UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO TECNÓLÓGICO
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL (PPGEC)

ANDRÉ LUIZ FRANZOTTI DONADELLO

AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO TÉRMICO DA ESTAÇÃO CIENTÍFICA DA ILHA DA TRINDADE (ECIT)

VITÓRIA
2014

ANDRÉ LUIZ FRANZOTTI DONADELLO

AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO TÉRMICO DA ESTAÇÃO CIENTÍFICA DA ILHA DA TRINDADE (ECIT)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, na área de concentração Construção Civil.

Orientadora: Profª. Drª. Cristina Engel de Alvarez

Coorientadora: Profª. MSc. Edna Aparecida Nico-Rodrigues

VITÓRIA

2014

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
(Biblioteca Setorial Tecnológica,
Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

Donadello, André Luiz Franzotti, 1979-
D675a Avaliação de desempenho térmico da Estação Científica da Ilha da Trindade (ECIT) / André Luiz Franzotti Donadello. – 2014.
152 f. : il.

Orientador: Cristina Engel de Alvarez.
Coorientador: Edna Aparecida Nico-Rodrigues.
Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Tecnológico.

1. Conforto térmico – Avaliação de desempenho. 2. Padrões de desempenho. 3. Ventilação. 4. Simulação (Computadores). 5. Trindade, Ilha da (ES). I. Alvarez, Cristina Engel de. II. Nico-Rodrigues, Edna Aparecida. III. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro Tecnológico. IV. Título.

CDU: 624

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO TÉRMICO DA ESTAÇÃO CIENTÍFICA DA ILHA DA TRINDADE (ECIT)

André Luiz Franzotti Donadello

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Engenharia Civil do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Espírito, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, área de Construção Civil.

Aprovada no dia **30 de maio de 2014** por:

Profa. Dra. Cristina Engel de Alvarez
Doutora em Arquitetura e Urbanismo
Orientadora - UFES

Profa. MSc. Edna Aparecida Nico-Rodrigues
Doutoranda em Conforto Ambiental
Co-orientadora - UFES

Prof. Dr. João Luiz Calmon Nogueira da Gama
Doutor em Engenharia Civil
Membro Interno - UFES

Profa. Dra. Roberta Vieira Gonçalves de Souza
Doutora em Engenharia Civil
Membro Externo - UFMG

Vitória – ES, maio de 2013

"Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o que era antes".

(***Marthin Luther King***)

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora, Profª. Drª.Cristina Engel de Alvarez, por possibilitar que tudo isso se concretizasse, pela confiança depositada, pela paciência e dedicação na minha formação, pelas orientações e inúmeras correções textuais, e por sempre arranjar um “encaixe” em sua tão concorrida agenda, mesmo estando na Antártica.

À minha coorientadora, Profª. MEng. (Doutoranda) Edna Aparecida Nico-Rodrigues pelos conhecimentos divididos, pela ajuda nas publicações, pelas inúmeras orientações, pela paciência e tempo dedicado, mesmo em um momento de finalização de sua tese, por toda a força dada nos momentos mais imprescindíveis e, principalmente, pelo seu jeito tranquilo que faz com que tudo pareça ser fácil.

À minha esposa e querida companheira, Fabíola, peça fundamental para a concretização desse sonho. Obrigado por me apoiar e, principalmente, por me aguentar durante todo esse processo.

A Luísa, filha querida, minha inesgotável fonte de energia nessa reta final.

Ao irmão, amigo e compadre, Pablo Petri, pelo incentivo e apoio incondicional e por “segurar o rojão” nos momentos de ausência no trabalho.

Ao irmão e amigo Fernando Boechat Fanticele, um dos grandes incentivadores e responsáveis por essa conquista. Um dia a gente se vê.

À amiga, Profª. Drª. Márcia Bissoli Dalvi por todo o apoio e atenção prestados durante essa jornada.

À todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, especialmente ao Dr. Fernando Tristão Avancini, à Dra Geilma Lima Vieira e ao Dr. Ing. João Luiz Calmon Nogueira da Gama, grandes exemplos que tanto acrescentaram ao meu conhecimento.

Às professoras, Drª Andrea Coelho Laranja e Drª Jussara Farias Fardin, pela importante contribuição na etapa de qualificação.

Aos membros da banca, pela aceitação em participar da avaliação deste trabalho e por compartilhar seus conhecimentos nesta ocasião.

À amiga, Arquiteta MSc. Glyvani Rubim Soares, pelo valioso apoio nos momentos iniciais dessa pesquisa na primeira etapa das medições de campo.

Ao amigo, Me. (Doutorando) Dagoberto Port, pela dedicação incondicional demonstradas sempre e, por mesmo distante, sempre parecer estar por perto e pronto para ajudar.

Aos colegas de mestrado pela boa companhia e proveitosa convivência.

À família do LPP/UFES, pelo crescimento que me proporcionaram, pela presteza de sempre, pelas amizades conquistadas e por todos os bons momentos juntos.

Ao PROTRINDADE e à Marinha do Brasil pelo apoio logístico e pelas informações e dados fornecidos.

À UFES e pela estrutura fornecida e disponibilidade de ajuda financeira quando solicitada.

Finalmente, a todos que de algum modo contribuíram para que eu pudesse realizar este sonho.

RESUMO

Considerando o entendimento de que conforto é – ou deveria ser – pré-requisito básico para todo espaço construído, esta pesquisa teve como principal objetivo a investigação do desempenho térmico da Estação Científica da Ilha de Trindade (ECIT) tendo a ventilação natural como principal condicionante térmico passivo para geração de conforto. Fundamentado na abordagem adaptativa de conforto térmico foi adotada uma metodologia estruturada em quatro etapas distintas. A primeira baseou-se no levantamento bibliográfico, buscando, além de um melhor entendimento sobre a temática de conforto, uma escolha do melhor procedimento para a avaliação do desempenho do ambiente construído sobre esse aspecto. A segunda se constituiu da caracterização do objeto de estudo, observação do seu padrão de utilização, do seu sistema construtivo e das características do entorno. A partir dos resultados das etapas anteriores, procedeu-se a realização de medições de campo e de simulações computacionais para avaliação de seu desempenho térmico. Por fim, foram realizadas simulações contemplando uma proposta de intervenção local buscando melhorias no desempenho encontrado para reprodução da técnica construtiva em locais de difícil acesso. Com base no estudo realizado, pode-se afirmar que a ECIT apresentou bom desempenho térmico para ambientes ventilados naturalmente, porém verificou-se que os ambientes com o pior desempenho térmico foram aqueles com a menor área de abertura e piores condições de ventilação natural. Pôde-se verificar que as propostas de intervenções possibilitaram uma significativa redução do desconforto térmico para os ambientes analisados. Entende-se que os diagnósticos realizados na ECIT contribuem para aprimorar as decisões de planejamentos futuros, além de detectar questões ligadas ao desempenho térmico que interferem diretamente no conforto da edificação. Dessa forma, compreendendo que a busca pelo conforto térmico deve ser uma constante em relação ao ambiente construído, acredita-se que a análise pode facilitar a inserção de estratégias efetivas para a melhoria da técnica construtiva utilizada na ECIT e para confirmar o potencial do uso de ventilação natural.

ABSTRACT

Whereas the understanding that comfort is basic to the realization of all prerequisite and any built space and the challenge of re-thinking the architecture as a tool capable of planning the built environment respecting regional and cultural particularities, this research aimed to investigation the thermal performance of the Trindade Island Scientific Station (ECIT) with natural ventilation as the main condition for generating passive thermal comfort. Based on an adaptive thermal comfort approach was adopted a methodology based on four distinct steps investigation the thermal performance. The first step was based on a literature survey, seeking, and a better understanding on the subject of comfort, the choice of the best procedure for evaluating the performance of the built environment on this aspect. The second step consisted of the characterization of the object of study, observation of its use pattern, its constructive system and the characteristics of the surroundings. Then we proceeded to conduct field measurements and computer simulations to evaluate its thermal performance. Finally, simulations were performed considering a proposed local intervention seeking performance improvements found for playback of construction technique in difficult to access locations. Based on this study, it can be stated that the ECIT showed good thermal performance for naturally ventilated rooms, but it has been found that rooms with poor thermal performance were those with the smallest aperture areas and worst natural ventilation. It was verified that after the intervention a significant reduction of the intensity of thermal discomfort to the analyzed environment was detected. It is understood that the diagnosis made on ECIT contribute to enhance future planning decisions and to detect thermal comfort issues that affect directly the performance of the building. Thus, the search for the understanding that thermal comfort should be constant in relation to the built environment, it is understood that the analysis can facilitate the insertion of effective strategies for improvement of the construction technique used in ECIT and to confirm the potential use of natural ventilation for comfort.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Parâmetros e Processo de avaliação do Conforto Térmico. 28
Figura 2 – IDT para calor e para frio. 38
Figura 3 – Variações da IDT para calor. 38
Figura 4 – Gráfico de FDT x IDT 39
Figura 5 - Gráfico dos limites de temperaturas operativa máximas para ambientes naturalmente ventilados pelo modelo de conforto adaptativo da ASHRAE 55/2004. 43
Figura 6 - Zoneamento Bioclimático Brasileiro 51
Figura 7 - Zona Bioclimática 8 52
Figura 8 - Carta Bioclimática para Zona 8 52
Figura 9 - Abertura (h) em beirais, para ventilação do ático 53
Figura 10 – Ilha da Trindade. 62
Figura 11 - (a), localização da Ilha da Trindade; (b), distância entre Ilha e continente. 63
Figura 12 – Perfil da Ilha da Trindade. 64
Figura 13 - Vista aérea do POIT na face Leste da Ilha da Trindade 67
Figura 14 - Vista da EMIT 68
Figura 15 – À esquerda, edifício da Enfermaria e à direita, da Frigorífica 68
Figura 16 – Oficina/ Gerador. Fachada NE. 69
Figura 17 - Alojamento dos Praças. Fachada NO. 69
Figura 18 – Rancho (Refeitório) 70
Figura 19 - SECOM 70
Figura 20 – Casa da Chefia 70
Figura 21 – ECIT 70
Figura 22 – Áreas de trabalho e convivência do POIT 71
Figura 23 - Planta esquemática da ECIT 73
Figura 23 – Planta da ECIT com compartimentação e identificação dos blocos 01 e 02. 74
Figura 24 – Corte transversal da ECIT com identificação dos blocos 01 e 02 74
Figura 26 – Sistema Pré-fabricado Concreto-PVC 80
Figura 27 - Modelagem da ECIT no DesignBuilder. 85
Figura 28 – Dormitório masculino: exemplo de ambiente modelado como zona independente. 85
Figura 29 - Seção esquemática da parede de Concreto-PVC modelada no *DesignBuilder*. 87
Figura 30 - Gráfico de conforto adaptativo da ASHRAE 55 referente ao mês de janeiro. 89
Figura 31 – Temp. operativa *versus* temperatura máxima de conforto para calor (anual) 94
Figura 32 – Temp. operativa *versus* temp. máxima de conforto para calor (Primavera) 95
Figura 33 – Diagrama de flutuabilidade para a Primavera 95
Figura 34 – Temp. operativa *versus* temperatura máxima de conforto para calor - Verão 96
Figura 35 – Diagrama de flutuabilidade para o Verão 97
Figura 36 – Temp. operativa *versus* temperatura máxima de conforto para calor – Anual 97
Figura 37 – Temperatura Operativa *versus* TMCT para calor - Primavera 98
Figura 38 – Diagrama de flutuabilidade para a Primavera 99
Figura 39 – TO *versus* TMCT para calor - Verão 99
Figura 40 – Diagrama de flutuabilidade para o Verão 100
Figura 41 – Temp. operativa *versus* temperatura máxima de conforto para calor - Anual 100
Figura 42 – TO *versus* TMCT para calor - Primavera 101
Figura 43 – Diagrama de flutuabilidade para a Primavera 101
Figura 44 – TO *versus* TMCT para calor - Verão 102
Figura 45 – Diagrama de flutuabilidade para o Verão 102
Figura 46 – Temperatura operativa *versus* temp. máxima de conforto para calor - Anual 103
Figura 47 – TO *versus* TMCT para calor - Primavera 103
Figura 48 – Diagrama de flutuabilidade para a Primavera 104
Figura 49 – TO *versus* TMCT para calor – Verão 104

Figura 50 – Diagrama de flutuabilidade para o Verão 105
Figura 51 – Temperatura operativa *versus* temp. máxima de conforto para calor - Anual..... 105
Figura 52 – TO *versus* TMCT para calor - Primavera..... 106
Figura 53 – Diagrama de flutuabilidade para a Primavera 106
Figura 54 – TO *versus* TMCT para calor - Verão..... 107
Figura 55 – Diagrama de flutuabilidade para o Verão 107
Figura 56 – Inserção de ático ventilado no bloco 2 da ECIT 111
Figura 57 – ECIT com inserção de abertura para ventilação do ático sobre os dormitórios: a) abertura fachada NO; b) abertura fachada SE. 112
Figura 58 – Temperatura operativa *versus* temperatura máxima de conforto para calor, com ático ventilado - Anual 113
Figura 59 – Temperatura operativa *versus* temperatura máxima de conforto para calor, com ático ventilado – Primavera 113
Figura 60 – Diagrama de flutuabilidade para a Primavera 114
Figura 61 – Temperatura operativa *versus* temperatura máxima de conforto para calor, com ático ventilado - Verão..... 115
Figura 62 – Diagrama de flutuabilidade para o Verão 115
Figura 63 – Temp. operativa *versus* temperatura máxima de conforto para calor – Anual..... 116
Figura 64 – Temp. operativa *versus* temp. máxima de conforto para calor - Primavera..... 117
Figura 65 – Diagrama de flutuabilidade para a Primavera 117
Figura 66 – Temp. operativa *versus* temp. máxima de conforto para calor - Verão..... 118
Figura 67 – Diagrama de flutuabilidade para o Verão 119
Figura 26 - HOBO U12 Temp/RH/2 External Channel Logge. Onset Corporation..... 134
Figura 27 - SENSOR TMC20-HD. FABRICAÇÃO:ONSET CORPORATION. 134
Figura 28 – Termo Anemômetro modelo 425. Testo 134
Figura 29 – Planta esquemática da ECIT com a localização dos medidores higrotérmicos (*HOBOS*) 135
Figura 35 - Gráfico demonstrativo dos erros de registro de dados na primeira etapa de medições 138
Figura 36 - Falhas de registro de dados higrotérmicos na segunda etapa de medições - 01.. 139
Figura 37 - Falhas de registro de dados higrotérmicos na segunda etapa de medições - 02.. 139
Figura 38 - Falhas de registro de dados higrotérmicos na segunda etapa de medições - 03.. 140
Figura 39 - Falhas de registro de dados higrotérmicos na segunda etapa de medições - 04.. 140
Figura 40 - Falhas de registro de dados higrotérmicos na segunda etapa de medições - 05.. 141
Figura 41 – Resultado dos questionários de conforto térmico..... 142
Figura 42 – Resultado dos questionários de conforto térmico - Dormitórios..... 143
Figura 43 – Resultado dos questionários de conforto térmico – Laboratório Úmido..... 144
Figura 44 – Resultado dos questionários de conforto térmico - Laboratório Seco..... 144

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Resumo dos procedimentos metodológicos 21
Quadro 2 - Aplicabilidade das categorias utilizadas na EN Standard 15251/2007 49
Quadro 3 - Sombreamento das aberturas/ aberturas p/ ventilação - Zona Bioclimática 8 52
Quadro 4 - Tipos de vedações externas para a Zona Bioclimática 8 53
Quadro 5 - Estratégias de condicionamento térmico passivo para a Zona Bioclimática 8 54
Quadro 6 - Detalhamento das estratégias de condicionamento térmico 54
Quadro 7 - Estrutura de apresentação dos gráficos com resultados simulados 93
Quadro 8 - Equipamentos de medições higrotérmicas 133

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 PMV = (0.303 . e-0.036.M + 0.028) . [(M-W) – H – Ec – Cres – Eres] 28
Equação 2 $T_{comf} = 0,31T_{om} + 17,8$ 33
Equação 3 FT = 1,17 – 1,07 x h -1,04 53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Escala térmica de Fanger 29
Tabela 2 – Escala térmica do PMV e PPD de Fanger 29
Tabela 3 - Transmitância térmica das paredes externas 55
Tabela 4 - Capacidade térmica das paredes externas 55
Tabela 5 - Área mínima de ventilação em dormitórios e sala de estar 56
Tabela 6 – Pré-requisitos de absortância solar, transmitância térmica e capacidade térmica para a ZB-8. 58
Tabela 7 – Identificação e características das aberturas da ECIT 75
Tabela 8 – Orientação das Aberturas e Porcentagem de Abertura nas Fachadas 77
Tabela 9 – Relação entre Altura de Verga e Profundidade dos Ambientes da ECIT 78
Tabela 10 – Temperaturas de solo. 84
Tabela 11 – Propriedades térmicas da envoltória da ECIT versus determinações normativas . 88
Tabela 12 – Percentual Limites da temperatura de conforto segundo a ASHRAE 55/2004 89
Tabela 13 – Percentual de tempo de desconforto térmico por ambiente simulado. 108
Tabela 14 – Picos de temperaturas registradas nas simulações. 109
Tabela 15 – Resultados das Simulações: condição atual *versus* intervenções 119
Tabela 16 – Localização e quantidade de medidores higrotérmicos 134
Tabela 17 – Distribuição dos medidores higrotérmicos por ambiente 136

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 16
1.1. JUSTIFICATIVA 19
1.2. OBJETIVO GERAL 20
1.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 20
1.4. MÉTODO DE PESQUISA 21
1.5. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO 22
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 24
2.1. CONFORTO TÉRMICO 24
2.1.1. Parâmetros de conforto térmico 27
2.1.2. Conforto Adaptativo 30
2.2. AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO 36
2.2.1. Frequência de Desconforto Térmico (FDT) 37
2.2.2. Intencidade de Desconforto Térmico (IDT) 37
2.2.3. Diagrama de Flutuação Térmica 39
2.2.4. Método adaptado 40
2.2.5. Graus Hora de Desconforto Térmico para calor (GhDT) 40
2.2.6. Cálculo da FDT 41
2.2.7. Temperatura Limite de Conforto Térmico 42
2.3. NORMAS DE DESEMPENHO TÉRMICO 43
3. CONTEXTUALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO SÍTIO 62
3.1. POSTO OCEANOGRÁFICO DA ILHA DA TRINDADE (POIT) 66
3.2. ECIT: CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA CONSTRUTIVO 72
3.2.1. Envoltória 74
4. MÉTODO DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO TÉRMICO DA ECIT 83
4.1. SIMULAÇÃO 83
4.1.1. Escolha do *software* 83
4.1.2. Modelagem e configurações 84
4.2. TRATAMENTO DOS DADOS SIMULADOS 89
4.2.1. Determinação da Temperatura Limite de Conforto Térmico 89
4.2.2. Intervalo de Confiança (IC) 90
4.2.3. Determinação do GhDT e da FDT 90

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO 93
5.1. RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES 93
5.1.1. Dormitório Feminino 94
5.1.2. Dormitório Masculino 97
5.1.3. Laboratório Seco 100
5.1.4. Laboratório Úmido 103
5.1.5. Sala / Cozinha 105
5.2. RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES COM INTERVENÇÕES 111
2.1.1. Dormitório Feminino 112
2.1.2. Dormitório Masculino 116
2.2. SÍNTESE DOS RESULTADOS 120
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS 123
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 125
APENDICE A 132
I. MEDIÇÕES DE CAMPO: DETERMINAÇÃO DAS VARIÁVEIS PESSOAIS E AMBIENTAIS 132
II. RESULTADOS DAS MEDIÇÕES 137
6.1.1. Variáveis ambientais 137
6.1.2. Variáveis pessoais 141
ANEXO A - QUESTIONÁRIO MULTIDISCIPLINAR APLICADO AOS PESQUISADORES NA ECIT 146

1 – INTRODUÇÃO

1. INTRODUÇÃO

Desde os tempos mais remotos o homem buscou proteger-se das intempéries, refugiando-se em moradias que eram locais adaptados ou construídos de acordo com os meios e conhecimento de que dispunha no momento. Com o passar dos tempos, mesmo sem possuir ainda tecnologias adequadas, é perceptível a busca, mesmo que instintivamente, de estratégias para a obtenção de conforto térmico em suas edificações.

Em relação ao ambiente construído, entende-se que:

> *A habitação é um espaço para morar e exercer uma série de atividades humanas, diferenciado do espaço externo. O Arquiteto é o criador da modificação desse espaço, e o faz pensando na satisfação dos desejos do usuário, baseado nos conhecimentos oferecidos pela tecnologia da construção e na sua cultura sobre a estética, a ética e a história* (CORBELLA; YANNAS, 2009, p.18).

Nos tempos contemporâneos, principalmente após o marco histórico da II Guerra Mundial, houve uma grande difusão de novas técnicas construtivas que, associadas a abundância de energia barata e a um forte apelo de ostentação do que se propagandeou como “progresso”, levou a arquitetura a um padrão globalizado, muitas vezes ignorando aspectos ambientais e culturais característicos de cada região. Verifica-se nesse período um descuido da interação do edifício com o entorno, além de deixar exclusivamente para a tecnologia a resolução de aspectos inerentes à arquitetura, como o conforto ambiental, seja ele térmico, lumínico ou acústico.

Atualmente ainda é comum o modelo construtivo dependente predominantemente de fontes convencionais de energia para proporcionar conforto ambiental nos edifícios tropicais, embora a crise energética mundial iniciada na década de 1970 tenha incentivado a busca por soluções adequadas e com maior racionalização no consumo energético. A constatação da finitude das reservas de petróleo e da dependência do modo de vida a essa fonte energética ocasionaram importantes mudanças econômicas, levando o mundo à uma busca por fontes alternativas de geração e consumo de energia (BRASIL, 2007).

Nesse contexto, as pesquisas relacionadas ao conforto térmico passaram a ter notável destaque, com ênfase para o desempenho térmico da envoltória dos edifícios, visto o mesmo estar diretamente relacionado ao consumo de energia em função das trocas térmicas e a consequente necessidade ou não da implementação de sistemas para refrigeração ou aquecimento dos ambientes.

Baseado no desafio de se voltar a pensar uma arquitetura que atenda às finalidades a que se propõe, respeitando as particularidades regionais e locais ligadas à estética, à cultura, e principalmente ao meio ambiente, é que o Laboratório de Planejamento e Projetos da Universidade Federal do Espírito Santo – LPP/Ufes desenvolve seus projetos, como o caso especifico da Estação Científica da Ilha da Trindade.

Sobre esse aspecto, as construções para a ocupação de ilhas oceânicas ou de locais de difícil acesso visam uma melhor interação da arquitetura com o meio em que se insere, por meio de uma concepção de projeto adequada a esses locais em particular; da especificação de materiais que atendam as dificuldades logísticas e que melhor se adaptem as condições climáticas desses sítios visando o conforto dos usuários; e da ponderação sobre a utilização criteriosa de recursos naturais não renováveis ou cuja renovação exija um longo período.

Baseado nisso, entende-se que Conforto é o pré-requisito básico para a materialização de todo espaço construído, pois sendo o espaço a matéria prima da arquitetura e sabendo que quase tudo o que há no espaço se sente (SCHMID, 2005), o conforto está intrinsecamente relacionado ao espaço, uma vez que reflete a satisfação subjetiva do indivíduo em relação a esse. Observa-se ainda que entre as inúmeras sensações perceptíveis no ambiente construído destaca-se a do conforto térmico, a qual reflete o estado de espírito em relação ao contentamento com o ambiente térmico, ou seja, revela a satisfação psicológica e fisiológica do indivíduo com relação as condições térmicas percebidas (ABNT, 2005a; ASHRAE 55/ 2004)

Em relação a essa temática, atualmente a abordagem denominada “conforto adaptativo” vem ganhando espaço em meio a abordagem tradicional baseada no balanço de calor e desenvolvida a partir de estudos laboratoriais com a utilização de câmaras climatizadas.

Esse novo modelo procura interpretar as condições térmicas de edificações ventiladas naturalmente e foi desenvolvido por meio de pesquisas de campo que consideram as situações reais nas quais as pessoas reagem aos estímulos térmicos se adaptando ao ambiente por meio de ajustes das janelas, das roupas e da velocidade do ar.

Deste modo, o princípio do conforto adaptativo se baseia no fato de que ocorrendo mudanças de temperatura que ocasionem desconforto, as pessoas reagirão por meio da interação com o espaço edificado, se adaptando as novas condições térmicas até restabelecerem o seu estado de conforto (NICOL; HUMPHREYS, 2002). Essa abordagem possibilita a utilização de limites mais amplos de conforto térmico que os estipulados para ambientes condicionados artificialmente considerados nas normas tradicionais.

Baseado na abordagem adaptativa de conforto térmico, esse trabalho objetivou investigar o desempenho térmico da Estação Científica da Ilha da Trindade (ECIT), uma edificação construída com o sistema construtivo concreto-PVC em uma ilha oceânica a 1.140 Km da costa brasileira e que utiliza a ventilação natural como principal condicionante térmico passivo para geração de conforto.

1.1. JUSTIFICATIVA

A avaliação de um edifício efetuada tempos depois de sua construção e ocupação constitui-se em um processo sistematizado e rigoroso de estudo que tem como base o bem estar (conforto) dos ocupantes e tem por finalidade avaliar as condições de utilização do edifício sob diferentes enfoques (RHEINGANTZ et al., 1997).

Construções executadas em locais inóspitos devem primar por um planejamento criterioso, pois quaisquer necessidades de reparos ou melhorias posteriores envolverão um complexo e oneroso trabalho logístico. Assim, os diagnósticos realizados na ECIT contribuem para aprimorar as decisões de planejamentos futuros de modo a se obter sempre um melhor desempenho ante a finalidade para a qual a edificação se destina.

Em síntese, como a ECIT está localizada em uma ilha oceânica a aproximadamente 1.140 km da costa brasileira, o isolamento e a dificuldade de acesso potencializam a busca por níveis adequados de conforto para os seus ocupantes, visto que, as condições de isolamento e convivência obrigatória induzem para que as sensações de desconforto numa situação de estresse sejam naturalmente ampliadas.

Dentro desse contexto, entende-se que por meio da avaliação do desempenho térmico da ECIT é possível detectar questões ligadas ao conforto térmico que, por limitações diversas, não puderam ser observadas nas fases de projeto e de construção, mas que interferem diretamente no desempenho da edificação quanto ao conforto térmico proporcionado. Além disso, ressalta-se a preocupação em avaliar o comportamento térmico da edificação construída com uma técnica inovadora – concreto-PVC – cujos resultados podem induzir a novos projetos ou novas pesquisas correlacionadas aos ambientes inóspitos.

Desta forma, essa pesquisa se justifica pela necessidade de alcançar níveis aceitáveis de conforto térmico para a ocupação humana em ambientes adversos e de difícil acesso. Além disso, a partir dessa análise pode-se diagnosticar como as decisões projetuais e os procedimentos construtivos interferem no desempenho da edificação, propiciando a criação de novas soluções, se necessário.

1.2. OBJETIVO GERAL

O objetivo da pesquisa foi avaliar o desempenho térmico da Estação Científica da Ilha da Trindade (ECIT) tendo a ventilação natural como principal condicionante térmico passivo para geração de conforto térmico.

1.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Visando alcançar os resultados esperados, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

A. Investigar o estado da arte referente aos estudos para o conforto térmico, desempenho térmico e normativas de desempenho para edificações;
B. Caracterizar o sistema construtivo da ECIT considerando as particularidades como Ilha Oceânica;
C. Analisar o desempenho térmico da ECIT considerando o conforto térmico proporcionado por ambientes ventilados naturalmente;
D. Propor ações e diretrizes para melhoria dos resultados alcançados com vistas à reprodução da técnica construtiva em ilhas oceânicas ou ambientes semelhantes.

1.4. MÉTODO DE PESQUISA

Com a finalidade de ordenar os procedimentos metodológicos de estudo visando a obtenção dos resultados de forma clara e satisfatória, as seguintes etapas foram propostas, conforme demonstrado no Quadro 01.

Quadro 1 - Resumo dos procedimentos metodológicos

ETAPA I Embasamento teórico	Levantamento bibliográfico		• Definições de conforto térmico e entendimento da fisiologia humana • Conhecimento dos parâmetros que influenciam na sensação de conforto • Diferença entre a abordagem de conforto tradicional *versus* a adaptativa • Escolha do procedimento para a avaliação de desempenho térmico visando conforto • Conhecimento das principais normativas nacionais e internacionais que abordam conforto e desempenho térmico	
ETAPA II Caracterização do Objeto	Reconhecimento		• Reconhecimento do objeto de estudo e observação do padrão de utilização, do sistema construtivo e das características do entorno • Realização de levantamento métrico e fotográfico da envoltória	
	Levantamento de campo	Variáveis Pessoais	• Avaliação do usuário	• Questionários
		Variáveis Ambientais	• Medições in loco	• Instalação de sensores higrotérmicos (*data loggers - HOBOS*)
ETAPA III Simulação e Avaliação do desempenho	Simulação Computacional		• Escolha do *software*	
			• Modelagem e configuração do objeto	
	Avaliação do desempenho térmico		• Cálculo do Graus-hora de Desconforto Térmico e da Frequência de Desconforto Térmico	
ETAPA IIII Proposta	Intervenção		• Aplicação de estratégias construtivas baseadas em diretrizes bioclimáticas	

Fonte: Autor

1.5. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A dissertação foi subdividida em seis capítulos baseados em seu método de desenvolvimento porém organizados de forma a facilitar a leitura e compreensão dos resultados, sendo que esses capítulos estão organizados da seguinte forma, a partir deste capítulo introdutório, denominado Capítulo 1:

- Capítulo 2 – Destina-se à revisão bibliográfica relativa ao conforto e desempenho térmico, abordando as definições e parâmetros tradicionais de conforto *versus* a visão adaptativa; a avaliação de desempenho térmico, além de uma breve abordagem das principais normas relacionadas ao tema;
- Capítulo 3 – Caracteriza o objeto de estudo, o contextualiza em relação às particularidades de seu entorno e apresenta uma descrição detalhada das características da envoltória.
- Capítulo 4 – Aborda os métodos de avaliação de desempenho térmico por meio das medições *in loco* e por meio das simulações computacionais;
- Capítulo 5 – Apresenta e discute os resultados das medições *in loco* e das simulações do objeto real de estudo e das intervenções propostas;
- Capítulo 6 – Enfoca os principais resultados alcançados e propõe diretrizes para trabalhos futuros;

Ao final dos capítulos, apresentam-se as referências que contribuíram para o desenvolvimento deste estudo, além dos anexos pertinentes a essa dissertação.

2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica procurou contextualizar de forma sucinta a problemática ligada ao conforto e ao desempenho térmico exposta nesta pesquisa. Dessa forma, buscando organizar a abordagem do assunto exposto, a revisão foi dividida nos seguintes principais temas: Conforto Térmico, Avaliação de Conforto Térmico, e Conforto Adaptativo e Normas Técnicas.

2.1. CONFORTO TÉRMICO

Conforto térmico, segundo a definição da norma brasileira NBR 15220:1 (ABNT, 2005a, p.5), é a "satisfação psicofisiológica de um indivíduo com as condições térmicas do ambiente". Essa mesma definição, segundo a ASHRAE 55 (2004, p.4), é um "estado de espírito que reflete satisfação com o ambiente térmico que envolve a pessoa".

Em ambos os conceitos percebe-se que a noção de conforto está associada à satisfação subjetiva do indivíduo em relação ao espaço em que se encontra, sendo que se o espaço é a matéria-prima (essência) da arquitetura, quase tudo o que há no espaço se sente.

A percepção do que se faz no espaço ocorre por meio dos sentidos, sendo que associados ao tato, estão os sentidos da pressão, da dor, de frio e de calor. Os sentidos relacionados ao frio e ao calor dizem respeito ao ambiente termicamente perceptível e, consequentemente ao conforto térmico, que é objeto de uma busca incessante (SCHMID, 2005). Associado a esse conceito, agrega-se o de Lamberts e Marinoski (2007, p. 5), em que conforto térmico "é o estado mental que expressa a satisfação do homem com o ambiente térmico que o circunda".

Por meio dessas definições pode-se perceber que o conforto térmico envolve aspectos objetivos e subjetivos que dependem das percepções individuais e das condições do organismo de cada pessoa.

O corpo humano, como forma de instinto básico, busca se sentir confortável em qualquer idade e onde quer que se situe, seja em ambientes naturais ou artificiais. Na medida em que essa sensação de conforto se desfaz, devido a

desequilíbrios fisiológicos e/ou ambientais, o corpo demonstra com nitidez sinais de agitação e descontentamento. Quando se está confortável, os limites ou as particularidades dessa sensação são de difícil descrição; já quando se altera este estado, surge o incomodo, tornando-se possível descrever o motivo, como por exemplo, um ruído, um excesso (ou falta) de calor, a escassez ou demasia de luz, entre outros.

Deste modo, nota-se que não há como pontuar com precisão fatores que proporcionam conforto, pois essa sensação é algo global e de difícil definição. Entretanto, há diversas fontes físicas e psicológicas que, isoladamente ou em conjunto, podem causar desconforto. Assim, o arquiteto não deve se preocupar com o conforto, mas sim com o desconforto, pois é preciso conhecer a possibilidade de sua ocorrência para se determinar as suas causas, tornando possível projetar mecanismos para evitar ou mitigar seus efeitos sobre o usuário do ambiente construído (BARROSO-KRAUSE, 2011). Os ambientes de trabalho, por exemplo, quando adequados termicamente para a atividade específica que se realiza, favorecem o desempenho ótimo do organismo humano e, consequentemente, o aumento da eficiência e da produtividade (SOUZA, 2001).

Sendo assim, produzir arquitetura em diferentes tipos de clima é percorrer um caminho no qual várias áreas do conhecimento se encontram presentes, levando a um questionamento: o que seria um desempenho térmico aceitável da arquitetura? Para responder a essa questão é necessário entender o comportamento do organismo humano frente aos fenômenos térmicos e a partir daí estabelecer parâmetros relativos às condições de conforto (FROTA; SCHIFFER, 1988).

Biologicamente o Homem é classificado como um ser homeotérmico, considerando sua natureza fisiológica que por meio de fenômenos térmicos de produção de energia interna a partir de elementos combustíveis (metabolismo) gera energia para permanecer vivo (FROTA; SCHIFER, 1988). Ainda de acordo com Frota e Schiffer (1988), do total de energia metabolizada, 20% é aproveitado pelo organismo e 80% liberado na forma de calor de modo que a temperatura interna permaneça equilibrada em torno de 36,7℃. Quando essa troca térmica entre o corpo e o ambiente acontece naturalmente, ocorre a sensação de

conforto e, do ponto de vista produtivo, a máxima capacidade de trabalho. Do contrário, se ocorrer junto a sensação de frio ou calor, o organismo estará perdendo mais ou menos calor que o necessário para manutenção da homeotermia. Esse esforço adicional, denominado termorregulação, levará a uma consequente perda no rendimento da capacidade de produção e, em casos extremos, provocando danos permanentes ao organismo.

A termorregulação é ativada quando as condições térmicas do meio ultrapassam certas faixas de temperatura. Quando esse fenômeno ocorre em condições de calor, três são os mecanismos a que o organismo recorre buscando restaurar seu equilíbrio térmico: a vasoconstrição periférica, que aumenta a temperatura da pele provocando maior perda de calor por convecção e por radiação; o suor, que aumenta as perdas de calor do corpo; além da redução do metabolismo (ASHRAE, 2004; LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA; 1997).

Assim, sempre que o sistema termorregulador for muito exigido para manter o equilíbrio térmico, ocorrerá em um primeiro momento a fadiga, com a consequente queda de rendimento nas atividades e, em longo prazo, acarretará algum tipo de dano físico como tontura, desmaio, etc. (FROTA; SCHIFER, 2009; BARROSO-KRAUSE, 2011).

Outros recursos utilizados para manter o equilíbrio térmico são ações voluntárias como a redução do trabalho físico, o vestir e o despir, a busca pela sombra ou pelo sol, etc. Uma pessoa, por exemplo, muitas vezes ao dia retira e veste casacos, abre e fecha janelas, ajusta persiana, entre outras ações que realiza quase instintivamente para se manter em equilíbrio com o meio no qual está inserida. Desta forma, Schmid (2005) afirma que “o conforto térmico é fruto de uma busca incessante”.

