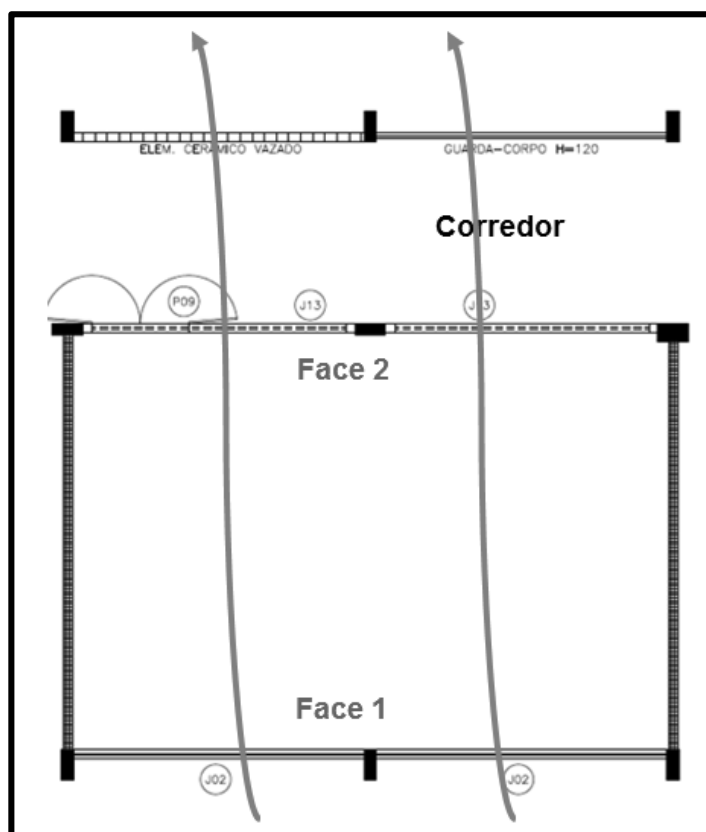


Figura 19 – Sala de aula bloco C – ventilação cruzada
Fonte: Autora, 2016.

As aberturas expressas pela planta baixa mencionada anteriormente tem como dimensão: as janelas na parte superior (J13) 420 x 70 cm, já as janelas na parte inferior (J02) 480 x 160 cm e porta (P09) 160 x 210 cm.

A ventilação cruzada mostra ser uma estratégia eficiente uma vez que, diminui a temperatura interna purificando o ar e eliminando os poluentes através da

introdução do ar puro. Proporcionando desta forma o conforto térmico, reduzindo a umidade do ar e incentivando as trocas de calor do ambiente.

e. Orientação solar

É na estação do inverno, que o sol forma um ângulo pequeno em relação à superfície da Terra, entretanto as fachadas voltadas para o Norte ficam banhadas de sol durante quase o dia todo. A Figura 20 representa de forma gráfica a angulação que os raios solares incidem sobre a estrutura no inverno.

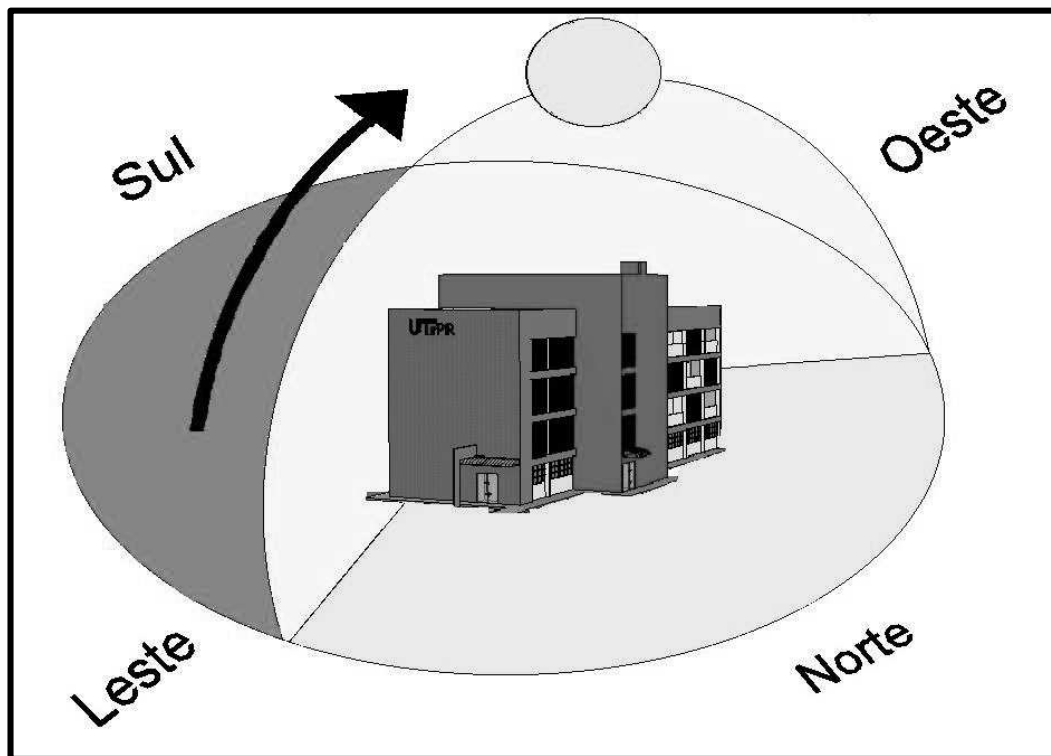


Figura 20 - Ângulo incidência solar no inverno
Fonte: Autora, 2016.

Em sua parte lateral com o corredor interno o bloco fica na orientação Norte assim durante todo o inverno o sol incide das 9h às 15h, aproximadamente. Contudo no fim de tarde, o sol incide com menos intensidade tornando as salas mais frias durante a noite.

Já o ângulo que o sol forma com a superfície da Terra durante o verão é maior. A Figura 21 representa de forma gráfica a angulação dos raios solares sobre a estrutura no verão.

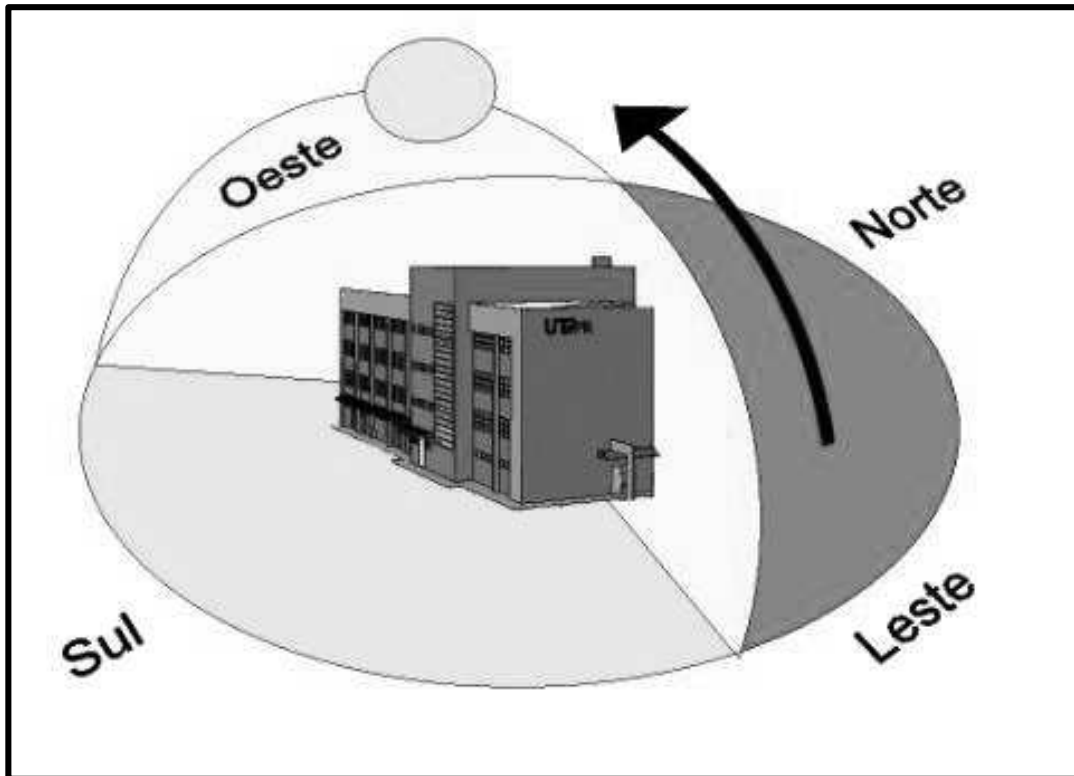


Figura 21 - Ângulo incidência solar no verão
Fonte: Autora, 2016.

Portanto, ao meio-dia, o sol está a pino, incidindo com força na cobertura do bloco e no fim de tarde, na parte da saída de emergência (escadas externas).

3.5 Controle das variáveis temperatura e umidade

A presente pesquisa analisou ambientes de salas de aula sem a presença de usuários e de mesma planta, para não haver interferências na temperatura diminuindo assim, as influências de outros fatores que poderiam interferir no resultado da análise.

Os dados de temperatura interna, foram levantados por medições *in loco*, uma vez por mês, durante 5 dias por semana, totalizando um ano de levantamento.

Para a realização das medições *in loco*, foram escolhidos os seguintes horários: 10:00, 12:00 e as 18:20, pois nestes períodos não havia presença de alunos e professores, levando-se em consideração que os intervalos entre as aulas, em cada período, ocorrem nestes horários. Por conseguinte, os ambientes observados estavam fechados e sem abertura das janelas, desse modo a ventilação não interferiu nos resultados.

3.6 Equipamento utilizado para a realização das medições *in loco*

Os valores de temperatura interna foram aferidos através de termômetro de globo digital da marca Instrutemp (Figura 22). Este equipamento mede a temperatura do ar, temperatura global, umidade do ar e o IBUTG (índice de temperatura de bulbo úmido termômetro de globo), fornecendo assim o índice de pressão do calor existente no meio.



Figura 22 - Termômetro de globo digital
Fonte: INSTRUTEMP, 2016 p. 1.

O modelo que foi utilizado no presente estudo é o ITWTG-2000, que possui as especificações técnicas representadas na Tabela 3.

Tabela 3: Especificações técnicas termômetro de globo.

TERMÔMETRO DE GLOBO	
Sensor de globo:	0°C a 80°C
Sensor de bulbo seco:	0°C a 50°C
Umidade relativa do ar (UR):	0 a 100%UR
Precisão:	1°C
Tempo de Resposta	15 seg
Umidade de operação:	Máx: 80%UR
Temperatura de operação:	0°C a 50°C
Temperatura precisa:	± 0.6°C

Fonte: Adaptado de INSTRUTEMP, 2016 p. 1.

A coleta de dados foi realizada no centro de cada sala de forma que o aparelho fique a uma altura de 1,20 m do piso, como indica a NBR 15575 (2013) (Figura 23). Além da temperatura interna de cada sala de aula nos mesmo horários foram aferidas as temperaturas externas, com o intuito de relacioná-las para a obtenção da equação, que descreve o comportamento da temperatura interna em função da temperatura externa.

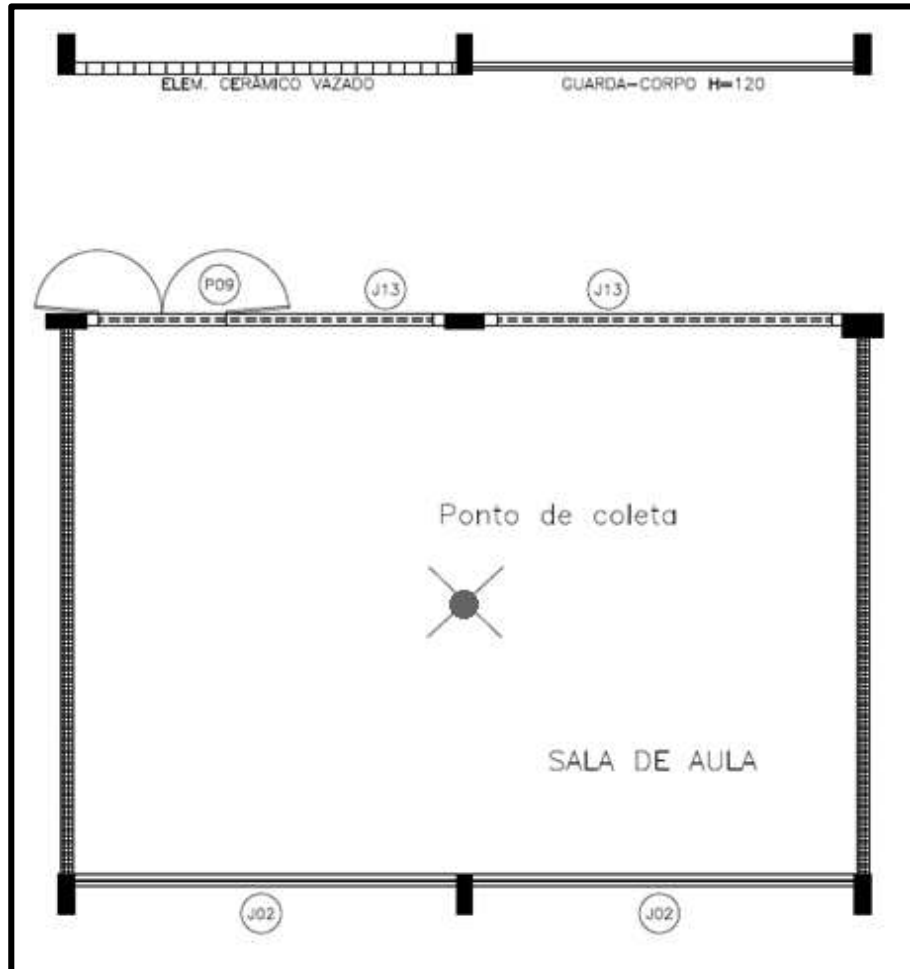


Figura 23 – Ponto de coleta dos dados
 Fonte: Adaptado de UTFPR, 2016 p. 1.

3.7 Intervalo de coleta de dados

O período de coleta de dados contemplou doze meses de levantamento, para que assim, fosse feita uma avaliação mais precisa do comportamento térmico das salas de aula, abrangendo as quatro estações do ano primavera, verão, outono e inverno.

3.8 Análise estatística dos dados

Posteriormente a realização das medições *in loco*, todos os dados colhidos foram agrupados mensalmente, com o seu valor médio, definido pelo intervalo de confiança a um nível de significância de 5%, ou seja, o limite que se toma como base para afirmar que um certo desvio é decorrente do acaso ou não. Dessa maneira a confiabilidade dos resultados desta pesquisa foi de 95%.

Subsequente a isso, para cada intervalo de confiança mensal, foram definidos os valores máximo e mínimo, como também o seu desvio padrão.

A ABNT (1999 p. 21) por definição menciona que confiabilidade é a “característica de um item eventualmente expressa pela probabilidade de que ela preencherá uma função dada, sob condições definidas e por um período de tempo definido”, ou seja, é a probabilidade de um item cumprir sua finalidade, sem falhas sob condições de uso previamente determinadas, em um período de tempo estabelecido.

Quando se formula uma hipótese em relação a uma determinada característica de uma população, a amostra dela retirada pode pertencer à população de origem ou não. Quando a amostra não pertence a população de origem, os valores encontrados "são estatisticamente significativos", pois as diferenças encontradas representam um efeito real, não podendo ser atribuídas ao acaso, assim a significância está relacionada ao nível de confiança ao rejeitar uma hipótese estatística com base nos resultados de uma amostra.

Tendo em vista que a amostra mensal foi superior a 30 dados e a média populacional é desconhecida, optou-se por utilizar a distribuição t de Student. Neste caso o comportamento segue uma distribuição simétrica em torno de zero.

3.9 Intervalo de confiança t de uma amostra

A delimitação do intervalo de confiança foi realizada através da distribuição de t de Student, onde se restringe a uma dada amostra de tamanho n , com desvio

padrão S , de uma população com média μ , um intervalo de confiança de $100(1 - \alpha)\%$ para μ tem como definição dos extremos os valores da Equação 1.

$$\bar{x} \pm t_{\alpha/2} \frac{S}{\sqrt{n}} \quad (1)$$

Onde,

$t_{\alpha/2}$: valor crítico da distribuição t de Student com $(n - 1)$ graus de liberdade;

\bar{x} : média da amostra;

S : desvio padrão amostral;

3.10 Modelagem numérica

Os modelos de regressão simulam a ligação entre as variáveis de maneira a estabelecer uma equação que represente o fenômeno em estudo. Essa ligação poderá ser do tipo linear ou não linear. Entretanto para o presente trabalho foi utilizado somente modelos de regressão linear simples.

a. Regressão linear simples

No modelo de regressão linear simples definida na Equação 2, considerou-se uma única variável independente (x) para uma variável dependente ou variável de resposta (Y).

$$Y(x) = \beta_0 + \beta_1 x + \epsilon \quad (2)$$

Onde,

$Y(x)$: valor observado para a variável dependente Y por meio da variável independente x ;

β_0 : coeficiente que representa a interseção da reta de estimativa;

β_1 : coeficiente que representa a inclinação da reta de estimativa;

x : variável independente;

ϵ : erro aleatório.

Contudo para a pesquisa, o fenômeno foi observado por meio gráfico, chamado de diagrama de dispersão. Nele foi avaliado o comportamento dos valores das duas variáveis.

Para esta pesquisa foi analisado o comportamento da temperatura ambiente interna das salas em função da temperatura externa também levantada dentro do campus da UTFPR – TD.

3.11 Apreciação dos dados obtidos

Em posse do valor médio obtido do intervalo de confiança, foi realizado um comparativo com o intervalo ideal de conforto térmico para cada sala de aula de 20 °C à 23 °C. Os resultados considerados adequados, estavam dentro deste intervalo de temperatura pré-estabelecido pela NR17.

Por conseguinte, com os valores máximos e mínimos observados, pode-se ter uma ideia da discrepância pontual da temperatura com relação ao valor ideal, expressando a diferença destes valores.

Por fim, sucedeu-se a comparação do comportamento da temperatura ambiente e a umidade relativa do ar com os padrões estabelecidos pela norma vigente.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O presente capítulo tem como finalidade a apresentação e análise dos resultados obtidos nas medições das temperaturas internas, para os cinco dias de cada mês, durante o período de um ano, conforme sugerido na metodologia deste trabalho.

As medições realizadas, tiveram seu início no dia 14 de março de 2016 e foram finalizadas no dia 24 de março de 2017. Contemplando todas as estações do ano, sendo que cada uma delas, resultaram em aproximadamente três meses de leitura.

Para que a apresentação dos dados fosse clara, optou-se em realizar a média para cada estação, apresentando os valores máximos, mínimos observados e os valores médios resultantes do intervalo de confiança de 95% para cada variável levantada. Além disso, foi exposta este mesmo método para cada sala de aula individualmente e em conjunto.

4.1 Análise geral

A análise geral, partiu da amostra total, colhida durante um ano de levantamento no local, contabilizando 1500 dados. Os dados extraídos foram agrupados em uma única amostra sem discriminação entre as salas em estudo, para que assim seu valor médio fosse definido pelo intervalo de confiança a um nível de significância de 5% (α). Dessa maneira a confiabilidade do valor médio, geral para todos os parâmetros coletados desta pesquisa, tem 95% de certeza em seu resultado final.

A Tabela 4 contém os valores obtidos após o tratamento estatístico, sendo que os valores máximos e mínimos observados, referem-se ao maiores e menores dados coletados dentro da amostra total de 1500. Já os valores, limite inferior e superior, referem-se aos limites estipulados pelo intervalo de confiança, ou seja, meu valor médio deverá estar entre estes limites.

Tabela 4 – Resultado análise geral

Análise Geral					
Parâmetro	Wbtg	Ta	TG	In	Tex
Alfa (α)	5%	5%	5%	5%	5%
Amostras (x)	1500	1500	1500	1500	1500
Desv. Padrão (s)	3.88	4.34	4.62	11.02	4.36
tcrítico $\alpha/2$	1.962	1.962	1.962	1.962	1.962
Máximo observado	29.60	36.00	36.40	84.70	35.20
Limite Superior	21.20	25.87	25.52	54.79	25.84
Valor médio	21.00	25.65	25.29	54.23	25.62
Limite Inferior	20.81	25.43	25.06	53.67	25.40
Mínimo observado	11.30	13.70	13.20	27.50	12.10
Coefficiente de Var.	18.48%	16.93%	18.26%	20.32%	17.00%

Fonte: Autora, 2017.

Assim, ainda com relação a Tabela 3, os parâmetros de maior interesse para a pesquisa são: temperatura ambiente (T_a), umidade relativa do ar (I_n) e temperatura exterior (T_{ex}), estes tiveram como resultado o valor máximo observado de 36 °C, 84,70% e 35,20 °C. Além de seus valores mínimos observados ficarem em torno de 13,70 °C, 27,50% e 12,10 °C, destacando o valor mínimo referente a umidade relativa do ar está abaixo do ideal recomendado, o que pode ocasionar além do agravamentos de algumas doenças alérgicas como asma, sinusite, como também o desempenho do usuário.

Estes dados foram agrupados e avaliados desta maneira para que contribuísse com o próximo subcapítulo, uma vez que, para analisar individualmente cada sala, foi necessário um valor referência. Logo os valores obtidos na análise geral foram comparados separadamente, com os valores encontrados para cada sala de aula. Assim foi possível, a determinação de qual sala caracteriza-se por ser mais quente ou mais úmida que a geral.

4.2 Análise das salas de aula

Com o intuito de focar nas variáveis proposta pela pesquisa, a análise das salas de aula foi subdividida de acordo com a temperatura ambiente e a umidade relativa do ar. Portanto foi feita uma apreciação com base nos resultados obtidos em cada uma das salas observadas, agrupando assim, a amostra por sala, sem levar em consideração os horários de coleta dos dados.

Neste subcapítulo será determinado o comportamento das salas de aula, apresentando o desempenho térmico e de umidade da melhor e pior sala.

a. Temperatura ambiente

Após a primeira análise dos dados obtidos de forma geral, para esta etapa da pesquisa, todos os dados obtido durante o levantamento foram separados por sala de aula. Desta maneira, na Tabela 5, estão contidos os resultados do intervalo de

confiança de 95%, em que seus valores de limite inferior e superior, referem-se aos limites estipulados por este intervalo, assim o valor médio da temperatura ambiente para cada sala de aula, durante um ano de levantamento, está destacado na cor azul. Na tabela ainda estão contidos os valores encontrados de desvio padrão e o coeficiente de variação, além da quantidade de dados coletados por amostra.

Tabela 5 – Temperatura ambiente sala de aula

TEMPERATURA AMBIENTE ANUAL - INTERVALO DE CONFIANÇA DA MÉDIA 95%						
SALA	LIM SUP. (C°)	MÉD.(C°)	LIM INF. (C°)	AMOSTRA	DESVIO PADRÃO	COEF. DE VAR
C-107	25,86	25,10	24,35	135	4,43	17,66%
C-108	26,66	26,05	25,44	195	4,30	16,53%
C-204	26,23	25,63	25,03	195	4,26	16,61%
C-205	26,31	25,70	25,09	195	4,33	16,86%
C-206	26,45	25,84	25,23	195	4,35	16,82%
C-305	26,25	25,63	25,00	195	4,42	17,23%
C-306	26,11	25,49	24,88	195	4,36	17,11%
C-307	26,18	25,57	24,95	195	4,34	16,99%
TODAS	25,87	25,65	25,43	1500	4,34	16,93%

Fonte: Autora, 2017.

Os valores de maior discrepância foram observados nas salas C-108 e C-206, tendo como média 26,05 °C e 25,84 °C, respectivamente. Este fato pode ser justificado porque a sala C-108 e C-206 são uma das salas com maior incidência de raios solares durante o período do verão, uma vez que duas de suas paredes estão em contato com o exterior, acarretando em valor de temperatura média acima das demais.

Com relação a variável, temperatura ambiente, as salas apresentaram comportamento semelhante, podendo ser observado no Gráfico 2. Com exceção, novamente das salas C-107, C-108 e C-204. A sala C-107 teve como dado a menor temperatura 33,90 °C, ou seja, no período quente ela foi a sala mais fria observada. Já a sala C-204 obteve a maior temperatura 15,80 °C, assim no período frio ela destacou-se por ser a sala mais quente.

O oposto aconteceu com a sala C-108 que teve a maior e menor temperatura 13,70 °C e 36 °C, respectivamente, ou seja, no período frio ela destacou-se por ser a sala mais fria e em períodos quentes ela foi a sala mais quente observada.