Sendo assim, “(...) pode-se dizer que uma pessoa está confortável em relação a um ambiente quando pode percebê-lo sem incômodo, com uma sensação neutra em relação a ele” (CORBELLA; CORNER, 2011, p. 25). Então, o conforto higrotérmico é obtido sempre que se consegue manter um equilíbrio entre as necessidades do corpo em cada atividade e a oferta climática do entorno, de forma que a temperatura de equilíbrio interna permaneça constante em torno de

36,7°C, o que é fundamental para o pleno exercício de todas as atividades humanas (BARROSO-KRAUSE, 2011).

2.1.1. Parâmetros de conforto térmico

As primeiras pesquisas abordando conforto térmico iniciaram-se em princípios do século XX em estudos de condições de trabalho em fábricas e minas, onde se investigavam aspectos ligados à saúde e ao conforto, inclusive com escalas de conforto (BOGO et al., 1994).

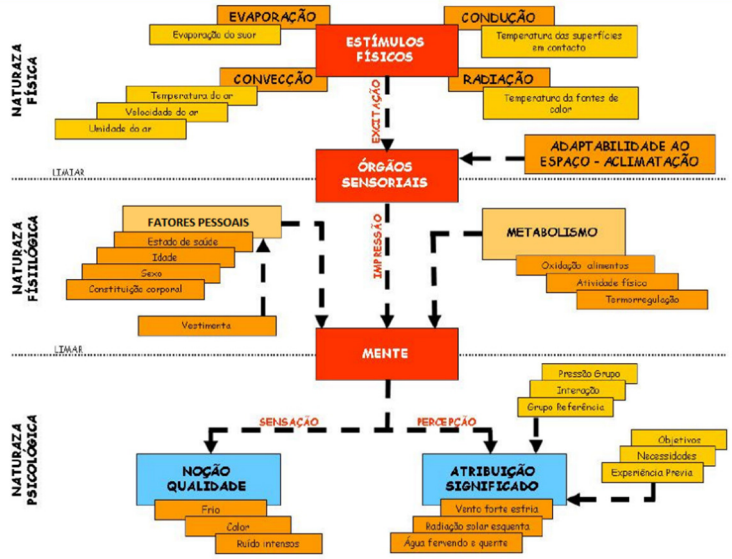
Esses estudos visam analisar e estabelecer as condições necessárias para que o homem se sinta termicamente confortável em um ambiente, pressupondo-se assim, que a sua performance ou rendimento físico/intelectual seja aumentada (LAMBERTS; ANDREASI, 2003).

Gouvêa (2004) escreve que as pesquisas relacionadas ao sistema termorregulador do organismo humano levaram aos primeiros índices de conforto térmico, os quais surgiram com o intuito de caracterizar situações de conforto e desconforto a partir das variáveis humanas (metabolismo e resistência térmica das roupas) e ambientais (temperatura do ar, velocidade do ar, umidade relativa do ar e temperatura radiante média). Segundo Corbella e Yannas (2009), a sensação de conforto térmico não depende só da temperatura, mas de vários parâmetros, transpiração, radiação infravermelha, vento, etc.

Como a sensação de conforto reflete a percepção pessoal de cada indivíduo é considerada uma avaliação subjetiva, pois um ambiente termicamente confortável para uma pessoa pode ser desconfortável para outra.

Batiz e Goedert (2006; apud BATIZ et al., 2009) procuram demonstrar graficamente que o processo de avaliação da sensação de conforto envolve variáveis difíceis de quantificar, pois além das condições ambientais (físicas) e metabólicas (fisiológicas), itens relacionados ao processo cognitivo (experiência prévia, objetivos, necessidades e interação) influenciam na percepção térmica por meio da atribuição de significados pessoais (Figura 1).

Figura 1 - Parâmetros e Processo de avaliação do Conforto Térmico.



Fonte: BATIZ e GOEDERT (2006) *apud* BATIZ e outros (2009), p. 481.

O dinamarquês Ole Fanger, utilizando câmaras climatizadas e considerando variáveis ambientais e pessoais, determinou uma equação (Equação 1) de conforto térmico (ISO 7730, 2005). Em 1970, o método do *Predicted Mean Vote* (PMV) ou Voto Médio Estimado (VME) foi publicado com base nesses estudos, sendo ainda um dos mais conhecidos e aceitos para a mensuração do conforto térmico.

Equação 1 PMV = (0.303 . e-0.036.M + 0.028) . [(M-W) – H – Ec – Cres – Eres]

Onde:

M – Taxa metabólica de produção de calor pelo corpo (W/m²)

W – Trabalho muscular ou eficiência mecânica, igual a zero para a maioria das atividades sedentárias (W/m²)

H – Produção interna de calor no corpo humano (W/m²)

Ec – Perda de calor sensível por convecção pela pele (W/m²)

Cres – Perda de calor sensível por convecção pela respiração (W/m²)

Eres – Perda de calor latente por evaporação através da respiração (W/m²)

Com base em estudos e resultados de outros pesquisadores, foi a partir dos testes realizados que Fanger construiu uma relação entre a atividade física realizada com outros fatores como temperatura média da pele e produção de suor, a fim de estabelecer uma equação de conforto térmico.

Dentre os parâmetros que influenciam no processo de avaliação de conforto térmico, as principais variáveis são divididas em duas categorias principais:

I. Variáveis pessoais: atividade e vestuário;

II. Variáveis ambientais: temperatura do ar, umidade do ar, velocidade do ar e temperatura média radiante.

Por meio da Equação de Conforto, foi possível para Fanger associar as variáveis pessoais e ambientais para se obter uma combinação que representasse a sensação de neutralidade para a maioria do público pesquisado (GOUVÊA, 2004).

Partindo de uma equação em que se evidenciasse uma situação de neutralidade térmica é que foi detectada a necessidade de se estabelecer parâmetros que avaliassem o grau de desconforto térmico dos indivíduos, dando origem assim ao PMV. O método relaciona as variáveis e as mensuras por meio de uma escala matemática de sensações térmicas (Tabela 1):

Tabela 1 – Escala térmica de Fanger

Escala	Sensação
+3	Muito quente
+2	Quente
+1	Levemente quente
0	Neutro
-1	Levemente frio
-2	Frio
-3	Muito frio

Fonte:Lamberts; Marinoski, 2007, p. 13.

O ponto “zero” corresponde à neutralidade e a escala apresenta variações simétricas de 1 a 3. Quando positiva, a escala corresponde às sensações de calor e quando negativa, às sensações de frio. Assim, para estabelecer o nível de desconforto térmico em determinado ambiente, Fanger relacionou o PMV ao percentual de pessoas insatisfeitas (PPD), conforme demonstrado na Tabela 2.

Tabela 2 – Escala térmica do PMV e PPD de Fanger

PMV	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
PPD	100%	78%	26%	5%	26%	78%	100%

Fonte: Adaptado de FANGER, 1972.

Associando-se as sensações térmicas medidas por meio da escala, com as variáveis de conforto térmico, verificou-se que quanto mais as variáveis ambientais se afastam de uma situação de conforto, mais o sistema termorregulador do corpo humano precisa agir para proporcionar equilíbrio na temperatura corporal. Consequentemente, quanto maior a intervenção do sistema termorregulador, maior será a sensação de desconforto para o indivíduo.

O método desenvolvido por Fanger foi adotado pela norma ISO 7730, a qual especifica condições de conforto térmico para ambientes termicamente moderados (RUAS, 2002).

2.1.2. Conforto Adaptativo

Etimologicamente, adaptação é a ação de tornar apto (*aptus*), pronto ou preparado para (*ad*) qualquer situação, finalidade ou objetivo (POLIS, 1986). Este termo também pode ser definido como a ação modificadora dos fatores externos sobre o comportamento e a estrutura dos organismos vivos (FERREIRA, 1986) ou mesmo acomodar-se às condições (LEXICO.PT, 2014).

A teoria da adaptação, segundo a biologia, explica que um ambiente considerado ideal não é constante, mas sim aquele que propicia uma variação ótima a uma determinada frequência. Isso ocorre, porque os organismos vivos não são estáveis, ou seja, eles mantêm uma estabilidade por meio da capacidade de modificação e adaptação. Assim, uma ligeira instabilidade constitui condição necessária para se atingir uma real estabilidade do organismo. Da mesma forma, os edifícios podem ser projetados considerando-se uma variedade de condições térmicas aceitáveis, dentro de uma variedade de condições aceitáveis para seus ocupantes (KINDANGEN; KRAUSS; DEPECKER, 1997).

Em se tratando de conforto térmico, segundo Nicol e Humphreys (2002), o princípio adaptativo se caracteriza quando ocorrendo mudanças de temperatura que ocasionem desconforto, as pessoas reagem e se adaptam as novas condições térmicas, até restabelecerem o seu estado de conforto.

Os modelos de conforto adaptativo consideram situações reais nas quais as pessoas reagem aos estímulos térmicos se adaptando ao ambiente por meio de

ajustes das janelas, das roupas e da velocidade do ar, possibilitando assim limites mais amplos de conforto térmico que os estipulados para ambientes condicionados artificialmente considerados nas normas tradicionais.

Essa amplificação da zona de conforto permitida por essa abordagem oferece, por meio de estratégias construtivas de conforto térmico, a possibilidades de projetar edifícios mais eficientes energeticamente graças a necessidade de um menor dimensionamento dos equipamentos de refrigeração ou calefação.

Segundo Baker Steemers (2000), na abordagem adaptativa, são os próprios indivíduos que buscam alcançar um nível satisfatório de conforto térmico por meio das possibilidades de adaptação disponíveis no ambiente em que se encontram.

Dear e Brager (2002) colocam que o modelo tradicional de avaliação de conforto baseado no balanço de calor pode delinear alguns graus de adaptação comportamental como a troca de vestimentas e o ajuste da velocidade do ar, mas ignora os efeitos psicológicos de adaptação. Esses efeitos possuem importância em situações em que existam ambientes ventilados naturalmente, pois nesses casos as pessoas interagem com o ambiente e, em geral estão em contextos nos quais as experiências térmicas prévias alteram suas expectativas em relação à sensação de satisfação térmica. Assim, a sensação térmica, a satisfação e a aceitabilidade são influenciadas pela comparação entre a temperatura existente e a expectativa com a temperatura interna, em um determinado contexto (FOUNTAIN et al, 1996 e DEAR e BRAGER, 2002).

De acordo com Halawa e Hoof (2012), a abordagem adaptativa se baseia no princípio em que, na expectativa de uma constância térmica, os indivíduos tendem a ser mais sensíveis a pequenas variações nas condições satisfatórias do ambiente que ocupam.

Desta forma o modelo adaptativo institui fatores além dos físicos e fisiológicos convencionais, pois considera a expectativa dos usuários em relação a suas preferências térmicas.

Nicol e Stevenson (2013) expõem que, além das “expectativas” pessoais, existem outros fatores que influenciam na percepção do conforto térmico, como

a sazonalidade anual; a tipologia construtiva (escola, residência); a motivação, considerando quem arca com os gastos de energia elétrica utilizada; o ambiente em que a pessoa esteja localizada e a percepção sensorial do tipo de aquecimento, se por radiação ou por convecção.

A abordagem de conforto adaptativo de Nicol e Stevenson (2013) coloca essa diversidade de fatores que influenciam na percepção do conforto térmico em paralelo com princípios básicos de que ocorrendo qualquer alteração térmica que cause desconforto, as pessoas reagirão naturalmente buscando restaurar o seu estado de conforto, pois qualquer modelo de conforto térmico adaptável, além de ter fatores físicos, possui também fatores comportamentais.

Sob essa ótica, Nicol e Stevenson (2013) descrevem quatro princípios básicos para a concepção de edifícios visando conforto, controle e adaptação às mudanças do clima:

- Evitar a dependência dos edifícios a uma matriz única de energia, por mais barata e abundante que ela seja no momento. Tal preceito visa reduzir a dependência de modelos poluentes de produção de energia contribuindo para mitigação de mudanças climáticas;

- Projetar ambientes que proporcionem uma capacidade máxima de controle do ambiente interno por parte de seus ocupantes;

- Conhecer as expectativas dos ocupantes com relação à temperatura esperada para determinada construção e circunstância;

- Planejar possibilidades concretas de adaptação térmica que os edifícios devam proporcionar aos habitantes. Tais possibilidades devem ser de fácil acesso e compreensão, e utilizadas de modo que não gerem transtornos ou outros tipos de desconforto;

Observa-se assim, que ao ampliar o conceito de conforto baseado apenas no balanço térmico, diversos autores buscaram estudá-lo a partir de uma visão mais ampla e dinâmica do indivíduo, considerando sua capacidade de se adaptar ao ambiente em que se encontra.

Dessa forma, entende-se que conforto interfere diretamente na maneira com que as pessoas percebem a construção, no modo com que se comportam no ambiente construído e de como fazem uso em seu dia-a-dia da energia nesses ambientes. Conforto não se relaciona apenas com as funções fisiológicas humanas, mas também com a natureza dos edifícios, com suas tecnologias, com as expectativas socioculturais, além da situação socioeconômica do indivíduo (Nicol; Stevenson, 2013).

Referente à aplicabilidade do princípio do conforto adaptativo no que tange as normas de conforto térmico, Halawa e Hoof (2012) questionam que na abordagem adaptativa existe uma aparente negligência em relação a fatores considerados fundamentais, como os que interferem nas condições do ambiente real, embora reconheçam que a metodologia adaptativa reflita a sensação térmica dos ocupantes de edificações ventiladas naturalmente melhor que o PMV / PPD.

A abordagem adaptativa define a temperatura interna de conforto como uma função da temperatura externa do ar e é apontada como um dos principais avanços trazidos por essa nova abordagem segundo Halawa e Hoof (2012).

Para Nicol e Humphreys (2002), o principal motivo para expressar a equação de conforto com base apenas na temperatura exterior (Equação 2), desconsiderando outros parâmetros, é porque alguns deles estão relacionados direta ou indiretamente com a própria temperatura exterior. Um exemplo disso é o isolamento proporcionado pelas roupas escolhidas pelos indivíduos, além da taxa de metabolismos gerada pela atividade realizada.

Equação 2 $T_{comf} = 0{,}31T_{om} + 17{,}8$

Onde:

$T_{conf.}$ – Temperatura de conforto

T_{om} – Média da Temperatura Externa Mensal;

Na abordagem de Halawa e Hoof (2012) menciona-se que as publicações existentes sobre conforto adaptativo não desconsideram a validade da abordagem do balanço de calor, pois relacionam a temperatura interna de

conforto com fatores ambientais e pessoais, sendo esses fatores considerados na metodologia criada por Fanger (1970).

Para os autores, as pesquisas correntes consideram os fatores de temperatura e umidade do ar, velocidade relativa do ar, temperatura radiante média, isolamento de roupas e taxa metabólica, por entenderem que tais variáveis são transitórias e possuem relação com a temperatura externa. Ambos defendem que as pesquisas sobre conforto adaptativo devem avançar de modo a ratificar esse posicionamento por meio de funções matemáticas que correlacionem essas variáveis à temperatura exterior.

Como exemplo, Halawa e Hoof (2012) destacam que a abordagem adaptativa ainda não solucionou uma das principais preocupações apresentadas no modelo de balanço térmico, a qual diz respeito ao futuro das construções, em que os ocupantes poderão usar roupas diferentes e mudar seu padrão de atividade. Outro ponto destacado na ótica desses autores são os fatores culturais e sociais tomados como relevantes na abordagem adaptativa, pois como esses fatores ainda não foram alvo de pesquisas mais detalhadas, há uma ausência de dados cientificamente comprovados

Vale ressaltar que a abordagem adaptativa influenciou positivamente as pesquisas e os projetos voltados para a obtenção de conforto térmico, no entanto, ainda carece de maior aprofundamento em relação a questões de eficiência energética. Segundo Leaman, Thomas e Vandenberg (2007) é possível afirmar que prédios projetados segundo essa metodologia adaptativa permitem aumentar a variação de temperatura de conforto levando à uma maior economia de energia. Porém, com base em pesquisa realizada em uma série de edifícios australianos, tal fator pode se tornar insustentável ao longo do tempo, uma vez que determinadas tipologias de edifícios tendem a ser mais frios no inverno e mais quentes no verão.

Nicol e Humphreys (2002) já haviam alertado sobre essa possibilidade ao inferir que os ocupantes de um edifício têm como alternativa o uso de energia elétrica para aliviar uma situação presente de desconforto.

Em paralelo às questões pertinentes a eficiência energética, está a temática da ventilação natural visando o conforto térmico. Sobre esse aspecto, com o avanço das pesquisas de conforto adaptativo, Cândido, de Dear e Lamberts (2011), apontam que a partir de uma aplicação dos parâmetros de PMV/PPD de Fanger associados aos modelos de sensação térmica definidos pela ASHRAE 55 é possível definir níveis de aceitabilidade térmica interior de 80% a 90%, em função da temperatura exterior.

Tal posicionamento foi adotado a partir de experimentos realizados em dois edifícios localizados em Maceió, na Universidade Federal de Alagoas, em que os ocupantes desempenhavam atividades consideradas sedentárias durante os meses de fevereiro e março, além de agosto e setembro.

Segundo a ASHRAE 55 (2010), o padrão estadunidense de conforto térmico para edifícios naturalmente ventilados estabelece uma velocidade média do ar interior de 0,3 m/s para um percentual de 90% de aceitabilidade. A mesma norma especifica um limite de 0,8 m/s como velocidade máxima do ar interior para edifícios ventilados naturalmente, em que os ocupantes possuem mecanismos de controle para esse quesito.

Porém, para Cândido, de Dear e Lamberts (2011) é possível ampliar o limite da temperatura operativa e ainda permanecer em situação aceitável de conforto térmico se os ocupantes possuírem a possibilidade de elevar a velocidade do ar interior, como comprovaram no estudo publicado em 2011, realizado em Maceió, onde obtiveram quase 90% de aceitabilidade térmica com solicitação por maior velocidade do ar no interior dos ambientes analisados.

Dessa forma, Cândido, de Dear e Lamberts (2011, p.1) destacam a necessidade de “combinar aceitabilidade térmica e movimento do ar, a fim de avaliar a percepção dos ocupantes de seu ambiente térmico interior em climas quentes e úmidos”.

Como o conceito de capacidade adaptativa engloba desde a preocupação com a orientação do ambiente até o controle dos usuários, a adoção de oportunidades adaptativas demonstrou ser de grande utilidade para incrementar o movimento do ar para fins de conforto térmico. Itens como porosidade ao fluxo de ar,

dispositivos complementares para a ventilação (ventiladores de teto) e flexibilidade do vestuário contribuem para o restabelecimento do conforto dos usuários (CANDIDO, et al., 2010)

O modelo de conforto adaptativo, apesar de ser criticado por alguns autores, continua sendo a melhor opção na busca de conforto térmico quando o objetivo é proporcionar conforto térmico em edificações ventiladas naturalmente.

Deste modo, o conforto térmico adaptativo possui uma abordagem holística em comparação a visão tradicional sugerida pela norma ISO 7730 (2005) de conforto térmico. O conforto adaptativo trata da adaptabilidade na concepção dos edifícios, do tipo de serventia que esses trarão para os seus usuários, da ventilação natural e/ou mecânica dos ambientes e, principalmente, da possibilidade de oferecer fácil controle aos usuários de modo que possam ajustá-lo de acordo com suas necessidades.

2.2. AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO

Uma avaliação de desempenho térmico de um edifício visa aferir a performance térmica dos sistemas construtivos que compõem a envoltória desse edifício, podendo ter foco apenas no consumo de energia ou no conforto térmico proporcionado sob determinadas condições de utilização.

Em relação aos diversos procedimentos existentes para se avaliar desempenho térmico de edifícios, Sicurella, Evola e Wurtz (2012) apresentam uma abordagem metodológica mais abrangente para avaliação de conforto térmico em ambientes ventilados naturalmente, a qual se baseia em indicadores calculados sobre uma base estatística que considera principalmente as condições ambientais externas.

Entre os indicadores propostos por Sicurella, Evola e Wurtz (2012) para análise de conforto térmico de edifícios ventilados naturalmente, destacam-se dois: a Frequência de Desconforto Térmico (FDT) e a Intensidade de Desconforto Térmico (IDT).

2.2.1. Frequência de Desconforto Térmico (FDT)

Por definição, a FDT mensura a percentagem de horas dentro de um determinado dia em que as condições de conforto térmico do ambiente interior não são atendidas.

Segundo Sicurella, Evola, Wurtz (2012) essa frequência é estabelecida a partir de intervalos de conforto compostos por três gamas de temperaturas operativas (Top), delimitadas por duas temperaturas: máxima (Tmax) e mínima (Tmin) de conforto:

Se T op< T min, pode ocorrer sensação de frio;

Se T min ≤ T op ≤ T max, dá-se as condições conforto térmico;

Se T op> T max, pode ocorrer sensação de calor.

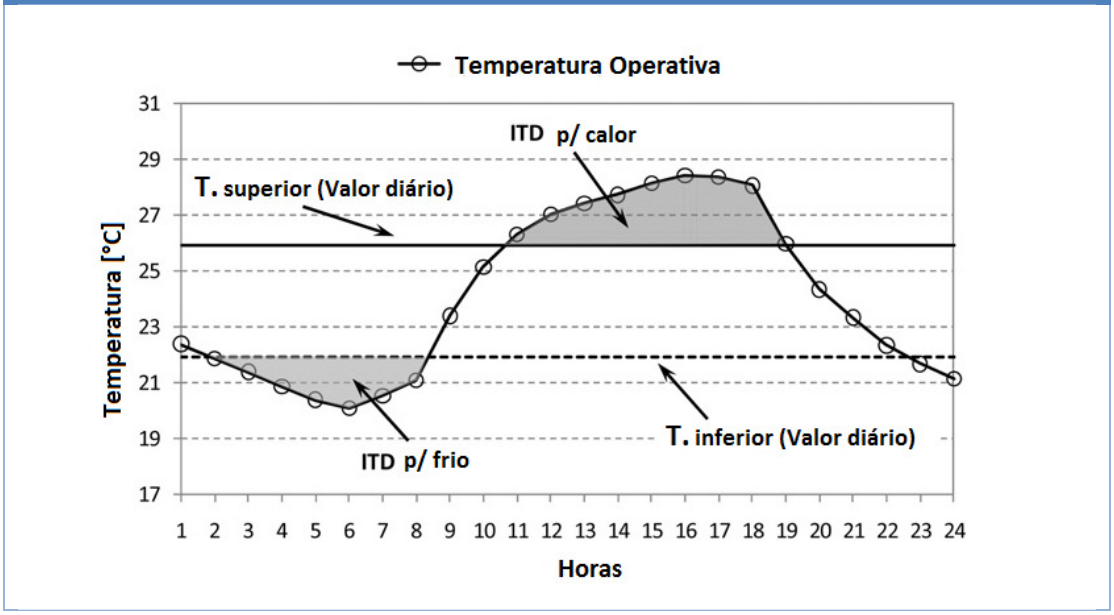
Sob esse enfoque, existem três situações bem definidas: desconforto para frio; conforto; e desconforto para calor.

Os valores limites de T min e T max dependem da temperatura exterior, fazendo com que as gamas de temperaturas de conforto variem diariamente.

2.2.2. Intencidade de Desconforto Térmico (IDT)

A IDT é definida por meio de uma função integral que tem por base a diferença entre a temperatura operativa e os limites máximo ou mínimo da temperatura de conforto, calculados para um determinado período de tempo. Assim, graficamente, a IDT corresponde a área compreendida acima da linha limite da temperatura máxima de conforto para calor, ou abaixo da linha limite da temperatura máxima de conforto para frio (Figura2).

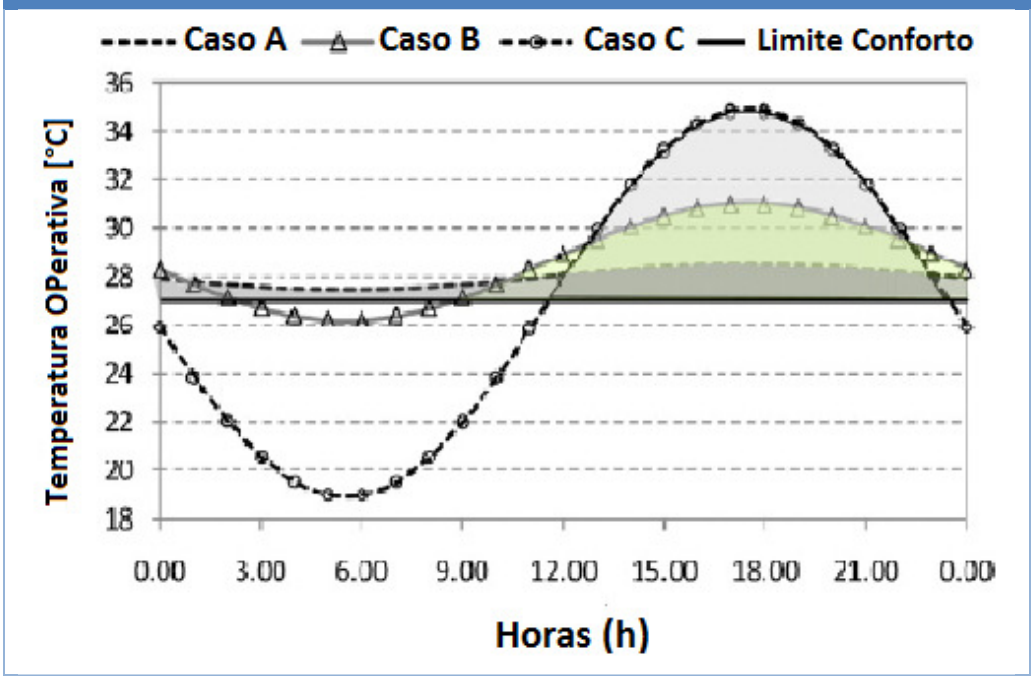
Figura 2 – IDT para calor e para frio.



Fonte: Adaptado de Sicurella, Evola, Wurtz (2012), p. 3

Deste modo, a IDT pode se apresentar de três modos distintos, conforme os casos A, B e C demonstrado no exemplo de desconforto para calor da Figura 3:

Figura 3 – Variações da IDT para calor.



Fonte: Adaptado de Sicurella, Evola, Wurtz (2012), p. 3

No caso A, observa-se a presença de desconforto térmico leve e constante, durante todo o período do dia;

No caso B, o período de desconforto diminui, deixando de abranger todo o período do dia. Entretanto esse desconforto se demonstra um pouco mais intenso que em A, pincipalmente por volta das 18h;

Já no caso C, o período de desconforto diário reduz pela metade, entretanto a intensidade aumenta significativamente, apresentando um período de desconforto curto em relação aos demais casos, porém com grande intensidade.

2.2.3. Diagrama de Flutuação Térmica

Para analisar a FDT e a IDT, Sicurella, Evola e Wurtz (2012), plotam os indicadores em um gráfico de dispersão Em que o eixo das ordenadas corresponde à frequência de desconforto térmico diário, a qual demonstra o percentual de horas em que houve desconforto durante cada dia, com valores variando de 0% a 100%. Já o eixo das abscissas demonstra a intensidade de desconforto térmico, representando a área do gráfico de IDT para calor ou para frio.

A interpretação do gráfico é feita observando a distribuição dos dados plotados em um diagrama, pelo qual se define a flutuação dos resultados dos dois índices em quatro zonas distintas de desconforto térmico (Figura 4). A Zona 1 caracteriza desconforto térmico temporário e leve; a Zona 2, desconforto térmico frequente e leve; a Zona 3, desconforto térmico temporário e intenso; e a Zona 4, desconforto térmico frequente e intenso.

Figura 4 – Gráfico de FDT x IDT

Zona 2: Desconforto frequente mas não intenso	Zona 4: Desconforto frequente e Intenso
Zona 1: Desconforto leve e temporário	Zona 3: Desconforto temporário mas intenso

Fonte: adaptado de Sicurella, Evola e Wurtz (2012)

Cada zona varia conforme a elevação da Frequência de Desconforto Térmico no eixo das ordenadas e da Intensidade de Desconforto Térmico no eixo das abscissas.

A flutuação definida por esses dois índices possibilita uma análise da faixa de variação horária da temperatura operativa a cada dia, apresentando na zona 4 a situação de desconforto térmico mais desfavorável, em que a FDT e o IDT são maiores, e na zona 1 a situação menos desfavorável, em que esses adores possuem valores mais baixos.

2.2.4. Método adaptado

A metodologia de Sicurella, Evola e Wurtz (2012) apresentada anteriormente é baseada na norma Européia EN 15251 (CEN, 2007) da teoria do conforto adaptativo e propõem avaliar o desempenho térmico de edifícios por meio dos indicadores de desconforto térmico, FDT e IDT, durante um determinado intervalo de tempo. Esse método foi adaptado por Nico-Rodrigues (2014, prelo), que passou a associar o indicador de Frequência de Desconforto Térmico (FDT) ao Graus-hora de Desconforto Térmico (GhDT), no lugar da IDT.

Essa adaptação proposta por Nioco-Rodrigues (2014) possibilitou uma simplificação dos procedimentos para determinação dos indicadores pois, no lugar do cálculo de diversas funções integradas, uma para cada curva do gráfico, são feitos cálculos aritméticos simples para se encontrar o somatório das horas do de cada dia que ultrapassaram o limite da temperatura de conforto.

A metodologia para avaliar o desempenho térmico com uso da ventilação natural adotada nessa pesquisa utilizou a adaptação proposta por Nico-Rodrigues (2014, prelo) ao método de Sicurella, Evola e Wurtz (2012), adotando o GhDT e a FDT como indicadores de desempenho térmico visando o conforto térmico.

2.2.5. Graus Hora de Desconforto Térmico para calor (GhDT)

Por definição, Graus-hora (GH) consiste no somatório da diferença entre a temperatura operativa horária e uma temperatura de base, quando a primeira está acima da temperatura de base (BRASIL, 2010). Entende-se por temperatura operativa o valor médio entre a temperatura do ar e a temperatura radiante média

do ambiente; e por temperatura base, uma temperatura independente da de conforto, consistindo em uma temperatura de referência para comparações de valores.

Esse método é utilizado como indicador de desempenho térmico da envoltória de edifícios naturalmente ventilados e quantifica o quanto se excedeu, em graus-hora, em relação a uma determinada temperatura de base.

No Brasil o Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Residenciais (RTQ-R), especificamente em sua análise de graus-hora para resfriamento, utiliza uma temperatura base com valor fixo, independente da temperatura de conforto, consistindo em uma temperatura de referência para comparações (BRASIL, 2010).

Já no método proposto por Nico-Rodrigues (2014, prelo), o GhDT demonstra o quanto de desconforto térmico ocorreu em um determinado dia e, portanto, utiliza as faixas limites de temperatura de conforto térmico como temperatura de base.

Dessa forma, o GhDT para calor consiste no somatório da diferença entre a temperatura operativa horária e a temperatura máxima de conforto térmico, quando a temperatura operativa assume valores acima da temperatura de conforto (ABNT, 2014).

Assim, o cálculo do GhDT foi realizado subtraindo-se os valores horários da temperatura operativa de cada ambiente de permanência prolongada pelo limite máximo de temperatura de conforto para calor.

2.2.6. Cálculo da FDT

A FDT foi determinada considerando a quantidade de horas em que a temperatura operativa ultrapassou a temperatura máxima de conforto para calor definida para cada mês analisado, considerando uma análise horária e o percentual relacionado a cada dia.

Assim determinou-se a FDT associando-se uma porcentagem de tempo ao número de horas de desconforto diárias, considerando 24 horas como 100%. Dessa forma, exemplificando, se em um determinado dia o número de horas em

que a temperatura operativa superou a temperatura máxima de conforto foi de seis, a frequência de desconforto foi da ordem de 25% das horas.

Os cálculos para identificação dos dias com desconforto térmico consideraram um intervalo de confiança estatisticamente calculado para o período de um ano. Assim, foram determinados pelo intervalo de confiança 18 dias para o período da primavera, 21 para o verão, 17 para outono e 29 para o inverno, totalizando 85 dias.

Sob esse enfoque, foram utilizados diagramas de flutuação térmica para interpretar os indicadores GhDT e FDT dos ambientes de permanência prolongada durante cada estação do ano, porém, tendo a Temperatura Limite de Conforto para Calor especificada pela *ASHRAE* 55/2010.

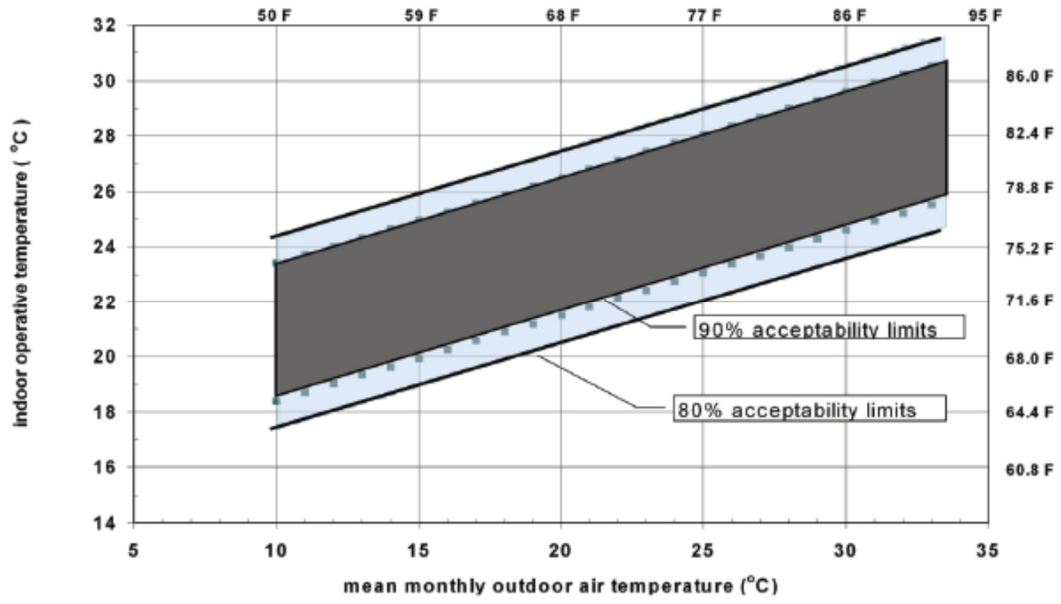
A Temperatura Limte de Conforto Térmico para calor foi obtida a partir do gráfico de conforto adaptativo da *ASHRAE* 55, por meio da transposição das médias externas da temperatura do ar.

2.2.7. Temperatura Limite de Conforto Térmico

A abordagem de conforto adaptativo incorporada a partir de 2004 pela norma estadunidense ASHRAE 55 permitiu a ampliação do limite de conforto para calor ao definir a temperatura interna de conforto como uma função da temperatura externa do ar (ASHRAE, 2004).

Esse novo enfoque, próprio para edifícios naturalmente ventilados, determina as faixas de temperaturas máximas e mínimas de conforto por meio de um gráfico de linha em que apresenta um paralelo entre o limite máximo de conforto das temperaturas médias mensais do ar com as temperaturas operativas dos respectivos ambientes, permitindo identificar os períodos de ocorrência de desconforto térmico (Figura 5).

Figura 5 - Gráfico dos limites de temperaturas operativa máximas para ambientes naturalmente ventilados pelo modelo de conforto adaptativo da ASHRAE 55/2004.



Fonte: ASHRAE 55, 2004, p. 10

A determinação dos intervalos de temperaturas com os limites máximos e mínimos de conforto térmico são dadas pelas médias diárias de temperatura externa do local plotadas no eixo das abscissas e transpostas, com nível de aceitabilidade de até 90%, para o eixo das ordenadas, no qual se encontram os limites das temperaturas operativas internas de conforto.

Deste modo, foram estabelecidas as temperaturas limite de conforto térmico para calor de cada mês do ano, de acordo os dados da temperatura externa.

2.3. NORMAS DE DESEMPENHO TÉRMICO

O número de publicações de estudos na área de conforto térmico vem crescendo nos últimos anos, tanto em função de questões relacionadas às mudanças climáticas, quanto às relativas ao desempenho térmico visando conforto e eficiência energética. Em função dessa grande demanda de aplicação de quesitos térmicos relacionados às edificações, várias normativas foram criadas para padronizar e organizar as diversas formas de abordagem. Neste capítulo,

procurou-se descrever sucintamente as principais normas nacionais e internacionais que tratam especificamente, ou mesmo de forma secundária, de propriedades térmicas do ambiente construído.

Dentre as principais organizações normalizadoras de destaque global na área de desempenho e conforto térmico, foram selecionadas as três mais relevantes para esta pesquisa:

1) ISO (International Organization for Standardization), uma entidade internacional fundada em 1947 com sede na suíça, e que congrega instituições normalizadoras de 170 países, dentre eles o Brasil (ISO.ORG, acesso em 17 fevereiro 2014);
2) ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers), uma entidade estadunidense fundada em 1894, cuja origem se deu pela fusão de duas instituições em 1959, e que, após a fusão, se denomina uma sociedade internacional de tecnologia da construção com mais de 54.000 membros (ASHRAE.ORG, acesso em 17 fevereiro 2014);
3) ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), órgão fundado em 1940 e responsável pela normalização técnica brasileira. A ABNT é o único representante da ISO no país (ABNT.ORG, acesso em 17 fevereiro 2014).