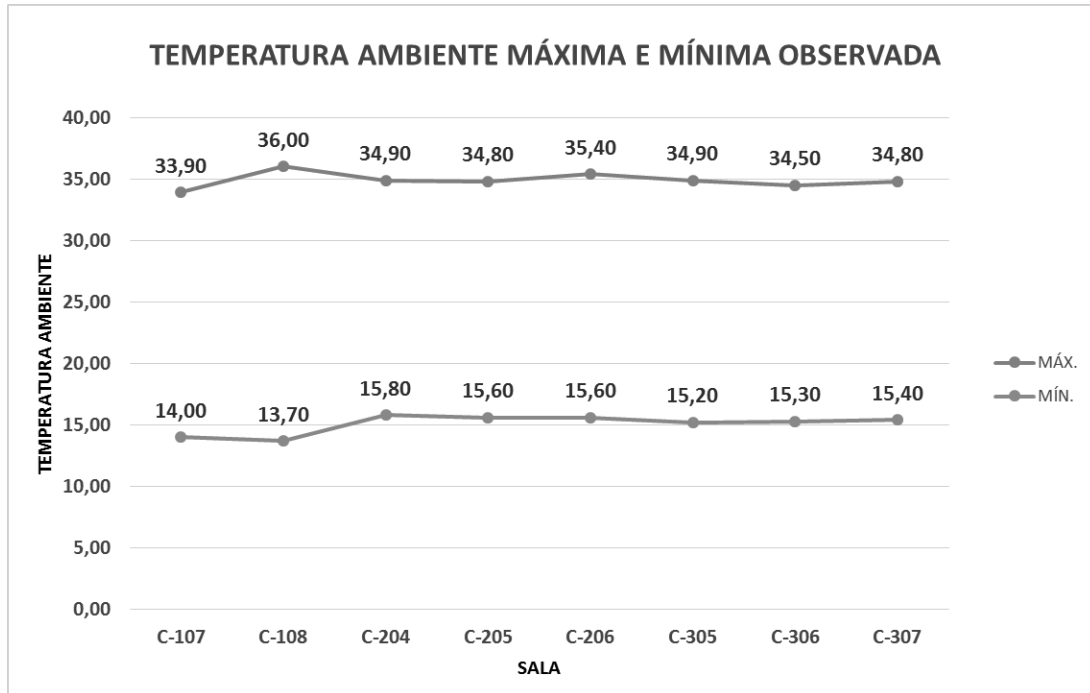


Gráfico 2 - Temperatura ambiente máxima e mínima
Fonte: Autora, 2017.

Algumas hipóteses podem justificar essas discrepância, as quais estariam vinculadas ao fato de que sala C-108, como também C-206 e C-307, estarem em maior contato com o sol da tarde no verão. E no inverno, são as salas que menos tem incidência da luz solar, afetando assim, o seu desempenho térmico. Estas salas estão localizadas no final do corredor ao lado do acesso a escada de emergência.

Após essa verificação e em posse das médias das temperaturas, de cada sala, outra análise foi feita, correlacionando-as com a temperatura média da análise geral.

A Tabela 6, representa os valores em “porcentagem de variação” que cada sala obteve por meio da divisão com o valor da média geral (análise geral).

Tabela 6 – Correlação da temperatura média das salas de aula com a média geral

TEMPERATURA AMBIENTE MÉD. 95%			
SALA	MÉD. (C°)	% DE VARIAÇÃO	OBS
C-107	25,10	97,86	MAIS FRIA QUE A MÉD
C-108	26,05	101,56	MAIS QUENTE QUE A MÉD
C-204	25,63	99,92	MAIS FRIA QUE A MÉD
C-205	25,70	100,19	MAIS QUENTE QUE A MÉD
C-206	25,84	100,74	MAIS QUENTE QUE A MÉD
C-305	25,63	99,92	MAIS FRIA QUE A MÉD
C-306	25,49	99,38	MAIS FRIA QUE A MÉD
C-307	25,57	99,69	MAIS FRIA QUE A MÉD
TODAS	25,65	100,00	VALOR DE REFERÊNCIA

Fonte: Autora, 2017.

Com relação aos dados obtidos na coluna “% de variação” referentes a tabela anterior, observa-se que a variação entre as salas de aula são muito pequenas com relação ao valor de referência, assim podemos dizer que elas seguem um mesmo desempenho térmico. A maior variação novamente, ficou com a C-108 e a C-206 cujo valores foram de 1,56% e 0,74% acima do valor referência, caracterizando-as como as mais quentes que a média geral.

Além disso, as sala C-205, também obteve a mesma classificação, contudo a variação que a representa, pode ser considerado insignificativo tendo como valores 0,19% acima da média geral.

As demais salas, apresentaram comportamento contrário as mencionadas até então, pois foram consideradas mais frias que a média geral. Destacando-se a sala C-107 que teve como resultado 2,14% abaixo do valor de referência.

b. Umidade relativa do ar

A verificação dos valores obtidos para esta variável, partiu do mesmo princípio que a da temperatura ambiente, os dados foram separados por sala de aula. Desta forma, na Tabela 7 estão destacados os resultados do intervalo de confiança da média de 95% de certeza, sendo estes os valores de limite inferior

superior e médios. Contém ainda os valores encontrados de desvio padrão e o coeficiente de variação. Além da quantidade de dados coletados por amostra.

Tabela 7 – Umidade relativa do ar anula - intervalo de confiança da média de 95%

UMIDADE RELATIVA DO AR ANUAL – INTERV. DE CONFIANÇA DA MÉD. 95%						
SALA	LIM SUP. (%)	MÉD. (%)	LIM INF. (%)	AMOSTRA	DESVIO PADRÃO	COEF. DE VAR
C-107	55,92	53,83	51,73	135	12,30	22,86%
C-108	55,02	53,42	51,82	195	11,32	21,19%
C-204	55,82	54,29	52,75	195	10,87	20,02%
C-205	55,67	54,10	52,53	195	11,12	20,56%
C-206	55,53	53,96	52,40	195	11,07	20,52%
C-305	55,97	54,47	52,98	195	10,58	19,43%
C-306	56,12	54,61	53,10	195	10,68	19,56%
C-307	56,51	55,00	53,49	195	10,68	19,43%
TODAS	54,79	54,23	53,67	1500	11,02	20,32%

Fonte: Autora, 2017.

Sobre a tabela apresentada anteriormente, o comportamento das médias de cada sala de aula apresentou seguir a mesma tendência, fato justificado com o coeficiente de variação. Pois quanto maior o valor do coeficiente de variação, maior é a dispersão dos valores do conjunto e quanto menor o valor do coeficiente de variação, mais homogêneo é o conjunto.

Para coeficientes de variação estatisticamente menores ou iguais a 20% mais homogênea é a amostra. Assim o coeficiente que apresentou maior coeficiente de variação foi o da sala C-107. Ou seja dentro do seu campo amostral foi o que mais apresentou oscilação entres os valores da umidade relativa do ar.

Comparando a variável “umidade relativa do ar” e a “temperatura ambiente”, ambas tiveram um bom resultado com relação a homogeneidade da amostra, contudo tendo como parâmetro o coeficiente de variação, os valores da temperatura ambiente mostraram ser mais homogêneos que os da umidade, pois nenhum de seus valores ultrapassou os 20%, tendo como valor mais próximo 17,66%.

Frisando que os valores apresentados na tabela anterior referem-se aos dados obtidos através do intervalo de confiança da média.

Já o Gráfico 3 relata o comportamento da umidade com relação aos seus valores máximo e mínimos observados durante a coleta de dados.

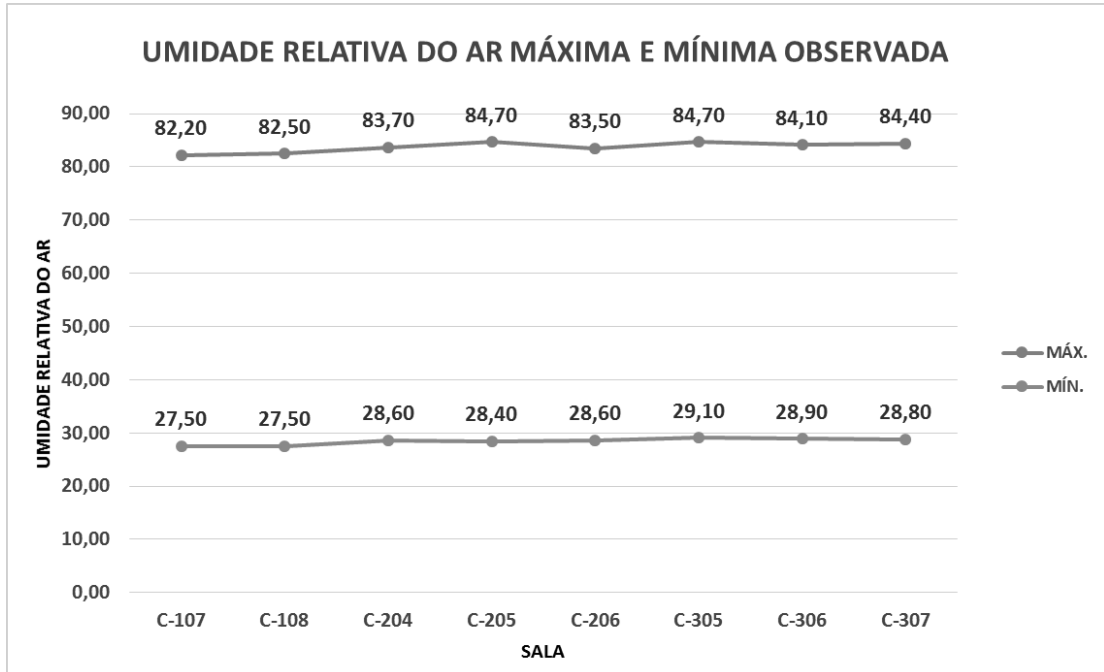


Gráfico 3 – Umidade relativa do ar máxima e mínima observada
Fonte: Autora, 2017.

Com o gráfico exposto acima, pode-se visualizar com mais clareza a pequena diferença entre as salas, com exceção da sala C-107 que obteve os menores valores, ou seja, em dias em que a umidade do ar no geral, apresentava um comportamento baixo a sala em questão, apresentava estar bem mais seca que as demais, o mesmo acontecia em dias úmidos.

Essa diferença pode estar atrelada ao número de dados da amostra pois houve uma pequena alteração na configuração das salas, e esta passou a ser a partir de janeiro de 2017 a sala dos professores do curso de Engenharia Civil. Afetando assim as coletas, uma vez que deixou de ser sala de aula não se enquadrando nas características estipuladas pela pesquisa, pois em seu interior apresenta algumas divisórias que interferem na configuração de uma sala de aula. Sua amostra contemplou 135 dados coletados enquanto que as demais obtiveram 195 dados. Sendo assim a sala apresentou ser a mais seca, já que teve dois meses de leitura do verão a menos (janeiro e fevereiro de 2017), o que explicaria tal variação.

Deste modo, através das médias das umidades relativas do ar de cada sala, outra análise foi feita, correlacionando-as com a umidade média, gerada na análise que contempla o agrupamento de todas as salas. A Tabela 8 representa os valores

em “porcentagem da variação” que cada sala obteve da relação entre o valor médio da amostra geral e o médio da sala em questão.

Tabela 8 – Umidade relativa do ar média 95%

UMIDADE RELATIVA DO AR MÉD. 95%			
SALA	MÉD. (%)	% DE VARIAÇÃO	OBS
C-107	53,83	99,26	MENOS UMIDA QUE A MÉD
C-108	53,42	98,51	MENOS UMIDA QUE A MÉD
C-204	54,29	100,11	MAIS UMIDA QUE A MÉD
C-205	54,10	99,77	MENOS UMIDA QUE A MÉD
C-206	53,96	99,51	MENOS UMIDA QUE A MÉD
C-305	54,47	100,45	MAIS UMIDA QUE A MÉD
C-306	54,61	100,70	MAIS UMIDA QUE A MÉD
C-307	55,00	101,42	MAIS UMIDA QUE A MÉD
TODAS	54,23	100,00	VALOR DE REFERÊNCIA

Fonte: Autora, 2017.

Os dados obtidos na coluna “% de variação” referentes a tabela anterior, apresentaram uma variação pequena entre as salas de aula e o valor de referência, assim podemos dizer que elas seguem um mesmo comportamento com relação a umidade. A maior variação ficou com a C-307 cujo valor foi de 1,42% acima do valor de referência caracterizando-a como a sala mais úmida entre as demais.

Além disso as salas C-204, C-305 e C-306 também tiveram a mesma classificação, ou seja, apresentaram ser mais úmidas que o valor de referência. Contudo a variação que as representa pode ser considerada insignificativa tendo como valores 0,11%; 0,45% e 0,70% acima da média geral.

As demais salas, apresentaram comportamento contrário as mencionadas até então, pois foram consideradas mais secas que a média geral. Destacando-se a sala C-108 que teve como resultado 1,49% abaixo do valor de referência.

4.3 Análise das estações do ano

Para este subcapítulo, a apreciação dos dados partiu da ideia da determinação da média geral por estação do ano, definindo suas características marcantes com relação ao desempenho da edificação com a mudança de estação. Logo a análise foi subdividida em outono, inverno, primavera e verão, para as duas

variáveis em estudo (temperatura ambiente e umidade relativa do ar), não será feita distinção entre os horários de coleta dos dados, como também as salas de aula, pois o objetivo desta análise é a classificação de qual estação foi a mais quente e mais fria, como também qual foi a mais úmida e mais seca.

Em todas as estações, o tratamento dos dados seguiram o mesmo procedimento, primeiramente agrupou-se os dados conforme a classificação definida anteriormente (por estação), em seguida foi aplicado o intervalo de confiança da média para cada amostra, definido assim, o seu valor médio, seus limites superiores e inferiores, além do máximo e mínimo observado.

a. Temperatura ambiente (ta)

A Tabela 9 contém os resultados do intervalo de confiança da média gerado a partir do agrupamento dos dados de cada estação, em que seus valores de limite inferior e superior, referem-se aos limites estipulados por este intervalo, assim o valor médio da temperatura para cada estação do ano de levantamento está demonstrado pela coluna “MÉD. (°C)” em azul. Ainda na tabela, também estão contidos os valores encontrados de desvio padrão e o coeficiente de variação, além da quantidade de dados coletados por amostra.

Tabela 9 – Temperatura ambiente anual por estação do ano

TEMPERATURA AMBIENTE ANUAL - INTERVALO DE CONFIANÇA 95%						
SALA	LIM SUP. (C°)	MÉD.(C°)	LIM INF. (C°)	AMOSTRA	DESVIO PADRÃO	COEF. DE VAR (%)
OUTONO	25,03	24,55	24,07	345	4,53	18,44
INVERNO	21,70	21,37	21,03	360	3,26	15,25
PRIMAVERA	27,03	26,82	26,61	465	2,31	8,61
VERÃO	30,05	29,81	29,58	330	2,17	7,27

Fonte: Autora, 2017.

Os valores de maior discrepância foram observados nas estações de outono e inverno, tendo como média 24,55°C e 21,37°C respectivamente. Além de apresentarem também o maior coeficiente de variação se comparados as demais estações do ano, lembrando que quanto maior o valor do coeficiente de variação,

maior é a dispersão dos valores do conjunto e quanto menor o valor do coeficiente de variação, mais homogêneo é o conjunto. Por mais que nenhum dos valores excedeu os 20%, caracterizando as amostras como homogêneas, estas estações ainda obtiveram as maiores diferenças entre seus valores.

As estações primavera e verão apresentaram comportamento semelhante, podendo ser observadas pelo Gráfico 4. Suas temperaturas máximas e mínimas são próximas, contudo a estação mais quente foi o verão. O mesmo acontece com outono e o inverno, seguiram a mesma tendência. Porém o inverno teve os menores valores de temperatura, caracterizando a estação mais fria observada.

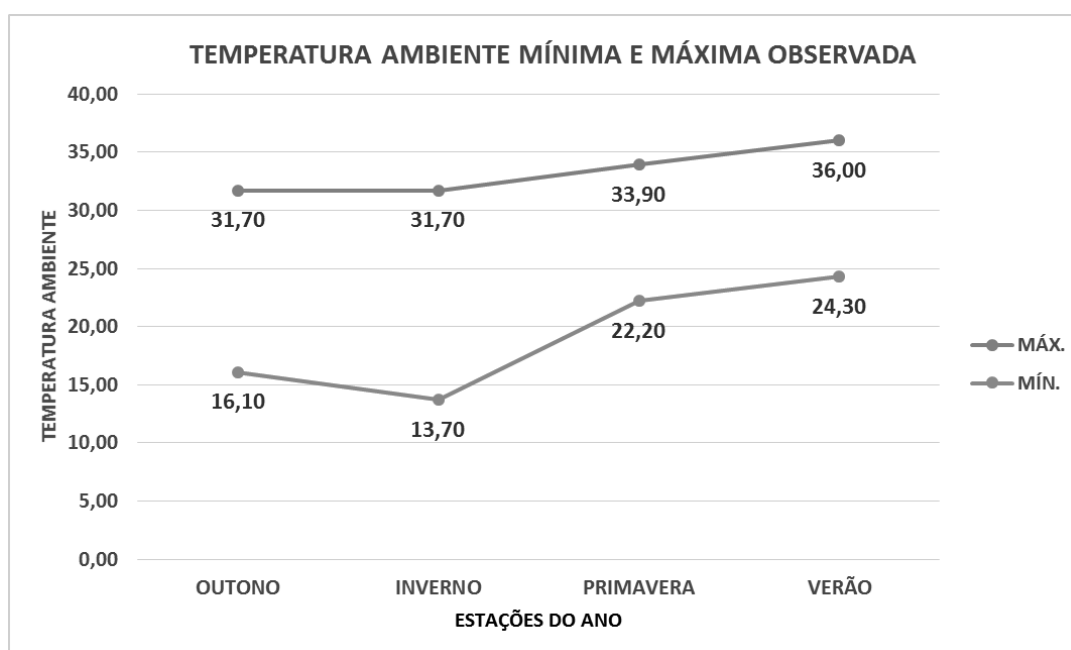


Gráfico 4 – Temperatura ambiente máxima e mínima
Fonte: Autora, 2017.

Sobre o comportamento das estações anteriormente mencionadas e representadas, podemos tornar válidos os dados coletados, uma vez que as estações outono e inverno apresentam a mesma tendência em razão de caracterizam a transição entre estas estações. A mudança de estação acontece na mesma ordem que foi direcionado o gráfico (outono/inverno/primavera/verão), sendo assim o inverno pode apresentar algumas características do outono ou vice versa.

O gráfico representado acima evidencia a estação do inverno como a mais fria, podendo ser justificada pelo fato de seus dias durarem menos que as noites. O

contrário do verão que possui dias mais longos tendo maior absorção dos raios solares.

b. Umidade relativa do ar (in)

A verificação dos valores obtidos para esta variável partiu do mesmo princípio que a da temperatura ambiente, os dados foram separados por estação do ano. Desta forma na Tabela 10 estão contidos os resultados do intervalo de confiança médio de 95% de certeza. Em que seus valores de limite inferior e superior referem-se aos limites estipulados por este intervalo destacados em azul. Na tabela ainda estão contidos os valores encontrados de desvio padrão e o coeficiente de variação. Além da quantidade de dados coletados por amostra.

Tabela 10 - Umidade relativa do ar anula - intervalo de confiança da média de 95%

UMIDADE RELATIVA DO AR ANUAL - INTERVALO DE CONFIANÇA 95%						
ESTAÇÃO	LIM SUP. (%)	MÉD. (%)	LIM INF. (%)	AMOSTRA	DESVIO PADRÃO	COEF. DE VAR (%)
OUTONO	63,34	62,22	61,10	345	10,58	17,00
INVERNO	55,52	54,48	53,44	360	10,04	18,43
PRIMAVERA	49,34	48,38	47,42	465	10,53	21,76
VERÃO	54,63	53,82	53,02	330	7,41	13,76

Fonte: Autora, 2017.

Na tabela apresentada acima o comportamento das médias de cada estação apresentaram algumas diferenças. As estações outono, inverno e verão foram classificadas como amostras homogêneas pois seus coeficientes de variação apresentaram valores inferiores a 20%. Entretanto a primavera obteve o maior valor de coeficiente de variação, caracterizando a dispersão dos valores do seu conjunto, ou seja, para esta estação, os valores de umidade foram os que mais oscilaram dentro do campo de 465 dados.

Comparando a variável “umidade relativa do ar” e a “temperatura ambiente”, ambas tiveram um bom resultado com relação a homogeneidade da amostra, contudo tendo como parâmetro o coeficiente de variação, os valores da temperatura ambiente mostraram serem mais homogêneos que os da umidade, pois nenhum dos valores ultrapassaram os 20%, tendo como valor mais próximo 18,44%.

O Gráfico 5 exibe o comportamento da umidade com relação aos valores máximos e mínimos observados durante as estações do ano.

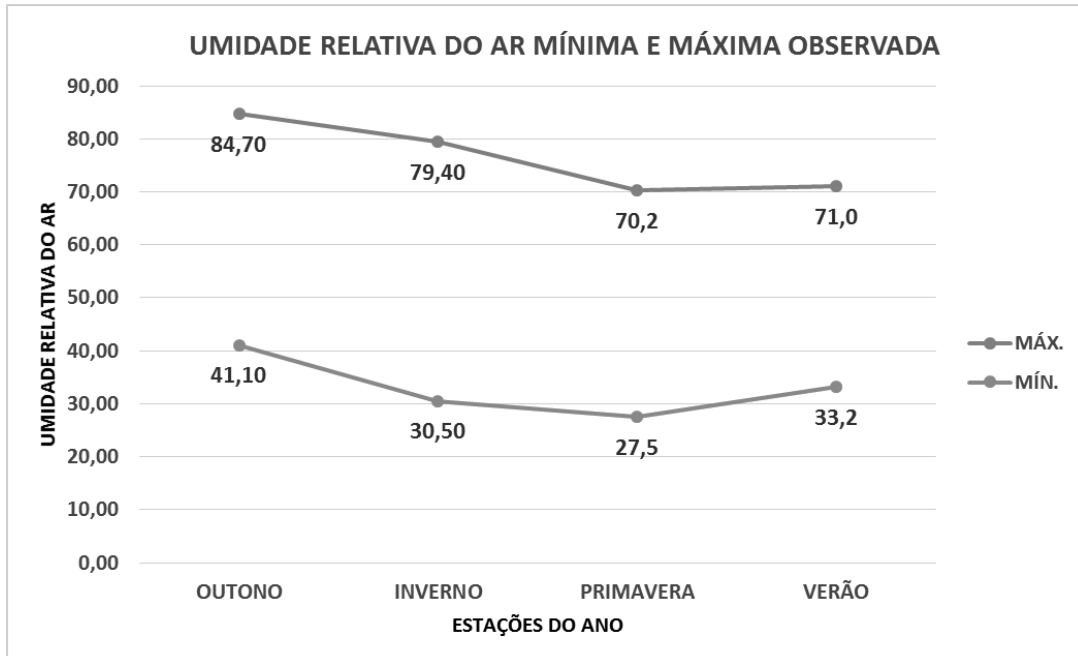


Gráfico 5 - Umidade relativa do ar máxima e mínima observada
Fonte: Autora, 2017.

A estação que obteve o valor máximo de 84,70% foi o outono (Gráfico 5), sendo esta a estação mais úmida do ano. Entretanto a estação mais seca ficou com a primavera, que atingiu o menor valor, 27,50%. Isso pode ser explicado pelo fato da primavera ter uma irregularidade climática como característica marcante, pois ela é um período de transição entre o inverno (seco) e o verão (chuvoso).

Já sobre o outono é a estação de transição entre o verão e inverno, nela há o início do período de redução das chuvas, entretanto ainda está atrelado as características das outras estações.

4.4 Comparativo NR 17

O comparativo partiu dos valores resultantes da análise das salas de aula, estabelecidas no Subcapítulo 5.2 desta pesquisa. Na qual os dados referentes as salas de aula foram subdivididos de acordo com a Temperatura ambiente e a

Umidade relativa do ar. Portanto será feita esta mesma classificação para o comparativo.

a. Temperatura ambiente

Para esta variável, a NR 17 estabelece um intervalo para que o desempenho seja eficiente, além de proporcionar o máximo de conforto e segurança durante a realização da atividade, este intervalo está entre os valores de 20° e 23°C.

O Gráfico 6, mostra os valores máximos de temperatura aferidos para cada sala de aula durante o período das leituras, representados pelas colunas em azul, contudo o valor máximo estipulado pela norma de 23°C, cuja cor está em laranja e definida pela reta, mostra-se bem abaixo do que foi encontrado durante as leituras.