I. ISO

- **ISO 7726 (1998) Ergonomics of the thermal environment - Instruments for measuring physical quantities**

Trata dos instrumentos e procedimento para coleta de dados em conforto térmico. É aplicada em condições ambientais quentes, moderadas ou frias para ocupação humana. Esta norma especifica as características mínimas dos instrumentos e os métodos apropriados para medição de grandezas físicas que caracterizam um ambiente. Ela não define índices de conforto ou estresse térmico, mas padroniza os processos de registros de informações que determinam esses índices. Essa norma determina os parâmetros dos métodos utilizados nas demais normas de conforto térmico (ISO 7726, 1998).

- **ISO 8996 (2004) – Ergonomics of the thermal environment - Determination of metabolic rate**

Especifica diferentes métodos necessários para a determinação e medição da taxa metabólica visando a avaliação da regulação térmica do ser humano em um contexto da ergonomia do ambiente térmico de trabalho.

Além disso, também pode ser utilizada para outras finalidades, como para a verificação da prática de atividades, do custo energético de trabalhos específicos ou de atividades físicas, bem como para o custo energético total de uma atividade.

A taxa metabólica, como uma conversão química em energia mecânica e térmica, mede o custo energético da carga muscular e dá um índice numérico da atividade realizada. Assim, essa taxa é um determinante importante do conforto ou da tensão resultante da exposição aos ambientes térmicos adversos, como os de climas quentes, em que os altos níveis de produção de calor metabólico associados com o trabalho muscular agravam o estresse térmico, ocorrendo a evaporação do suor, pois a grande quantidade de calor gerado precisa ser dissipada (ISO 8996, 2004).

- **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**

Apresenta métodos para prever a sensação de conforto térmico e o grau de insatisfação térmica (desconforto) de pessoas expostas em ambientes internos com características térmicas moderadas; especifica condições ambientais consideradas aceitáveis para proporcionar conforto térmico; além das condições que representa desconforto térmico localizado. Para especificar as condições de conforto térmico, utiliza o cálculo do *Predicted Mean Vote* (PMV) e *Predicted Percentge Dissatisfied* (PPD), determinados por Fanger (1970).

O índice da percentagem de pessoas insatisfeitas com o ambiente (PPD) representa a percentagem de pessoas que optariam por um ambiente mais quente ou mais frio em comparação ao que se encontram. Essa norma também

demonstra um método da percentagem de pessoas insatisfeitas devido a correntes de ar, bem como proporciona parâmetros relacionados a aceitabilidade térmica de um ambiente, baseado nos índices do PMV e PPD (LAMBERTS; XAVIER, 2002).

A primeira publicação da ISO 7730 ocorreu em 1984, seguida pela segunda edição de 1994, a qual foi revisada e substituída pela terceira e mais atual publicada em 2005. Essa terceira edição, desenvolvida em paralelo com a revisão da ASHRAE 55, além de especificar métodos para a medição e avaliação de ambientes térmicos moderados, abrange também a avaliação de ambientes térmicos extremos a que os seres humanos são expostos.

- **ISO 9920 (2007) – Ergonomics of the thermal environment - Estimation of thermal insulation and water vapour resistance of a clothing ensemble**

Trata da ergonomia de ambientes térmicos por meio da estimativa do isolamento térmico e da resistência térmica das vestimentas. A edição de 2007, que é uma revisão da versão de 1995, especifica métodos para a estimativa das características térmicas, resistência às perdas de calor seco e à perda por evaporação, em condições de estado estacionário para trajes de roupa, baseado em valores de vestimentas conhecidas, trajes e tecidos (ISO 9920, 2007).

Ela examina a influência do movimento do corpo e da penetração de ar no isolamento térmico e resistência ao vapor de água. A ISO 9920 não aborda efeitos de vestuário como a adsorção de água, tamponamento ou mesmo conforto tátil e, tampouco, a influência de chuva ou da neve sobre as características térmicas; não considera roupas especiais de proteção, roupas com a quantidade de isolamento separado em diferentes partes do corpo, além de desconforto devido à assimetria de um conjunto de roupas (ISO 9920, 2007).

II. ASHRAE

- **ASHRAE 55 (2013) Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy**

Define uma gama de condições térmicas ambientais aceitáveis à ocupação humana de espaços internos. Seu objetivo é especificar as combinações dos fatores térmicos pessoais e ambientais que irão produzir condições térmicas aceitáveis para a maioria dos ocupantes do ambiente.

Essa normativa destina-se às condições de conforto térmico em estado de sedentarismo, ou de atividades físicas próximas a esses níveis, como a de trabalho de escritório, pois a maior parte dos dados disponíveis de conforto térmico refere-se à esse estado. Ela não é aplicável a análise de condições de conforto durante o sono, e tampouco para os requisitos de conforto de crianças, de deficientes e de enfermos, pois seus dados não contemplam informações para esses requisitos (ASHRAE 55, 2004).

Desde de sua publicação original, em 1992, a ASHRAE 55 estabelece que o conforto térmico reflete um estado mental de satisfação com o ambiente, de modo que torna-se praticamente impossível atender à expectativa térmica de todos os ocupantes de um mesmo recinto, pois a percepção das condições ambientais de conforto não são as mesmas para cada indivíduo, devido às variações fisiológicas e psicológicas de pessoa para pessoa (ASHRAE 55, 2004).

A partir desse conceito, e tendo como base o cálculo do PMV e PPD, colocou-se em prática uma extensa coleta de dados estatísticos com os quais se pode especificar um percentual de ocupantes que se encontravam termicamente confortáveis em um determinado ambiente; e classificou-se seis fatores principais, divididos em dois grupos, que devem ser abordados para se definir as condições de conforto térmico. O primeiro grupo, denominado Fatores Pessoais, é constituído pelo Isolamento de roupas e pela taxa metabólica (relacionada ao tipo de atividade física executada). O segundo grupo, denominado Fatores Ambientais, é constituído pela temperatura do ar, pela temperatura radiante média e pela umidade e velocidade do ar (ASHRAE 55, 2004).

O padrão de conforto térmico originalmente utilizado por essa normativa determina uma temperatura estática “ideal” que deve ser uniformemente distribuída no ambiente e ser constante ao longo do tempo. Esse padrão, apesar de atender a maioria dos casos encontrados, não se aplica as condições de conforto térmico desejáveis para ambientes naturalmente condicionados. Assim, com a evolução das pesquisas de conforto térmico, observou-se que, além desse padrão exigir um grande consumo de energia para se manter, a satisfação de uma pessoa em relação ao ambiente térmico pode depender de variáveis como o tempo, a forma e a função da construção; a relação entre o clima interior e exterior; o condicionamento social e outros fatores contextuais; além do ambiente físico imediato (de DEAR; BRAGER; COOPER, 1997).

Deste modo, desde a década de 1990, esses e outros pesquisadores vinham afirmando a necessidade de uma variável padrão que considerasse essa complexidade de fatores, o que resultou em revisões da ASHRAE 55 levando a inclusão de métodos de avaliação de ambientes ventilados naturalmente (de DEAR; BRAGER, 2002).

Após sua primeira publicação em 1992, a ASHRAE 55 foi reeditada em 2004 incorporando alguns conceitos de conforto adaptativo, os quais permitiam utilizar estratégias passivas de conforto térmico por meio da ventilação natural. A edição de 2010 acrescenta a inserção de dez adendos que incorporam, dentre outras mudanças, novos parâmetros para avaliar condições térmicas com maiores velocidades do ar. Já a versão até então mais recente, publicada em 2013, incorpora 18 adendos publicados após a edição de 2010.

Essa última edição passa a estabelecer duas metodologias de conformidade: uma por método gráfico para situações simplificadas, e outra por método analítico, para situações gerais. No método analítico os cálculos podem ser feitos por meio de um *software* disponibilizado on-line no site da ASHRAE. Além disso, segundo a própria organização, a principal mudança ocorrida foi em termos do conforto adaptativo, com a inclusão do efeito do resfriamento por meio da ventilação, o que permitiu estender o limite superior da zona de conforto do gráfico para ambientes naturalmente ventilados (ASHRAE.ORG, acesso em 24 fevereiro 2014).

Essa abordagem da ASHRAE 55, que permitiu a ampliação do limite de conforto para calor, define a temperatura interna de conforto como uma função da temperatura externa do ar. Esse procedimento também é adotado norma europeia EN Standard 15251 de 2007 (OLESEN, 2012).

Para ambas as normas, esses limites de temperaturas só são válidos para habitações, edifícios de escritórios e outros edifícios semelhantes usados principalmente para a ocupação humana com atividades sedentárias, onde os ocupantes tenham fácil acesso à operação de abertura e fechamento das janelas e onde se utilize vestimentas de acordo com as condições térmicas no interior ou exterior do edifício (ASHRAE 55, 2013; EN 15251, 2007).

Além disso, a EN Standard 15251 (2007) estabelece três categorias principais de aceitabilidade de conforto térmico, conforme Quadro 2, a seguir.

Quadro 2 - Aplicabilidade das categorias utilizadas na EN Standard 15251/2007

Categorias	Definição/ Aplicação
I	Alto nível de expectativa, sendo recomendado para espaços ocupados por pessoas muito sensíveis e frágeis com necessidades especiais, como crianças deficientes, doentes, muito jovens e idosos.
II	Nível normal de expectativa, devendo ser usado para novas construções e reformas.
III	Moderado nível de expectativa, devendo ser usado para os edifícios existentes.
IV	Valores fora dos critérios para as categorias acima, sendo aceita somente para períodos limitados do ano.

Fonte: Adaptado da EN Standard 15251 (2007).

Apesar da EN Standard 15251 (2007) ter por base estudos feitos em locais de clima frio, em oposição a ASHRAE 55 (2013), cuja base de dados foi coletada em países de diversas regiões do globo, este trabalho se enquadra na categoria III por se tratar da análise de uma edificação já existente. Essa categoria apresenta um nível moderado de expectativa de conforto térmico, o que implica na aceitação de maiores temperaturas e, consequentemente, em um número

menor de insatisfação por desconforto térmico por calor. Dessa forma, foi utilizado o limite máximo de aceitabilidade (90%) no gráfico de conforto adaptativo da ASHRAE 55.

III. NBR

A NBR 15220/2005 - Desempenho térmico de edificações da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) encontra-se em vigor desde 30 de maio 2005 e está estruturada em cinco partes, sendo essas: Parte 1 esclarece sobre definições de termos empregados, símbolos e unidades; Parte 2 demonstra os métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações; Parte 3 trata do zoneamento bioclimático brasileiro e de diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social; Parte 4 aborda a medição da resistência térmica e da condutividade térmica pelo princípio da placa quente protegida; e Parte 5, aborda sobre a medição da resistência térmica e da condutividade térmica pelo método fluximétrico.

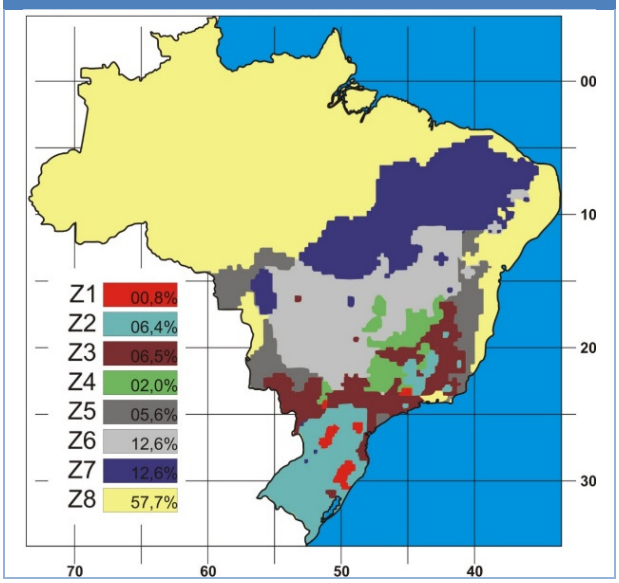
A parte 3 dessa norma, especificamente, orienta que a avaliação de desempenho térmico de uma edificação pode ser feita tanto na fase de projeto, quanto após a construção. Para o caso da edificação finalizada, recomenda avaliar por meio de medições in loco as variáveis representativas do desempenho. Já para o caso de projeto, a avaliação ou é feita por meio de simulação computadorizada ou por meio de diretrizes construtivas, as quais são indicadas nessa norma.

Desse modo, essa normativa apresenta recomendações para a fase de projeto quanto ao desempenho térmico de habitações unifamiliares de interesse social, recomendando diretrizes construtivas e detalhamento de estratégias de condicionamento térmico passivo, com base em parâmetros e condições de contorno previamente fixados.

Paralelamente às recomendações de diretrizes construtivas, a norma institui um Zoneamento Bioclimático Brasileiro (Figura 5) por meio da adaptação da Carta Bioclimática proposta por Givoni em 1992. Esse zoneamento) consiste na divisão do território brasileiro em oito partes relativamente homogêneas quanto ao clima, para as quais são feitas recomendações técnico-construtivas que

otimizam o desempenho térmico das edificações, por meio de sua melhor adequação climática (Figura 6).

Figura 6 - Zoneamento Bioclimático Brasileiro



Fonte: ABNT, 2005c, p.3

A respeito do Zoneamento Bioclimático Brasileiro, Roriz (2012) apresentou uma proposta de revisão ao Grupo de Trabalho sobre Conforto e Eficiência Energética de Edificações da ANTAC – Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído - que estabelece uma nova divisão do território nacional em dezesseis Zonas Bioclimáticas cujo critério de divisão baseia-se em um somatório anual de graus-horas de frio e graus-hora de calor. Essa nova divisão ameniza algumas discrepâncias de homogeneização existentes na NBR 15220.

A NBR 15220-3 (2005ª) não aborda procedimentos para avaliação do desempenho térmico de edificações, mas sim recomendações de diretrizes construtivas para cada uma das oito zonas bioclimáticas definidas, sendo específica para habitações unifamiliares de interesse social com até três pavimentos.

Com essa abordagem, essa norma adotou os seguintes parâmetros e condições de conforto para o estabelecimento das estratégias de condicionamento térmico passivo na formulação das diretrizes construtivas de cada Zona Bioclimática:

a) tamanho das aberturas para ventilação;

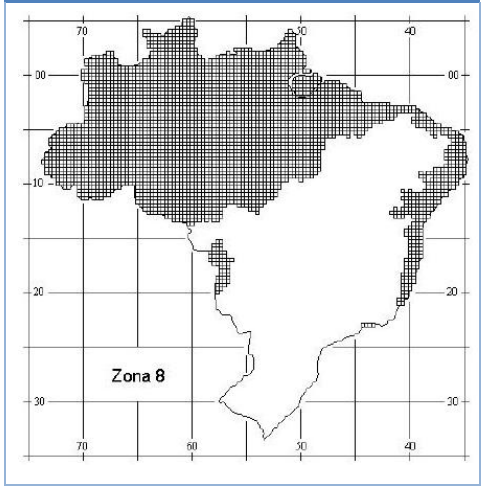
b) proteção das aberturas;

c) vedações externas (tipo de parede externa e tipo de cobertura) para análise da transmitância térmica, atraso térmico e fator solar; e

d) estratégias de condicionamento térmico passivo.

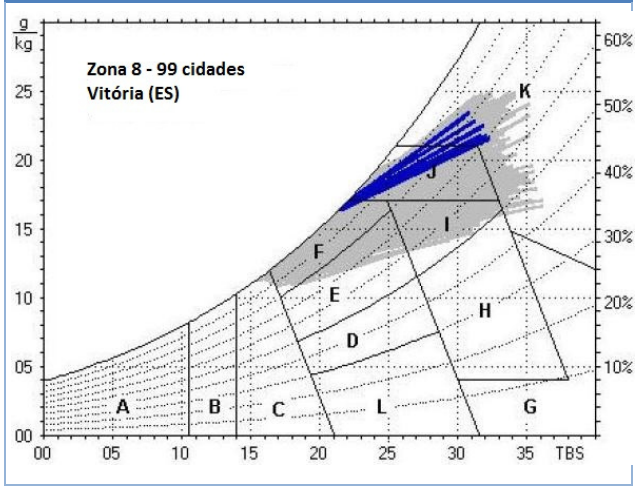
Para Zona Bioclimática 8 (Figura 7), a qual foi considerado pertencer a Ilha da Trindade, por exemplo, as diretrizes recomendadas segundo a Carta Bioclimática (Figura 8) são demonstradas no Quadro 03 e 04 e na Figura 09.

Figura 7 - Zona Bioclimática 8



Fonte: ABNT (2005c), p.8

Figura 8 - Carta Bioclimática para Zona 8



Fonte: Adaptado de ABNT (2005c)

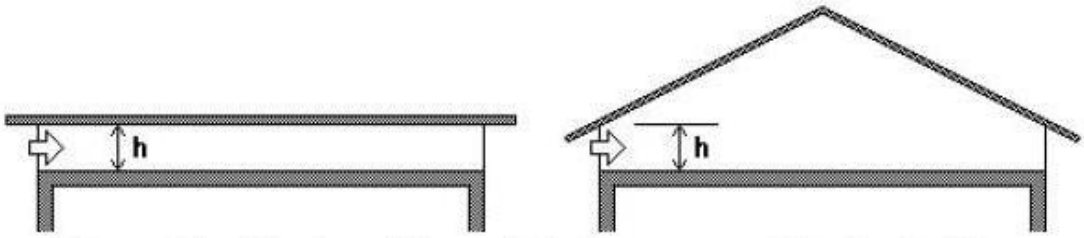
Quadro 3 - Sombreamento das aberturas/ aberturas p/ ventilação - Zona Bioclimática 8	
Aberturas para ventilação:	Grandes
Sombreamento das aberturas:	Sombrear aberturas

Fonte: ABNT (2005c, p.8)

Quadro 4 - Tipos de vedações externas para a Zona Bioclimática 8
Vedações externas
Parede: Leve refletora
Cobertura: Leve refletora
Notas: 1 Coberturas com telha de barro sem forro, embora não atendam aos critérios preestabelecidos, poderão ser aceitas na Zona 8, desde que as telhas não sejam pintadas ou esmaltadas. 2 Na Zona 8, também serão aceitas coberturas com transmitâncias térmicas acima dos valores tabelados, desde que atendam às seguintes exigências: a) contenham aberturas para ventilação em, no mínimo, dois beirais opostos; e b) as aberturas para ventilação ocupem toda a extensão das fachadas respectivas.

Fonte: Adaptado de ABNT (2005c).

Figura 9 - Abertura (h) em beirais, para ventilação do ático



Fonte: ABNT (2005c, p.9)

Nestes casos, em função da altura total para ventilação (figura 8), os limites aceitáveis da transmitância térmica poderão ser multiplicados pelo fator (FT) indicado pela Equação 3.

Equação 3 $FT = 1{,}17 - 1{,}07 \times h^{-1{,}04}$

Em que:

FT - Fator de correção da transmitância aceitável para as coberturas da zona 8 (adimensional);

h - Altura da abertura em dois beirais opostos, em centímetros.

Nota: Para coberturas sem forro ou com áticos não ventilados, FT = 1.

Quanto às estratégias de condicionamento térmico, o Quadro 5 demonstra as recomendações da norma para o caso específico da Zona Bioclimática 08, e o Quadro 6 detalha essas estratégias:

Quadro 5 - Estratégias de condicionamento térmico passivo para a Zona Bioclimática 8	
Estação	Estratégias de condicionamento térmico passivo
Verão	Estratégia J: Ventilação cruzada permanente Nota: O condicionamento passivo será insuficiente durante as horas mais quentes. O código J é o mesmo adotado na metodologia utilizada para definir o Zoneamento Bioclimático do Brasil. Estratégia J → Zona de Ventilação (ver anexo B da Norma).

Fonte: Adaptados de ABNT (2005c)

Quadro 6 - Detalhamento das estratégias de condicionamento térmico	
Estratégia	Detalhamento
F	As sensações térmicas são melhoradas através da desumidificação dos ambientes. Esta estratégia pode ser obtida através da renovação do ar interno por ar externo através da ventilação dos ambiente
I e J	A ventilação cruzada é obtida através da circulação de ar pelos ambientes da edificação. Isto significa que se o ambiente tem janelas em apenas uma fachada, a porta deveria ser mantida aberta

Fonte: ABNT (2005c, p.9)

- **NBR 15575/ 2013 – Edificações habitacionais – Desempenho – Esta norma** entrou em vigor em 19 de julho de 2013, cancelando e substituindo sua primeira versão publicada em 2012 e passando a interferir diretamente sobre as atividades do setor da construção civil, implicando na adequação de toda a cadeia produtiva que envolve projetistas, fabricantes, laboratórios, construtores e governo. Sua abordagem explora conceitos muitas vezes não abordados por normas prescritivas e trata, em cada uma de suas seis partes, de critérios de desempenho mínimos para os sistemas construtivos, quais sejam: requisitos

para sistemas estruturais (parte 2); requisitos para sistemas de pisos internos (parte 3); requisitos para sistemas de vedações verticais internas e externas - SVVIE – (Parte 4); requisitos para sistemas de coberturas (Parte 5); e, requisitos para sistemas hidrossanitários (Parte 6). A parte 1 trata de requisitos gerais.

A parte 4 da NBR 15575 (ABNT, 2013b), ente outros aspectos, apresenta requisitos e critérios para verificação dos níveis mínimos de desempenho térmico dos Sistemas de Vedações Verticais Externos (SVVE), que podem ser avaliados por método simplificado, conforme NBR 15575-4 (ABNT, 2013b), ou por simulação, conforme NBR 15575-1 (ABNT, 2013a). Sua estrutura está ordenada em tópicos sequenciais que tratam dos requisitos, critérios, métodos de avaliação e níveis de desempenho, com foco na adequação das paredes externas e das aberturas para ventilação.

Quanto às paredes externas, essa norma especifica requisitos e critérios mínimos relacionados a transmitância (Tabela 3) e capacidade térmica (Tabela 4) de acordo com cada zona bioclimática; demonstra os procedimentos de avaliação por método de cálculo, conforme NBR 15220-2(ABNT, 2005b), e por método simplificado, conforme NBR 15575-4 (ABNT, 2013b); e considera o nível de desempenho desse sistema.

Tabela 3 - Transmitância térmica das paredes externas		
Transmitância térmica (U): W/m².K		
Zona 1 e 2	**Zonas 3,4,5,6,7 e 8**	
U ≤ 2,5	$\alpha^a \leq 0,6$	$\alpha^a > 0,6$
	U ≤ 3,7	U > 2,5
α^a é absortância à radiação solar da superfície externa da parede		

Fonte: ABNT (2005b, p.27)

Tabela 4 - Capacidade térmica das paredes externas	
Capacidade térmica (CT): kJ/m².K	
Zona 1,2,3,4,5,6 e 7	**Zona 8**
≥ 130	Sem requisito

Fonte: ABNT (2005b, p.27)

Já em relação às aberturas, considera condições de ventilação e de sombreamento. No primeiro caso, ventilação, especifica requisitos e critérios quanto às áreas de aberturas para ventilação natural de ambientes internos de permanência prolongada. Nesse aspecto, apresenta a condição “padrão”, com taxa de 1 ren/h (renovação de ar por hora por hora do ambiente/ renovação por frestas) e condição “ventilada”, com taxa de 5 ren/h (cinco renovações de ar por hora do ambiente de permanência prolongada).

No segundo caso, sombreamento das aberturas, considera uma condição “padrão” – quando não há qualquer proteção da abertura contra a entrada de radiação solar, e uma condição “sombreada” – quando há proteção da abertura que evite pelo menos 50% da radiação solar incidente no ambiente de permanência prolongada.

Os requisitos e critérios relativos às aberturas para ventilação determinam a utilização de aberturas nas fachadas com dimensões adequadas para propiciar a ventilação interna dos ambientes de longa permanência (salas e dormitórios), com áreas que atendam às legislações específicas do local (código de obras, códigos sanitários, etc.). Nos casos em que não houver requisitos de ordem legal para o local, a norma especifica áreas mínimas de ventilação de acordo com cada zona bioclimática (Tabela 5).

Tabela 5 - Área mínima de ventilação em dormitórios e sala de estar

Nível de desempenho	**Aberturas para ventilação (A)**	
	Zonas 1 a 7:	Zona 8:
	Aberturas Médias	Aberturas Grandes
Mínimo	A ≥ 7% da área de piso	A ≥ 12% da área de piso – região N do Brasil A ≥ 8% da área de piso – região NE e SE do Brasil
Nota: Nas zonas 1 a 6, as áreas de ventilação devem ser passíveis de serem vedadas durante o período frio.		

Fonte: ABNT (2005b, p.28)

O seu método de avaliação, que considera um nível mínimo de desempenho, propõe uma análise do projeto arquitetônico que considerando, para cada ambiente de longa permanência, a seguinte relação:

$A = 100 \times (A_A / A_P)$ em porcentagem (%), em que:

A_P é a área de piso do ambiente;

A_A é a área efetiva de abertura de ventilação do ambiente, na qual considera-se apenas as áreas que permitam a livre circulação do ar, desconsiderando-se áreas de perfis, vidros e qualquer outro obstáculo, além das portas internas. Para as portas externas são consideradas toda a área do deslocamento da porta.

- **Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Residenciais (RTQ-R)**

Foi publicado em 25 de novembro de 2010 como parte do Programa Brasileiro de Etiquetagem do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro) voltado para edificações e tem por objetivo criar condições para a etiquetagem do nível de eficiência energética de edificações residenciais unifamiliares e multifamiliares.

Em seu item 2.3 encontram-se os procedimentos para se determinar a classificação do nível de eficiência de edificações residenciais, os quais se aplicam a Unidades Habitacionais Autônomas; Edificações Unifamiliares; Edificações Multifamiliares; e Áreas de Uso Comum, sendo que cada um desses casos possui critérios específicos de avaliação que variam de acordo com a zona bioclimática em que estão inseridas.

A abordagem térmica utilizada nessa norma visa o desempenho térmico da envoltória, sendo esse um dos requisitos para a etiquetagem de eficiência energética de Edificações Unifamiliares e de Unidades Habitacionais Autônomas situadas na ZB-8.

Para satisfazer os critérios de avaliação do desempenho da envoltória de unidades habitacionais autônomas, por exemplo, é necessário o atendimento de

três pré-requisitos: transmitância térmica, capacidade térmica e absortância solar das superfícies.

Esses pré-requisitos aplicam-se às paredes externas e às coberturas de ambientes de permanência prolongada e variam de acordo com a Zona Bioclimática em que a edificação se localiza. A Tabela 6, a seguir, exemplifica o caso específico da Zona Bioclimática 8 (ZB-8), utilizada neste trabalho.

Tabela 6 – Pré-requisitos de absortância solar, transmitância térmica e capacidade térmica para a ZB-8.

Zona Bioclimática	Componente	Absortância solar (adimensional)	Transmitância térmica [W/(m²K)]	Capacidade térmica [kJ/(m²K)]
ZB-8	Parede	α ≤ 0,6	U ≤ 3,70	Sem exigência
		α > 0,6	U ≤ 2,50	Sem exigência
	Teto	α ≤ 0,4	U ≤ 2,30	Sem exigência
		α >0,4	U ≤ 1,50	Sem exigência

Fonte: adaptado do RTQ-R, 2010.

Além dos pré-requisitos da transmitância térmica, capacidade térmica e absortância solar, a avaliação da eficiência da envoltória considera também edificações naturalmente ventiladas, exigindo o atendimento de pré-requisitos referentes ao Percentual de áreas mínimas de abertura para ventilação; Ventilação cruzada; e Ventilação controlável.

Para o procedimento de Avaliação do desempenho térmico da envoltória de edificações naturalmente ventiladas, o RTQ-R recomenda o método do indicador de graus-hora para resfriamento (GHR). Esse método utiliza uma temperatura base independente de temperaturas de conforto que consiste em uma temperatura de referência para comparações. O indicador GHR representa o somatório anual de graus-hora, calculado para a temperatura de base de 26℃ para resfriamento. O cálculo é realizado por meio da temperatura operativa do ambiente.

- **Requisito Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética em Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C)**

Foi aprovado no Brasil em 10 de junho de 2009 e revisado no ano seguinte, com reedição em 17 de setembro de 2010 e atualmente em vigor.

O RTQ-C tem foco exclusivo no consumo de energia visando a eficiência energética, entretanto, acaba abordando a eficiência térmica por tratar, entre outros aspectos, da envoltória dos edifícios em sua metodologia.

Para a avaliação do nível de eficiência da envoltória, exige o atendimento de pré-requisitos relacionados com a transmitância térmica de coberturas e paredes; com a absortância das superfícies; com o fator solar dos vidros das aberturas; com a forma dos edifícios; com o percentual de aberturas nas fachadas e com sombreamentos.

Sua avaliação, que visa a etiquetagem, pode ser realizada tanto na fase de projeto quanto após a construção. Em relação à obra concluída, a avaliação deve ser feita por meio de medições *in loco*. Já na fase de projeto, pode ser feita por método prescritivo ou por meio de simulação computacional.

Quanto as normativas apresentadas, a ISO 7726 (1998) e ISO 8996 (2004) tiveram papel importante na fase de medições de campo, pois fundamentaram os procedimentos e instrumentos de medições adotados, relativos aos dados físico-ambientais e metabólicos. Já a ISO 7730 (2005) não teve uma aplicação direta por ser específica para edificações com condicionamento ativo. Entretanto, a gama de temperaturas utilizada nos questionários aplicados baseou-se na escala do PMV dessa norma. Ainda entre as normas internacionais, a ASHRAE 55 (2013) foi a que melhor se aplicou a análise do objeto de estudo, pois adota o princípio adaptativo de conforto térmico, o qual considera que o usuário de edifícios naturalmente ventilados toleram variações de temperaturas maiores que as consideradas nas análises de conforto térmico com temperatura estática, como ocorre com a ISO 7730 (2005).

Entre as normativas brasileiras, a NBR 15220 (2005) teve aplicação direta sobre o objeto de estudo pois, determina que a avaliação de desempenho térmico pode ser realizada após a construção do edifício, como no caso estudado. Suas recomendações e diretrizes fundamentaram as análises das condições de condicionamento térmico passivo, de acordo com a zona bioclimática em que se situa o edifício, possibilitando a proposição de intervenção buscando a melhoria das condições de conforto térmico por meio do uso da ventilação para diminuir os ganhos térmicos pela cobertura. Já a NBR 15575 (2013) respaldou avaliação dos níveis de desempenho térmico da envoltória, com dados relacionados a transmitância e capacidade térmica dos sistemas de vedação externos, de acordo com a zona bioclimática. Além disso, embasou a análise em relação às aberturas, considerando condições de ventilação e de sombreamento dessas aberturas. Em relação ao RTQ-R (2010), ao apontar pré-requisitos relacionados aos percentuais de áreas mínimas de abertura para ventilação, a transmitância térmica, à capacidade térmica e a absortância solar das superfícies para avaliação do desempenho térmico da envoltória de edificações residenciais naturalmente ventiladas, contribuiu na análise do desempenho térmico da envoltória da edificação em estudo. Além disso, essa norma utiliza em seu método de avaliação um indicador de graus-hora, assim como nesse estudo, tendo porém cada qual uma temperatura de base distinta.

3 - CONTEXTUALIZAÇÃO E CARAQUITERIZAÇÃO DO SÍTIO

3. CONTEXTUALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO SÍTIO

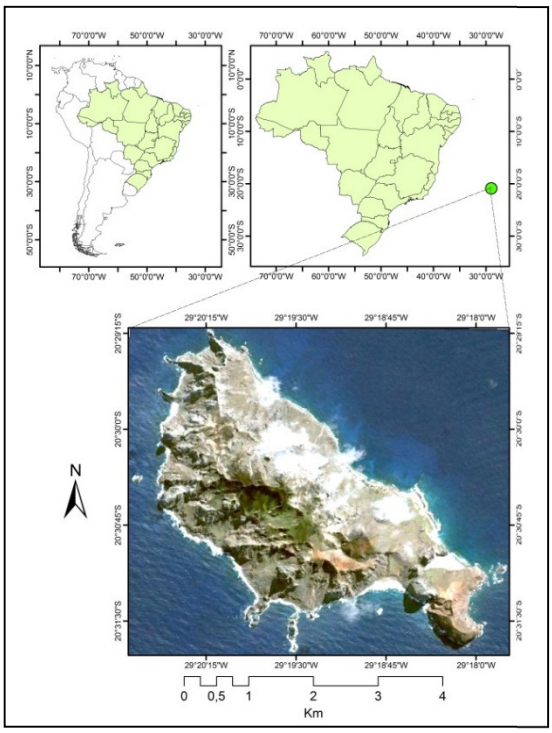
O presente trabalho foi baseado em um estudo de caso desenvolvido em uma edificação de uso misto com fins de residência (alojamento) e de trabalho (laboratório), situada na Ilha Oceânica da Trindade (Figura 10).

Figura 10 – Ilha da Trindade.

Fonte: Acervo LPP, 2010.

Historicamente, a política de ocupação de Ilhas Oceânicas se constitui em uma questão estratégica de hegemonia para diversas nações. O Brasil, neste aspecto, possui diversas ilhas oceânicas como parte integrante de seu território federal, destacando-se dentre essas, o Arquipélago da Trindade e Martins Vaz, localizado no Atlântico Sul. A Ilha da Trindade, única habitada do arquipélago, situa-se entre os paralelos 20° 29’ e 20° 30' S e os meridianos 29° 17' e 29° 21' W (PROTRINDADE, 2010), e dista 1140 km da costa do Estado do Espírito Santo (Figura 11a e 11b).

Figura 11 - (a), localização da Ilha da Trindade; (b), distância entre Ilha e continente.



(a)

(b)

Fonte das imagens: (a) imagens do Google Earth, 2013 com modificações no *software* ArcGis; (b) imagens do Google Earth, 2013 com modificações no *software* Paint.

O Arquipélago encontra-se na extremidade oriental da cadeia vulcânica submarina com orientação Leste-Oeste, denominada lineamento Vitória-Trindade (CLEMENTE et al., 2011), que se estende por quase 1300 km em direção à África e se eleva a 5.500 metros do fundo oceânico, chegando a aproximadamente 620 metros de altitude (Figura 12). Com uma área de 10,2 Km² e um relevo fortemente acidentado devido à formação vulcânica, o Arquipélago originou-se há aproximadamente três milhões de anos por meio de uma fratura tectônica que se estende desde a plataforma continental brasileira (JUNQUEIRA et al., 2004; PROTRINDADE, 2010; CLEMENTE et al., 2011).

Figura 12 – Perfil da Ilha da Trindade.

Fonte: Acervo LPP, 2010.

O clima da ilha é do tipo oceânico tropical (TAMAR, 2013) e o regime de chuvas é bem distribuído, principalmente no verão, quando ocorrem rápidas precipitações diárias, que recebem a denominação local de "Pirajá". A temperatura é amenizada pelos ventos alísios, sendo o mês de fevereiro o mais quente do ano e o de setembro o mais frio. Entre os meses de abril e outubro, a ilha sofre invasões periódicas de frentes frias, com intervalo médio de uma semana (CLEMENTE et al., 2009; PROTRINDADE, 2010).

A flora da ilha, até os séculos XVII e XVIII, era formada por densa floresta tropical constituída principalmente por arvores *Colubrina Granulosa* (PROTRINDADE, 2010). Essa vegetação foi dizimada levando a um processo de erosão devido à ação antrópica e de animais introduzidos na ilha por navegadores, como o caso do cientista inglês Edmund Halley que levou cabras, preocupado em garantir alimentos aos navegantes que ali fundeassem ou naufragassem (JUNQUEIRA et al., 2004). Atualmente, predomina na ilha uma vegetação rasteira formada de gramíneas e ervas, além de uma floresta de samambaias gigantes (*Cyathea Copelandii*) que podem chegar a 5m de altura, localizada nas escarpas úmidas da parte Oeste do maciço.