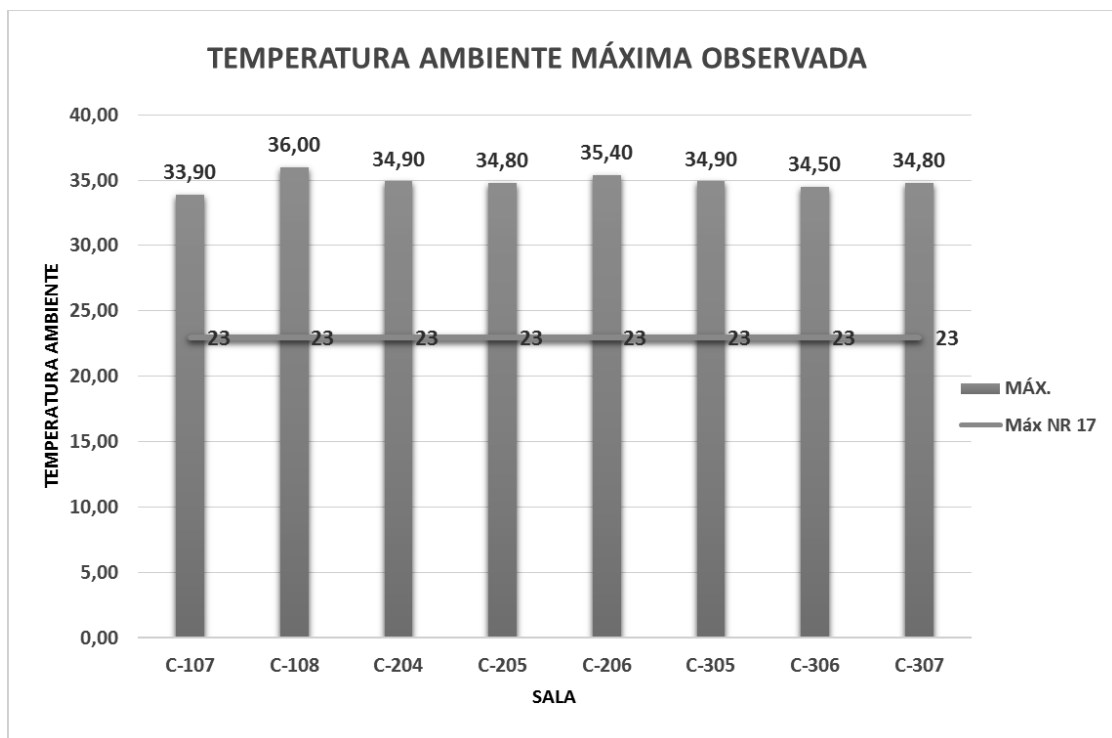


Gráfico 6 - Temperatura ambiente máxima x máxima NR17
Fonte: Autora, 2017.

Dos dados representados no gráfico anterior, a sala com maior temperatura foi a sala C-108, tendo uma diferença de 13°C com a máxima permitida pela NR 17,

contudo a sala que apresentou a menor diferença foi a C-107 mesmo assim ficando 10,90 °C acima do estabelecido pela norma.

O Gráfico 7, mostra os valores mínimos de temperatura aferidos para cada sala de aula durante o período das leituras. Da mesma forma foram representados pelas colunas em azul, contudo o valor mínimo estipulado pela norma é de 20°C cuja cor está em laranja definida pela reta, mostra-se acima do que foi encontrado durante as leituras.

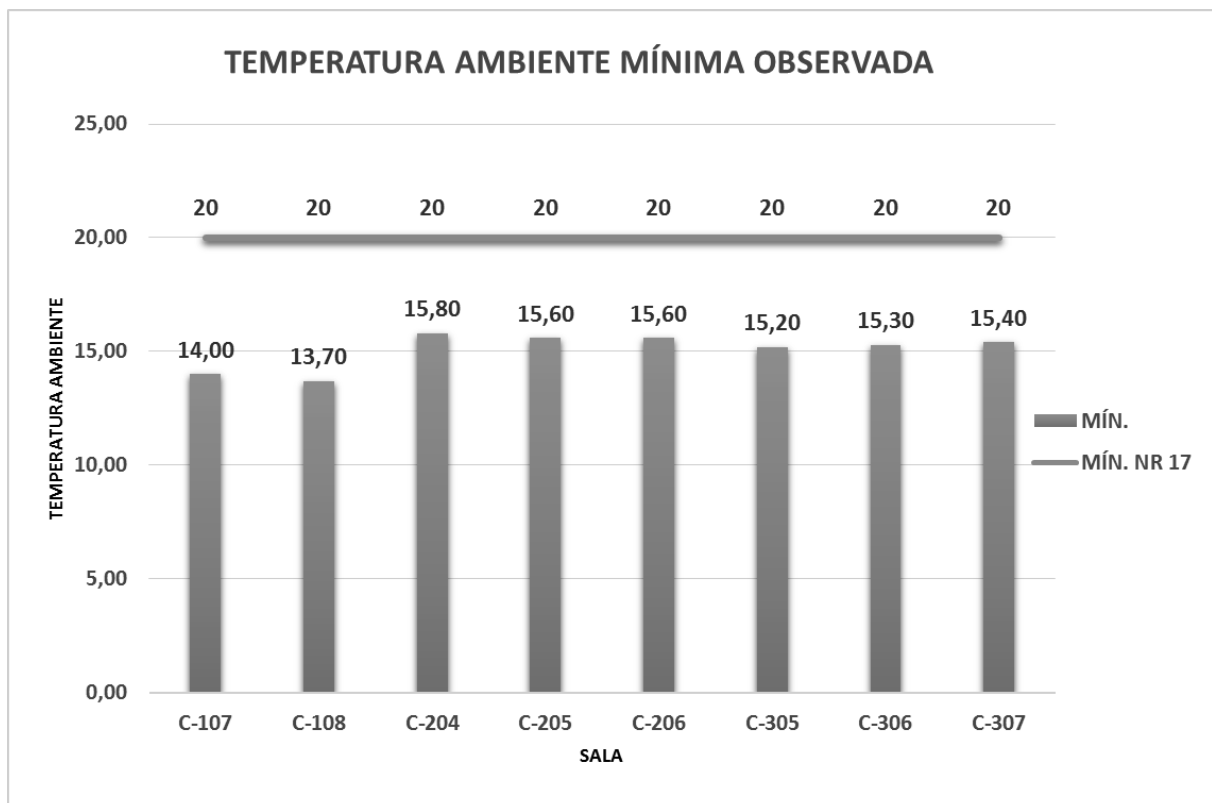


Gráfico 7 - Temperatura ambiente mínima x mínima NR17

Fonte: Autora, 2017.

No gráfico acima, pode-se notar que a sala com menor temperatura foi a C-108 tendo uma diferença de 6,3 °C com a mínima permitida pela NR 17, e a sala que apresentou a menor diferença foi a C-204 sendo de 4,20 °C.

Comparada com os resultados de temperatura máxima, os valores da temperatura mínima apesar de não estarem condizentes com a NR17 se aproximaram mais do exigido por esta norma.

Para uma última análise desta variável, o intervalo de 20° até 23°C foi comparado com os valores médios de cada sala resultantes do intervalo de confiança da média de 95%.

O Gráfico 8 expõe os valores médios de temperatura aferidos para cada sala de aula durante o período das leituras (colunas em azul), já o valor mínimo de temperatura estipulado pela norma de 20°C está representado pela linha laranja e definido pela reta. O mesmo acontece com o valor máximo estipulado pela norma de 23°C representado pela cor cinza.

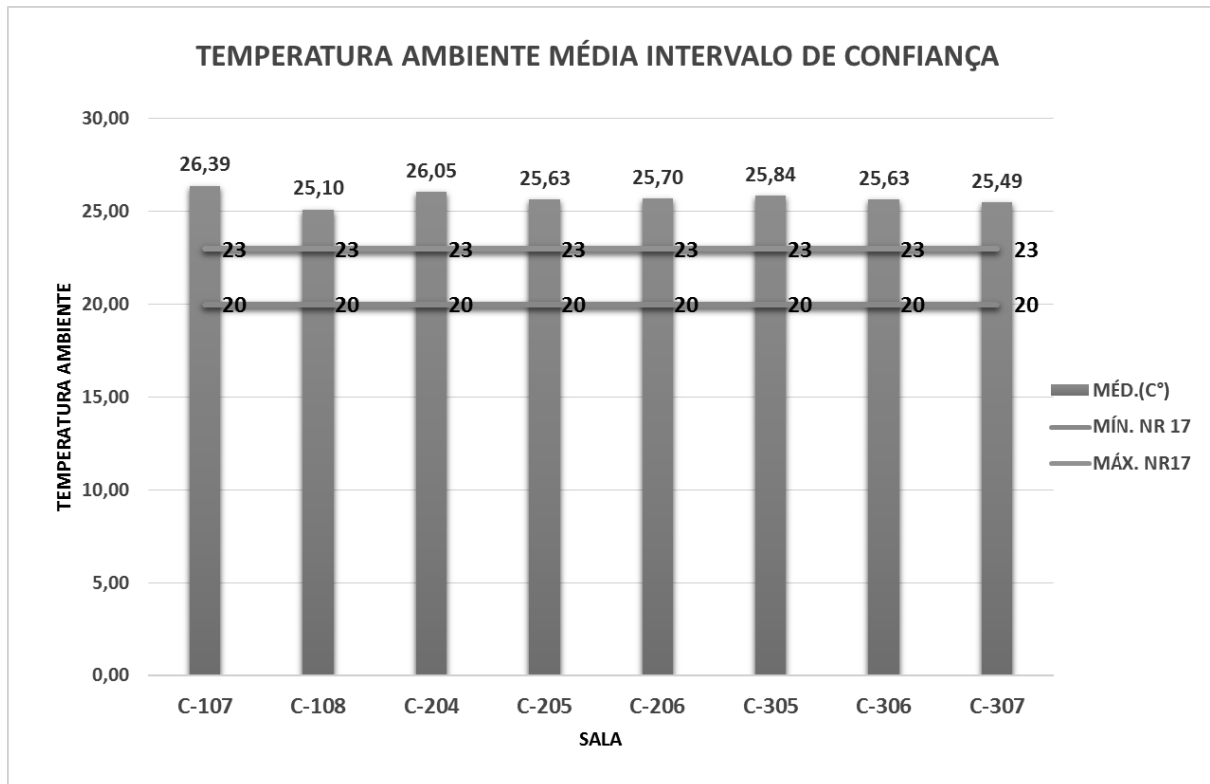


Gráfico 8 - Temperatura ambiente média x mínima x máxima NR17
Fonte: Autora, 2017.

Através dos segmentos de reta expostos no gráfico anterior delimitando o intervalo estipulado pela norma, pode-se concluir que todas as salas de aula do Bloco C não atende os requisitos exigidos pela norma, sendo que até os valores médios de temperatura, ultrapassaram o intervalo designados pela NR 17.

b. Umidade relativa do ar

Para esta variável a NR 17 estabelece um valor mínimo para o desempenho eficiente do usuário, além de proporcionar o máximo de conforto e segurança

durante a realização da atividade. Logo a umidade relativa do ar tem que ser superior aos 40%.

O Gráfico 9, mostra os valores máximos e mínimos de umidade relativa aferidos para cada sala de aula, representados pelas colunas em azul e laranja respectivamente, além do valor mínimo estipulado pela norma de 40% cuja cor está em preto definido pela reta.

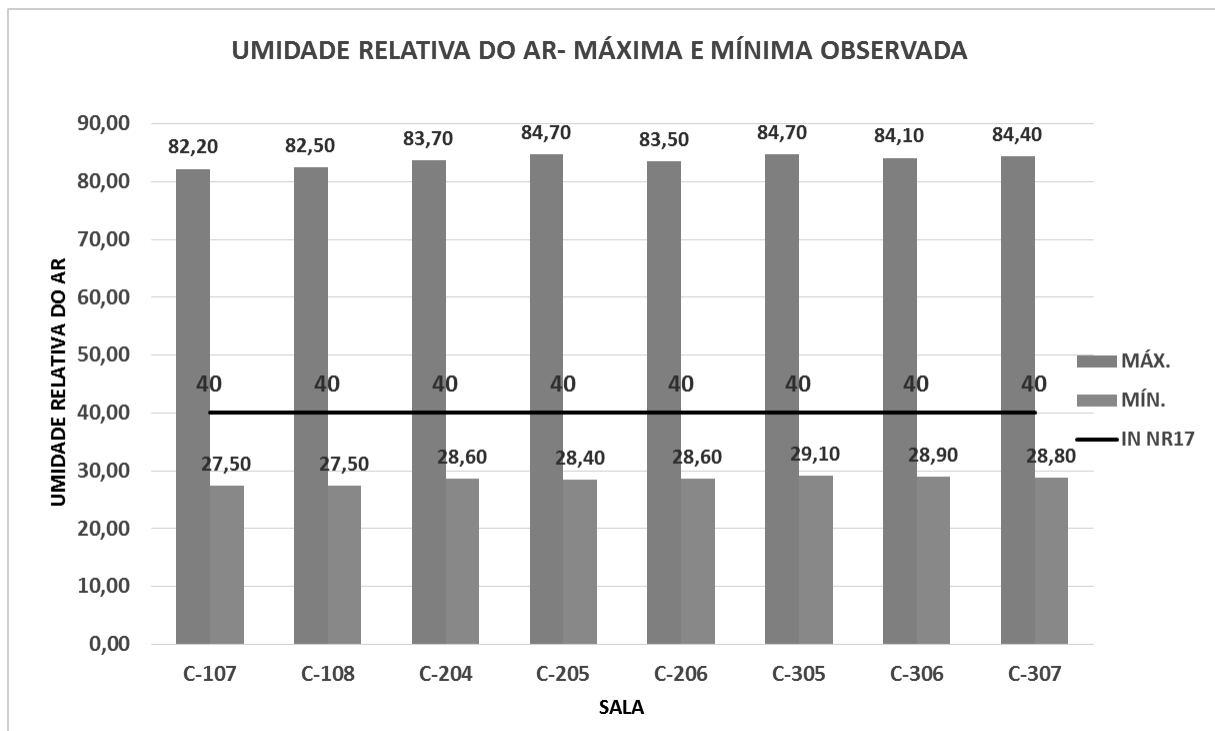


Gráfico 9 - Umidade relativa do ar (%) máxima e mínima observada
 Fonte: Autora, 2017.

A umidade relativa do ar representada de forma gráfica anteriormente, mostra que todos os valores máximos aferidos atenderam o mínimo exigido pela norma. Entretanto para os valores mínimos encontrados, nenhuma sala atendeu a NR 17, pois apresentaram valores bem abaixo do exigido.

O gráfico 10 mostra os valores médios de umidade relativa do ar aferidos para cada sala de aula (colunas em azul), já o valor mínimo estipulado pela norma de 40% (linha preta) definido pela reta.

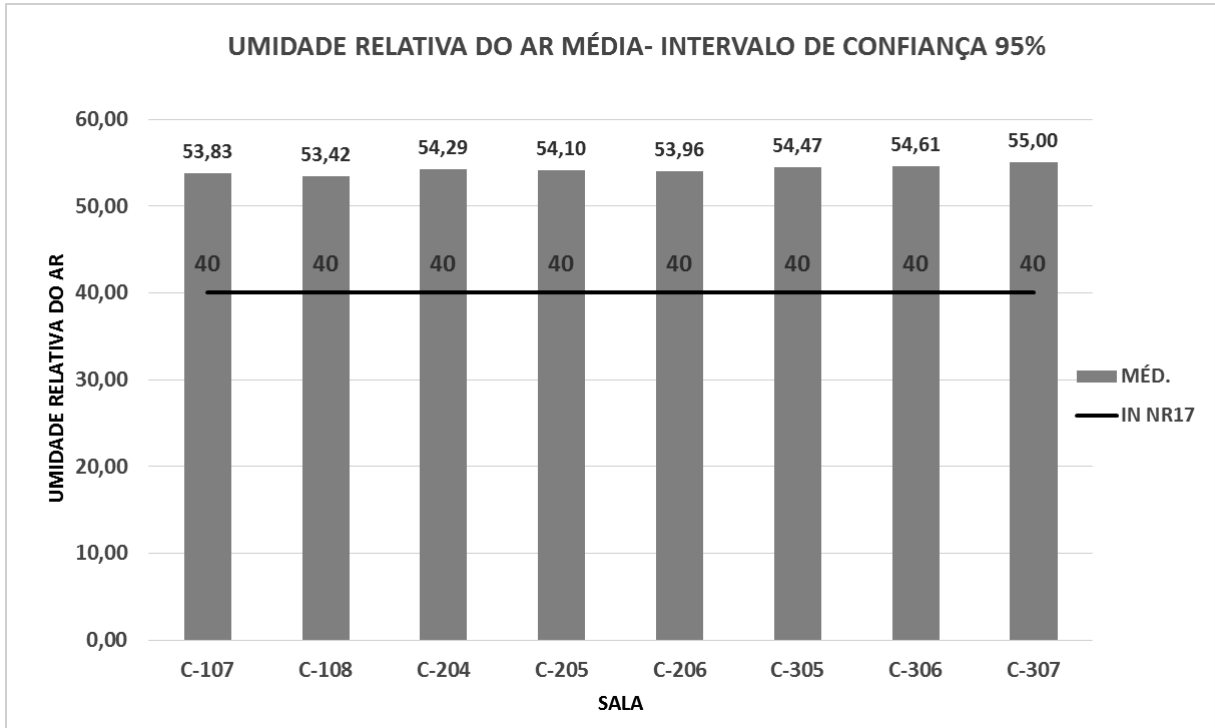


Gráfico 10 - Umidade relativa do ar (%) média x mínima NR17
Fonte: Autora, 2017.

Para uma última análise desta variável, o valor mínimo de 40% foi comparado com os valores médios de cada sala, resultantes do intervalo de confiança da média representada no gráfico anterior, nele todas as médias atenderam o mínimo exigido pela norma.

4.5 Modelagem matemática

A modelagem matemática ocorreu por meio computacional. Os dados foram agrupados em duas colunas, temperatura ambiente e temperatura externa.

Com ambos os dados pode-se gerar o gráfico de dispersão, o qual caracteriza o comportamento dos dados como linear, quadrático, etc.

O Gráfico 11, representa este comportamento para os dados em análise.

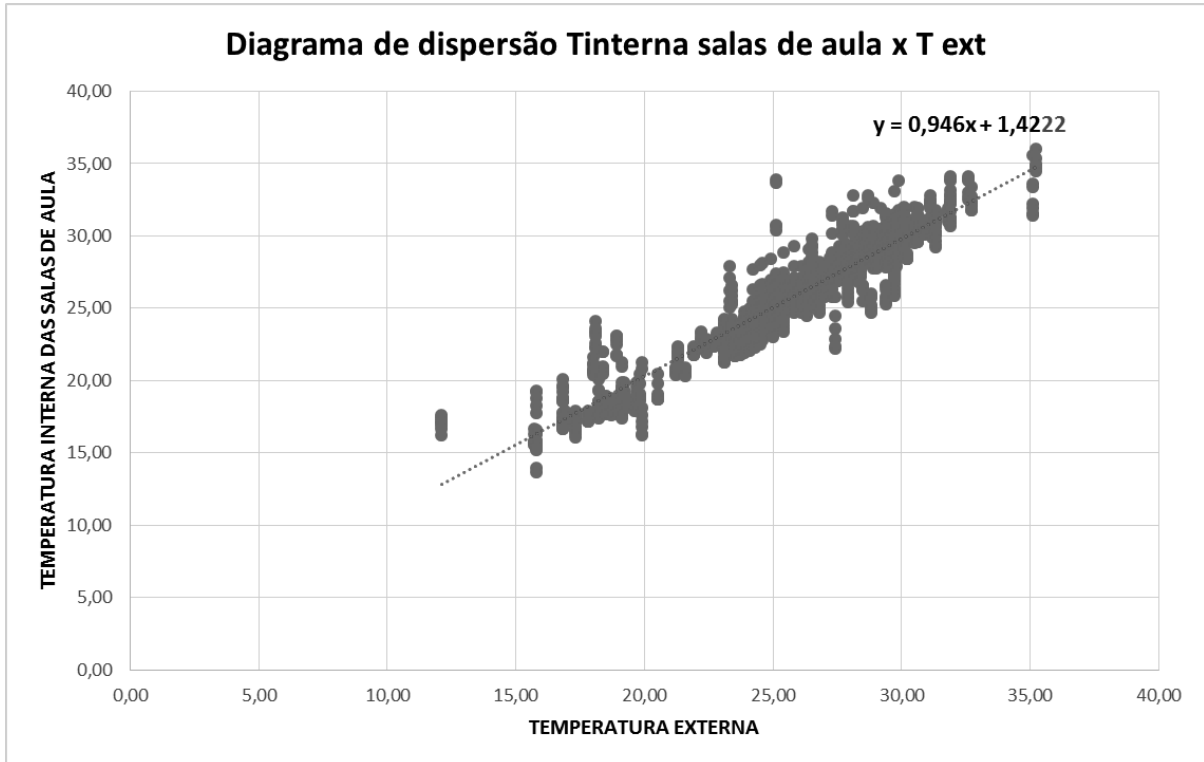


Gráfico 11 – Diagrama de dispersão entre a temperatura ambiente e a temperatura externa
 Fonte: Autora, 2017).

Através do diagrama mostrado acima, o comportamento da relação entre a temperatura ambiente com a temperatura externa assemelha-se a uma reta, caracterizando um comportamento linear.

Com esta classificação pode-se aplicar a regressão linear e encontrar a Equação (3) que representa a relação entre essas variáveis.

$$Ta(Text) = 0,946 \cdot Text + 1,4222 \quad (3)$$

Onde,

$Ta(Text)$: valor observado para a variável dependente Ta (temperatura ambiente) por meio da variável independente $Text$;

$Text$: variável independente, temperatura externa;

Em posse desta equação, podemos estipular qual o valor da temperatura das salas de aula do bloco C, em função da temperatura externa. A equação apresentada anteriormente teve como coeficiente de determinação, também chamado de r^2 , o valor de aproximadamente 0,90.

O r^2 é uma medida de ajustamento de um modelo estatístico em relação aos valores observados. Ele pode variar de 0 e 1, quanto mais próximo de 1, mais explicativo é modelo, melhor ele se ajusta à amostra.

Desta maneira a modelagem pode ser considerada eficiente e terá um bom resultado, pois o r^2 observado nesta equação indica que a variação total foi comum aos dois elementos, validando assim a regressão.

4.6 Melhorias

Através dos resultados obtidos, foi possível sugerir algumas melhorias que podem ser aplicadas no bloco c, sem mudar a estrutura do prédio por se tratar de uma obra pública. Sendo assim o presente subcapítulo tem como objetivo a definição destas soluções e sua aplicação para a contribuição do conforto térmico em salas de aula.

As sugestões seriam a implantação de película protetoras nas janelas, a implantação de brise e o aumento da área de sombreamento já existente no bloco. Em seguida será feita uma descrição mais detalhada sobre cada uma delas.

4.6.1. Brise

Em uma das laterais, o bloco C conta com janelas envidraçadas, entretanto elas não têm a propriedade de absorver todos os inconvenientes das variações ambientais. Conseqüentemente, as aberturas envidraçadas constituem as partes mais sujeitas à entrada de calor em um edifício, necessitando assim serem protegidas da insolação através de sombreamento para evitar o aquecimento excessivo.

Uma das formas de proteger as aberturas envidraçadas seria a aplicação de brise-soleils (Figura 24). “O brise soleil é um dispositivo arquitetônico de proteção solar externo à edificação, também denominado quebra-sol, sun-breakers, pára-sol, quebra-luz, corta-luz ou shading devices” (MIANA, 2005 p. 23).



Figura 24 – Brise vertical
Fonte: PINTEREST, 2017.

Podem ser construídos com diferentes materiais e de diferentes cores. Como por exemplo de alumínio, chapas de ferro, concreto armado, material plástico e de madeira. Entretanto as cores, podem influenciar na sua eficiência como protetor, sendo assim “as claras refletem mais as radiações solares, enquanto as escuras absorvem-nas” (MARANGNO, 2000 p. 86).

A Tabela 11, apresenta o percentual de redução de ganho solar entre os diferentes sistemas de proteção.

Tabela 11 - Comparação do percentual de redução de ganho solar entre diferentes sistemas de proteção solar.

SISTEMAS DE PROTEÇÃO SOLAR	REDUÇÃO DOS GANHOS DE CALOR SOLAR (%)
Brise-soleil	75 a 90
Vidros e películas reflexivos	37 a 68
Vidros com pigmentos reflexivos	26 a 37
Vidros de espectros seletivos	37 a 58
Persianas internas de cores brilhantes com palhetas semi-abertas	30
Persianas internas de cores médias com palhetas semi-abertas	22
Cortinas internas translúcidas	54
Cortinas internas opacas de cores claras	59
Cortinas internas opacas de cores escuras	15

Fonte: Adaptado de MARANGNO, 2000.

Com relação ao percentual de redução de ganho de calor solar, a brise mostra ter uma boa eficiência se comparada aos demais sistemas de proteção solar, podendo chegar a 90%.

As aberturas envidraçadas do bloco, ficam na fachada sul, que apesar de não necessitar de tanta proteção quanto as fachadas norte e leste-oeste, pode ser aplicada esta solução, caso as fachadas não estejam perpendicular a direção sul. Pois dependendo da situação, a fachada pode ter que lidar com o forte sol do verão que carrega muita radiação térmica inclusive no começo da manhã e no fim do dia e por isso pode necessitar de auxílio horizontal ou vertical no bloqueio da incidência solar direta (Figura 25).