> O "*começo deste processo de destruição da terra, é, sem qualquer dúvida, o resultado da introdução dos grandes animais que desequilibraram a natureza original da ilha.*"
>
> (BARTH, 1957 *apud* Barth e Alvarez, 2012, p.979)

A fauna da Trindade concentra diversas espécies, tendo como destaque as aves como o Trinta-réis-das-rocas (*Onychoprion fuscatus*), a Viuvinha branca (*Gygis alba*), o Trindade Petrel ou Grazina da Trindade (*Pterodroma arminjoniana*), o Trinta-réis-Escuro (*Anous stolidus*), o Grande Fragata (*Fregata minor*), o Atobá Grande (*Sula dactylatra*), etc. (FONSECA NETO, 2004); os répteis da ordem dos Quelônios, como as tartarugas-verde (*Chelonia mydas*) que se reproduzem na ilha, e as tartarugas-de-pente (*Eretmochelys imbricata*), que usam a área para alimentação (TAMAR, 2013); e os cetáceos, como a baleiajubarte (*Megaptera novaeangliae*).

O nome Trindade remete a um dos principais dogmas do catolicismo e foi dado por desconhecimento de que a Ilha já havia sido batizada como Ilha da Assunção pelo navegante João da Nova no século XVI (JUNQUEIRA et al., 2004) Entretanto Trindade foi o nome que prevaleceu.

A primeira tentativa de colonização se deu em 1783 por aproximadamente 130 colonos vindos de Lisboa, o que ocasionou o primeiro grande desmatamento. Somente após alguns séculos ocorreram novas tentativas de ocupação, como por exemplo, por meio de um grupamento militar durante a Primeira Guerra Mundial (1914 a 1918); por presídio político a partir de 1924, e por base militar a partir de 1957 (ALVAREZ, 2001).

Em 1957, com a participação do Brasil no Ano Geofísico Internacional, a Diretoria de Hidrografia e Navegação (DNH) da Marinha do Brasil iniciou a operação do Posto Oceanográfico da Ilha da Trindade (POIT), dando início às pesquisas científicas na Ilha. Em 1987 o POIT passou ao Comando do 1º Distrito Naval da Marinha do Brasil, porém desde o início de sua operação, a DHN mantém um ponto de observação meteorológica e mareográfica na ilha denominado Estação Meteorológica da Ilha da Trindade (EMIT), fundamental para a navegação no Atlântico Sul. Além disso, a Marinha do Brasil é responsável pela supervisão e manutenção das instalações físicas da ilha e de seu território natural, cuja

localização e características naturais são de relevante importância científica, econômica e estratégica para o Brasil (PROTRINDADE, 2014).

Entre as tarefas que a Marinha executa na ilha estão a manutenção e ocupação para garantir sua posse; a realização de observações meteorológicas, mareográficas e outras atividades técnicas demandadas pela Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha do Brasil (DHN); a vigilância sobre movimentações marítimas e aéreas; o controle para garantia da preservação das características ecológicas da ilha e do ambiente marinho circundante; além de servir de base de apoio aos grupos que realizam atividades autorizadas ou demandadas pelo Comandante do 1º Distrito Naval (PROTRINDADE, 2010).

Com relação as atividades científicas realizadas na Ilha, devido à crescente demanda de solicitações dessas atividades, a Comissão Interministerial para Recursos do Mar (CIRM) criou, em 2007, um programa específico para tal fim, denominado Programa de Pesquisa Científica na Ilha da Trindade (PROTRINDADE). Esse programa é coordenado pela Marinha do Brasil e é responsável pelo desenvolvimento de pesquisas científicas na Ilha da Trindade, Arquipélago de Martin Vaz e na área marítima adjacente.

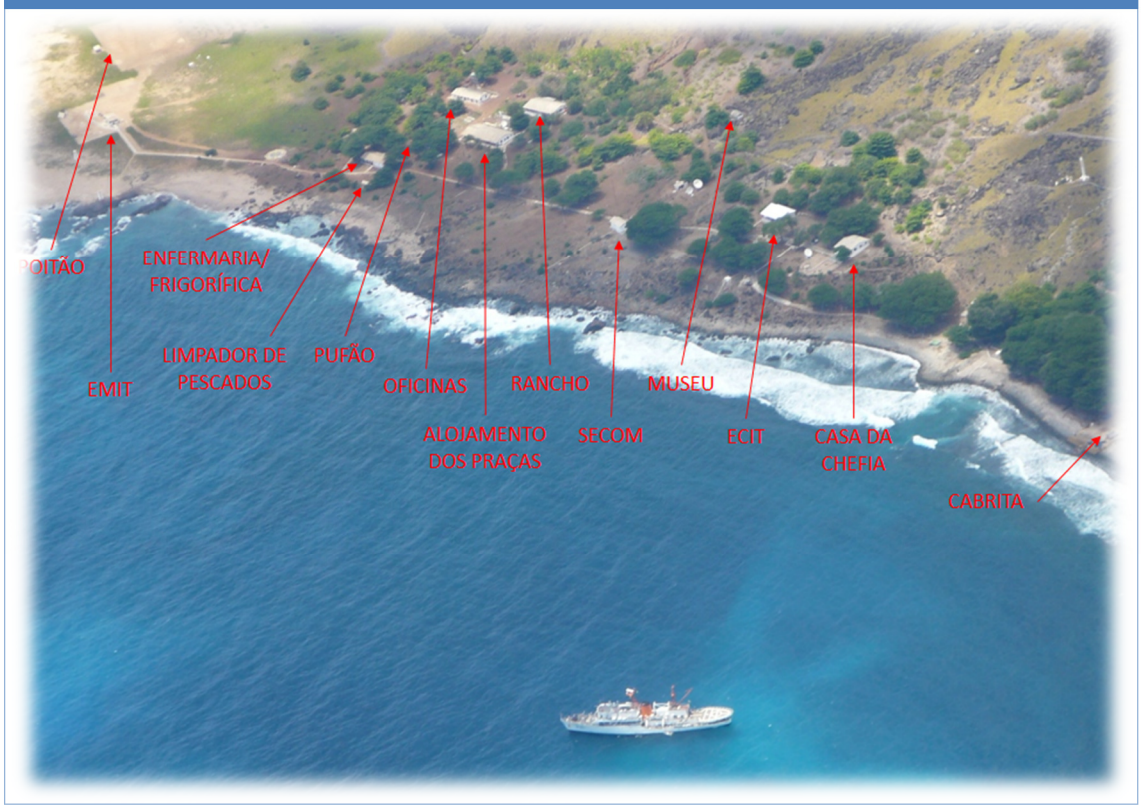
Trindade recebe pesquisadores de várias áreas de atuação, tais como geologia, oceanografia, ornitologia, arquitetura e, principalmente, biologia devido à presença das tartarugas marinhas que fazem da ilha o maior sítio de desova entre as ilhas e a costa brasileira e um dos mais importantes do mundo (Fillippini, 1998 *apud* Alvarez, 2001).

3.1. POSTO OCEANOGRÁFICO DA ILHA DA TRINDADE (POIT)

O POIT (Figura 13) é um conjunto edificado localizado na face Leste da Ilha e que constitui uma base avançada comandada pelo 1º Distrito Naval da Marinha do Brasil. As principais edificações do POIT são a Estação Meteorológica da Ilha da Trindade - EMIT, a Enfermaria, a Frigorífica, as Oficinas/ Gerador, o Alojamento dos Praças, o Rancho (refeitório), a Secretaria de Comunicação – SECON, o Museu, a Casa da Chefia e a ECIT – Estação Científica da Ilha da Trindade, objeto de estudo dessa pesquisa. Além dessas edificações, existem alguns pontos de destaque como o Museu, a Horta, a Área de recreação (Pufão),

o Limpador de Pescado, o campo de futebol (Poitão) e a Balsa para transporte de cargas (“Cabrita”).

Figura 13 - Vista aérea do POIT na face Leste da Ilha da Trindade



Fonte: Acervo LPP, 2010

- **Estação Meteorológica da Ilha da Trindade (EMIT)**

Por sua localização privilegiada, a Ilha da Trindade é um lugar propício para observações meteorológicas, climáticas, da influência do ar frio e dos limites meridionais dos ventos alísios (AGUIAR, 2003). A EMIT (Figura 14) funciona como ponto de observação meteorológica e mareográfica dirigida pela Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha (DHN) e suas atividades são fundamentais para promover a segurança da navegação no Atlântico Sul (Brasil, 2014).

Figura 14 - Vista da EMIT

Fonte: Cembranelli, 2011.

- **Enfermaria e Frigorífica**

Trata-se de um edifício particionado em duas alas, sendo uma para a área da saúde, onde são realizados atendimentos por médicos e enfermeiros da Marinha sempre presentes na ilha; e outra para abrigar uma câmara frigorífica em que são mantidos os mantimentos gelados entre os períodos de reabastecimento que acontecem em intervalos médios de dois meses (figura 15).

Figura 15 – À esquerda, edifício da Enfermaria e à direita, da Frigorífica

Fonte: Acervo LPP, 2011.

- **Oficinas/ Gerador**

É um edifício exclusivo para as oficinas de especialidades técnicas de manutenção como elétrica, mecânica, marcenaria, etc., e para o abrigo do gerador a diesel que alimenta o POIT (Figura 16).

- **Alojamento dos Praças**

Sendo uma edificação destinada a alojar os soldados, sargentos e suboficiais durante um período de permanência na ilha, conta com duas alas de dormitórios equipadas com beliches e armários, além de vestiários, salas de TV, sala de jogos e lavanderia (Figura 17).

Figura 16 – Oficina/ Gerador. Fachada NE.

Fonte: Acervo LPP, 2011.

Figura 17 - Alojamento dos Praças. Fachada NO.

Fonte: Acervo LPP, 2011.

- **Rancho**

Edifício que abriga o refeitório, cozinha, paiol de alimentos e um pequeno auditório utilizado para palestras e pequenas cerimônias religiosas (Figura 18).

- **Secretaria de Comunicação (SECOM)**

A SECOM abriga uma central de telecomunicação que mantém contato com o continente e serve de apoio para a fiscalização de embarcações que navegam pelo Atlântico Sul. Este edifício também possui uma central de *internet* e um telefone público, ambos para uso coletivo (Figura 19).

Figura 18 – Rancho (Refeitório)

Fonte: Acervo LPP, 2011.

Figura 19 - SECOM

Fonte: Acervo LPP, 2011.

- **Casa da Chefia**

Residência que abriga permanentemente um Capitão de Corveta como comandante da ilha, um oficial como imediato e um oficial médico (Figura 20), que permanecem cerca de dois meses na Ilha. Também aloja os oficiais em trânsito, além de civis não pesquisadores.

- **Estação Científica da Ilha da Trindade (ECIT)**

A ECIT é uma edificação com finalidade exclusiva ao suporte das atividades de pesquisa na ilha (Figura 21).

Figura 20 – Casa da Chefia

Fonte: Acervo LPP, 2011.

Figura 21 – ECIT

Fonte: Acervo LPP, 2011.

Além dos edifícios citados anteriormente que constituem o corpo principal do POIT, existem também outras construções importantes para a preservação da memória do local e para promoção do convívio entre as pessoas durante o período de estadia na Ilha. Dentre essas construções e locais de convívio destacam-se o museu (Figura 22a); a área de confraternização denominada "Pufão" (Figura 22b); o limpador de pescados (Figura 22c); o campo de futebol, denominado "Poitão" (Figura 22d); a horta (Figura 22e) e a balsa para transporte de cargas entre navio e ilha, apelidada de "Cabrita" (Figura 22f) em homenagem às antigas cabras que já habitaram o local.

Figura 22 – Áreas de trabalho e convivência do POIT

(a) Museu	(b) "Pufão"	(c) Limpador de Pescados
Fonte: Acervo LPP, 2011.	Fonte: Acervo LPP, 2010.	Fonte: Acervo LPP, 2011.
(d) Campo de futebol (Poitão)	**(e) Horta**	**(f) Balsa ("Cabrita")**
Fonte: Acervo LPP, 2010.	Fonte: Acervo LPP, 2011.	Fonte: Acervo LPP, 2010.

Originalmente as primeiras edificações do POIT foram erguidas com sistema construtivo tradicional, em estrutura de concreto armado e alvenaria de vedação com blocos cerâmicos. Contudo, as dificuldades inerentes a esse sistema o tornaram uma opção inviável devido ao impacto ambiental causado pela geração de resíduos e, principalmente, pelas dificuldades logísticas inerentes ao transporte de material entre continente/ ilha. Com isso, passou-se a adotar métodos construtivos industrializados buscando a racionalização, a

padronização e a coordenação modular, objetivando aproximar o canteiro de obras de uma linha de montagem. Essa opção levou a adoção do sistema pré-fabricado em madeira de reflorestamento. Entretanto, apesar desse sistema possuir uma logística de transporte mais vantajosa, a sua necessidade de manutenção em curto prazo e principalmente o preconceito dos usuários em relação à sua estética e ao seu isolamento acústico, a tornaram uma opção desinteressante. Deste modo, em busca de um sistema construtivo que atendesse as necessidades logísticas inerentes a uma ilha oceânica, adotou-se experimentalmente em 2007 o sistema construtivo em concreto-PVC.

3.2. ECIT: CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA CONSTRUTIVO

A Estação Científica da Ilha da Trindade (ECIT) surgiu após a constatação da necessidade de se planejar uma instalação específica para dar suporte às atividades de pesquisa na Ilha da Trindade, devido ao aumento do número de pesquisadores com a implantação do Programa de Pesquisas Científicas na Ilha da Trindade (PROTRINDADE) em 2007 (ALVAREZ, 2009).

A ECIT faz parte de um projeto macro de pesquisa no âmbito do Programa Arquipélago e Ilhas Oceânicas, intitulado “Desenvolvimento do Programa de Eficientização da Estação Científica da Ilha da Trindade com Ênfase nos Aspectos Relacionados aos Impactos Ambientais Antrópicos”, financiado pelo CNPq e pelo PROTRINDADE, e que possui como objetivos gerais a avaliação de eficiência da ECIT no ciclo construção, uso/operação, manutenção; e o desenvolvimento de soluções específicas de aprimoramento das técnicas construtivas instaladas.

Em relação ao projeto macro anteriormente citado, o interesse específico desse trabalho está focado no sistema construtivo utilizado na ECIT, considerando as particularidades climáticas, econômica e logísticas da ilha, no sentido de se obter conforto térmico sem a necessidade de condicionamento artificial. Sob o aspecto da eficiência energética, mesmo não sendo o foco principal deste estudo, destaca-se que na Ilha da Trindade se utiliza combustível fóssil como fonte energética e, desta forma, todas as decisões projetuais que contribuam para a economia de energia (no caso de resfriamento artificial) favorecem positivamente à eficiência das construções, pois mesmo em condições climáticas mais severas, a

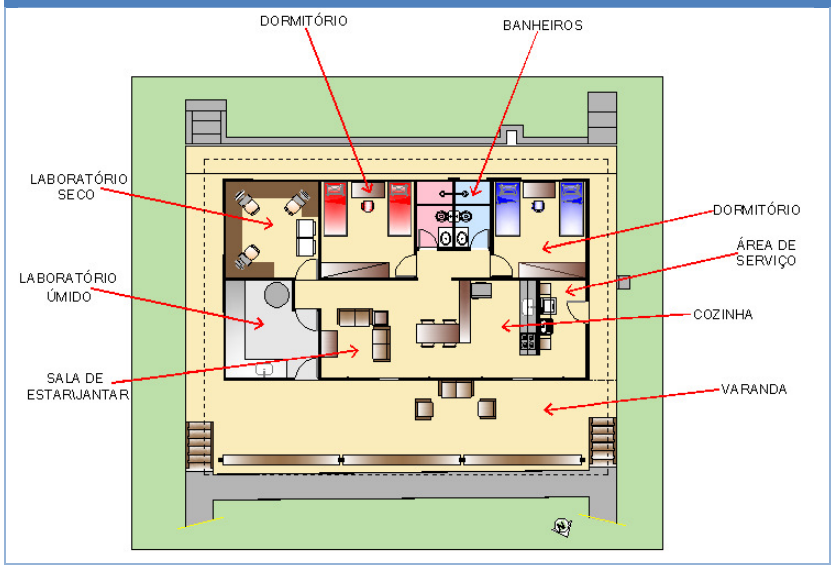
utilização de recursos naturais deve buscar maximizar o desempenho térmico para reduzir o consumo de energia de equipamentos para refrigeração ou aquecimento (FROTA; SCHIFFER, 2009).

O projeto da ECIT foi desenvolvido pelo Laboratório de Planejamentos e Projetos da Universidade Federal do Espírito Santo (LPP/Ufes) visando fornecer infraestrutura para realização de pesquisas científicas e abrigar pesquisadores durante sua permanência na Ilha. Sua concepção foi pautada no conceito do tripé de prioridade conforto/ segurança/ mínimo de impacto ambiental. Sua logística de execução baseou-se em experiências do LPP/Ufes com construções em áreas de difícil acesso, tais como no Arquipélago de São Pedro e São Paulo e no Atol das Rocas, que também são locais com elevado nível de dificuldade no desembarque de pessoas e materiais.

Assim, seu projeto foi desenvolvido e alicerçado dentro de preceitos do conforto ambiental e da sustentabilidade em edificações, tendo como finalidade, além de atender às necessidades enquanto alojamento e ambiente de trabalho para os pesquisadores, ser objeto de estudo para avaliação de impacto ambiental proporcionado pelas atividades humanas, bem como de teste para a tecnologia construtiva inovadora adotada (ALVAREZ, 2009).

A ECIT é uma edificação térrea, de planta retangular com orientação SE/NO em seu maior comprimento (Figura 23).

Figura 23 - Planta esquemática da ECIT



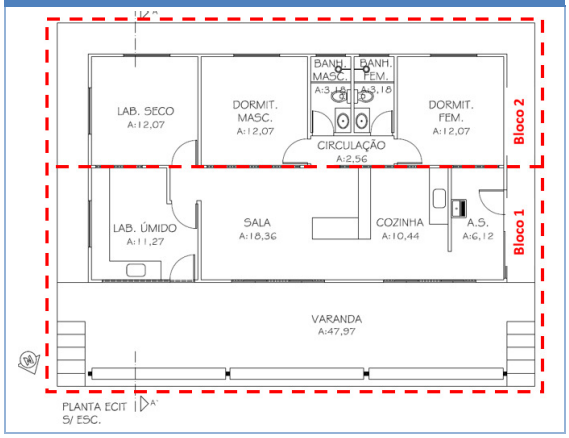
Fonte: Nico-Rodrigues e outros (2010, p. 6)

Possui aproximadamente 100 m² de área construída setorizada em dois blocos contíguos, sendo um frontal (Bloco 01) e outro de fundos (Bloco 02), conforme ilustrado nas Figuras 23 e 24, cuja compartimentação dá-se da seguinte forma:

Bloco 01 (Frontal) – Formado por Varanda, Laboratório Úmido, Sala de Estar/Jantar conjugada a Cozinha e Área de serviço.

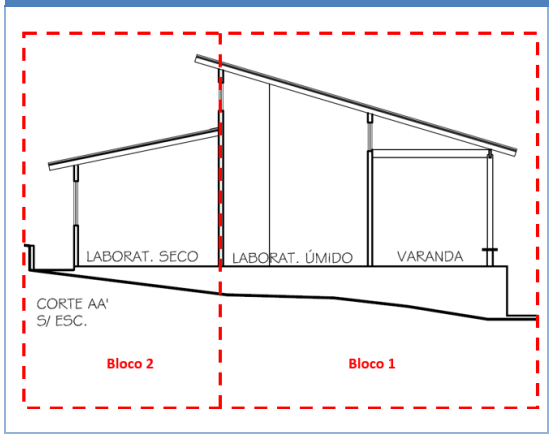
Bloco 02 (Fundos) – Formado por Laboratório Seco, Dormitório Masculino, Banheiro masculino, Banheiro Feminino e Dormitório Feminino.

Figura 24 – Planta da ECIT com compartimentação e identificação dos blocos 01 e 02.



Fonte: Acervo LPP/Ufes.

Figura 25 – Corte transversal da ECIT com identificação dos blocos 01 e 02



Fonte: Acervo LPP/Ufes.

3.2.1. Envoltória

Em relação à envoltória, o envelope da ECIT possui as seguintes características:

Vedação superior: constituída por cobertura em duas águas deslocadas de seu eixo horizontal na cumeeira, o que propicia a utilização de aberturas para ventilação cruzada, além da iluminação natural. A cobertura de todo o edifício utiliza telhas em lâminas de PVC extrudado de cor branca, encaixadas por guias longitudinais, apoiadas em placas de fibra de média densidade (*Médium Density Fiberboard* - MDF) e sustentados por caibros e terças de madeira maciça.

O teto inclinado possui pé-direito variando de 3,25m a 2,50m (sentido cumeeira/ beiral) no bloco 02, exceto nos banheiros que possuem laje com pé-direito de 2,50 m. Já no bloco 01, o teto, também inclinado, possui pé direito variando de

4,90 a 3,75 m (sentido cumeeira/ beiral). A Varanda envolve toda extensão da fachada frontal e seu pé-direito varia de 3,75m a 2,90m (sentido interior/ exterior).

Vedação horizontal inferior: piso constituído por cerâmica, argamassa de assentamento, contrapiso de nivelamento e laje de concreto armado sobre solo compactado. O aterro foi executado dentro de um bloco prismático retangular feito em blocos de concreto, elevado cerca de 1 m na parte frontal da edificação e cerca de 45 cm abaixo do perfil natural do terreno na parte dos fundos.

Vedação vertical: as paredes são constituídas por painéis de PVC rígido preenchido por concreto comum, técnica denominada Concreto-PVC, detalhado no item 3.2.1.3 - Sistema de Vedação Vertical/ Sistema Concreto-PVC).

Aberturas: as aberturas externas possuem tipologias que variam em dimensão e sistema de abertura conforme detalhado na Tabela 7.

(Continua)

Tabela 7 – Identificação e características das aberturas da ECIT

PORTAS ECIT							
Portas	Dimensões (cm)		-	Sistema de abertura	Características	Ambiente	Quant
	Largura	Altura					
P1	70	210	-	Abrir	01 folha / PVC	Banheiros	02
P2	80	210	-	Abrir	01 folha / PVC	Quartos/ Laboratórios/ A. Serviço	06
P3	300	210	-	Correr	4 folhas móveis com pano de vidro incolor 6mm e quadro em alumínio revestido com PVC	Sala / Cozinha/ A. Serviço (fachada Frontal)	02
JANELAS ECIT							
Janelas	Dimensões (cm)			Sistema de abertura	Características	Ambiente	Quant
	Largura	Altura	Peitoril				
J1	95	60	150	Maxim-Ar	01 folha com pano de vidro incolor 6mm e quadro em alumínio revestido com PVC	Banheiros	02
J2	150	110	100	Correr	02 folhas internas com pano de vidro incolor 6mm e quadro em alumínio revestido com PVC / sem veneziana	Área Serviço	01

(Conclusão)

Tabela 7 – Identificação e características das aberturas da ECIT							
JANELAS ECIT							
Janelas	Dimensões (cm)			Sistema de abertura	Características	Ambiente	Quant
	Largura	Altura	Peitoril				
J3	150	110	100	Correr	02 folhas internas com pano de vidro incolor 6mm e quadro em alumínio revestido com PVC / 04 folhas externas com veneziana em PVC	Dormitório Masculino e Feminino/ Lab. Seco e Lab. Úmido	05
J4	150	70	385	Maxim-Ar	02 folhas com pano de vidro incolor 6mm e quadro em alumínio revestido com PVC	Parede Fundos Lab. Úmido e A. Serviço	02
J5	300	70	385	Maxim-Ar	03 folhas com pano de vidro incolor 6mm e quadro em alumínio revestido com PVC	Parede Fundos Sala/ Cozinha	02
J6	300	70	285	Maxim-Ar	03 folhas com pano de vidro incolor 6mm e quadro em alumínio revestido com PVC	Parede Frente Lab. Úmido/ Sala/ Cozinha e A. Serviço	03

Fonte: Autor

Percentual de Abertura

A área de abertura para ventilação, ou percentual de aberturas da fachada (PAF) pelo RTQ-R, representa 16,4% da área de fachada da ECIT. Sobre esse aspecto, o RTQ-R determina que ambientes de permanência prolongada e cozinhas devam ter percentual de áreas mínimas de aberturas para ventilação em relação à área de piso ≥ 10% para a zona bioclimática 08 (BRASIL, 2010). Já a maioria dos códigos de obras brasileiros exige uma relação de 16,7% (1/6) entre área de abertura e área de piso (FERNANDES 2009). Todas as aberturas da ECIT, além de possibilitarem ao máximo a ventilação cruzada por estarem direcionadas para os quatro quadrantes geográficos, atendem a todas as exigências legais, conforme demonstrado nas Tabelas 8 e 9.

Tabela 8 – Orientação das Aberturas e Porcentagem de Abertura nas Fachadas									
Ambiente	**Abertura**	**Quantidade**	**Área Unitária**	**Orientação**	**Azimute**	**Área Total de Aberturas**		**Área Total de paredes c/ abertura**	**% de aberturas nas paredes da ECIT**
	Parede da abertura					**Janelas**	**Portas**		
Dormitório Masculino	Janela (J3)	1	1,65	S/SO	114°	1,65	0	8,625	**0,19**
	Parede da J3	1	8,625						
Dormitório Feminino	Janela (J3)	1	1,65	S/SO	114°	1,65	0	8,625	**0,19**
	Parede da J3	1	8,625						
Laboratório Seco	Janela (J3)	1	1,65	S/SO	114°	3,3	0	18,25	**0,18**
	Parede da J3	1	8,625						
	Janela (J3)	1	1,65	E/SE	24°				
	Parede da J3	1	9,625						
Lab. Úmido	Janela (J4)	1	1,05	S/SO	114°	4,8	1,68	45,675	**0,14**
	Parede da J4	1	16,905						
	Janela (J6)	1	2,1	N/NE	114°				
	Porta (P2)	1	1,68						
	Parede da P2	1	13,11						
	Janela (J3)	1	1,65	E/SE	24°				
	Parede da J3	1	15,66						
Sala/ Cozinha	Janela (J6)	2	2,1	N/NE	114°	5,95	6,3	76,44	**0,16**
	Porta (P3)	2	6,3						
	Parede da P3	1	37,24						
	Janela (J5)	2	2,1	S/SO	114°				
	Parede da J5	1	39,2						
Área Serviço	Janela (J4)	1	1,05	S/SO	114°	2,7	1,68	23,99	**0,18**
	Parede da J4	1	8,33						
	Janela (J2)	1	1,65	O/NO	24°				
	Porta (P2)	1	1,68						
	Parede da J2 e P2	1	15,66						
Banheiro Masculino	Janela (J1)	1	0,57	S/SO	114°	0,57	0	3,25	**0,18**
	Parede da J1	1	3,25						
Banheiro Feminino	Janela (J1)	1	0,57	S/SO	114°	0,57	0	3,25	**0,18**
	Parede da J1	1	3,25						

Fonte: Autor

Além do cumprimento aos condicionantes legais em relação ás áreas de aberturas nas fachadas, a concepção da ECIT buscou também respeitar a

relação entre altura de verga e profundidade do ambiente (Tabela 9) indicada por Albuquerque e Amorim (2012).

Tabela 9 – Relação entre Altura de Verga e Profundidade dos Ambientes da ECIT

AMBIENTE	POSIÇÃO	TIPO JANELA	QUANTIDADE	ÁREA DE ABERTURA (m²)	ÁREA DE PISO (m²)	ÁREA UNITÁRIA DE ABERTURA / ÁREA DE PISO.	ÁREA TOTAL DE ABERTURA/ ÁREA DE PISO		ALTURA DE VERGA	PROFUND. AMBIENTE	RELAÇÃO (ALTURA DE VERGA/ PROFUND.)	
							Indicada (1/6)*1	Existente			Máxima Indicada	Existente
LABORAT. SECO	FUNDOS	J3	01	1,65	12,07	0,137	0,17	0,27	2,10	3,50	2,57*2	1,67
	LATERAL	J3	01	1,65		0,137			2,10	3,45		1,64
LABORAT. ÚMIDO	LATERAL	J3	01	1,65	11,27	0,15		0,43	2,10	3,45		1,64
	FUNDOS	J4	01	1,05		0,09			4,55	3,60		0,79
	FRONTAL	J6	01	2,10		0,19			3,55	3,60		1,01
SALA/ COZINHA	FUNDOS	J5	02	2,10	28,80	0,07		0,29	4,55	3,60		0,79
	FRONTAL	J6	02	2,10		0,07			3,55	3,60		1,01

*1Relação de 1/6 entre área de abertura e área de piso exigida pela maioria dos códigos de obras brasileiros segundo Fernandes (2009).

*2 Profundidade máxima indicada por Albuquerque e Amorim (2012) para ambientes residenciais sem elementos de proteção solar nas aberturas e com características consideradas padrão – abertura em torno de 1/6 da área de piso, alta refletância do teto (80%), paredes com refletância média (60%) e piso de baixa refletância (30%) – para garantir uma iluminância de 60 lux em aproximadamente 70% do ambiente em 70% das horas com luz natural, considerando o horário de ocupação em que há luz natural disponível, de acordo com o contexto territorial brasileiro.

Fonte: Autor

Sistema de Vedação Vertical

A ECIT é uma das edificações mais recentes de Trindade e foi executada utilizando o método construtivo Concreto-PVC. Esse sistema foi escolhido devido à facilidade e velocidade de execução e, principalmente, pela baixa necessidade de manutenção, sendo este um fator de extrema relevância devido às condições de logística para se construir no local.

A iniciativa de se utilizar um sistema industrializado na construção da ECIT e, mais recentemente, da EMIT, se deu pela possibilidade de redução do impacto

ambiental causado pela geração de resíduos no local e pela busca da padronização, da racionalização, da coordenação modular e da aproximação do canteiro de obras a uma linha de montagem, pois as dificuldades logísticas inerentes à ilha revelam uma necessidade de grande eficiência no planejamento e do máximo de precisão no controle do processo construtivo.

Tal iniciativa, além de ter sido motivada pela adaptabilidade do material aos condicionantes impostos, também foi impulsionada pela oportunidade de se testar esse sistema construtivo, considerando o potencial de utilização em locais semelhantes em termos ambientais e logísticos (ALVAREZ, 2009).

A tentativa de aperfeiçoamento do planejamento e controle das obras foi buscada por meio da capacitação prévia das equipes de operários que atuaram diretamente no processo de construção e, também, pela priorização da simplificação das etapas de trabalho empregadas. Sobre esse aspecto, a utilização de elementos pré-fabricados, o uso de equipes polivalentes e o planejamento eficaz do processo de produção foram as alternativas consideradas como meio de atingir a simplificação necessária do processo construtivo (BERNARDES, 2001).

O Sistema Concreto-PVC

O sistema construtivo Concreto-PVC, também denominado Sistema Royal foi desenvolvido no Canadá e introduzido no Brasil por meio da parceria entre as empresas Global Housing e as petroquímicas DuPont e BRASKEM (NOVO, 2011).

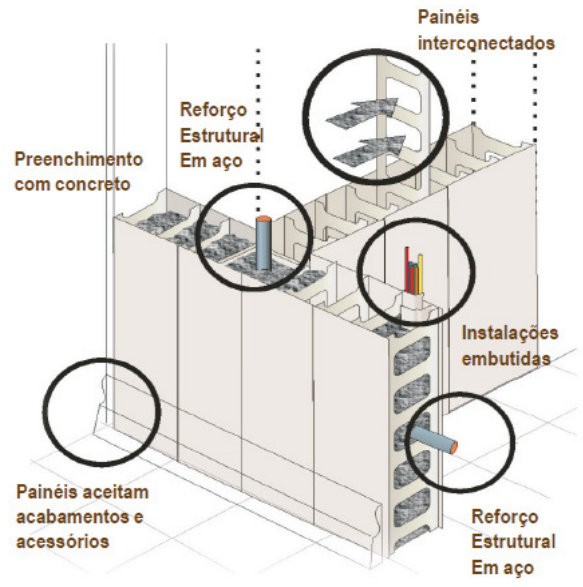
O PVC é um material de grande importância para a construção civil devido a sua versatilidade e possibilidades de aplicações. De toda a demanda de PVC registrada no Brasil anualmente, em média 65% são destinados a esse setor (DEMANDA, 2013).

Dentre sua grande gama de aplicações, há uma direcionada a projetos especiais ou de larga escala, que é o Concreto-PVC. Seu emprego no Brasil já ultrapassa os milhares de unidades somente em edificações populares do programa Minha Casa Minha Vida do Governo Federal (CASA, 2011). No Espírito Santo, essa técnica construtiva vem ganhando espaço em obras públicas, como a de casas

populares construídas por prefeituras municipais (FAMÍLIAS, 2013) e de unidades escolares construídas pela secretaria estadual de educação (GOVERNO, s.d.), algumas das quais foram alvo de protestos por parte dos estudantes e professores devido ao excessivo calor (PROBLEMA, 2012).

A tecnologia do Concreto-PVC consiste na utilização de um sistema modular de fechamento vertical com função estrutural formado por perfis leves de PVC extrudado com encaixes em guias longitudinais, preenchidos com concreto e aço estrutural. Os perfis de PVC, que possuem perfurações nas faces laterais para distribuição uniforme do concreto e colocação de armadura horizontal, formam painéis que servem como formas perdidas para o concreto, podendo receber revestimentos de qualquer natureza, como uma parede comum, ou servir diretamente como acabamento (CAIXA, 2004; BENEFÍCIOS, 2008; FERRARI, 2011), conforme ilustra a Figura 26.

Figura 26 – Sistema Pré-fabricado Concreto-PVC



Fonte: FERRARI, 2011, p.4.

Os perfis de PVC são produzidos com espessura de 64, 100, 150 e 200 mm e comprimento variável, utilizando dióxido de titânio em sua produção. Essa substância propicia a alta capacidade de reflexão da luz solar e garante opacidade, coloração branca e brilho ao material polimérico. Além disso, o PVC

recebe tratamento superficial que promove a proteção à degradação ultravioleta. Quanto a resistência estrutural, os painéis com perfis de 100 mm, utilizados na ECIT, podem suportar carga uniforme vertical de entrepiso de 6 kN/m² com vãos de 6m, em edificações com lajes pré-fabricadas e de até quatro pavimentos (CAIXA, 2004; HOUSING, 2012).

As principais vantagens do sistema, segundo seus fabricantes são a alta produtividade obtida com equipes otimizadas; o bom padrão de acabamento; a eliminação de etapas construtivas dos sistemas convencionais; a possibilidade de obra limpa e com menos desperdício; o controle dos materiais e custos; a proteção do aço e do concreto em ambientes agressivos; a elevada durabilidade dos materiais; a possibilidade de interface com outros materiais; e a facilidade de manutenção e limpeza no pós-uso.

Entre as desvantagens observadas na utilização desse sistema, está a falta de flexibilidade de mudanças, muito comum em obras residenciais como aberturas de vãos e relocação de pontos hidráulico e elétricos, por exemplo. Também foi verificado que em ambientes sem infra estrutura de apoio – como no caso das ilhas oceânicas – o lançamento do concreto no interior dos perfis requer cuidados especiais e planejamento adequado das ações. No caso da ECIT, por exemplo, o lançamento teve que ser feito com baldes tornando a obra suja demandando um esforço adicional para a limpeza do concreto que ficou aderido às superfícies externas dos painéis.

Em Trindade, a iniciativa de se utilizar o sistema construtivo Concreto-PVC vem contribuindo com a redução do impacto ambiental causado pela geração de resíduos em excesso das obras convencionais e também com a diminuição do tempo de execução das construções. Além disso, esse sistema facilita a logística de transporte entre continente/ ilha.

4 – MÉTODO DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO TÉRMICO DA ECIT

4. MÉTODO DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO TÉRMICO DA ECIT

Os procedimentos para avaliar o nível de desempenho térmico da ECIT foram originalmente planejados para serem realizados por meio de medições de campo. Entretanto, devido a ocorrência de situações imprevistas durante as medições, fez-se necessário a adoção de novos procedimentos, os quais se deram por meio de simulação computacional.

Os dados e procedimentos adotados nas medições de campo, porém, apesar de não terem sido utilizados diretamente no desenvolvimento da pesquisa, se encontram detalhados no apêndice A.

4.1. SIMULAÇÃO

Para a realização das simulações, primeiramente foi necessária a escolha do software mais adequado aos objetivos e limitações da pesquisa, sendo posteriormente realizadas as simulações propriamente ditas, conforme a seguir.

4.1.1. Escolha do *software*

Para atender as necessidades referentes à modelagem e à simulação do objeto de estudo, foi necessário a seleção de um *software* capaz de modelar 8.760 horas por ano; efeitos de multazonas, variações horárias de ocupação, potência de iluminação e equipamentos; além de simular ventilação natural, estratégias bioclimáticas e gerar relatórios horários (BRASIL, 2010).