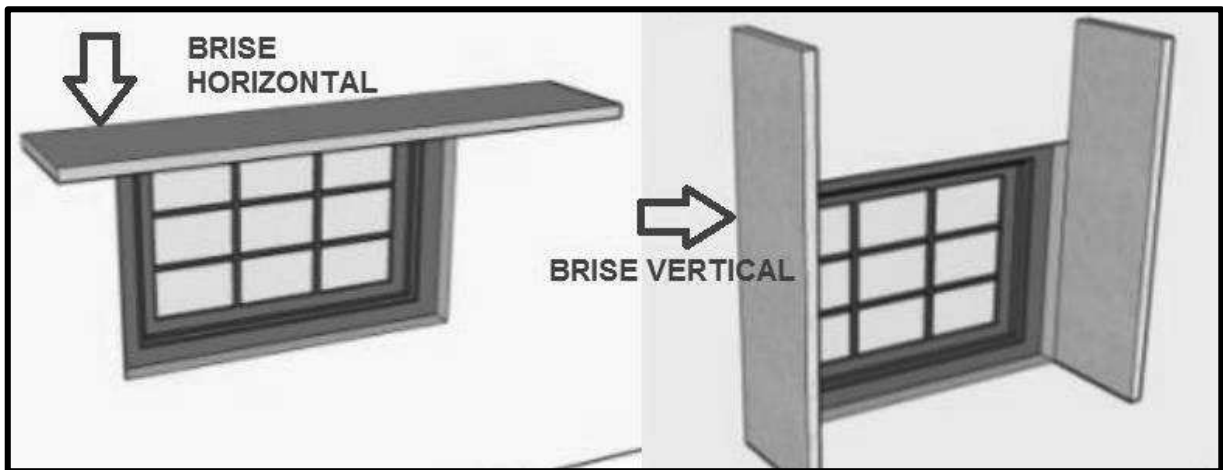


Figura 25 – Brise horizontal e vertical
Fonte: CAU, 2017.

A indicação quanto aos tipos básicos de brises adequadas a cada caso segundo Marangno (2000), pode-se sintetizar que:

Brise vertical: é indicado para impedir insolação com incidências oblíquas em relação à fachada, utilizado para orientação das fachadas norte, sul, sudeste, nordeste e sudoeste, especialmente no início da manhã e final da tarde;

Brise horizontal: utilizado para bloquear raios baixos, poderá ocorrer obstrução da visibilidade exterior, bloqueio da ventilação e redução da luminosidade.

Brise combinado: como o nome já diz, vem da combinação de brise vertical e horizontal, sendo assim, ele ajuda a bloquear a insolação com incidências oblíquas em relação à fachada e é eficiente na obstrução de raios baixos. Indicado para as fachadas norte e sul em latitudes baixas.

4.6.2. Películas protetoras

Controlar a entrada de sol e calor dentro dos ambientes escolares é fundamental para fazer com que os usuários sintam-se confortáveis. A utilização de películas de controle solar, tem como objetivo, modificar as propriedades de transmissão e reflexão solar, contribuindo desta forma para melhorar as condições de conforto térmico e de iluminação no interior dos edifícios (Lourenço, et al., 2016).

As películas são dispostas em multicamadas. Um de seus principais componentes é o poliéster, que possui uma fibra artificial sintética, derivada do petróleo e obtida através de um processo químico. Elas evitam o chamado efeito ‘espelho’, característico dos vidros refletivos. São, ainda, decorativas e valorizam os ambientes propiciando privacidade.

Suas propriedades térmicas filtram a entrada das radiações solares, regulando as temperaturas do ambiente, mantendo-os agradáveis no verão, contudo no inverno e com menores valores de insolação pode ocorrer necessidade de iluminação artificial durante o dia para compensar a “perda” de iluminação natural (Lourenço, et al., 2016). A Figura 26 apresenta alguns exemplos de películas protetoras.



Figura 26 – Película protetora
Fonte: BLACKTING, 2017.

As películas por serem um elemento industrial, estão atreladas à um controle de qualidade, sendo assim, existem vários modelos disponíveis podendo variar conforme a intensidade de visibilidade externa. Bloqueando de 50 até 95% da

incidência de raios UV, preservando o ambiente e aumentando a durabilidade de seus componentes. Quanto ao percentual de redução de ganho de calor solar, a película protetora mostra ter uma boa eficiência podendo chegar a 75% dependendo do fabricante.

4.6.3. Área de sombreamento

Como já mencionado nesta pesquisa, os edifícios podem e devem ser protegidos do calor e do frio por plantas. Eles são uma parte importante no auxílio da eficiência energética e dos níveis de conforto nos edifícios.

As plantas permitem a redução das temperaturas ambientes em dias quentes e em dias frios, funcionam como barreira para que o vento gelado não adentre os ambientes internos da edificação.

Segundo Aguirre, et al.(2007), a utilização de árvores de médio e grande porte, gera uma alta taxa de evapotranspiração, gerando o mesmo resultado que 5 aparelhos de ar condicionado médios, sem gastar energia ou produzir calor como os equipamentos.

Desta maneira propõem-se o aumento da área de sombreamento já existente no Campus Toledo, para que assim sua eficiência com relação aos efeitos ambientais seja aumentada, uma vez que os elementos que envolvem um edifício atuam como um filtro entre as condições externas e internas, controlando assim a entrada do frio, do calor, da luz e dos ruídos (MARANGNO, 2000).

5 CONCLUSÃO

A pesquisa procurou analisar e estabelecer características de condições de conforto térmico para estudantes, de forma a não atrapalhar o desempenho de suas atividades educacionais. Bem como propor uma equação que descrevesse a temperatura interna das salas de aula em função da temperatura externa a estas. Para que isso fosse possível foi preciso o levantamento de dados em campo,

realizados ao longo do ano de março de 2016 a março de 2017, onde foram medidas as variáveis ambientais de interesse, nas salas da edificação da Universidade Tecnológica Federal do Paraná campus Toledo. A metodologia utilizada para o levantamento dos dados foi efetuada seguindo as diretrizes da NBR 15575/2013, referentes aos instrumentos e características de medições das variáveis ambientais.

Durante a fase de levantamento de dados em campo, constatou-se que sobre as mesmas condições físicas existe uma pequena oscilação na temperatura ambiente entre as salas de aula. Isso pode ser descrito através da comparação com análise geral, na qual pode-se observar que a amostra foi classificada como sendo homogênea. Apesar disso, ainda foi possível observar algumas diferenças existentes entre as salas de aula.

Com relação a variável temperatura ambiente, as salas que apresentaram maiores picos foram a salas C-107, C-108 e C-204. A sala C-107 teve como dado a menor temperatura 33,90 °C, ou seja, no período quente ela foi a sala mais fria observada. Já a sala C-204 obteve a maior temperatura 15,80 °C, assim no período frio ela destacou-se por ser a sala mais quente. O oposto aconteceu com a sala C-108 que teve a maior e menor temperatura 13,70 °C e 36 °C respectivamente, ou seja, no período frio ela destacou-se por ser a sala mais fria e em períodos quentes ela foi a sala mais quente observada.

O comparativo com a NR17 apontou que a sala com maior temperatura foi a sala C-108 (36°C), tendo uma diferença de 13°C com a máxima permitida pela NR 17 (23°C), contudo a sala que apresentou a menor diferença foi a C-107 mesmo assim ficando 10,90 °C acima do estabelecido pela norma. Além disso a sala com menor temperatura também foi a C-108 (13,70°C), tendo uma diferença de 6,3 °C com a mínima permitida pela NR 17 (20°C), e a sala que apresentou a menor diferença foi a C-204 sendo de 4,20 °C.

Quanto a estação do ano, para esta variável foi evidenciado que o inverno foi a estação mais fria, podendo ser justificada pelo fato de seus dias durarem menos que suas noites. E o verão como a estação mais quente, já que esta, está vinculada ao fato que seus dias são mais longos, tendo assim maior absorção dos raios solares. Com este resultado torna verídico o fato da região oeste do Paraná ter como característica suas estações do ano bem definidas.

No entanto, para a variável da umidade relativa do ar a sala C-107 obteve os menores valores, ou seja, em dias em que a umidade do ar no geral, apresentava um comportamento baixo a sala em questão, apresentava estar bem mais seca que as demais, o mesmo acontecia em dias úmidos.

A estação que obteve o valor máximo para a variável umidade relativa do ar foi o outono, sendo esta a estação mais úmida do ano. Entretanto a estação mais seca ficou com a primavera, que atingiu o menor valor. Isso pode ser explicado pelo fato da primavera ter uma irregularidade climática como característica marcante, pois ela é um período de transição entre o inverno (seco) e o verão (chuvoso).

O comparativo com a NR17 apontou que todos os valores máximos aferidos nas salas de aula atenderam o mínimo exigido pela norma. Entretanto para os valores mínimos encontrados, nenhuma sala atendeu a NR 17, pois apresentaram valores bem abaixo do exigido de 40%.

Para a avaliação geral das salas de aula, utilizou-se as exigências estipuladas pela norma regulamentadora NR17. Os resultados desta análise mostraram que o Bloco C não atende os quesitos exigidos pela norma, nenhuma das médias atingidas pelas salas de aula para a variável temperatura ambiente atingiram o exigido. Entretanto para os valores médios de umidade relativa do ar aferidos para cada sala de aula durante o período das leituras atenderam o mínimo exigido pela norma.

As considerações com relação as soluções apresentadas nessa pesquisa, partem de um estudo preliminar sendo assim, foram embasadas nos resultados obtidos *in loco* e na literatura. As sugestões seriam a implantação de película protetoras nas janelas que recebem muita incidência solar, pois ao se reduzir a luminosidade também reduz-se a incidência de calor. Além desta a implantação de brise combinado, pois barram a incidência da radiação solar antes que ela atinja a fachada e, conseqüentemente, o ambiente interno, reduzindo o calor recebido. Outra maneira seria o aumento da área de sombreamento já existente no bloco, pois ela permite a redução das temperaturas ambientes e auxilia como forma de barreira para dias frios, reduzindo a entrada de ar no interior das salas.

Com relação à proposta pela equação que definisse o comportamento interno das salas de aula em relação a temperatura externa, esta mostrou-se eficaz e de grande representatividade, pois caracteriza com precisão o valor da temperatura interna das salas de aula, sem que haja a necessidade da execução de leituras *in loco*. Agilizando o processo para pesquisas futuras. Estatisticamente falando a

equação com r^2 próximos de 1 mais explicativo é modelo, melhor ele se ajusta à amostra. Desta maneira a modelagem pode ser considerada eficiente e terá um bom resultado, pois o r^2 obtido foi de aproximadamente 0,90 nesta equação indicando que a variação total foi comum aos dois elementos, validando assim a regressão.

Por fim, com a realização desse trabalho, espera-se colaborar com a iniciativa de um estudo piloto, para que melhorias sejam pensadas e aplicadas no ambiente escolar.

6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Durante o desenvolvimento desta pesquisa foi preciso manter o foco e não aprofundar em questões que fugiriam da proposta inicial do estudo. Assim, buscou-se focar em aspectos relativos à situação de conforto térmico verificada em ambientes internos, não condicionados, onde sejam realizadas atividades sedentárias. Procurou-se também apresentar e sugerir uma metodologia de predição do conforto térmico, através de modelo estatístico de análise com a temperatura externa, baseada em duas das principais variáveis em estudo de campo. Alguns aspectos relacionados ao tema, que certamente serão muito significativos para cada vez mais aprimorar o assunto, uma vez que a pesquisa faz parte de um estudo piloto. Desta forma, como continuação do presente trabalho recomenda-se:

- Análise das diferentes produções de calor pelo organismo de pessoas exercendo a mesma atividade (estudo). Avaliado através de suas taxas metabólicas.
- Análises envolvendo outras variáveis que possam estar influenciando a variabilidade da taxa metabólica para pessoas desempenhando a mesma atividade.
- Análises aprofundadas dos tipos de troca de calor entre o homem e o ambiente, principalmente o que diz respeito às trocas de calor por evaporação.

- Medição e obtenção dos valores relativos à temperatura do corpo e do isolamento térmico das vestimentas, pois estes fatores influenciam diretamente na sensação de conforto térmico do usuário.
- Análise do percentual de pessoas insatisfeitas com o ambiente térmico em sala de aula, com o intuito de complementação a este trabalho.
- Estudo sobre os materiais utilizados na construção do bloco, para que juntamente com a normativa NBR 15575/2013 possa ser classificado quanto sua eficiência térmica.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA. **NBR 15220-3**. Desempenho térmico de edificações. Rio De Janeiro : 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA. **NBR 15575-1**. Edificações Habitacionais. Rio De Janeiro : 2013.

ADRIAZOLA, Marcia Keiko Ono. **Avaliação do desempenho térmico de salas de aula do CEFET-PR, unidade Curitiba**. Curitiba : 2002.

AGUIRRE JUNIOR, José Hamilton; LIMA, Ana Maria Liner Pereira. **Uso de árvores e arbustos em cidades brasileiras**. Piracicaba : 2007.

AIALA, Carla P. M; MOREIRA, Erika O; VIANA, Isaete M P; FORMIGA, Maria A. **Estudo sobre a influência climática no rendimento escolar dos alunos do ensino fundamental II, no município de Conceição do Araguaia**. Conceição do araguaia : 2011.

ASHRAE55. 2004. **Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy**. Atlanta: p.4, 2004.

BATIZ, Eduardo C; GOEDERT, Jean; MORSCH, Junir J; JUNIOR, Pedro K; VENSKE, Rafael. **Avaliação do conforto térmico no aprendizado: estudo de caso sobre influência na atenção e memória** . 2009.

BLCKTING. **Window film**. Disponível em:
<<http://fadetoblacktinting.com/services/residential/privacy-window-film/>> Acesso 07 de abril de 2017.
BOABAID NETO, Carlos. **Transferência de calor** . São José : 2010.

CAU. **Laboratório de conforto**. Disponível em:
<<http://laboratoriodeconfortocau.blogspot.com.br/2013/04/caixa-samela-helena-turma-a.html>> Acesso 05 de abril de 2017.

FANGER, P. O. **Thermal Comfort, Analysis and Application in Environmental**. New York : 1972.

FROTA, Amésia Barros; SCHIFFER, Sueli Ramos. **Manualdeconfortotérmico:arquitetura,urbanismo**. São Paulo : p.19, 2001.

GARCIA, Thiago dos Santos. **Avaliação do conforto térmico dos apartamentos do BNH da Cidade de Santos** . São Paulo : p. 43,48, 2015.

GOMES, Busse André. **Avaliação experimental de condições de conforto térmico em automóveis de passeio utilizando manequim**. São Paulo : 2005.

GOULART, Mariana Fortes. **Conforto térmico no Colégio de Aplicação Pedagógica da Universidade Estadual de Maringá: proposta para melhoria do desempenho térmico de um antigo CAIC**. São Carlos : 2014.

GOULART, Solange. **Conforto e stress térmico**. Florianópolis: 2008.

INMET. **Tempo e clima** .Disponível em:<http://www.inmet.gov.br/html/informacoes/curiosidade/tempo_clima.html> Acesso em: 21 agosto 2016.

INSTRUTEMP. **Termometro**. Disponível em: <http://www.instrutemp.com.br/produto/termometro+de+globo+portatil+itwtg2000?dfw_tracker=16646-ITWTG2000+&esvt=-&esvq=&esvadt=999999---1&esvcrea=96355275404&esvplace=&esvd=c&esvaid=50117&gclid=CK7ex7Dh5M8CFREJkQodrdgl_g> Acesso 29 setembro 2016.

ISO7730. Ergonomics of the thermal environment — Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria. Geneva : p. 8,10,18,25, 2005.

ESPERÍTO SANTO JÚNIOR, Clóvis do. **O professor PDE e os desafios da escola pública paranaense produção didático-pedagógica**. Curitiba : p.20, 2007.

KOKOSKA, Stephen. **Introdução à estatística: uma abordagem por resolução de problemas**. Rio de Janeiro : 2013.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando O.R. **Eficiência energética na arquitetura**. Rio De Janeiro : 1997.

LAMBERTS, Roberto; GHISI, Enedir; PEREIRA, Cláudia Donald; BATISTA, Juliana Oliveira. **Casa eficiente : Bioclimatologia e desempenho térmico**. Florianópolis : 2010.

LOURENÇO, David; GOMES, Maria Glória; RODRIGUES, A. Moret. Estudo experimental do desempenho de envidraçados com películas de controle solar. Portugal : 2016.

MACHADO, Caroline Virginia. **Comparação do conforto termico entre paredes de alvenaria estrutural e de concreto moldadas in loco na cidade de Toledo - PR**. Toledo : 2015.

MARANGNO, Gogliardo Vieira. **Eficiência e forma do brise-soleil na arquitetura de Campo Grande - MS**. Porto alegre : 2000.

MIANA, Anna Christina. **Avaliação do desempenho térmico de brises transparentes: ensaios em células-teste**. São Carlos : 2005.

MONTGOMERY, D. C. e RUNGER, G. C. **Estatística aplicada e probabilidade para engenheiros**. Rio de Janeiro : 1943.

MORAES, Célia Mendonça de. **Conforto térmico em salas de aula no Brasil: análise experimental e numérica**. Campinas : 2009.

NR17. 2007. Norma Regulamentadora Ministério do Trabalho e Emprego- Ergonomia. 2007.

PINTEREST. **Brise**. Disponível em: < <https://www.dezeen.com/2011/03/13/kindergarten-kekec-by-arhitektura-jure-kotnik/>> Acesso 11 de abril de 2017.

POSSEBOM, Alessandro; PINHEIRO, Anderson D; MULLER, Gean; PRAI, Janaína S. D; CONTERARO, Luan C. **Ventilação cruzada**. Passo Fundo: 2016.

RIBEIRO, Luciana Pagnano. **Conforto térmico e a prática do projeto de edificações: recomendações para Ribeirão Preto**. São Carlos : 2008.

RIVERO, Roberto. **Arquitetura e clima: acondicionamento térmico natural**. Porto Alegre : 1985.

RORIZ, Maurício. **Conforto e desempenho térmico das edificações**. São Carlos : 2008.

RUAS, Álvaro César. **Conforto térmico nos ambientes**. São Paulo : 1999.

TOLEDO, Geraldo Luciano. **Estatística básica**. São paulo : 1985.

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ, **UTFPR**. O campus. Toledo : 2016.

VIANNA, N. S. e GONÇALVES, J. C. S. **Iluminação e Arquitetura** . São Paulo : 2001.

VIEIRA, A., BORBA, C. e RODRIGUES, J. **Cobogó de Pernambuco**. Recife : 2013.

VIEIRA, Cíntia Cristina. **Conforto térmico e iluminação natural no edifício administrativo da Escola de Engenharia de São Carlos / USP– o bloco E1**. São Carlos : 2008.

APÊNDICE A – Planilha utilizada nas leituras na parte da manhã

MANHÃ			
Mês	MAIO	DADOS	
Dia	16/05/2016	WBTG	16,9
Hora	10:00:00	TA	19,8
Sala	C-108	TG	20
Pavimento	1º	IN	64,10%
Estação do ano	OUTONO	Text	19,8

MANHÃ			
Mês	MAIO	DADOS	
Dia	16/05/2016	WBTG	15,9
Hora	10:00:00	TA	18,7
Sala	C-206	TG	17,9
Pavimento	2º	IN	66,60%
Estação do ano	OUTONO	Text	19,8

MANHÃ			
Mês	MAIO	DADOS	
Dia	16/05/2016	WBTG	16,2
Hora	10:00:00	TA	18,7
Sala	C-307	TG	19,1
Pavimento	3º	IN	68,00%
Estação do ano	OUTONO	Text	19,8

MANHÃ			
Mês	MAIO	DADOS	
Dia	16/05/2016	WBTG	19,9
Hora	10:00:00	TA	20,5
Sala	C-107	TG	19,4
Pavimento	1º	IN	62,00%
Estação do ano	OUTONO	Text	19,8

MANHÃ			
Mês	MAIO	DADOS	
Dia	16/05/2016	WBTG	16,1
Hora	10:00:00	TA	18,7
Sala	C-205	TG	18,3
Pavimento	2º	IN	67,80%
Estação do ano	OUTONO	Text	19,8

MANHÃ			
Mês	MAIO	DADOS	
Dia	16/05/2016	WBTG	16,3
Hora	10:00:00	TA	18,8
Sala	C-306	TG	19
Pavimento	3º	IN	68,40%
Estação do ano	OUTONO	Text	19,8

MANHÃ			
Mês	MAIO	DADOS	
Dia	16/05/2016	WBTG	16,1
Hora	10:00:00	TA	18,9
Sala	C-204	TG	18,8
Pavimento	2º	IN	66,10%
Estação do ano	OUTONO	Text	19,8

MANHÃ			
Mês	MAIO	DADOS	
Dia	16/05/2016	WBTG	16,4
Hora	10:00:00	TA	19,1
Sala	C-305	TG	19,1
Pavimento	3º	IN	67,10%
Estação do ano	OUTONO	Text	19,8

APÊNDICE B – Planilha utilizada nas leituras na parte da tarde

TARDE			
Mês	MAIO	DADOS	
Dia	16/05/2016	WBTG	17,3
Hora	12:00:00	TA	20,4
Sala	C-108	TG	20,5
Pavimento	1º	IN	63,80%
Estação do ano	OUTONO	Text	21,2

TARDE			
Mês	MAIO	DADOS	
Dia	16/05/2016	WBTG	17,6
Hora	12:00:00	TA	20,6
Sala	C-206	TG	20,9
Pavimento	2º	IN	64,00%
Estação do ano	OUTONO	Text	21,2

TARDE			
Mês	MAIO	DADOS	
Dia	16/05/2016	WBTG	17,3
Hora	12:00:00	TA	20,8
Sala	C-307	TG	20,4
Pavimento	3º	IN	61,90%
Estação do ano	OUTONO	Text	21,2

TARDE			
Mês	MAIO	DADOS	
Dia	16/05/2016	WBTG	17,4
Hora	12:00:00	TA	20,5
Sala	C-107	TG	20,6
Pavimento	1º	IN	64,20%
Estação do ano	OUTONO	Text	21,2

TARDE			
Mês	MAIO	DADOS	
Dia	16/05/2016	WBTG	17,6
Hora	12:00:00	TA	20,7
Sala	C-205	TG	20,6
Pavimento	2º	IN	63,00%
Estação do ano	OUTONO	Text	21,2

TARDE			
Mês	MAIO	DADOS	
Dia	16/05/2016	WBTG	17,5
Hora	12:00:00	TA	20,8
Sala	C-306	TG	20,6
Pavimento	3º	IN	62,60%
Estação do ano	OUTONO	Text	21,2

TARDE			
Mês	MAIO	DADOS	
Dia	16/05/2016	WBTG	17,3
Hora	12:00:00	TA	20,7
Sala	C-204	TG	20,4
Pavimento	2º	IN	62,40%
Estação do ano	OUTONO	Text	21,2

TARDE			
Mês	MAIO	DADOS	
Dia	16/05/2016	WBTG	17,6
Hora	12:00:00	TA	20,9
Sala	C-305	TG	20,8
Pavimento	3º	IN	62,10%
Estação do ano	OUTONO	Text	21,2

APÊNDICE C – Planilha utilizada nas leituras na parte da noite

NOITE			
Mês	MAIO	DADOS	
Dia	16/05/2016	WBTG	16,9
Hora	18:20:00	TA	19,8
Sala	C-108	TG	20
Pavimento	1º	IN	64,10%
Estação do ano	OUTONO	Text	20,5

NOITE			
Mês	MAIO	DADOS	
Dia	16/05/2016	WBTG	15,9
Hora	18:20:00	TA	18,7
Sala	C-206	TG	17,9
Pavimento	2º	IN	66,60%
Estação do ano	OUTONO	Text	20,5

NOITE			
Mês	MAIO	DADOS	
Dia	16/05/2016	WBTG	16,2
Hora	18:20:00	TA	18,7
Sala	C-307	TG	19,1
Pavimento	3º	IN	68,00%
Estação do ano	OUTONO	Text	20,5

NOITE			
Mês	MAIO	DADOS	
Dia	16/05/2016	WBTG	19,9
Hora	18:20:00	TA	20,5
Sala	C-107	TG	19,4
Pavimento	1º	IN	62,00%
Estação do ano	OUTONO	Text	20,5

NOITE			
Mês	MAIO	DADOS	
Dia	16/05/2016	WBTG	16,1
Hora	18:20:00	TA	18,7
Sala	C-205	TG	18,3
Pavimento	2º	IN	67,80%
Estação do ano	OUTONO	Text	20,5

NOITE			
Mês	MAIO	DADOS	
Dia	16/05/2016	WBTG	16,3
Hora	18:20:00	TA	18,8
Sala	C-306	TG	19
Pavimento	3º	IN	68,40%
Estação do ano	OUTONO	Text	20,5

NOITE			
Mês	MAIO	DADOS	
Dia	16/05/2016	WBTG	16,1
Hora	18:20:00	TA	18,9
Sala	C-204	TG	18,8
Pavimento	2º	IN	66,10%
Estação do ano	OUTONO	Text	20,5

NOITE			
Mês	MAIO	DADOS	
Dia	16/05/2016	WBTG	16,4
Hora	18:20:00	TA	19,1
Sala	C-305	TG	19,1
Pavimento	3º	IN	67,10%
Estação do ano	OUTONO	Text	20,5