Entre os principais *softwares* que satisfazem a essas exigências e que já sejam utilizados por pesquisadores de eficiência termo-energética no Brasil, segundo Bernabé (2012), estão o *VisualDOE, DOE-2, ECOTEC*, *EnergyPlus* e o *DesignBuilder*. A capacidade de processamento de qualquer um dos softwares citados seria plenamente adequada às necessidades dessa pesquisa, entretanto, optou-se pela utilização do *DesignBuilder* 2.1.0.025 (DESIGNBUILDER SOFTWARE LTDA, 2011) baseado no fato de que esse *software* possui interface gráfica que facilita o seu entendimento; utiliza algoritmos de cálculos do *EnergyPlus* corrigindo suas limitações gráficas (LIMA, 2009); já é validado por meio do método do *BESTEST*/ *ASHARESTD* 140 - 2004 (IBARRA; REINHART, 2009); e por ele já

ter sido utilizado por outros pesquisadores do Laboratório de Planejamento e Projeto (LPP-Ufes), facilitando assim a sua aprendizagem e uso efetivo.

4.1.2. Modelagem e configurações

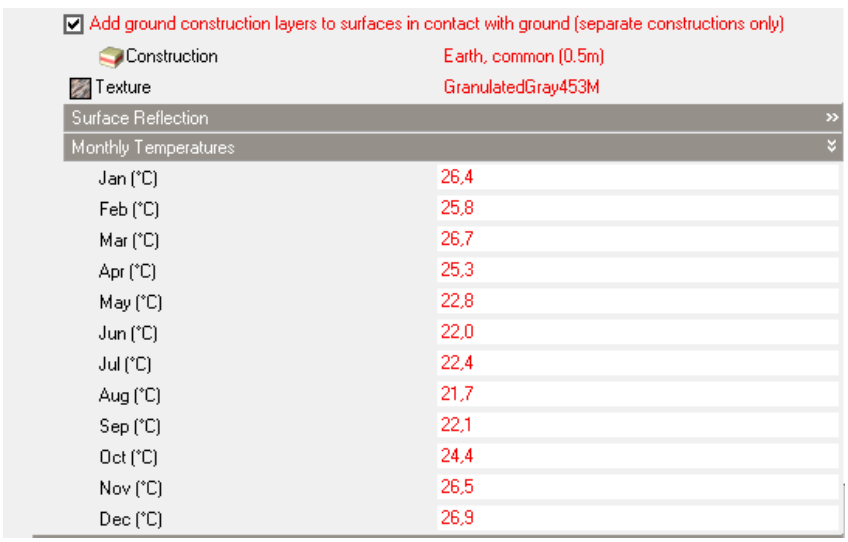
Após a escolha do *software*, iniciou-se criteriosos procedimentos de Modelagem e de Configurações da ECIT.

O primeiro passo antes do início da modelagem foi a caracterização do sítio, para o qual se manteve a configuração padrão do *software* que utiliza a plataforma de análise do *EnergyPlus* (DESIGBUILDER, 2000-2009).

Com base em orientações de Lima (2009) e do RTQ-R (BRASIL, 2010), utilizou-se o arquivo climático de Vitória (LAT20º 32' S; LONG 40º 34' W), por se tratar do local mais próximo de Trindade (LAT20° 30' S; LONG 29° 19' W) a possuir arquivo climático com dados horários de um ano típico de referência, conforme a metodologia empregada por Goulart, Lamberts e Firmino (1998), e compatível com os dados de entrada do *software* escolhido para as simulações. Assim, o arquivo de locação da ECIT foi vinculado ao arquivo TRY da cidade de Vitória (ES), disponibilizado pelo site do Laboratório de Eficiência Energética em Edificações da Universidade Federal de Santa Catarina (LABEEE, 2013).

As temperaturas de solo foram ajustadas adotando-se as médias de temperaturas externas do ar mensais, conforme Tabela 10.

Tabela 10 – Temperaturas de solo.

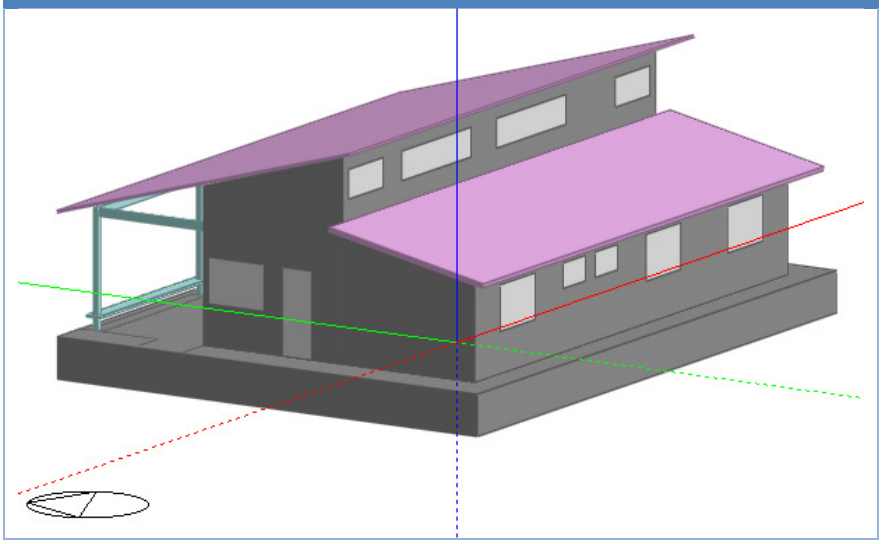


Add ground construction layers to surfaces in contact with ground (separate constructions only)	
Construction	Earth, common (0.5m)
Texture	GranulatedGray453M
Surface Reflection	
Monthly Temperatures	
Jan (°C)	26,4
Feb (°C)	25,8
Mar (°C)	26,7
Apr (°C)	25,3
May (°C)	22,8
Jun (°C)	22,0
Jul (°C)	22,4
Aug (°C)	21,7
Sep (°C)	22,1
Oct (°C)	24,4
Nov (°C)	26,5
Dec (°C)	26,9

Fonte: DesignBuilder 2.1

Após a configurações dos parâmetros iniciais do sítio, procedeu-se a modelagem geométrica da edificação e a adequação de seus respectivos dados (Figura 27).

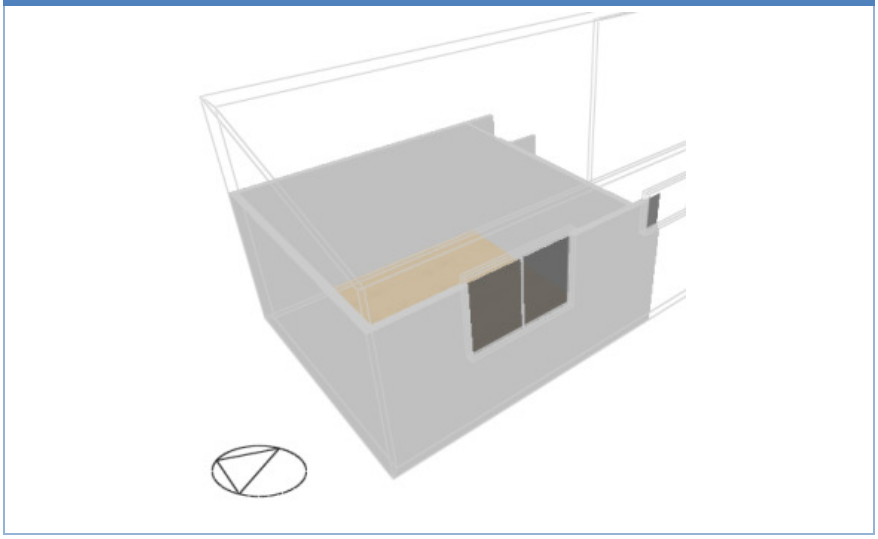
Figura 27 - Modelagem da ECIT no DesignBuilder.



Fonte: Elaborado a partir de DesignBuilder 2.1

No processo de modelagem, cada ambiente foi considerado uma zona térmica independente, com intuito de se obter maior precisão nos resultados durante as simulações (Figura 28).

Figura 28 – Dormitório masculino: exemplo de ambiente modelado como zona independente.



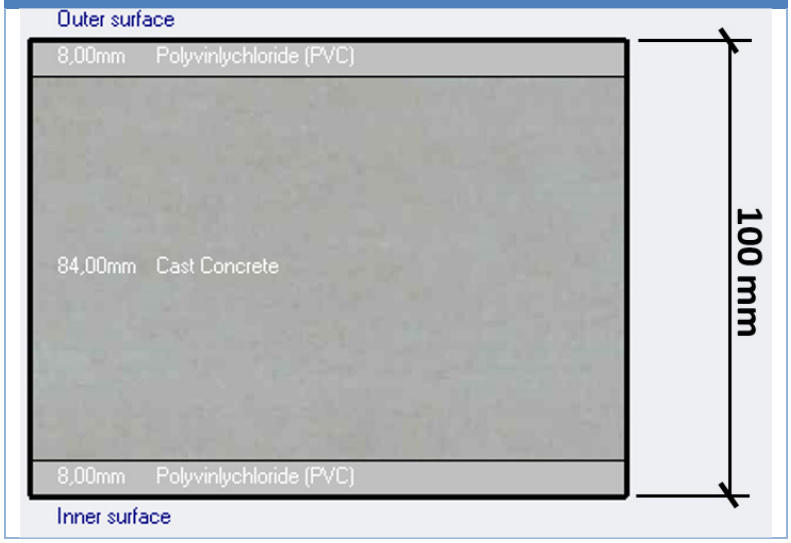
Fonte: Elaborado a partir de DesignBuilder 2.1

O modelo criado foi configurado com dados relacionados às rotinas de utilização, às características construtivas do edifício, às propriedades físicas dos materiais e sistemas construtivos, além de dados ambientais do local. Dessa forma a edificação foi configurada de acordo com os seguintes parâmetros:

- Densidade de ocupação de 0,08 pessoas/m², baseado na capacidade de ocupação máxima de 8 pessoas para a qual a ECIT foi projetada;
- Taxa metabólica de 70 W/m² (1,2 met.), conforme dados da ISO 8996/2004 ou do anexo B da ISO 7730 (ISO 7730,2005) considerando atividade sedentária, como as desenvolvidas em escritórios, residências, escolas e laboratórios.
- Índice de resistência térmica de vestimentas igual a 0,8 clo no inverno e 0,50 clo no verão (ISO 9920/2007), considerando o vestuário normalmente adotado para as condições médias de temperatura nessas duas estações;
- Período de ocupação de sete dias por semana, pois na ilha não há diferenciação de uso durante os finais de semana;
- Carga térmica média gerada por aparelhos elétricos de 11 W/m², considerando os equipamentos existentes e os esporádicos, levados por pesquisadores;
- Densidade de iluminação de 5,17 W/m² e iluminância geral mínima de 150 lux, exceto em ambientes com usos específicos, conforme as diretrizes da NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013c); e
- Uso de ventilação natural configurada no modo "*calculated*" do *DesignBuilder*, que utiliza o algoritmo *AirNet* do *EnergyPlus*, o qual calcula o fluxo de ar no modelo de acordo com as aberturas e diferenças de pressão (ARAÚJO, 2011).

As paredes foram definidas com 10 cm de espessura, sendo duas folhas de PVC de cor branca com 8 mm de espessura cada, preenchidas por 8,4 cm de concreto comum (Figura 29).

Figura 29 - Seção esquemática da parede de Concreto-PVC modelada no *DesignBuilder*.



Fonte: DesigBuilder 2.1

A cobertura foi configurada com telhas planas em PVC de cor branca apoiadas sobre placas de madeira de média densidade e sem forro.

O piso foi configurado com 1,5 cm de cerâmica, assentado sobre 3 cm de argamassa sobre laje de concreto com 10 cm de espessura em contato com o solo.

As esquadrias externas foram configuradas com caixilho de alumínio revestido com PVC branco, com vidro incolor de 6 mm e, no caso específico das janelas dos dormitórios e laboratórios, com venezianas horizontais externas em PVC de cor branca.

O funcionamento de abertura e fechamento das esquadrias para ventilação e sombreamento foram programados por meio de "*schedules*", conforme padrões de uso observados no local, fazendo distinção entre portas internas e externas e de orientação das janelas.

Para a ventilação foi considerado 25% da área de abertura da folha em vidro no período de 21h a 07h e 100% no período de 07h a 21h. Para a folha em veneziana, o coeficiente de descarga foi de 0,6 e o funcionamento seguiu o seguinte padrão de utilização:

I. Venezianas 100% abertas no período das 07h as 13h;
II. Venezianas 75% fechadas no período de 13h as 17h;
III. Venezianas 100% abertas de 17h as 22h; e
IV. Venezianas 100% fechadas no período de 22h as 07h, período que interfere somente na ventilação.

As propriedades térmicas dos componentes da envoltória foram configuradas conforme o banco de dados do *software DesignBuilder* para cada material utilizado na construção da ECIT, de acordo com a Tabela 11.

Tabela 11 – Propriedades térmicas da envoltória da ECIT versus determinações normativas

Variáveis arquitetônicas/ propriedades físicas		Transmitância Térmica (U) W/(m2.K)		Capacidade térmica C_T [kJ/(m^2.K)]	Acabamento de superfícies	Absortância (α)
		DesigBuilder	**NBR 15220:3/2005**			
Cobertura		3,14	U ≤ 2,30 x FT*	Sem exigência pelo RTQ-R	PVC branco	0,7
Paredes externas		2,85	U ≤ 2,20	Sem exigência pelo RTQ-R	PVC branco	0,9
Janelas	Vidro incolor 6mm	6,12	-	-	-	-
	Caixilhos (alumínio revestido c/ PVC)	3,74	-	-	PVC branco	0,7

* FT - Fator de correção da transmitância aceitável para as coberturas da zona 8 (adimensional). Ver item 3.3.6 (Normas)

Fonte: DesigBuilder 2.1; ABNT (2005c) e RTQ-R/2010

As simulações de desempenho térmico consideraram um período de 8.760 horas (1 ano). Nessas simulações foram processadas as temperaturas externas horárias e médias diárias do sítio, além das temperaturas operativas horárias de cada ambiente de permanência prolongada da ECIT. A escolha dos ambientes seguiu as diretrizes do RTQ-R (BRASIL, 2010) que determina a análise de todos os ambientes de permanência prolongada em sua metodologia de análise de desempenho térmico.

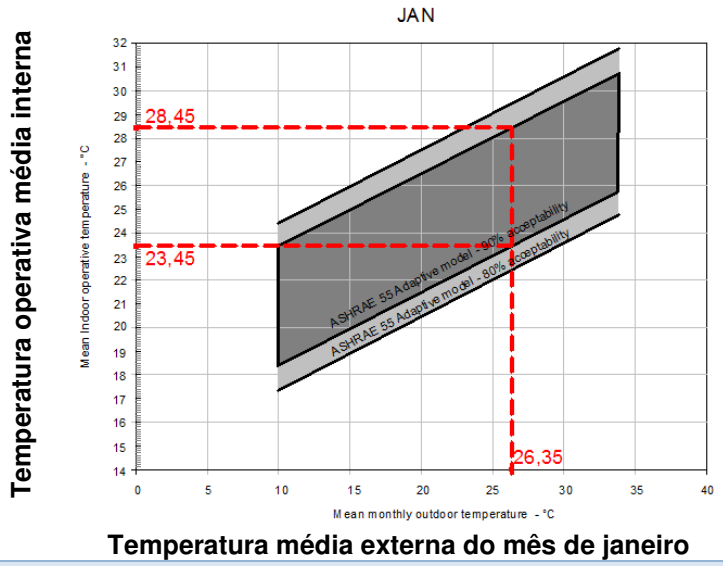
4.2. TRATAMENTO DOS DADOS SIMULADOS

Após a realização das simulações, os dados gerados foram tratados seguindo a metodologia de avaliação de conforto térmico descrita no item 2.2.4.

4.2.1. Determinação da Temperatura Limite de Conforto Térmico

Para a determinação dos intervalos de temperaturas com os limites máximo de conforto térmico, os dados simulados das médias diárias de temperatura externa do sítio foram inseridos mês a mês no gráfico de conforto adaptativo da ASHRAE 55/2004 (Figura 30), obtendo-se o intervalo de temperatura operativa interna de conforto para os meses em estudo (Tabela 12).

Figura 30 - Gráfico de conforto adaptativo da ASHRAE 55 referente ao mês de janeiro.



Fonte: ASHRAE 55 (adaptado)

Tabela 12 – Percentual Limites da temperatura de conforto segundo a ASHRAE 55/2004

MÊS	Média Mensal de Temp. Exterior*	**Temperatura Máxima de Conforto**	Temperatura Mínima de Conforto
JAN	26,35	**28,45**	23,45
FEV	25,76	**28,27**	23,27
MAR	26,65	**28,55**	23,55
ABR	25,34	**28,14**	23,14
MAI	22,84	**27,37**	22,37
JUL	22,38	**27,23**	22,23
AGO	21,69	**27,02**	22,02
SET	22,07	**27,14**	22,13
OUT	24,41	**27,86**	22,85
NOV	26,50	**28,50**	23,50
DEZ	26,86	**28,61**	23,61

*Média mensal da temperatura exterior do sítio simulada com arquivo de vitória, ES.
Fonte: Autor

4.2.2. Intervalo de Confiança (IC)

Após a determinação do limite máximo de conforto térmico para calor, foi calculado um intervalo de confiança das médias de temperaturas diárias do sítio para se trabalhar com uma amostra de dias que representem estatisticamente, dentro de certo nível de confiança, o total de dias válidos para se definir o quanto de desconforto térmico ocorreu em cada ambiente no período analisado.

O cálculo do IC foi realizado para cada mês do ano separadamente, de modo a considerar o período de um ano de acordo com o número de dias do intervalo de cada mês. Em seguida, determinou-se a distribuição de probabilidade por meio da variância, utilizando um nível de significância de 0,01.

Assim, foi possível determinar um intervalo de dias com uma probabilidade referida por um nível de confiança de 99%. Ou seja, nessa estimação por meio do intervalo, determinou-se com 99% de confiança, que os dias selecionados representam estatisticamente os dias válidos para a análise.

Após a delimitação do IC, os dados selecionados foram organizados em dois grupos, sendo um com a sequência anual e o outro, com as estações do ano, considerando-se os seguintes períodos: primavera, entre 23/09 a 20/12; verão, entre 21/12 a 20/03; outono, entre 21/03 a 20/06; e inverno, entre 21/06 a 22/09.

4.2.3. Determinação do GhDT e da FDT

Após a determinação dos intervalos de confiança, os dados selecionados foram organizados em planilhas para confrontação das temperaturas operativas horárias com as faixas de temperaturas máximas de conforto estabelecidas pelo modelo adaptativo da ASHRAE 55, para a faixa de 90% de aceitabilidade.

Em seguida, foi feito um somatório com os valores em graus da temperatura operativa que superaram a faixa limite de temperatura de conforto, obtendo-se os GhDT diários.

Após a determinação do GhDT, contabilizou-se o número de horas diárias de desconforto e, com esses valores, definiu-se a FDT diária para cada ambiente de permanência prolongada da ECIT.

Por fim, tomando como referência a FDT e o GhDT, chegou-se ao gráfico proposto por Sicurella, Evola e Wurtz (2012), que estabelecem os Diagramas de Flutuação Térmica (gráficos de dispersão), apresentados em 2.1.3, demonstrando os níveis de desconforto térmico de cada ambiente da ECIT para cada estação do ano.

Esses diagramas, juntamente com os gráficos de temperaturas limite de conforto estão apresentados no capítulo Resultados e Discussão.

5 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

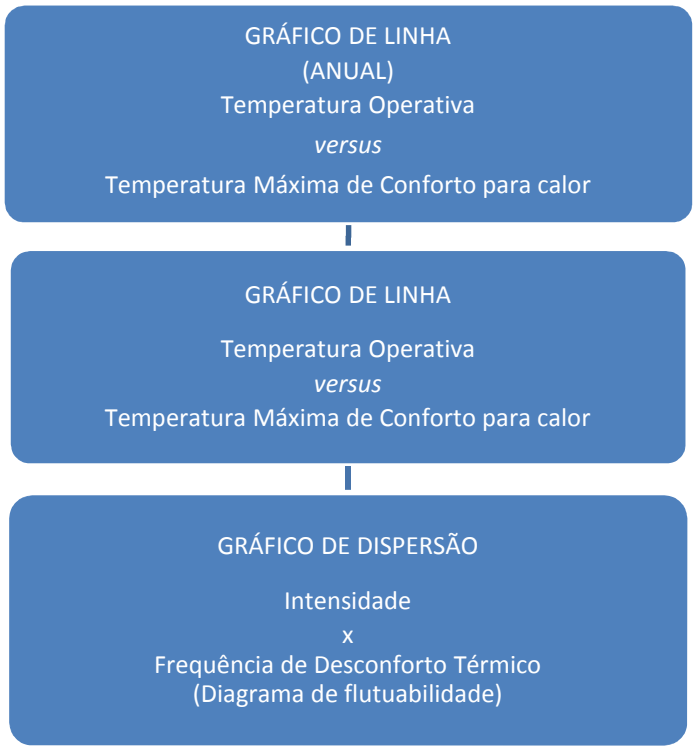
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES

Os resultados obtidos a partir do desenvolvimento da metodologia de simulação seguem apresentados em dois tipos distintos de gráficos para cada ambiente de permanência prolongada da ECIT: de temperatura operativa *versus* temperatura máxima de conforto (gráfico de linhas); e de GhDT *versus* frequência de desconforto térmico (gráfico de dispersão).

Os gráficos são demonstrados para cada ambiente de permanência prolongada, seguindo uma hierarquia que abrange primeiramente um cenário anual, passando aos cenários de cada estação do ano que apresentaram desconforto térmico e, por fim, ao diagrama de flutuabilidade que relaciona intensidade com a frequência de desconforto ocorrida no respectivo ambiente. A hierarquia de apresentação dos gráficos se dá conforme exemplificado no Quadro 7 abaixo:

Quadro 7 - Estrutura de apresentação dos gráficos com resultados simulados



Fonte: Autor

Durante o período simulado, foi possível diagnosticar os momentos em que a temperatura operativa superou a temperatura máxima de conforto. Nos períodos em que isso foi identificado, procurou-se analisar o nível de desconforto de acordo com a frequência e o GhDT em que ocorreu.

Os gráficos de linha, ou de temperaturas limite de conforto estabelecidas pela ASHRAE 55, traçam um paralelo entre o limite máximo das temperaturas médias mensais de conforto com as temperaturas operativas dos respectivos ambientes, permitindo identificar os períodos de ocorrência de desconforto térmico.

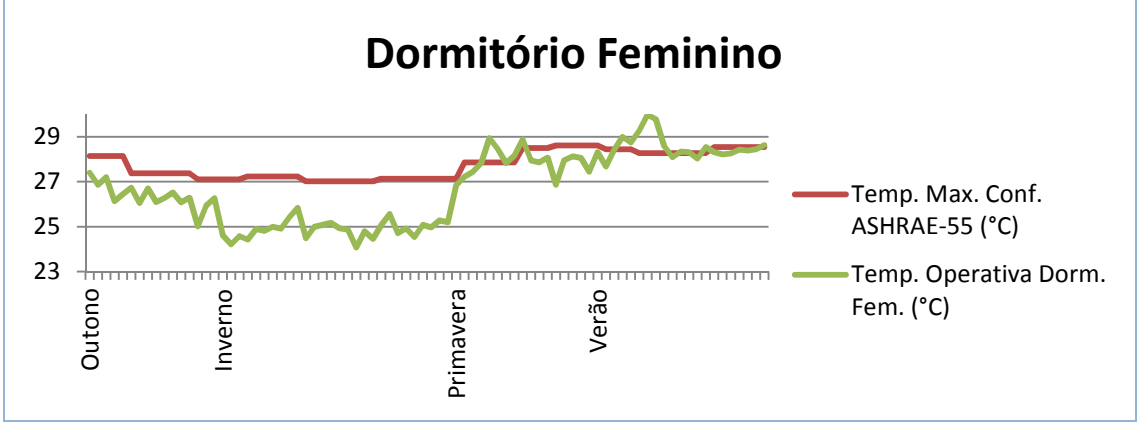
Já os gráficos de dispersão, ou GhDT *versus* frequência, permitem a análise dos graus-horas de desconforto térmico obtido por meio do somatório de graus-hora de desconforto térmico (GhDT) e da frequência de desconforto térmico (FDT) no dia.

Segue a apresentação dos resultados obtidos para cada ambiente analisado.

5.1.1. Dormitório Feminino

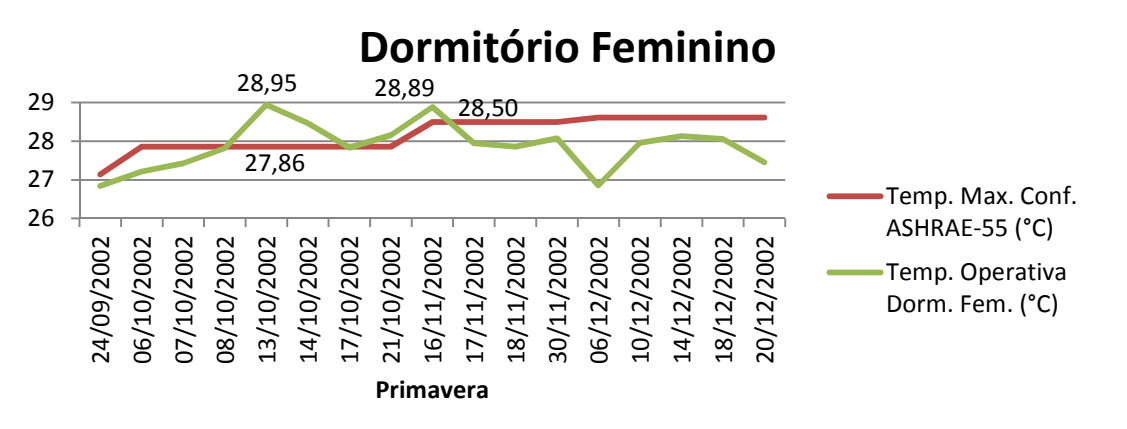
O gráfico da Figura 31 compara a temperatura máxima de conforto para calor com a temperatura operativa do Dormitório Feminino durante o período de um ano, segmentado de acordo com as respectivas estações climáticas. Observa-se que apenas nos períodos da Primavera e de Verão foram constatadas temperaturas acima do limite máximo de conforto estabelecido pela ASHRAE 55. Esses dois períodos estão detalhados nas Figuras 32 e 34.

Figura 31 – Temp. operativa *versus* temperatura máxima de conforto para calor (anual)



Fonte: autor

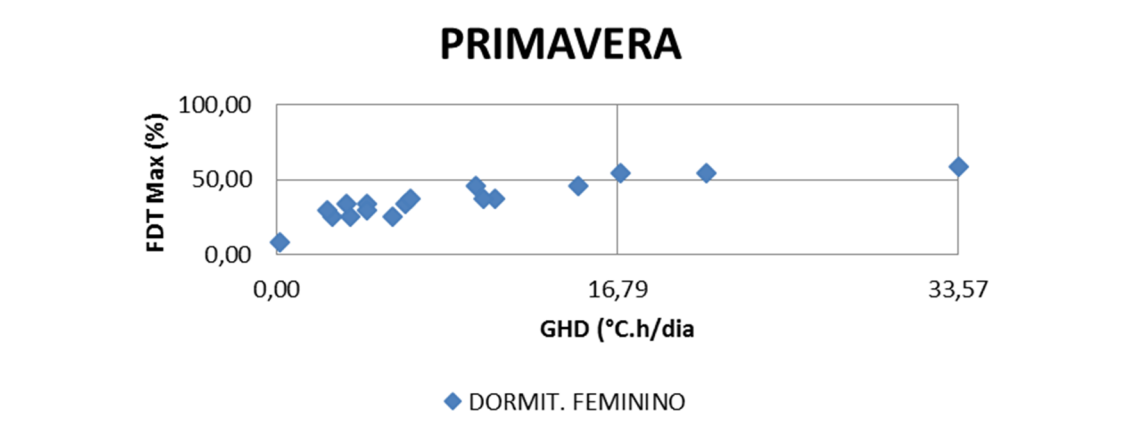
Figura 32 – Temp. operativa *versus* temp. máxima de conforto para calor (Primavera)



Fonte: autor

A Figura 32 demonstra a ocorrência de desconforto térmico entre os meses de outubro a novembro durante o período da Primavera. Observa-se a incidência máxima de desconforto em dois picos de temperatura operativa. O primeiro, ocorrido em 13/10, em que a TO superou a TMCT em 1,09°C; e o segundo, ocorrido em 16/11, com TO apenas 0,39°C acima da TMCT.

Figura 33 – Diagrama de flutuabilidade para a Primavera



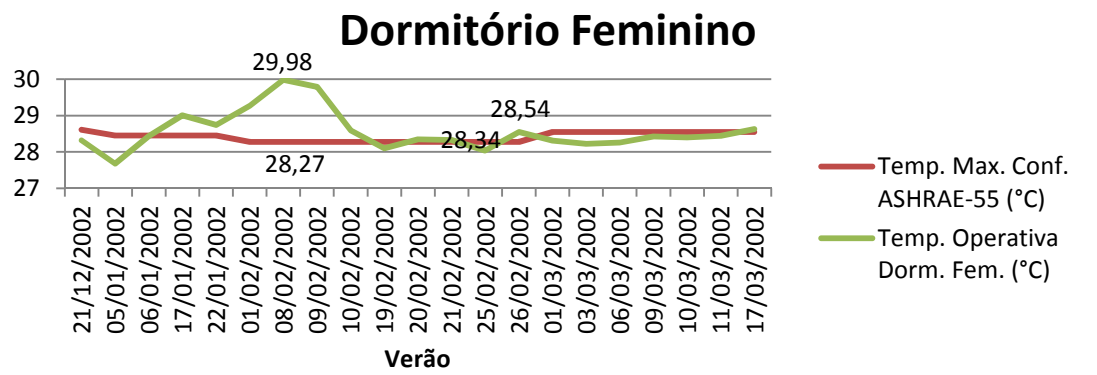
Fonte: autor

O Diagrama de flutuabilidade da Primavera (Figura 33) apresenta uma grande concentração de pontos na zona 1, com ocorrência de desconforto térmico temporário e leve em 82% do período, e desconforto térmico frequente e intenso durante 18% do período (zona 4). O GhDT máximo de desconforto foi de

aproximadamente 33℃/h e a frequência diária máxima ficou em 58%, que corresponde a aproximadamente 14h do dia.

A Figura 34 demonstra que, no período do verão, a ocorrência de desconforto se deu durante os meses de janeiro e fevereiro. O pico máximo de desconforto ocorreu no dia 08 de fevereiro com TO 1,71℃ acima de TMCT. Já no dia 20/02 e 26/02 houve registro de outros dois picos, que ultrapassaram o limite da temperatura de conforto em 0,07℃ e 0,27℃ respectivamente.

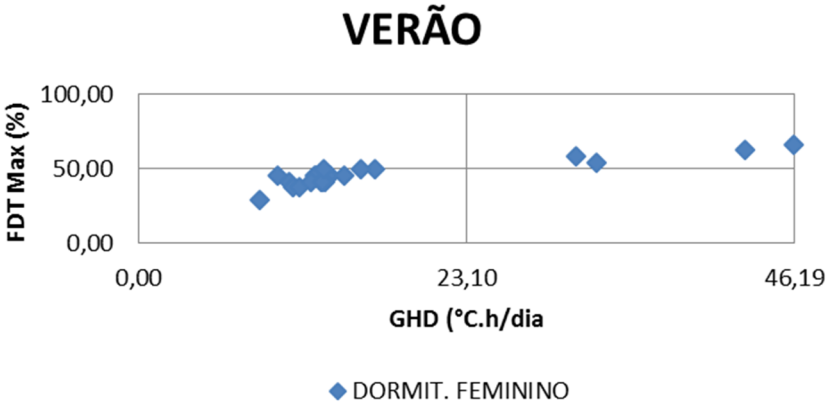
Figura 34 – Temp. operativa *versus* temperatura máxima de conforto para calor - Verão



Fonte: autor

O Diagrama de flutuabilidade do Verão (Figura 35) demonstra uma maior concentração de pontos na zona 1, bem próximo à linha de frequência média, e poucos pontos na zona 4. Essa distribuição indica que, durante os dias analisados, em 19% do tempo houve desconforto frequente e intenso (Zona 4); em 67% houve desconforto temporária e leve (Zona 1); e em 14% do tempo a distribuição ficou entre as zonas 1 e 2, onde a frequência diária é de 50%.

Figura 35 – Diagrama de flutuabilidade para o Verão



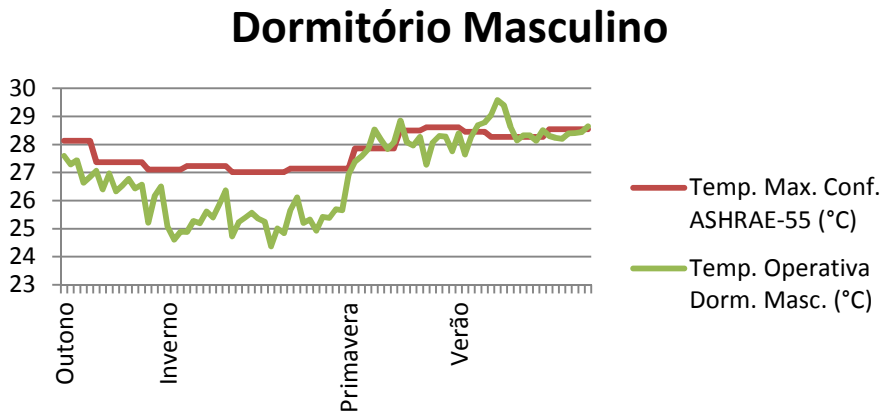
Fonte: autor

O GhDT máximo registrado no dormitório feminino durante o verão atingiu 46℃/h. Já a frequência máxima diária chegou próxima de 70% (16,8 horas/dia) e a mínima em torno de 30% (7,2 horas/dia).

5.1.2. Dormitório Masculino

O gráfico da Figura 36 apresenta os valores diários da temperatura máxima de conforto para calor e da temperatura operativa do Dormitório Masculino durante o período de um ano, segundo as estações do ano.

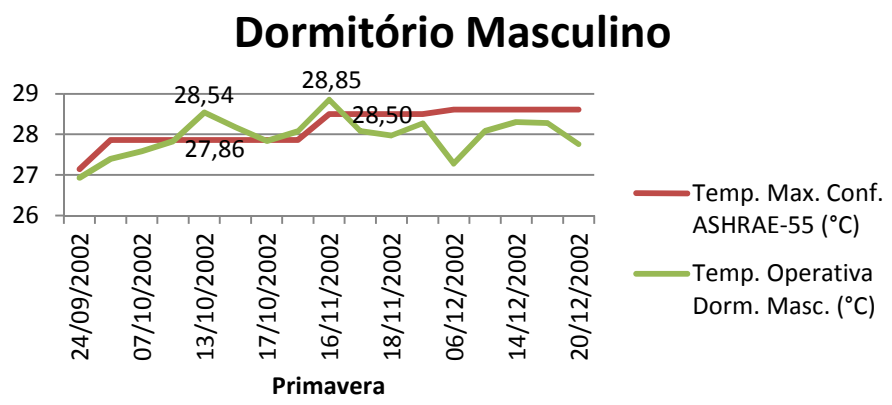
Figura 36 – Temp. operativa *versus* temperatura máxima de conforto para calor – Anual



Fonte: autor

Assim como no dormitório feminino, no dormitório masculino registrou-se desconforto térmico apenas nos períodos da primavera e do verão, conforme demonstrado nas Figuras 37 e 39.

Figura 37 – Temperatura Operativa *versus* TMCT para calor - Primavera

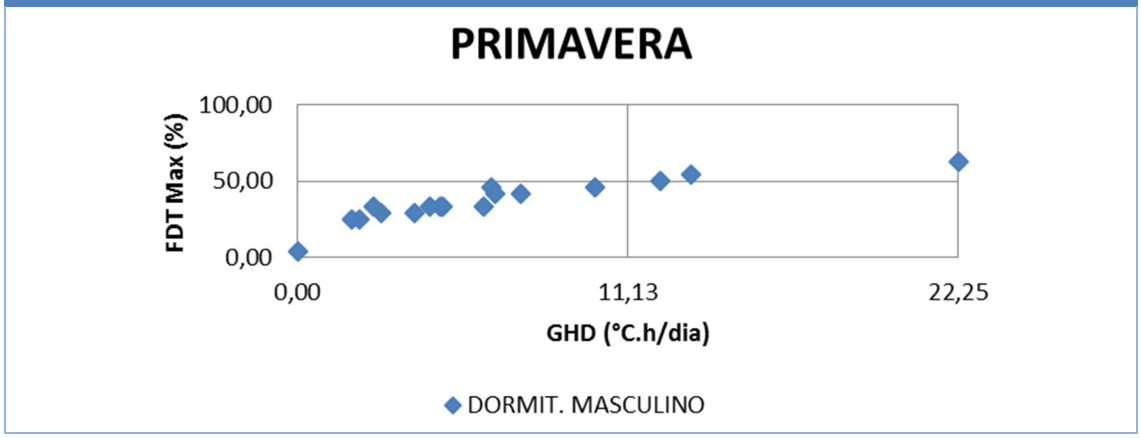


Fonte: autor

Observa-se na Figura 37 que no período da primavera ocorreu desconforto nos meses de outubro e novembro, com a TO superando a TMCT em 0,68℃ no dia 13/10 e em 0,35℃ no dia 16/11.

Pelo diagrama de flutuabilidade da Figura 38, constata-se que houve desconforto leve e temporário (Zona 1) cerca de 82% do período; desconforto frequente e intenso em 12% dos dias; e que em 6% do período o desconforto foi registrado na transição das zonas 3 e 4. Durante o período da primavera a frequência diária de desconforto variou entre 30% a 62% de cada dia, o que representa uma duração de desconforto diário de 7h e 15h, respectivamente. Já o GhDT atingiu os 22℃/h.

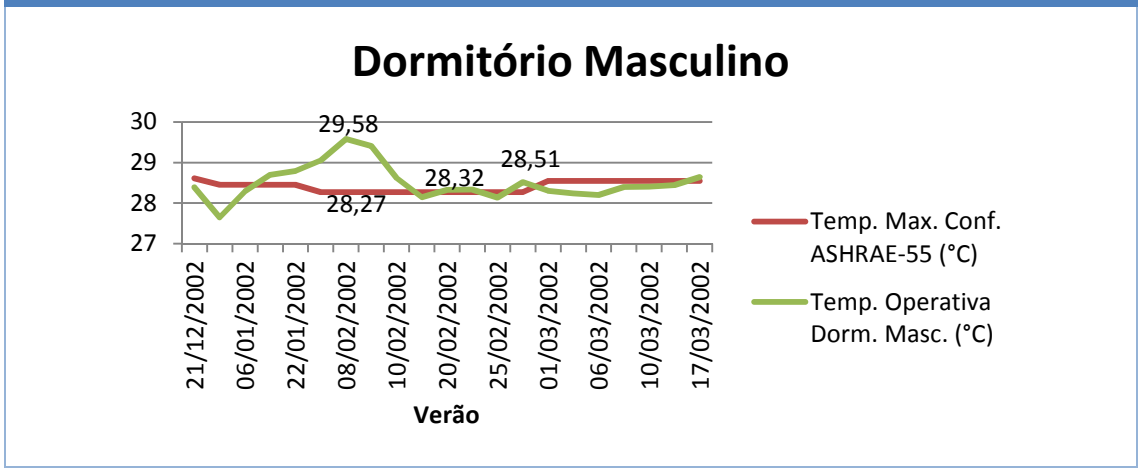
Figura 38 – Diagrama de flutuabilidade para a Primavera



Fonte: autor

A Figura 39 demonstra que o dormitório masculino no período do verão apresentou desconforto térmico no mês de fevereiro, com pico de desconforto em 08/02, dia em que a TO ficou 1,31℃ acima da TMCT.

Figura 39 – TO *versus* TMCT para calor - Verão

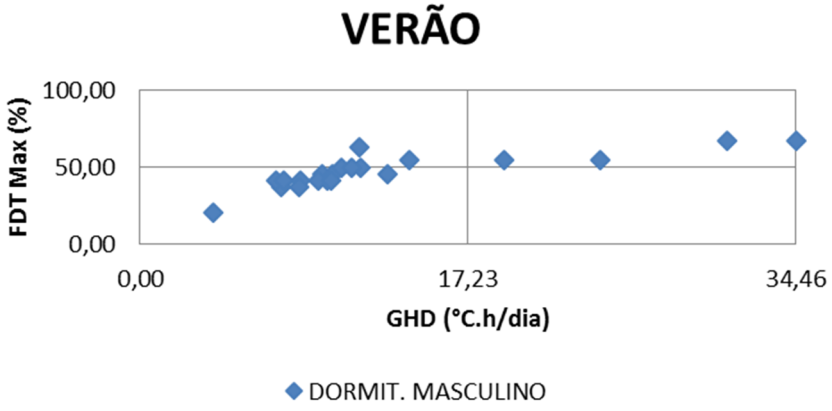


Fonte: autor

O Diagrama de Flutuabilidade (Figura 40) indica que, no período de verão, o dormitório masculino apresentou desconforto térmico leve e temporário (Zona 1) durante 57% do tempo, com frequência diária ente 37% a 50%; desconforto leve e frequente durante10% do tempo (zona 2), com frequência diária próxima de 70%; desconforto térmico frequente e intenso durante 19% do tempo (zona 4), com frequência diária próxima de 70%; e que 14% dos dias de desconforto

ficaram entre as zonas 01 e 02, com frequência diária de desconforto de 12h por dia (50%).

Figura 40 – Diagrama de flutuabilidade para o Verão

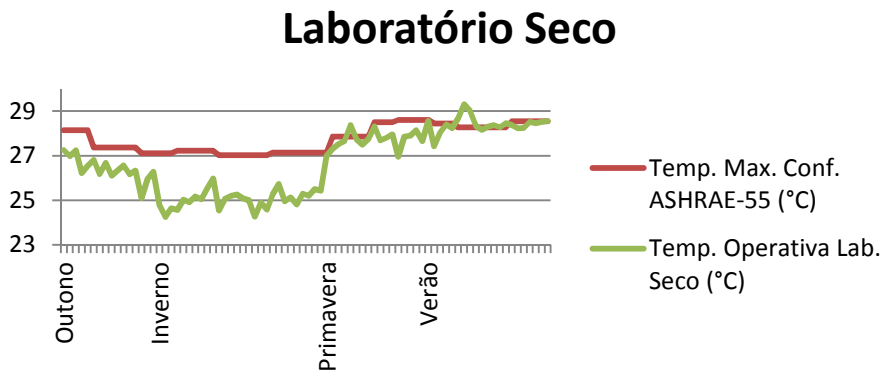


Fonte: autor

5.1.3. Laboratório Seco

A Figura 41 apresenta os valores diários para cada estação do ano, das temperaturas máxima de conforto e operativa, referente ao Laboratório Seco.

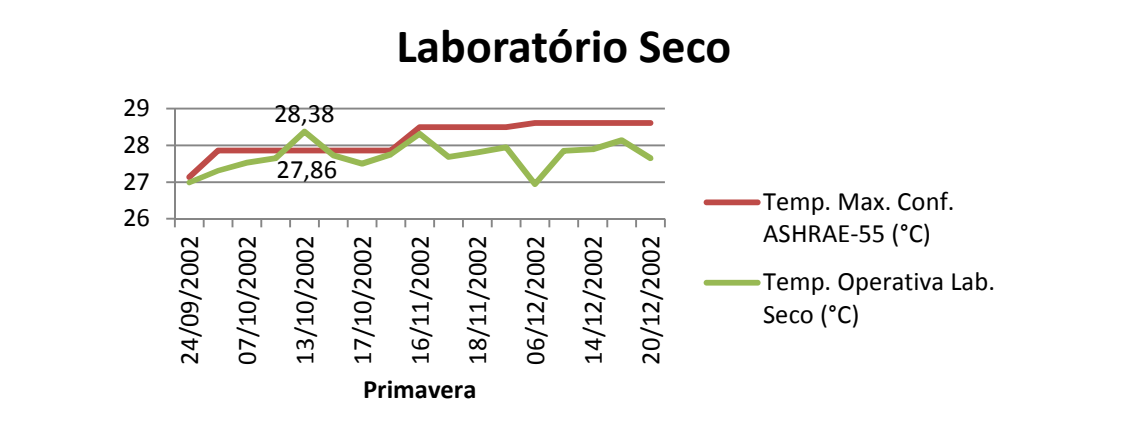
Figura 41 – Temp. operativa *versus* temperatura máxima de conforto para calor - Anual



Fonte: autor

Registra-se desconforto térmico apenas nos períodos da primavera e do verão, conforme demonstrado nas Figuras 42 e 44.

Figura 42 – TO *versus* TMCT para calor - Primavera

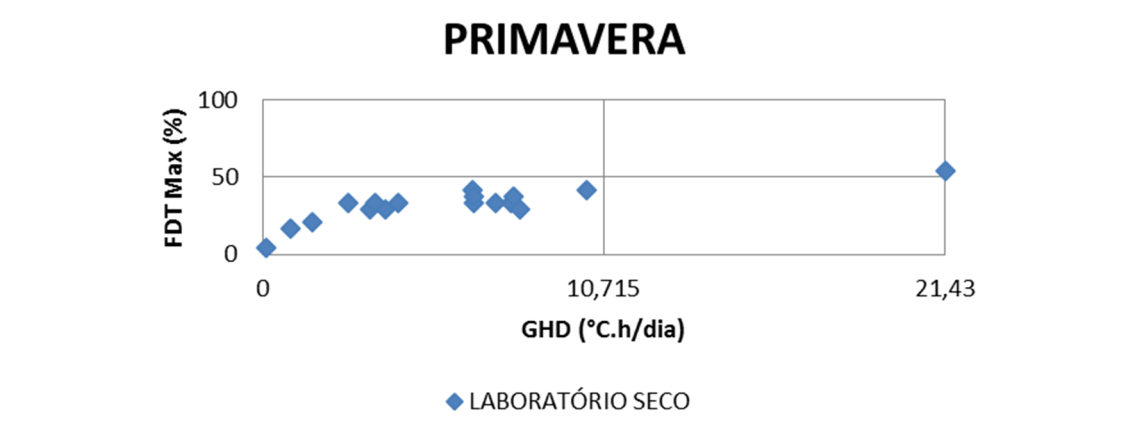


Fonte: autor

No período da primavera, o auge do desconforto térmico se deu em 13/10, com TO 0,52℃ acima da TMCT.

O Diagrama de Flutuabilidade do Laboratório Seco na Primavera (Figura 43) indica em 94% do período desconforto temporário e leve (zona 1). A FDT predominou entre a faixa de 20% (4,8h) a 40% (9,6h) dos dias. Em apenas 6% do período de primavera o desconforto se apresentou frequente e intenso (zona 4).

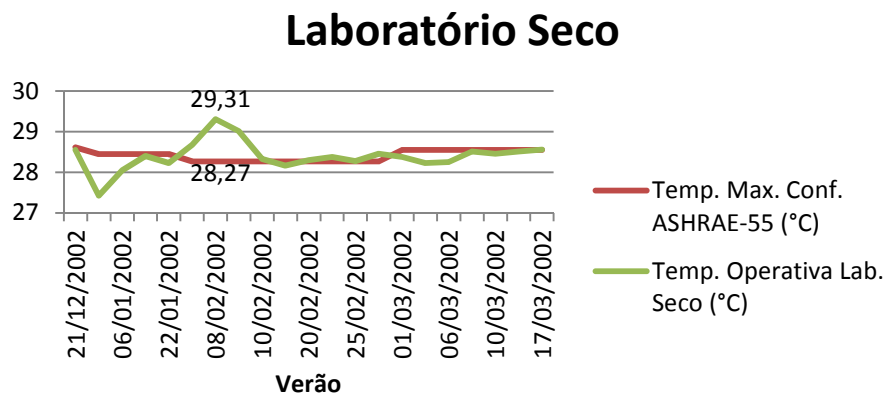
Figura 43 – Diagrama de flutuabilidade para a Primavera



Fonte: autor

A Figura 44 demonstra que o Laboratório Seco no Verão apresentou TO com suave oscilação em torno da TMCT para ambientes naturalmente ventilados. O desconforto máximo ocorreu em 08/02 com TO 1,04°C acima da temperatura limite de conforto.

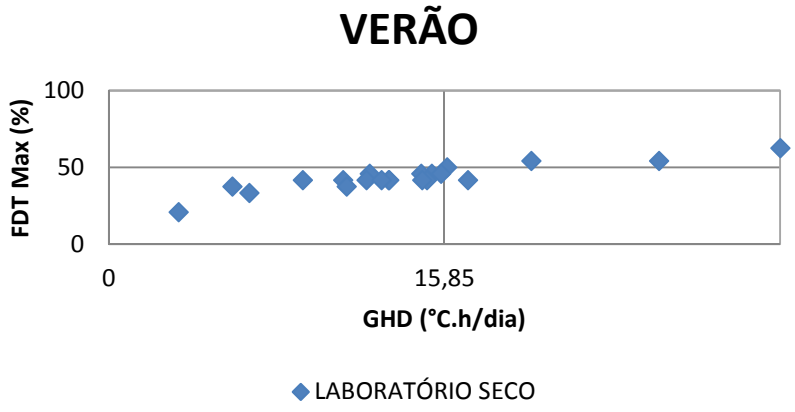
Figura 44 – TO *versus* TMCT para calor - Verão



Fonte: autor

O diagrama de flutuabilidade do Verão para o Laboratório Seco (Figura 45) demonstra desconforto temporário e leve (zona 1) em 43% do tempo; desconforto temporário e intenso (zona 3) em 38% do tempo; desconforto frequente e intenso (zona 4) em 14% do tempo; já os 5% restantes ficaram na transição de 50% de frequência, entre as zonas 3 e 4. A FDT diária oscilou entre 30% a 60% do tempo (7 a 14h diárias) e o GhDT ficou próximo de 31,7 °C/h.

Figura 45 – Diagrama de flutuabilidade para o Verão

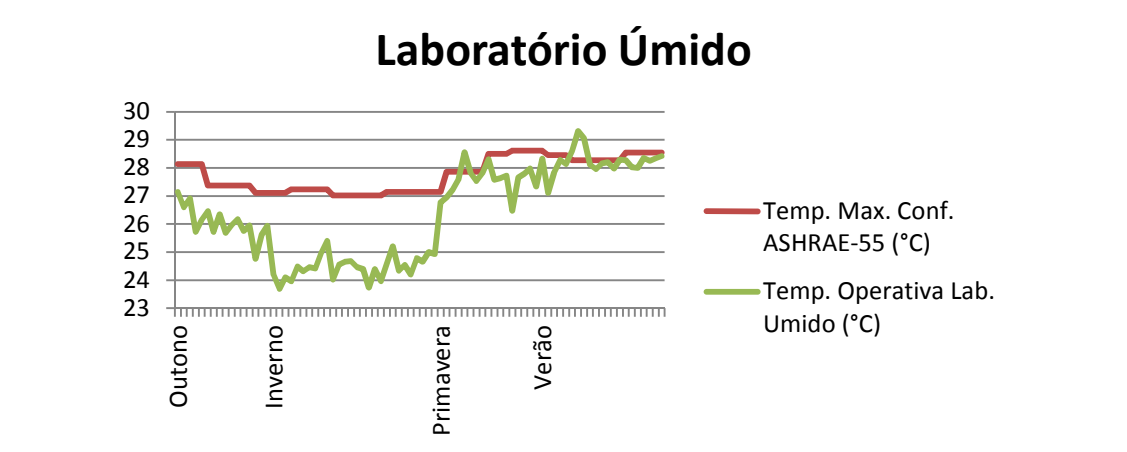


Fonte: autor

5.1.4. Laboratório Úmido

O Gráfico do Laboratório Úmido (Figura 46) indica um comportamento térmico semelhante ao padrão dos ambientes analisados anteriormente, com presença de desconforto térmico nos períodos de primavera e verão.

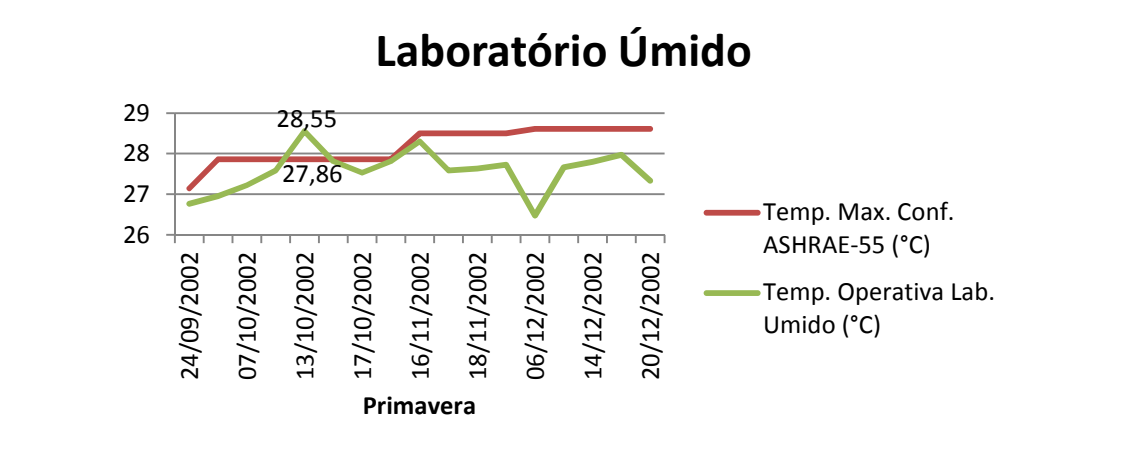
Figura 46 – Temperatura operativa *versus* temp. máxima de conforto para calor - Anual



Fonte: autor

Na ampliação do período da primavera (Figura 47), percebe-se um suave pico de calor registrado no dia 13/10, no Laboratório Úmido, com TO 0,69°C acima da TMCT.

Figura 47 – TO *versus* TMCT para calor - Primavera

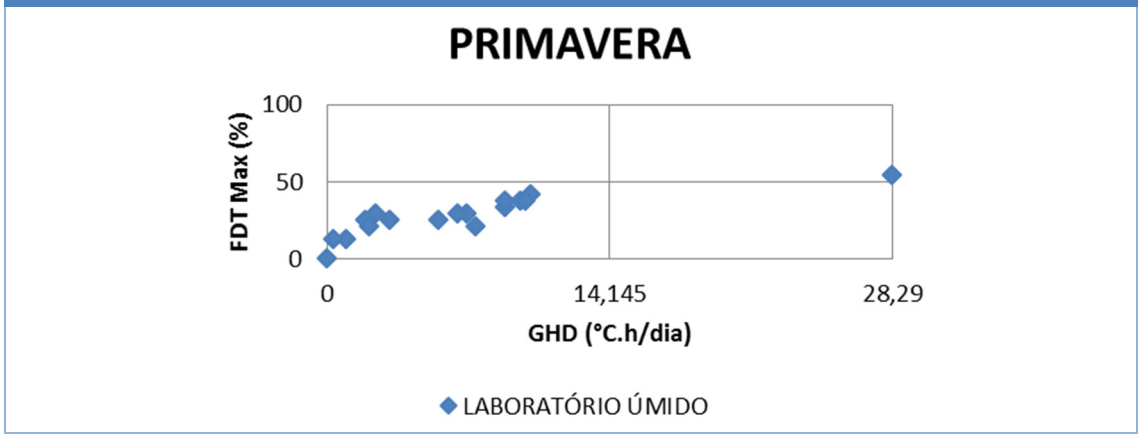


Fonte: autor

Pelo diagrama de flutuabilidade da Figura 48, constata-se uma concentração quase que total dos pontos na zona 1 (94%), indicando que no Laboratório Úmido

durante a primavera houve uma predominância quase absoluta de desconforto térmico temporário e leve (zona 1), com frequências diárias predominantes de até 6h (25% do dia). Em apenas 6% do período da primavera o desconforto se apresentou de modo frequente e intenso (zona 4), com duração de 12h diárias.

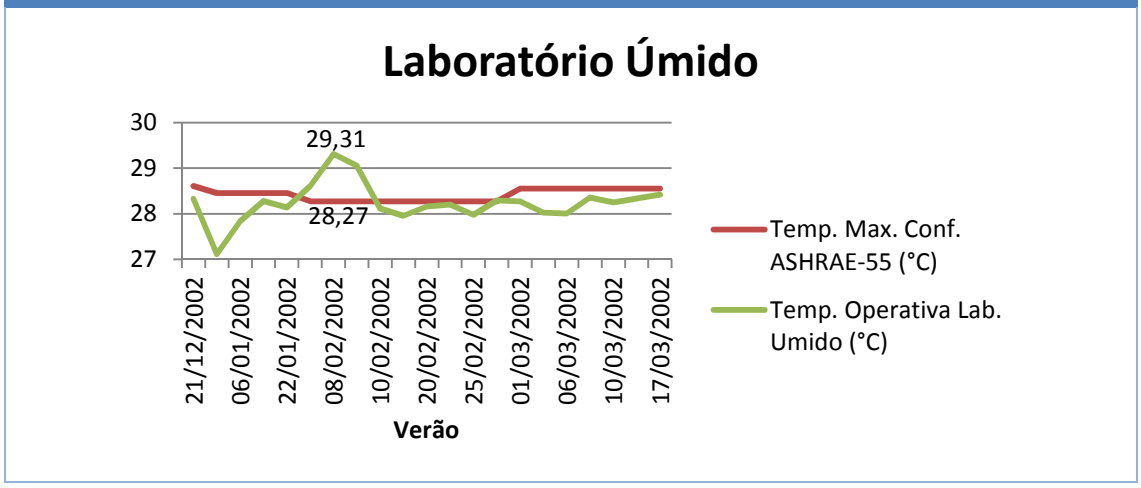
Figura 48 – Diagrama de flutuabilidade para a Primavera



Fonte: autor

A Figura 49 demonstra uma ampliação do gráfico de TO *versus* TMCT para o Laboratório Úmido no período de Verão. Observa-se no traçado das temperaturas que em apenas um momento a TO ficou acima da TMCT, com pico de 1,04℃ no dia 08/02, permanecendo o restante do tempo dentro dos limites de temperatura de conforto para ambientes ventilados naturalmente.

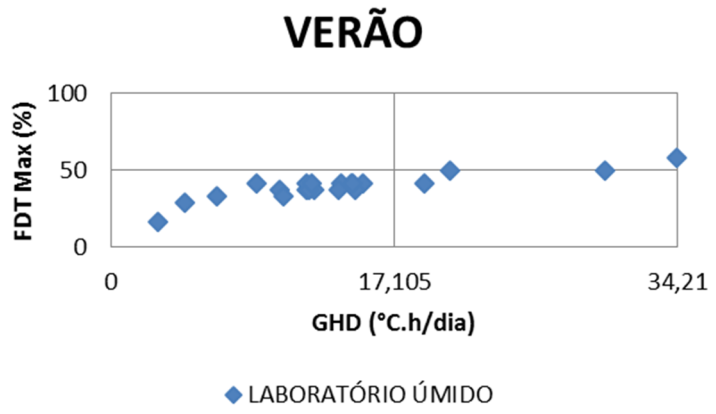
Figura 49 – TO *versus* TMCT para calor – Verão



Fonte: autor

O diagrama de flutuabilidade do Laboratório Úmido no período de Verão (Figura 50) demonstra que o desconforto se apresentou de modo temporário e leve (zona 1) em 80% desse período; de modo temporário e intenso em 5% do tempo; de modo frequente e intenso em 5% do tempo; e nos demais dias do verão (10%), na transição das zonas 3 e 4. A FDT predominante foi de 45% dos dias (9,6h), e o GhDT atingiu os 34℃/h.

Figura 50 – Diagrama de flutuabilidade para o Verão

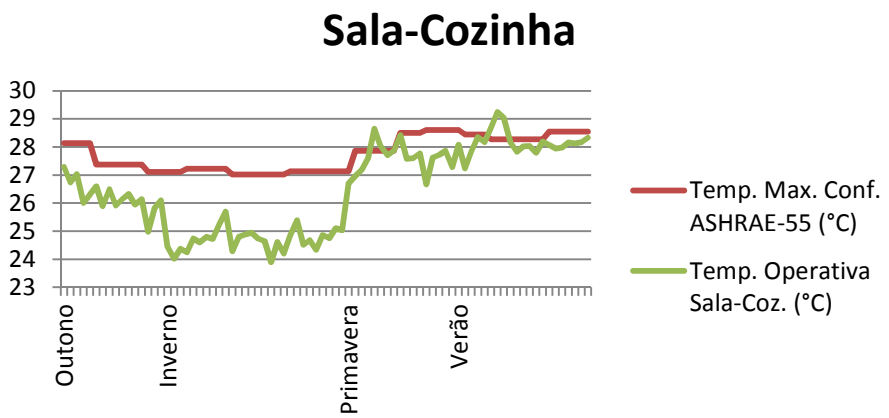


Fonte: autor

5.1.5. Sala / Cozinha

No Gráfico TO x TMCT da Sala-cozinha (Figura 51) foram observados os mesmos padrões de comportamento térmico dos demais ambientes da ECIT, com TO dentro dos limites de conforto no Outono e Inverno, e pequenos momentos de desconforto térmico para calor na Primavera e Verão.

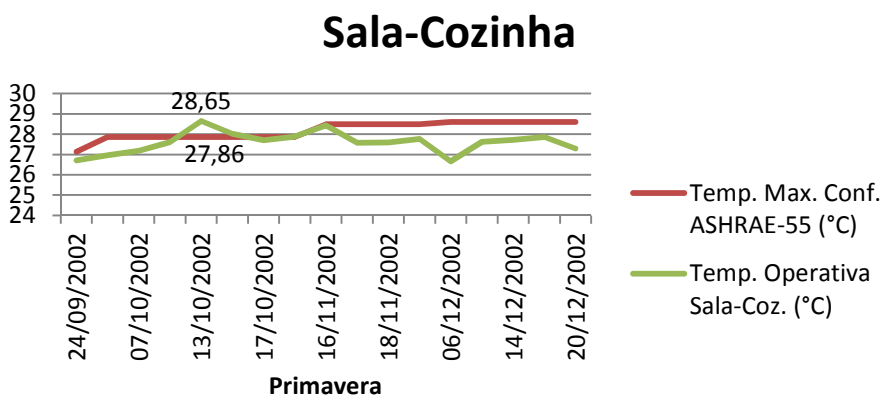
Figura 51 – Temperatura operativa *versus* temp. máxima de conforto para calor - Anual



Fonte: autor

Na ampliação do Gráfico TO x TMCT para a primavera (Figura 52), pode-se observar um curto período de desconforto com pico de temperatura de 28,65℃ no dia 13/10, dia em que TO ficou 0,79℃ acima da TMCT.

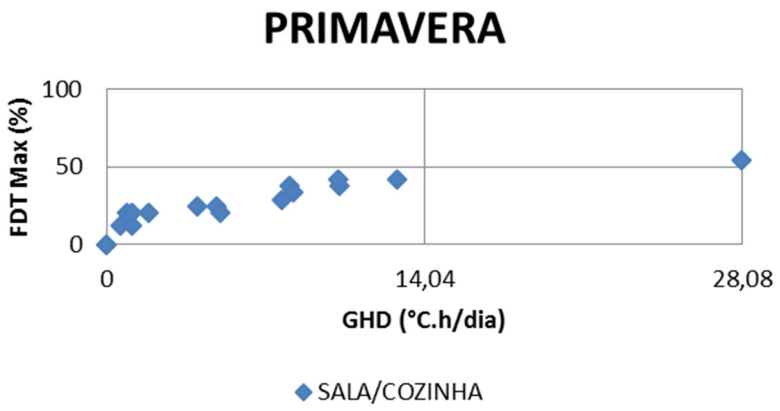
Figura 52 – TO *versus* TMCT para calor - Primavera



Fonte: autor

Pelo diagrama de flutuabilidade da sala-cozinha na primavera (Figura 53), constata-se a ocorrência de desconforto térmico leve e temporário em 94% do período, sendo os 6% restantes caracterizado por desconforto frequente e intenso. A FDT predominante variou entre 20% (4,8 horas) e 40% (9,6 horas). Já o GhDT atingiu os 28℃/h.

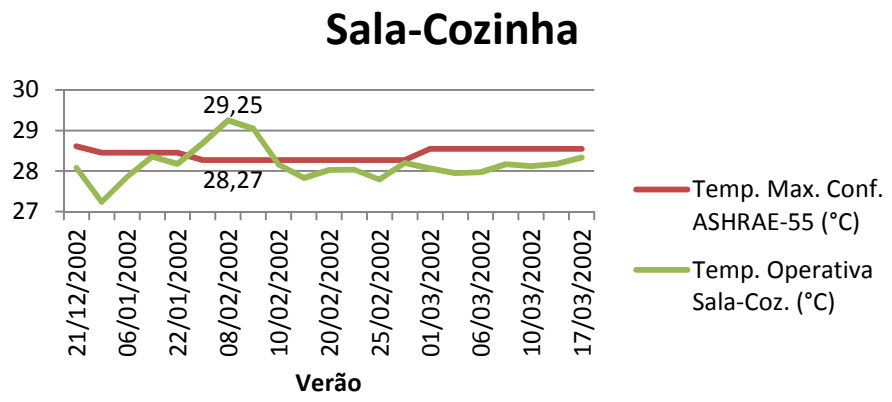
Figura 53 – Diagrama de flutuabilidade para a Primavera



Fonte: autor

Já no período de verão, o Gráfico TO *versus* TMCT da sala-cozinha (Figura 54) evidencia um pico de calor de 29,25℃ no dia 08/02, com TO 0,98℃ acima de TMCT.

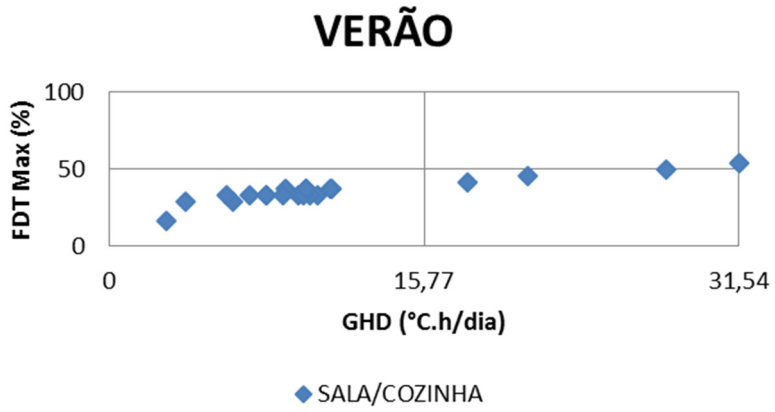
Figura 54 – TO *versus* TMCT para calor - Verão



Fonte: autor

Nesse mesmo período pode-se observar pelo diagrama de flutuabilidade para o verão (Figura 55) a ocorrência de desconforto térmico temporário e leve (Zona 2) em 80% do tempo; desconforto temporário e intenso (zona 3) em 10% do tempo; desconforto frequente e intenso (zona 4) em 5% do tempo; e os 5% restantes na transição das zonas 3 e 4.

Figura 55 – Diagrama de flutuabilidade para o Verão



Fonte: autor

A FDT predominante foi em torno dos 30% (7h diárias) e o GhDT atingiu 31,54℃/h.

Compilando os dados obtidos para todos os ambientes analisados, foi possível construir a Tabela 13, a qual indica a distribuição do percentual de tempo em que houve desconforto de acordo com o método proposto por Sicurella, Evola e Wurtz (2012).

Tabela 13 – Percentual de tempo de desconforto térmico por ambiente simulado.

Zonas de desconforto térmico	Zona 01 (Temporário e Leve)		Zona 02 (Frequente e Leve)		Zona 03 (Temporário e Intenso)		Zona 04 (Frequente e Intenso)		Transição Zonas 1 e 2		Transição Zonas 3 e 4	
Estação do ano	Primavera	Verão	Primavera	Verão	Primavera	Verão	Primavera	Verão	Primavera	Verão	Primavera	Verão
Dormitório feminino	82%	67%	-	-	-	-	18%	19%	-	14%	-	-
Dormitório masculino	82%	57%	-	-	-	-	12%	19%	-	14%	-	-
Laboratório seco	94%	43%	-	-	-	38%	6%	14%	-	-	-	5%
Laboratório úmido	94%	80%	-	-	-	5%	6%	5%				10%
Sala-cozinha	94%	80%	-	-	-	10%	6%	5%	-	-	-	5%

Fonte: Autor

A partir da elaboração da síntese dos dados, verificou-se que nas estações do ano em que foi registrado desconforto, os valores obtidos não atingiram níveis compatíveis com as Zona 02 (desconforto térmico frequente e leve) e que a ocorrência de desconforto concentrou-se na Zona 01 (leve e temporário), podendo-se afirmar que, de um modo geral, a ECIT apresentou bom desempenho térmico para ambientes ventilados naturalmente.

Além disso, outro dado que leva a essa afirmativa está no quanto a Temperatura Operativa encontrada ultrapassou a Temperatura Máxima de Conforto ao longo do ano, conforme Tabela 14.

Tabela 14 – Picos de temperaturas registradas nas simulações.					
Ambiente	Pico de TO (°C)	TMCT (°C)	TO acima da TMCT (°C)	Data	Estação do Ano
Dormitório Feminino	28,95	27,86	1,09	13/10	Primavera
	28,89	28,50	0,39	16/11	Primavera
	29,98	28,27	1,71	08/02	Verão
Dormitório Masculino	28,54	27,86	0,68	13/10	Primavera
	28,85	28,50	0,35	16/11	Primavera
	29,58	28,57	1,31	08/02	Verão
Laboratório Seco	28,38	27,86	0,52	13/10	Primavera
	29,31	28,27	1,04	08/02	Verão
Laboratório Úmido	28,55	27,86	0,69	13/10	Primavera
	29,31	28,27	1,04	08/02	Verão
Sala-Cozinha	28,65	27,86	0,79	13/10	Primavera
	29,25	28,27	0,98	08/02	Verão

Fonte: Autor

Os picos verificados não apresentam valores elevados em relação ao limite máximo de conforto. O maior pico de temperatura foi registrado durante o verão no Dormitório Feminino em que a TO ultrapassou em 1,71°C a TMC.

Dentre os ambientes simulados, percebe-se que os melhores desempenhos foram registrados nos cômodos localizados na fachada principal, a qual é sombreada pela cobertura da varanda e cuja orientação está circunscrita entre os quadrantes NE e SE, os quais estão voltados para direção predominante do vento. Sob esse aspecto, os dormitórios que apresentam piores condições de ventilação foram também os que apresentaram piores desempenhos térmicos.

Os laboratórios Seco e Úmido apresentaram desempenhos semelhantes na Primavera e bastante diferentes no Verão. Nesse período, o Laboratório Seco apresentou um desempenho bastante inferior em relação ao Úmido. Embora ambos possuam aberturas que propiciem a ventilação cruzada, o Seco possui

uma área de aberturas menor em relação ao Úmido (Tabela 7 – item 3.2.1) e, além disso, recebe insolação tanto no período da manhã quanto da tarde.

O ambiente com melhor desempenho durante o Verão (período em que são registradas as maiores temperaturas) foi a Sala/Cozinha. Esse ambiente é o que possui a maior volume e percentual de aberturas da ECIT, conforme demonstrado na Tabela 8 – item 3.2.1, as quais estão distribuídas de modo a favorecer a ventilação cruzada.

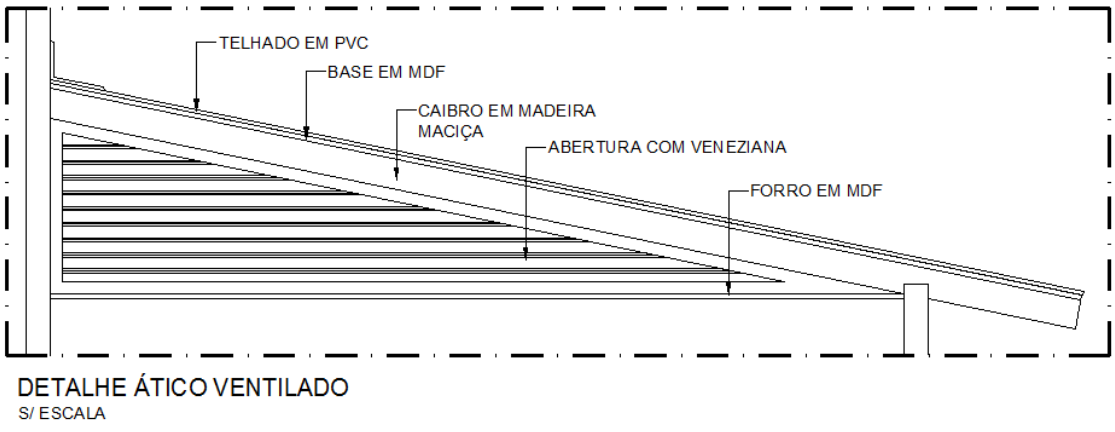
O Laboratório Úmido, de forma semelhante a Sala-Cozinha, teve um resultado comparativo de apenas em 5 pontos percentuais na transição das zonas 3 e 4.

Os ambientes com o pior desempenho foram os Dormitórios Masculino e Feminino, sendo que comparativamente aos demais ambientes, nesses cômodos é que foi verificada uma maior incidência de desconforto concentrado na Zona 4 (frequente e intenso). Percebe-se que ambos os dormitórios possuem abertura voltada para o quadrante SO, sendo que o dormitório feminino também possui uma parede cega orientada para O, tendo assim um maior período de insolação do que o dormitório masculino e do que os demais ambientes de permanência prolongada da ECIT. Além disso, esses dois ambientes possuem a menor área de abertura em relação aos demais ambientes analisados. Outro fator é ter uma única janela em cada dormitório, a disposição das aberturas não favorece a ventilação cruzada em situações em que as portas se encontram fechadas.

Proposta de intervenção para a ECIT

Paralelamente ao modelo existente, foi desenvolvido um segundo modelo contemplando uma pequena proposta de intervenção no bloco 02 (fundos), por esse possuir os ambientes com menor potencial de ventilação cruzada (dormitórios). Objetivando a obtenção de melhorias nos níveis de desempenho térmico, projetou-se uma nova configuração para a cobertura desse bloco da ECIT, contemplando a inserção de forro horizontal em placas de MDF sob a estrutura do telhado existente e a inclusão de aberturas com venezianas nas paredes sobre esse forro, para a ventilação do ático (Figura 56).

Figura 56 – Inserção de ático ventilado no bloco 2 da ECIT



Fonte: Adaptado de Donadello e outros, 2013.

Nesse caso, a nova modelagem contemplou todo o bloco 02 (bloco dos fundos), cujas fachadas que receberam aberturas no ático criado após a inserção de forro horizontal são voltadas para os quadrantes SE/NO. No entanto, foram analisados apenas os ambientes dos dormitórios masculino e feminino, uma vez identificado que esses cômodos apresentaram o pior nível de desempenho térmico entre os ambientes de permanência prolongada da ECIT.

O novo modelo foi planejado de modo que as proposições fossem de fácil execução, possibilitando uma pequena reforma e viabilizando sua realização durante uma expedição de manutenção. Os estudos também foram desenvolvidos visando incorporar os resultados em projetos futuros para a Ilha da Trindade ou para outros locais semelhantes.

Para a modelagem foram adotados os mesmos parâmetros, arquivo climático e configurações iniciais da edificação e do sítio, anteriormente citados, acrescentando-se apenas as intervenções propostas.

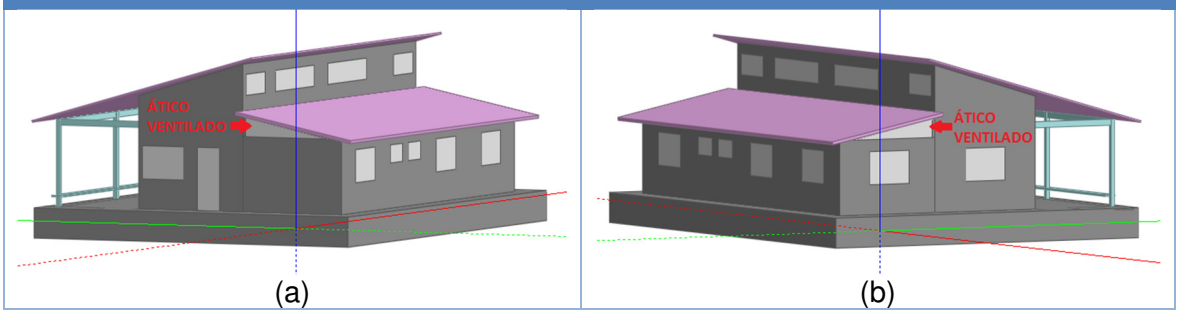
5.2. RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES COM INTERVENÇÕES

Após conhecer as condições de conforto proporcionadas pelo atual nível de desempenho térmico da ECIT, constatou-se a necessidade de proposição de intervenções que, representadas por alterações simples na estrutura da

construção, pudessem melhorar o nível de conforto dos dormitórios, considerando serem esses os locais que apresentaram os piores desempenhos dentre os ambientes analisados.

Para tanto, foram realizadas simulações para os dormitórios masculino e feminino com proposta de inserção de forro e aberturas de ventilação no ático (Figura 57), objetivando, além da melhoria na edificação, a eventual reprodução da técnica construtiva em edificações a serem construídas em outras ilhas oceânicas ou em situação semelhante à verificada em Trindade. Tal intervenção foi elaborada de acordo com as diretrizes previstas pela NBR 15220:3 (ABNT, 2005c) para a Zona Bioclimática 08, para casos em que a transmitância da cobertura atinge um índice acima dos valores previstos pela norma (Tabela 11 - Propriedades térmicas dos componentes da envoltória da ECIT – item 4.1.2).

Figura 57 – ECIT com inserção de abertura para ventilação do ático sobre os dormitórios: a) abertura fachada NO; b) abertura fachada SE.



Fonte: elaborado pelo autor

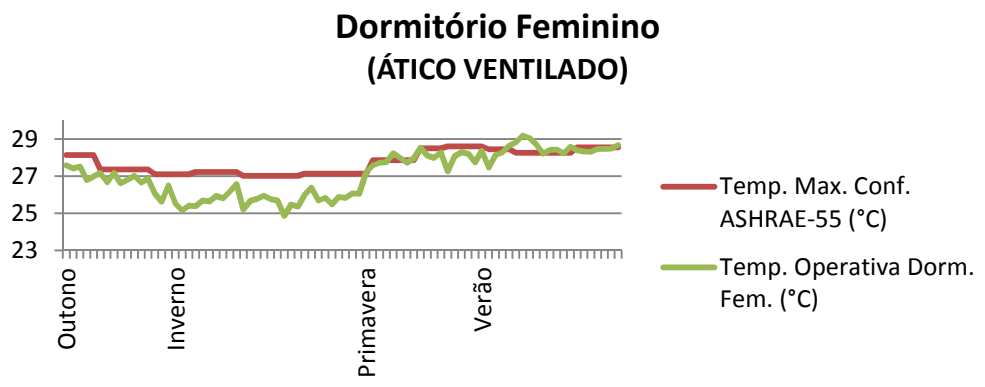
Os resultados das simulações com as intervenções propostas para os dormitórios seguiram a mesma estrutura das simulações anteriores, representando os cenários de cada estação do ano em que houve desconforto térmico, passando ao diagrama de flutuabilidade. Esses resultados seguem apresentados nos gráficos, individualizados por ambiente.

2.1.1. Dormitório Feminino

A figura 71 demonstra o gráfico da correlação entre a TO do Dormitório Feminino com a TMCT durante as quatro estações do ano. Observa-se que com a inserção

do forro e da abertura para ventilação do ático, a TO continuou ultrapassando a TMCT na primavera e no verão, porem com intensidade mais amena, conforme demonstrado nos gráficos das Figuras 58 e 59 para a Primavera e Verão, respectivamente.

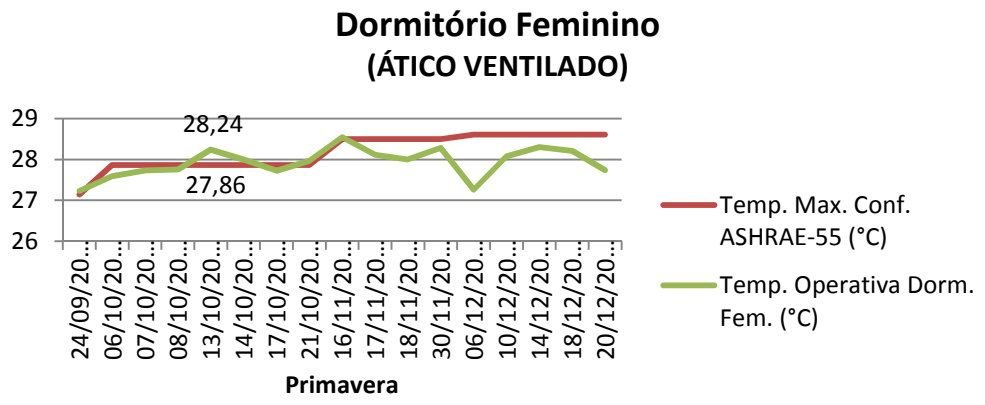
Figura 58 – Temperatura operativa *versus* temperatura máxima de conforto para calor, com ático ventilado - Anual



Fonte: autor

O período da primavera demonstra um pico de desconforto ocorrido no dia 13 de outubro (Figura 59), quando a temperatura operativa ultrapassou a temperatura máxima de conforto em 0,38°C.

Figura 59 – Temperatura operativa *versus* temperatura máxima de conforto para calor, com ático ventilado – Primavera



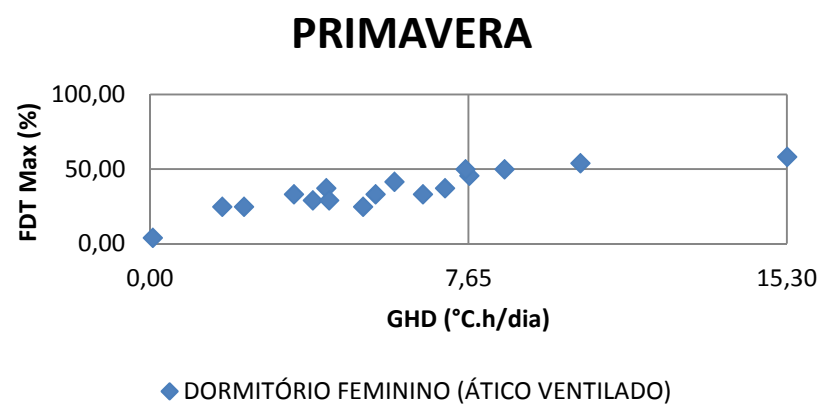
Fonte: autor

Esse resultado constata uma melhora significativa para o mesmo período simulado sem intervenções, pois na primeira simulação (sem ático ventilado) o pico registrado foi de 1,09°C acima da TMCT. Ou seja, com a inserção do forro

e do ático ventilado, obteve-se uma melhora de 65% em relação ao nível de desconforto anterior.

Analisando o comportamento dos momentos de desconforto térmico na primavera, o gráfico da Figura 60 revela que a maioria dos dias de desconforto continuaram concentrados na zona 1 (desconforto temporário e leve), assim como na simulação da situação existente. No caso atual, porém, do período total de desconforto registrado, 76% se concentrou na zona 1, com frequência diária de 25% a 50% (6h a 12h); 12% foi registrado na zona 4 (desconforto frequente e intenso), com frequência diária chegando a 58%, aproximadamente; 6% foram registrados na transição das zonas 1 e 2, com frequência diária é de 50%; e os 6% restantes ficaram na transição das zonas 3 e 4, onde a frequência diária também é de 50%.

Figura 60 – Diagrama de flutuabilidade para a Primavera



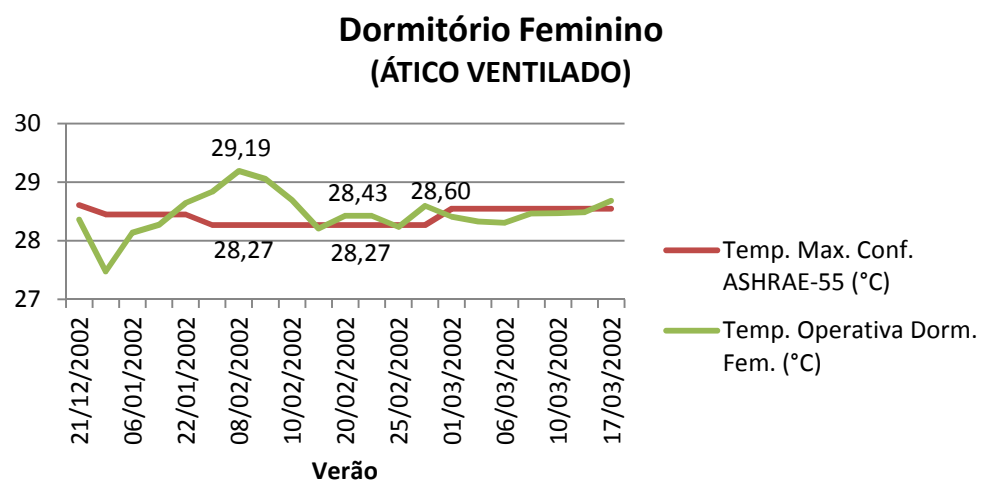
Fonte: autor

Constata-se que a simples inserção de forro e de aberturas para a ventilação do ático reduziu o GhDT de aproximadamente 33℃, na simulação anterior, para cerca de 15℃ nesta situação, o que assegura significativa conquista na busca de melhores resultados de conforto para a ECIT.

Quanto ao período do Verão, o gráfico da Figura 61 revela três momentos de desconforto térmico, quando a temperatura operativa atingiu os 29,19℃, em 08/02; os 28,43℃, em 20/02; e os 28,60℃, em 26/02, ultrapassando os 28,27℃ registrados para a temperatura máxima de conforto em 0,92℃, 0,16℃ e 0,33℃,

respectivamente. Em relação ao mesmo período constatado no caso existente, o pico do dia 08/02 registrou redução de 0,79℃; já os picos dos dias 20 e 26/02, apresentaram um aumento de apenas 0,09℃ e 0,06℃ respectivamente.

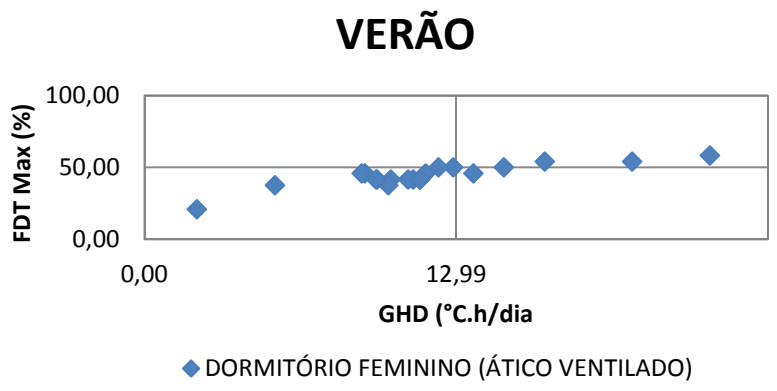
Figura 61 – Temperatura operativa *versus* temperatura máxima de conforto para calor, com ático ventilado - Verão



Fonte: autor

A análise do período de desconforto obtida pelo Diagrama de flutuabilidade do Verão (Figura 62) demonstra uma concentração dos pontos entre os limites de 40% a 60% da frequência diária, revelando que os momentos de desconforto registrados duraram aproximadamente 9h a 14horas diárias. Já o GhDT ficou em 25℃/dia.

Figura 62 – Diagrama de flutuabilidade para o Verão



Fonte: autor

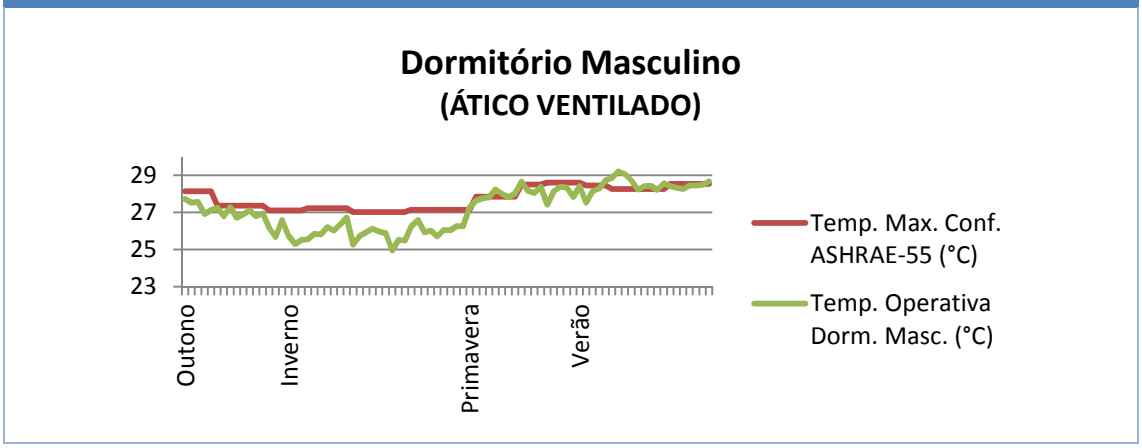
Do total de dias de desconforto térmico, 61% concentraram-se na zona 1 (desconforto temporário e leve); 5% na zona 3 (desconforto temporário e intenso); 19% na zona 4 (desconforto frequente e intenso); 5% ficou na transição das zonas 3 e 4; e 10% na transição das zonas 1 e 2.

Esse comportamento difere do demonstrado na simulação da situação existente, pois, no primeiro caso não foram registrados pontos na zona 3 e na transição da zona 3 e 4, além de ter sido observada uma diminuição do GhDT de cerca de 46℃/dia para cerca de 26℃/dia.

2.1.2. Dormitório Masculino

O gráfico da Figura 63 demonstra a relação entre a temperatura máxima de conforto e a temperatura operativa anual do dormitório masculino.

Figura 63 – Temp. operativa *versus* temperatura máxima de conforto para calor – Anual

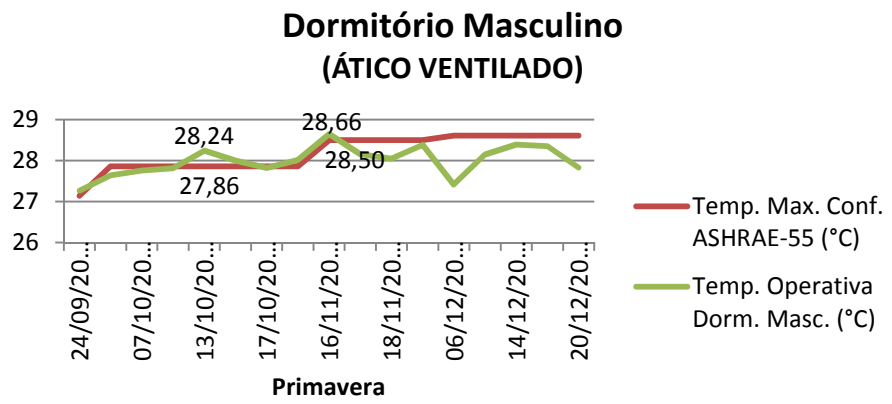


Fonte: autor

Nota-se nesse gráfico que os momentos de desconforto para o dormitório masculino continuaram ocorrendo na primavera e verão, analisados separadamente nas Figuras 64 e 66.

No período da primavera (Figura 64) observa-se que os momentos de desconforto ocorreram em 13/10 e 16/11, com a temperatura operativa 0,38℃ e 0,16℃ acima do limite máximo de conforto térmico, respectivamente. Essas temperaturas em comparação com as da situação original representam uma redução de 0,30℃ para o dia 13/10, e de 0,19℃ para o dia 16/11.

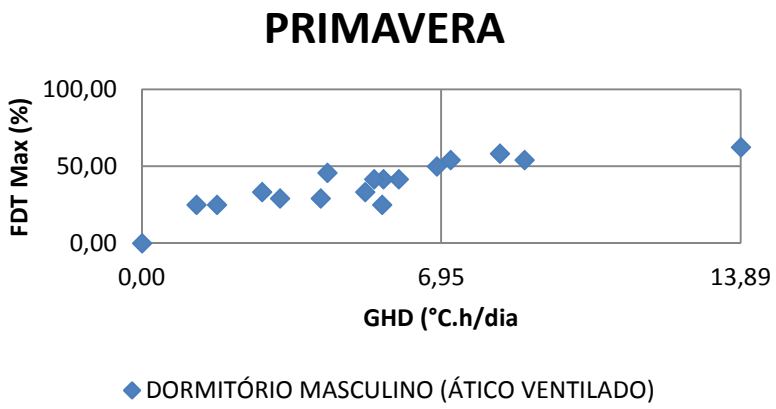
Figura 64 – Temp. operativa *versus* temp. máxima de conforto para calor - Primavera



Fonte: autor

Pela análise do diagrama de flutuabilidade (Figura 65), 70% dos dias apresentaram desconforto térmico temporário e leve (Zona 1), com frequência diária variando entre 25% a 50%; 24% do período de desconforto foi de forma frequente e intensa, com frequência diária de até 62% (15h do dia); e os 6% restantes do tempo o desconforto foi registrado na transição das zonas 1 e 2.

Figura 65 – Diagrama de flutuabilidade para a Primavera

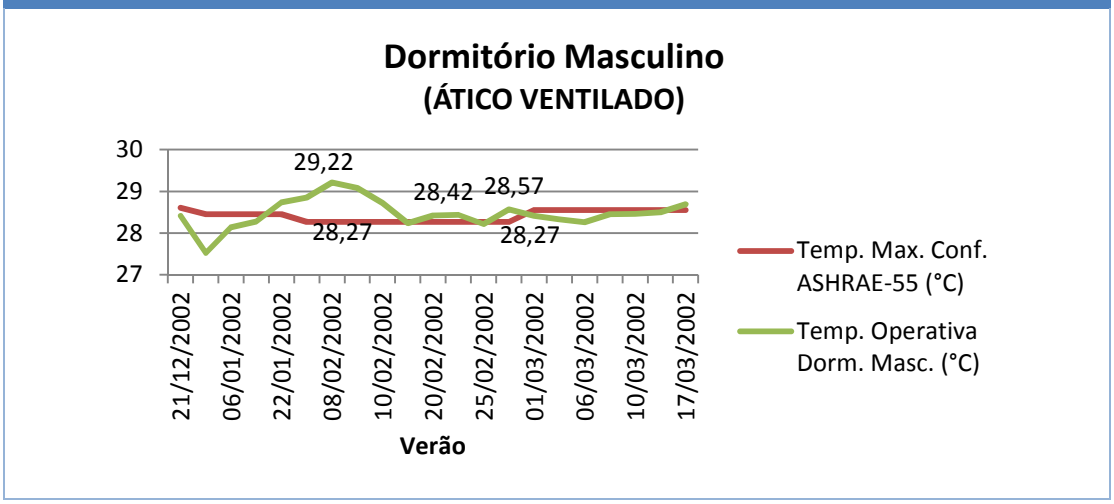


Fonte: autor

O GhDT do período da primavera ficou próxima dos 14℃/dia e em comparação à simulação do caso base, houve uma diminuição de cerca de 5 pontos percentuais na frequência diária e uma redução de 8,36℃ no GhDT.

Em relação ao verão, a Figura 66 demonstra um pico principal de temperatura em 08/02, e dois outros menores em 20/02 e 26/02, com respectivas temperaturas operativas ultrapassando ao limite de conforto em 0,95℃, 0,15℃ e 0,30℃. Em comparação com o mesmo período na simulação sem intervenção, houve uma redução de 0,36℃ no dia 08/02 e um aumento de 0,10℃ e 0,06℃ respectivamente nos demais dias registrados.

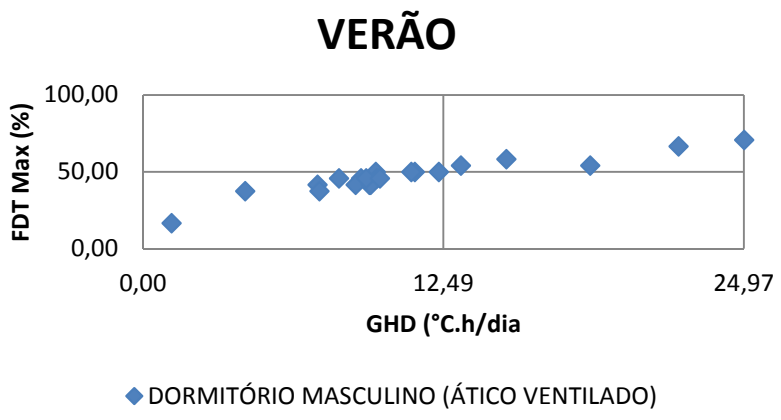
Figura 66 – Temp. operativa *versus* temp. máxima de conforto para calor - Verão



Fonte: autor

Os momentos de desconforto por calor, demonstrado no diagrama da Figura 67, indicam que 57% dos dias de desconforto ocorreram de modo temporário e leve (Zona 1), com frequência diária entre 40% a 50% (10 a 12 horas diárias); em 19% do período o desconforto apresentou uma leve intensidade e frequência de 50% (12 horas diárias), com pontos registrados entre as zonas 1 e 2; já nos 24% restante do período o desconforto apresentou-se de modo frequente e intenso (zona 4), com FDT de até 70% (17h). O GhDT registrado nesse período chegou a 25℃/dia.

Figura 67 – Diagrama de flutuabilidade para o Verão



Fonte: autor

Em relação ao mesmo período da simulação anterior, não houve redução no número de dias de desconforto registrados na zona 1 (leve e temporário), sendo que ocorreu uma discreta redução de desconforto demonstrados pelo aumento de 5 pontos percentuais no limite de transição das zonas 1 e 2, passando de 14% para 19%, os quais saíram da zona 02, demonstrando uma leve melhora no desempenho. Além disso, houve uma redução de 9,5℃/dia do GhDT do período do verão.

Após a compilação dos dados das duas simulações em ambos os dormitórios, foi possível traçar um comparativo entre os resultados, conforme síntese dos dados demonstrado na Tabela 15.

(Continua)

Tabela 15 – Resultados das Simulações: condição atual *versus* intervenções

Zonas do Diagrama de Flutuabilidade	**Período de desconforto térmico**		**Período de desconforto térmico**	
Ambiente	**Dormitório Feminino**		**Dormitório Feminino (Ático ventilado)**	
Estação do ano	Primavera	Verão	Primavera	Verão
Zona 4	18%	19%	12%	19%
Zona 3	0	0	0	5%
Zona 2	0	0	0	0
Transição Zonas 3 e 4 (frequência diária 50%)	0	0	6%	5%
Zona 1	82%	67%	76%	61%
Intensidade de desconforto térmico por estação	33,57℃/h	46,19℃/h	15,30℃/h	25,97℃/h

(Conclusão)

Tabela 15 – Resultados das Simulações: condição atual *versus* intervenções				
Zonas do Diagrama de Flutuabilidade	**Período de desconforto térmico**		**Período de desconforto térmico**	
Ambiente	**Dormitório Masculino**		**Dormitório Masculino (Ático ventilado)**	
Estação do ano	Primavera	Verão	Primavera	Verão
Zona 4	12%	19%	24%	24%
Zona 3	0	0	0	0
Zona 2	0	10%	0	0
Transição Zonas 1 e 2 (frequência diária 50%)	0	14%	6%	19%
Zona 1	88%	57%	70%	57%
Intensidade de desconforto térmico por estação	22,25℃/h	34,46℃/h	13,89℃/h	24,97℃/h

Fonte: Autor

Com base nas informações sintetizadas na Tabela 15, é possível verificar que no dormitório feminino foi registrada uma menor incidência de desconforto frequente e intenso para o período da Primavera, sem alterações para o período do Verão. Porém, o dado mais significativo foi a diminuição da intensidade do desconforto térmico para as estações analisadas, a qual teve uma redução de aproximadamente 46% na primavera e de 56% para o verão.

No dormitório masculino, embora tenha sido verificado um aumento da incidência de desconforto frequente e intenso (Zona 4) durante a Primavera e Verão, observou-se também uma redução na intensidade do desconforto na ordem de 62% na Primavera e de 72% no Verão, após as intervenções propostas. Ou seja, embora tenha sido verificado um aumento da FDT, essa ocorreu com menor GhDT em relação à primeira simulação.

2.2. SÍNTESE DOS RESULTADOS

Por meio do resultado das simulações, foi possível constatar que ECIT apresentou baixos índices de desconforto térmico nos ambientes de permanência prolongada, sendo que o cômodo que apresentou os melhores resultados foi a sala/cozinha, seguido pelo laboratório úmido, os quais apresentam as melhores condições de ventilação natural e cujos picos de

desconforto registrados ultrapassaram apenas cerca de 1°C o limite da temperatura de conforto. Os dormitórios masculino e feminino, em contrapartida, foram os que apresentaram os piores desempenhos, sendo esses ambientes prejudicados no que diz respeito à orientação da fachada quanto a insolação e quanto as condições de ventilação natural. O Dormitório Masculino apresentou seu maior pico de desconforto registrado ultrapassando em 1,31°C o limite da temperatura de conforto no período do verão e teve um acumulado de aproximadamente 57 Graus-horas de Desconforto Térmico ao longo das 2.040 horas do IC analisado.

O Dormitório Feminino, por sua vez, apresentou se u maior pico de desconforto registrado ultrapassando em 1,71°C o limite da temperatura de conforto no período do verão e teve um acumulado de aproximadamente 80 Graus-horas de Desconforto Térmico ao longo das 8.760 horas do ano.

Percebe-se pelas respostas obtidas por meio da aplicação de questionários uma avaliação coerente com os resultados das simulações. A sala foi avaliada por 92% dos entrevistados como sendo o ambiente em que se sentiam mais confortáveis termicamente devido à ventilação natural. Já os dormitórios foram apontados como os ambientes em que se sentiam menos confortáveis termicamente, sendo que 78% indicaram que tal desconforto foi devido à sensação de “abafamento” ocasionada pela pouca ventilação, quando as portas estão fechadas.

Dessa forma, compreendendo que a busca pelo conforto térmico deve ser uma constante em relação ao ambiente construído, foi proposta uma intervenção na edificação contemplando o Bloco 02, que abrange os dormitórios e o laboratório seco, com objetivo de melhorar os índices registrados de acordo com as recomendações construtivas para a Zona Bioclimática 08 indicadas na NBR 15220:3 (ABNT, 2005c). Foram analisados especificamente os dormitórios masculino e feminino, uma vez que apresentaram os piores índices de desempenho térmico.

A intervenção proposta contemplou a inserção de aberturas para ventilação do ático e de forro de madeira, ambos no Bloco 2. A partir das simulações elaboradas com essa proposta e em comparação com as condições existente, percebeu-se que a inserção de um ático ventilado proporcionou uma significativa redução da intensidade de desconforto térmico nos dormitórios durante o Verão e a Primavera, períodos em que foi registrado desconforto térmico nos ambientes.

6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A busca pelo conforto térmico vai além da satisfação de parâmetros físicos e está condicionada à critérios subjetivos de satisfação. Dessa forma, “conforto térmico é fruto de uma busca incessante” do indivíduo em relação ao ambiente que ocupa. (SCHMID, 2005). Partindo-se desse princípio, a pesquisa foi desenvolvida tendo como principal finalidade a avaliação do desempenho térmico da ECIT, utilizando a ventilação natural como principal condicionante térmico passivo para geração de conforto.

Para tanto, foram elaboradas simulações computacionais considerando os ambientes de permanência prolongada da edificação existente para avaliação do seu desempenho térmico, respaldada pelo referencial teórico selecionado. Após a análise dos resultados obtidos, foi elaborada uma proposta de intervenção com objetivo de otimizar o desempenho já apresentado pela edificação, de modo que tal interferência possa ser de fácil implementação no sítio estudado, como também replicada em novos projetos de construções em ilhas oceânicas e locais de difícil acesso.

Destaca-se que o desenvolvimento do estudo apresentou limitações em sua execução ao longo do processo, que culminou na necessidade de adaptação dos procedimentos em relação à forma originalmente planejada, principalmente devido à distância e à dificuldade de acesso ao objeto de estudo. Entre as situações imprevistas, destaca-se como de maior importância para a metodologia, a necessidade do regresso antecipado dos pesquisadores da ilha, impedido a retirada de aparelhos de medição instalados no local. Também devem ser mencionados os problemas oriundos da captura de dados pelos *dataloggers,* cujo funcionamento inadequado dos equipamentos ou mesmo falta de confiabilidade dos dados obtidos induziram à modificação da metodologia prevista inicialmente.

Em síntese, apesar das limitações verificadas, pode-se concluir que o estudo por meio de simulações atingiu seus objetivos de verificação do desempenho visando conforto térmico da ECIT. Ressalta-se que tais análises foram possíveis a partir de parâmetros de conforto adaptativo previstos pela ASHRAE 55, com a inclusão do efeito do resfriamento por meio da ventilação, permitindo estender

os valores do limite superior da zona de conforto para ambientes naturalmente ventilados.
Porém, entende-se que o aprofundamento dos estudos realizados poderá contribuir tanto para a eficientização da ECIT como para futuras edificações a serem construídas em Trindade ou em ilhas com situação climática ambiental semelhante.

Para estudos futuros torna-se fundamental a criação de um arquivo climático para o local estudado, sugerindo-se, ainda, o aprofundamento das pesquisas relacionadas ao potencial de desempenho da ventilação da ECIT por meio de *software* apropriado para tal análise.

Entende-se que a análises detalhadas do comportamento das variáveis que se relacionam ao desempenho térmico têm o potencial de facilitar a inserção de estratégias efetivas para a melhoria da técnica construtiva utilizada na ECIT e para confirmar o potencial do uso de ventilação natural para proporcionar conforto. Este fato pode ser confirmado observando os níveis de conforto atingidos mesmo com os altos níveis de transmitância dos sistemas construtivos da envoltória da ECIT.

Por fim, vale ainda comentar que as condições de controle das variáveis fazem das ilhas oceânicas lugares especiais para a realização de pesquisas de desempenho de edificações, seja através de simulações, seja com dados medidos, visto que o controle dos fatores de influência pode ser simplificado, quando comparados aos meios urbanos tradicionais. Dessa forma, os resultados obtidos podem ser extrapolados para outras situações, tornando esse tipo de pesquisa ainda mais significativa para o desenvolvimento da área.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT.ORG. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS Disponível em: http://www.abnt.org.br/. Acesso em: 17 fevereiro 2014.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-1**: Desempenho térmico de edificações. Parte 1: Definições, símbolos e unidades. Rio de Janeiro, 2005a.

_____. **NBR 15220-2**: Desempenho térmico de edificações – Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro, 2005b.

_____. **NBR 15220-3**: Desempenho térmico de edificações Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social - NBR 15220-3. RIO DE JANEIRO, 2005c.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-1**: Edificações Habitacionais: Desempenho. Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2013a.

_____. **NBR 15575-4**: Edificações Habitacionais: Desempenho – Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas – SVVIE. Rio de Janeiro, 2013b.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISSO/CIE 8995-1**: Iluminação de ambientes de trabalho – Parte 1: Interior. Rio de Janeiro, **2013c**.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Projeto de norma - CEE-191. 1º Projeto 191.000.01-001/6. **ABNT/CEE – 191. Parte 6**: **Esquadrias para edificações – Requisitos e classificação, métodos de ensaio, instalação e manutenção**. Rio de Janeiro, 2014.

AGUIAR, O. F. **Viagem para a Ilha da Trindade**. Revista Habtat: Zoologia, Botânica, Ecologia e Biodiversidade. Número 74. Agosto 2003. Ed. Marcelo Notare. Disponível em http://editoramarcelonotare.com/trindade_68.html. Acesso em: 7 julho 2012.

ALBUQUERQUE, M. S. C.; AMORIM, C. N. D. **Iluminação natural**: indicações de profundidade-limite de ambientes para iluminação natural no Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Residenciais – RTQ-R. Porto Alegre: Ambiente Construído, abr./jun. 2012, v. 12, n. 2, p. 37-57.

ALVAREZ, C. E. de. **A Estação Científica Tamar na Ilha da Trindade**. São Paulo. USP, 2001.

ALVAREZ, Cristina Engel de (Org.). **Desenvolvimento do Programa de Eficientização da Estação Científica da Ilha da Trindade com Ênfase nos Aspectos Relacionados aos Impactos Ambientais Antrópicos.** Vitória: CNPQ/ DPT/ COIAM, 2009. 66 p. Projeto de Pesquisa.

AMERICAN SOCIETY OF HEATING REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS, INC. **ASHRAE Standard 55** - Thermal environmental conditions for human occupancy. Atlanta. USA. 2004.

_____. **ASHRAE Standard 55** - Thermal environmental conditions for human occupancy. Atlanta. USA. 2010.

ARAÚJO, Carla Varela de Albuquerque. **Análise de componentes arquitetônicos para potencialização da ventilação natural com ênfase em captadores de vento.** Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2011. 128f.

ASHRAE.ORG**,** AMERICAN SOCIETY OF HEATING REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. Disponível em: https://www.ashrae.org/about-ashrae/. Acesso em: 17 fevereiro 2014.

BAKER, Nick; STEEMERS, Koen Steemers, **Energy and Environment in Architecture**: A Technical Design Guide. E& FN Spon, New York, USA, 2000.

BARROSO-KRAUSE, Cláudia. **Desempenho Térmico e Eficiência Energética em Edificações**: conforto higrotérmico dirigido a concepção arquitetônica. Rio de Janeiro, 2011. PROCEL EDIFICA. 105p.

BARTH, Ortrud Monika; ALVAREZ, Cristina Engel. de. **Rudolf Barth: um cientista pioneiro na ilha da Trindade**. História, Ciências, Saúde – Manguinhos, Rio de Janeiro, v.19, n.3, jul-set. 2012, p.969-992.

BATIZ, Eduardo Concepcion; GOEDERT, Jean. Avaliação do conforto térmico em postos de trabalho de motoristas de ônibus: Estudo de caso. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ERGONOMIA, 14, 2006, Curitiba. **Anais**... Curitiba: ABERGO, 2006 *apud* BATIZ, Eduardo Concepcion; GOEDERT, Jean; MORSCH, Junir Junior; KASMIRSKI-JR, Pedro; VENSKE, Rafael. Avaliação do conforto térmico no aprendizado: estudo de caso sobre influência na atenção e memória. **Produção**, v. 19, n. 3, p. 477-488, 2009.

BENEFÍCIOS do sistema construtivo ConcretoPVC e outras aplicações do PVC. **Braskem**, São Paulo, 28 ago. 2008. Seção Media Center. Disponível em: http://www.braskem.com.br/site.aspx/Publicacoes-Artigos. Acesso em 27 mai. 2013.

BERNABÉ, Ana Carolina Alves. **A influência da envoltória no consumo energético em edifícios comerciais artificialmente climatizados na cidade de Vitória-ES**. 132 f. Vitória, ES, 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2012.

BERNARDES, Maurício Moreira e S. **Desenvolvimento de um modelo de planejamento e controle da produção para micro e pequenas empresas de construção**. 2001. 263 f. Tese (Doutorado em Engenharia) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, NORIE – Núcleo Orientado para Inovação da Edificação, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

BOGO, Almicar; BARBOSA, Miriam Jeronimo; GOULART, Solange; PITTA, Telma; LAMBERTS, Roberto; PIETROBON, Claudio E. **Bioclimatologia Aplicada ao Projeto de Edificações Visando o Conforto Térmico.** Florianópolis: NPC/DEC/UFSC, 1994.

BRASIL. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. **Portaria n° 449, de 25 de novembro de 2010.** Regulamento Técnico da Qualidade – RTQ para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R). Rio de Janeiro, 2010.

BRASIL. INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL - INMETRO. **Portaria n.º 395, 11 out. de 2010**. Requisitos da avaliação de conformidade para o nível de eficiência energética de edifícios comerciais, de serviços e públicos. 2010. Disponível em: < http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC001609.pdf >. Acesso em: 05 novembro 2012.

BRASIL. MME – MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Plano Nacional de Energia 2030**: Análise Retrospectiva. V. 1. Brasília: MME; EPE, 2007. Disponível em: <http://www.mme.gov.br>. Acesso em: 13 março 2014.

CAIXA. **Laudo Técnico Sobre Sistemas Construtivos em Concreto-PVC** : ofício n° 573/GIDURPO. Porto Alegre, 26 mar. 2004. Seção Laudos Técnicos. Disponível em: <http://www.royalbrasil.com.br/laudos_tecnicos.htm>. Acesso em 27 mai. 2013.

CANDIDO, Christhina; DEAR, Richard de; LAMBERTS, Roberto. Combined thermal acceptability and air movement assessments in a hot humid climate. **Building and Environment**, v. 46, p. 379–385, 2011. Disponível em: http://www.elsevier.com/. Acesso em: 22 fevereiro 2014.

CANDIDO, Christhina; LAMBERTS, Roberto; BITTENCOURT, Leonardo; DEAR, Richard de; **Air movement acceptability limits and thermal comfort in Brazil's hot humid climate zone**. Building and Environment, v. 45, p. 222-229, 2010. Disponível em: http://www.elsevier.com/. Acesso em: 22 fevereiro 2014.

CASA de pvc pode ser montada em até três horas. **Jornal O Globo**, Rio de Janeiro, 01 dez. 2011. Disponível em: <http://oglobo.globo.com/imoveis/casa-de-pvc-pode-ser-montada-em-ate-tres-horas-3356968>. Acesso em 25 mai. 2012.

CEMBRANELLI, Lucas. [sem título]. 2011. 1 fotografia, color., Canon EOS 60D, 5184 x 2912 pixels.

CLEMENTE, Eliana de Paula; SCHAEFER, Carlos Ernesto Reynald G; OLIVEIRA, Fábio Soares de; ALBUQUERQUE FILHO, Manoel Ricardo; ALVES, Ruy Válka; FIRME SÁ, Mariana Médice; MELO, Vander de Freitas; CORRÊA, Guilherme Resende. **Topossequência de solos na Ilha da Trindade, Atlântico Sul**. Rev. Bras. Ciênc. Solo, v. 33 n. 5, 2009.

CLEMENTE, Eliana de Paula; SCHAEFER, Carlos Ernesto Reynald G; OLIVEIRA, Fábio Soares de. **Proposta de zoneamento ambiental para a ilha da Trindade**. Dados eletrônicos. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 27 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento - Embrapa Solos, ISSN 1678-0892; 171).

CORBELLA, Oscar; CORNER, Viviane. **Manual de Arquitetura Bioclimática Tropical para a redução de consumo energético.** Rio de Janeiro: Revan, 2011.

CORBELLA, Oscar; YANNAS, Simos. **Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos**: conforto ambiental. 2. ed. Rio de Janeiro. Ed. Revan. Set. 2009.

DEAR, Richard J. de; BRAGER, Gail. **Thermal comfort in naturally ventilated buildings**: revisions to ASHRAE Standard 55. Energy and Buildings, v. 34, 549-561. 2002. Disponível em: http://www.elsevier.com/. Acesso em: 17 dezembro 2013.

DEAR, Richard J. de; BRAGER, Gail; COOPER, Donna. **Developing an Adaptive Model of Thermal Comfort and Preference.** Sydney, Australia and Berkeley, USA: American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Inc., And Macquarie Research, 1997. 312 p. FINAL REPORT ASHRAE RP- 884.

DEMANDA futura de PVC. **Instituto do PVC**, São Paulo, 01 jun 2013. Publicações. Disponível em: < http://www.institutodopvc.org/hs_construcao/demanda_futura. html>. Acesso em 27 mai. 2013.

DESIGNBUILDER SOFTWARE LTDA. DesignBuilder EnergyPlus Simulation Documentation for DesignBuilder v3.0. DesignBuilder. 2008-2011. 882p.

DONADELLO, André Luiz Franzotti; BISSOLI-DALVI, Márcia; FERRES, Soyana Corrêa; NICO-RODRIGUES, Edna Aparecida; ALVAREZ, Cristina Engel de. **Sustentabilidade na Eficientização da Estação Científica da Ilha da Trindade**. VII Encontro Nacional e V Encontro Latinoamericano de Edificações e Comunidades Sustentáveis – ENECS e ELECS, Curitiba, 2013.

EUROPEAN STANDARD, **EN15251**: Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics. English version. Austrian, 2007.

Famílias aprovam construção de casas populares em concreto-pvc. Jul. 2013. Secretaria de Assistência Social, Prefeitura Municipal de Guaçuí, ES. Disponível em: http://www.guacui.es.gov.br/noticias-acao-social/noticias/963-familias-aprovam-construcao-de-casas-populares-em-concreto-pvc.html. Acesso em: 15 nov. 2013

FANGER, Povl Ole. **Near future prospects of the meteorological environment in Developing Countries in deserts and tropical areas**. 1972. Improvement of human comfort and resulting efforts on working capacity, Biometeorology, 5, 11.

FANGER, Povl Ole. **Thermal comfort**: analysis and applications in environmental engineering.1 ed. Michigan: Ed. Danish Technical Press, 1970. Livro digitalizado pela Universidade de Michigan em 5 dez. 2007. ISBN 8757103410, 9788757103410. Disponível em: http://books.google.com.br/ books?id=S0FSAAAAMAAJ&hl=pt-BR&source=gbs_book_other_versions. Acessado em 09/02/2014.

FERNANDES, Júlia Teixeira. **Código de Obras e Edificações do DF**: inserção de conceitos bioclimáticos, conforto térmico e eficiência energética. 249 f. Brasília, DF, 2009. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade de Brasília, Brasília, 2009.

FERRARI, Tiago Saretta. **Habitação Econômica**: sistemas industrializados a base de cimento para habitação. Concreto – PVC: a utilização do sistema Royal para construção de casas populares. São Paulo. Concreshow. Seminário da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP).2011. 56 f.

FERREIRA, Aurélio B. de Hollanda. **Novo Dicionário da Língua Portuguesa.** 2. ed. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1986. 1838 p.

FONSECA NETO, Francisco Pedro. **Aves marinhas da ilha Trindade**. 2004. p.119-146 in Aves marinhas insulares brasileiras: bioecologia e conservação (Organizado por Joaquim Olinto Branco). Editora da UNIVALI, Itajaí, SC.

FOUNTAIN, Marc.; BRAGER, Gail S.; DEAR, Richard de. **Expectations of indoor climate control. Energy and Buildings**, v. 24, p. 179–182, 1996. Disponível em: http://www.sciencedirect.com/. Acesso em: 05 novembro 2013.

FROTA, Anésia Barros; SCHIFFER, Sueli Ramos. **Manual de Conforto Térmico**. São Paulo, Nobel, 1988.

_____. **Manual de Conforto Térmico**. São Paulo, Nobel, 8ª edição, reimpressão, Studio Nobel, 2009.

GOULART, S., LAMBERTS, R., FIRMINO, S. **Dados climáticos para projeto e avaliação energética de edificações para 14 cidades brasileiras.** Florianópolis: PROCEL/ Núcleo de Pesquisa em Construção / UFSC, 2 ed. 1998. 345p.

GOUVÊA, Tatiana Chrispim. **Avaliação do conforto térmico**: uma experiência na indústria da confecção. 2004. 164 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO. **Cronograma dos projetos das escolas estaduais em assentamentos estaduais e federais – seag e incra**. Secretaria da Educação, Gerência de Rede Física Escolar (GERFE / SEDU). Espírito Santo, [s.d.]. Disponível em: http://www.sedu.es.gov.br/download/Assentamentoscronogramaprojetos.pdf. Acesso em: 15 nov. 2013

HALAWA, Edward; HOOF, Joost van. The adaptive approach to thermal comfort: A critical overview. **Energy and Buildings**, v. 51, p. 101–110, 2002. Disponível em: http://www.elsevier.com/. Acesso em: 17 fevereiro 2014.

HOUSING, Global. Qualidade, 2012. Disponível em: <http://www.globalhousing.com.br/#!/qualidade>. Acesso em 18 abr. 2013.

IBARRA, Diego; REINHART, Christoph. **Building Performance Simulation for Designers Energy**: DesignBuilder // EnergyPlus Tutorial 1. Getting Started. Harvard University. Graduate School of Design. 2009.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARTIZATION, **ISO 7726:** Ergonomics of the thermal environment - Instruments for measuring physical quantities. Genebra, 1998. 56 p.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARTIZATION, **ISO 7730**: Ergonomics of the thermal environment — Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria. Genebra, 1994. 31 p.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, **ISO 8996**: Ergonomics of thermal environments - determinations of metabolic heat production. Genebra. 1989.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, **ISO 9920**: Ergonomics estimation of the thermal characteristics of a cloting ensemble. Genebra. 1995.

ISO.ORG. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARTIZATION. Disponível em: http://www.iso.org/iso/home/about.htm. Acesso em: 17 fev. 2014.

JUNQUEIRA, Eduardo; MALHEIROS, Gustavo; MENEZES, Christiano. **Brazilian Islands**. Rio de Janeiro. Arte Ensaio, 2004.

KINDANGEN, Jefrey Ignatius; KRAUSS, George; DEPECKER, Patrick. Effects of roof shapes on wind-induced air motion inside buildings. **Building and Environment.** V. 32, p. 1-11, 1997. . Disponível em: http://www.elsevier.com/. Acesso em: 16 fevereiro 2014.

LABEEE - Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. Arquivos climáticos. Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em: http://www.labeee.ufsc.br/downloads/arquivos-climaticos. Acesso em: 5 abr. 2013.

LAMBERTS, Roberto; ANDREASI, Wagner Augusto. **TÓPICOS AVANÇADOS EM CONFORTO TÉRMICO**. Florianópolis: Ufsc, 2003. 116 p. Apostila de disciplina.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando Oscar Ruttkay. **Eficiência Energética na Arquitetura**. 2. ed. Revisada, São Paulo: PW editores, 1997. 192 p.

LAMBERTS, Roberto; MARINOSKI, DEIVES Luis **Desempenho Térmico de Edificações**. 5. ed. Florianópolis: UFSC, 2007. 182 p.

LAMBERTS, Roberto; XAVIER, Antônio Augusto de Paula. **Conforto térmico e stress térmico**. Florianopolis: Ed, 2002.

LEAMAN, Adrian; THOMAS, Leena; VANDENBERG, Monica. **Green buildings**: what Australian users are saying. EcoLibrium, v. 6, n 10, p. 22-30, 2007. Disponível em: http://www.airah.org.au/iMIS15_Prod/AIRAH/Publications/Ecolibrium/. Acesso em: 02 fevereiro 2014.

LÉXICO. Dicionário Online de Português. 2009-2014. Disponível em: http://www.lexico.pt/. Acessado em: 01 março 2014.

LIMA, Raoni Venâncio dos Santos. Treinamento para o programa Design Builder: versão 2.0. 2009. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Tecnologia, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, LABCON - Laboratório de Conforto Ambiental da UFRN, Natal, 2009. 75 p.

NICO-RODRIGUES, Edna Aparecida; WOELFFEL, Anderson Buss; BERNABÉ, Ana Carolina Alves; FANTICELE, Fernando Boechat; ALVAREZ, Cristina Engel de. O uso do PVC para construção em áreas de difícil acesso e com interesse científico/ambiental: A estação científica da ilha da Trindade. In: XIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Canela, 2010. **Anais...** Gramado: ANTAC, 1995. v. I. p. 239-244.

NICOL, Fergus; HUMPHREYS, Michael. Adaptive thermal comfort and sustainable thermal standards for buildings. **Energy and Buildings**, v. 34, p. 563–572, 2002. Disponível em: http://www.elsevier.com/. Acesso em: 17 fevereiro 2014.

NICOL, Fergus; STEVENSON, Fionn. **Adaptive comfort in an unpredictable world**. 2013. Building Research & Information, v. 41, n. 3, p. 255-258. DOI: 10.1080/09613218.2013.783528. Disponível em: http://www.tandfonline.com/loi/rbri20. Acesso em: 28 janeiro 2014.

NOVO conceito de construção de imóvel. Jornal do Commercio Brasil, Rio de Janeiro, Empresas, p. capa e b3, 02 nov. 2011. Disponível em: <http://www.jcom.com.br/editorial/hempresas> e Disponível também em: <http://www.concretopvc.com.br/upload/sites_braskem/pt/concreto_pvc/publicacoes/ Jornal%20do%20Commercio%20Brasil%20-%20RJ.pdf>. Acesso em 01 jun. 2013. Acesso em: 01 abril 2012.

OLESEN, Bjarne Wilkens. **Revisão da EN 15251**: Critérios Ambientais Indoor. Bélgica, HVAC Journal, REHVA - Federation of European Heating, Ventilation and Air-conditioning Associations. Abril, 2012. Disponível em: http://www.rehva.eu/publications-and-resources/hvac-journal/2012/042012/revision-of-en-15251-indoor-environmental-criteria/. Acesso em: 24 fevereiro 2014.

POLIS. **Enciclopédia Verbo da Sociedade e do Estado**. Sociedade Científica da Universidade Católica Portuguesa. Verbo, 1986. Disponível em: http://bibliotecas.utl.pt/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=100898. Acessado em: 01 março 2014.

Problema de calor em escola do ES não está no PVC, diz empresa. **A gazeta**, Vitória, 27 dez. 2012. Disponível em: http://g1.globo.com/espirito-santo/noticia/2012/03/problema-de-calor-em-escola-do-es-nao-esta-no-pvc-diz-empresa.html. Acesso em: 15 nov. 2013

PROTRINDADE - Programa de Pesquisas Científicas na Ilha da Trindade. **Normas e Instruções para o Protrindade**. Secretaria da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (SECIRM). 1. ed. Brasília. 2010. Disponível em: https://www.mar.mil.br/secirm/p-trindade.html. Acessado em: 01 abril, 2012.

PROTRINDADE - **Programa de Pesquisas Científicas na Ilha da Trindade**. 2014. Disponível em: https://www.mar.mil.br/secirm/p-trindade.html. Acesso em: 02 fevereiro 2014.

RHEINGANTZ, Paulo Afonso. *e outros*. **AVALIAÇÃO PÓS-OCUPAÇÃO**. Arquitetura, Rio de Janeiro, n. 80, p.22-23, set. 1997. Trimestral. IAB/RJ. Disponível em: Rio de Janeiro, n. 80, p.22-23, set. 1997. Trimestral. IAB/RJ. Disponível em: http://www.fau.ufrj.br/prolugar/arq_pdf/diversos/arq_80_iabrj_apo.pdf>. Acesso em: 16 jun. 2012.

RORIZ, Maurício. **Segunda proposta de revisão do zoneamento bioclimático do brasil.** 1 ed. São Carlos, SP. ANTAC, 2012.

RUAS, Álvaro Cesar. **Sistematização da avaliação de conforto térmico em ambientes edificados e sua aplicação num software**. Tese (Doutorado) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.

SCHMID, Aloísio Leoni. **A ideia de conforto**: reflexões sobre o ambiente construído. Curitiba: Pacto Ambiental, 2005. 338 p.

SICURELLA, Fábio; EVOLA, Gianpiero; WURTZ, Etienne. A statistical approach for the evaluation of thermal and visual comfort in free-running buildings. Energy and Buildings, v.47, p 402-410, 2012. Disponível em: http://www.elsevier.com/. Acesso em: 15 outubro 2013.

SOUZA, Roberta Vieira Gonçalves de. **Ergonomia e Ambiente Construído: uma análise dos parâmetros de conforto ambiental**. Curso de Pós Graduação em Engenharia Civil, CTC, Universidade de Santa Catarina, 2001.

TAMAR. **Ilha da Trindade**. Projeto Tamar, Vitória, 2013. Disponível em: <http://www.tamar.org.br/base.php?cod=38>. Acesso em: 21 junho 2013.

APENDICE A

I. MEDIÇÕES DE CAMPO: DETERMINAÇÃO DAS VARIÁVEIS PESSOAIS E AMBIENTAIS

Segundo a ISO 7730/2005, para a determinação dos índices de conforto térmico é necessário a obtenção de dados relacionados às variáveis pessoais (valor estimado do metabolismo e isolamento térmico da vestimenta), bem como às variáveis ambientais (temperatura do ar, umidade relativa e temperatura média radiante). Assim, durante as atividades de campo e de acordo com a abordagem clássica de avaliação de conforto térmico, segundo o método do PMV (ISO 7730/2005), foram colhidas informações a respeito da percepção e da preferência térmica dos usuários da ECIT – as **variáveis pessoais** – por meio de questionários (ANEXO 1) aplicados aos pesquisadores que se estabeleceram no local.

Os questionários foram aplicados durante o período em que os *data loggers (HOBOS)* permaneceram instalados, de acordo com a programação de visitas/operações do PROTRINDADE à Ilha, objetivando assim recolher o maior número de respostas possíveis.

Em relação as variáveis pessoais, foi adotado uma taxa metabólica de 1,2 met. (70W/m²), correspondente a atividades sedentárias em escritórios, e valores para resistência térmica das vestimentas de 0,8 clo no inverno e 0,50 clo no verão, baseado nas informações dos questionários e nas normas ISO 8996/2004 e ISO 9920/2007, respectivamente.

Para a realização da coleta de dados relativos as **variáveis ambientais,** foi feito um planejamento prévio em que se realizou:

- A escolha dos equipamentos e dos ambientes para medição com predefinição dos pontos para coleta de dados;
- Testes para verificação do estado de funcionamento e das fontes de alimentação dos instrumentos de medições;

- Condicionamento dos equipamentos de medições em embalagens estanques e armazenamento em um recipiente específico para transporte de materiais em navios, denominado “marfinite”, o qual minimiza o risco desses equipamentos molharem no desembarque feito por bote.

Os equipamentos e os procedimentos de coleta utilizados na obtenção de dados relativos às medições ambientais foram realizados de acordo com as recomendações da *ISO* 7726/1998. O Quadro 08 especifica os equipamentos utilizados relacionando-os com suas respectivas variáveis ambientais, e as figuras 26 a 28 ilustram os equipamentos utilizados.

Quadro 8 - Equipamentos de medições higrotérmicas

EQUIPAMENTO	CARACTERISTICAS	VARIÁVEL
HOBO U12 Temp/RH/2 External Channel Logger.	Fabricação: *Onset Corporation*. Dimensões: 58 x 74 x 22 mm. Descrição: possuem sensores com capacidade de registro e armazenamento de até 43 mil dados de temperatura e umidade do ar (Figura 09); possui 2 canais externos que permite a utilização de sensores externos.	Temperatura do ar e umidade relativa
Sensor TMC20-HD	Fabricação: *Onset Corporation*. Descrição: Sensores de temperatura com longo alcance (Figura 10); Neste trabalho, foram utilizados no interior de globos negros.	Temperatura média radiante
Termo-Anemômetro, modelo 425	Fabricação: Testo. Descrição: Possui sonda térmica de velocidade e empunhadura telescópica. (Fig. 11).	Velocidade do ar

Fonte: Adaptado de www.onsetcomp.com/products/ e http://www.testo.com.br/

Figura 68 - HOBO U12 Temp/RH/2 External Channel Logge. Onset Corporation

Fonte: http://www.onsetcomp.com/products/hobo-data-loggers

Figura 69 - SENSOR TMC20-HD. FABRICAÇÃO:ONSET CORPORATION.

Fonte: http://www.onsetcomp.com/products/sensors/tmc 20-hd

Figura 70 – Termo Anemômetro modelo 425. Testo

Fonte: http://www.testo.com.br/online/abaxx-?$part=PORTAL.BRA.Simple

A definição dos pontos de medições baseou-se em observações de locais com concentração e frequência de utilização e em condições de exposição ao vento.

Dessa forma, as medições de velocidade interna do ar foram realizadas em 5 pontos distintos dentro da ECIT: nos alojamentos masculino e feminino; na sala de estar; e nos laboratórios seco e úmido. Já as medições de temperatura do ar, umidade relativa do ar e temperatura radiante média, foram realizadas nos seguintes ambientes internos e com a quantidade de aparelhos conforme detalhado na Tabela 16:

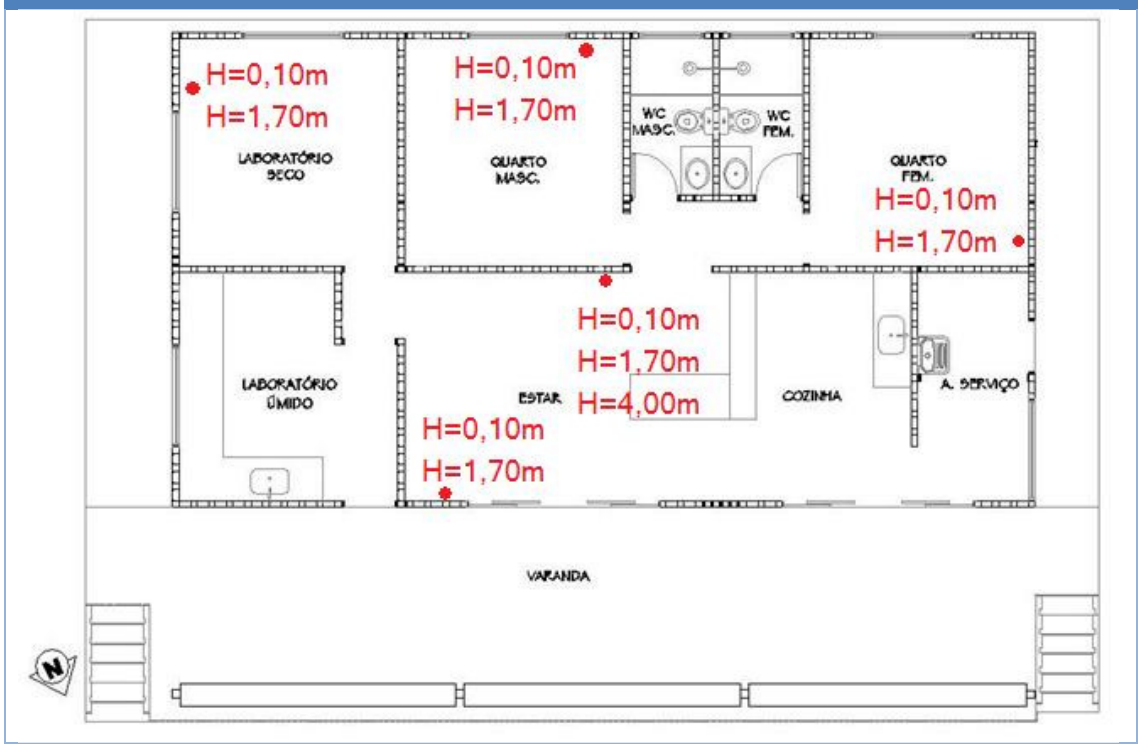
Tabela 16 – Localização e quantidade de medidores higrotérmicos

Ambiente	Características	Número de aparelhos
Laboratório Seco	Longa permanência Atividades de trabalho/pesquisa	02
Dormitório Feminino	Longa permanência Atividades de estudo e descanso	02
Dormitório Masculino		02
Sala de estar	Longa permanência Atividades diversas/ Maior concentração de usuários	05
TOTAL		**11**

Fonte: Autor

A determinação da posição de cada ponto de medição procurou definir uma média da condição térmica do ambiente. Após a predefinição desses pontos na planta baixa da ECIT (Figura 29), foi feita uma conferência previa de cada ambiente observando-se os locais com possíveis obstruções que pudessem resultar em interferências nos resultados coletados.

Figura 71 – Planta esquemática da ECIT com a localização dos medidores higrotérmicos (*HOBOS*)



Fonte: Autor

Em seguida, procedeu-se a fixação dos *data loggers* (HOBOS) conforme descrição da Tabela 17:

Tabela 17 – Distribuição dos medidores higrotérmicos por ambiente		
Local	**Altura**	**Variável medida**
Laboratório Seco	0,10m	• Temperatura do ar • Umidade relativa do ar
	1,70m	• Temperatura do ar • Umidade relativa do ar • Temperatura média radiante
Quarto Masculino	0,10m	• Temperatura do ar • Umidade relativa do ar
	1,70m	• Temperatura do ar • Umidade relativa do ar • Temperatura média radiante
Quarto Feminino	0,10m	• Temperatura do ar • Umidade relativa do ar
	1,70m	• Temperatura do ar • Umidade relativa do ar • Temperatura média radiante
Sala de Estar (acesso varanda)	0,10m	• Temperatura do ar • Umidade relativa do ar
	1,70m	• Temperatura do ar • Umidade relativa do ar
Sala de Estar (acesso dormitórios)	0,10m	• Temperatura do ar • Umidade relativa do ar
	1,70m	• Temperatura do ar • Umidade relativa do ar • Temperatura média radiante
	4,00m*	• Temperatura do ar • Umidade relativa do ar • (Temperatura média radiante na 1ª etapa de medição) **
*Foi instalado um ponto de medição a 4m do piso apenas na sala devido ao pé-direito elevado desse ambiente, proporcionado pelo partido arquitetônico adotado na ECIT. ** A medição da temperatura média radiante no ponto a 4m do piso da sala não foi realizada na segunda medição devido à perda desse sensor durante a primeira etapa de medições.		

Fonte: Autor

Em função da área da ECIT, foi possível realizar medições de temperatura e umidade do ar nos principais ambientes. A coleta de dados relativos à temperatura média radiante, entretanto, foi menos abrangente devido à limitação do número de sensores disponíveis.

As medições foram realizadas em duas etapas distintas, de acordo com a programação de expedições à ilha realizadas pela Marinha do Brasil e com disponibilidade de vagas do PROTRINDADE para a pesquisa. A primeira etapa ocorreu no período de 21/11/2011 a 06/02/2012, sob responsabilidade dos pesquisadores Msc. Glyvani Rubim Soares e André Luiz Franzotti Donadello. Já a segunda etapa ocorreu no período de 18/08/2012 a 19/02/2013, sob a responsabilidade de instalação dos data loggers (HOBOS) dos pesquisadores Filipe Cardoso Marvila e Matheus de Araújo Siqueira.

II. RESULTADOS DAS MEDIÇÕES

A obtenção de resultados pelo método de levantamento de campo foi comprometida devido a situações imprevistas ocorridas nas duas etapas de medição *in loco* para coleta de variáveis ambientais e pessoais, relatadas a seguir.

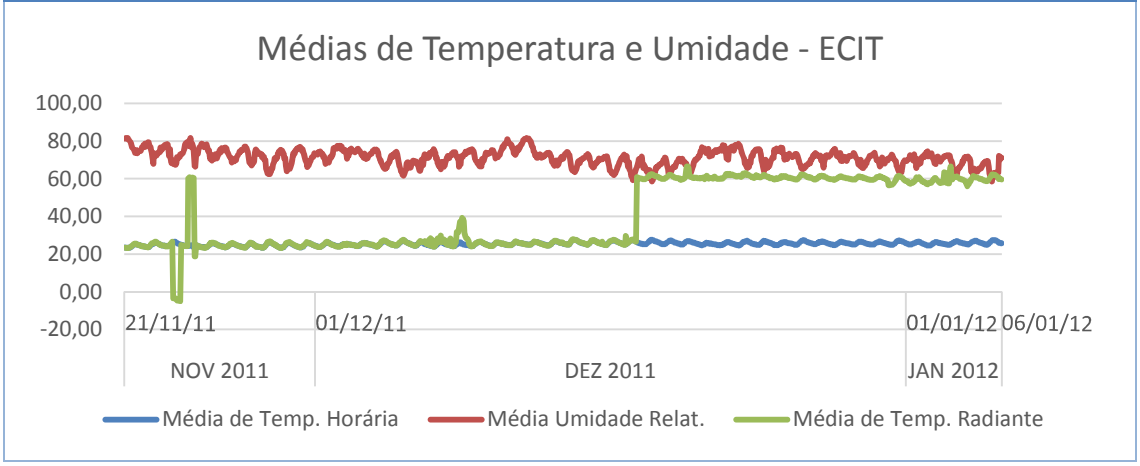
6.1.1. Variáveis ambientais

Durante a primeira etapa de medições – de 21/11/2011 a 06/01/2012 – ocorreu uma situação imprevista com relação à segurança do navio que realizava a expedição – a Fragata Bosisio (F-48) – que havia acabado de fundear nas proximidades da Ilha da Trindade. Esse fato levou à antecipação da troca de comando do POIT e ao retorno imediato da guarnição militar denominada “IV Kabritada–2011”, juntamente com os pesquisadores da X Comissão Protrindade que estavam na ilha. Desta maneira, o regresso antecipado impediu a retirada dos *data loggers (HOBOS)* pelo pesquisador responsável pela tarefa, André L. F. Donadello. A retirada foi feita posteriormente por voluntários, e por não serem da área e tampouco terem recebido instruções adequadas, ocasionou o comprometimento das informações coletadas, tanto pela dificuldade de identificação do local de instalação dos equipamentos como por erros de registro de dados, além da perda de um dos 12 medidores instalados (*HOBO* 2434481). Tal ocorrência gerou distorções e dúvidas nos dados coletados, tendo por principal consequência a impossibilidade de identificação dos pontos medidos.

A figura 35 demonstra um erro na temperatura radiante medida na ECIT, exemplificando as distorções dos dados coletados na primeira etapa de medições.

Os dados estão apresentados em forma de médias devido a impossibilidade de identificação dos pontos medidos.

Figura 72 - Gráfico demonstrativo dos erros de registro de dados na primeira etapa de medições



Fonte: Autor

A segunda etapa de levantamento de campo – de18/08/2012 a 19/02/2013 – também apresentou situações imprevistas com relação a coleta de dados na ECIT.

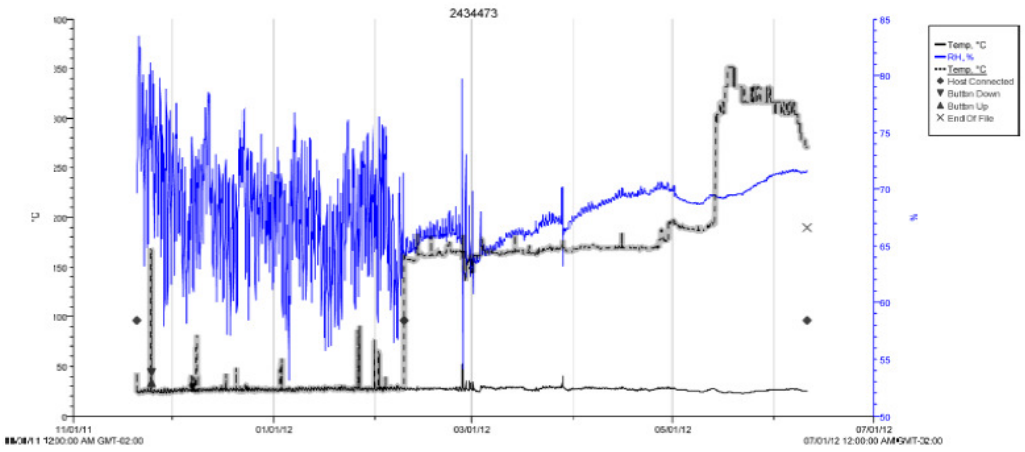
Nesta etapa não houve problemas com a identificação dos aparelhos e seus respectivos pontos de medições, entretanto, durante os meses em que os *data loggers (HOBOS)* ficaram instalados houve registro de quedas e intervenções indevidas nos mesmos. Dos 11 aparelhos instalados, sendo um a menos que na primeira etapa de medições devido à perda de um aparelho, 4 apresentaram problemas na fonte de alimentação. Como as fontes alimentadoras eram novas e possuíam carga para até 24 meses de medições horárias, conforme pré-programado, presume-se que as quedas relatadas pelos usuários da ECIT acarretaram no deslocamento das baterias, levando a interrupção da alimentação.

Além dos imprevistos registrados, o conector de um dos sensores de temperatura de longo alcance (SENSOR TMC20-HD) foi danificado, comprometendo o registro da temperatura radiante média medida no ambiente da Sala-Cozinha.

Os resultados obtidos com os 07 aparelhos restantes foram transformados em gráficos nos quais pode-se identificar as distorções e erros relacionados à captura dos dados relativos aos fatores ambientais, como pode-se observar nas figuras 36 a 40.

A figura 36 retrata as falhas de captura de dados no *HOBO* 2434473. Neste caso pode-se observar bruscas variações da temperatura radiante média, a qual oscilou de aproximadamente 25℃ para cerca de 160℃ por volta do dia 02/01/2012, permanecendo nesse patamar até atingir posteriormente níveis próximo a 350℃.

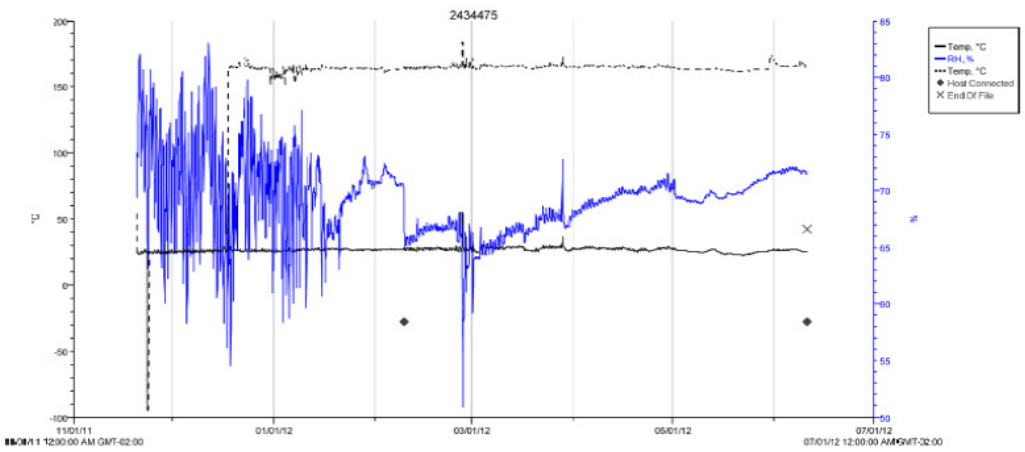
Figura 73 - Falhas de registro de dados higrotérmicos na segunda etapa de medições - 01



Fonte: Autor

Já pelo gráfico do HOBO 2434475 (Figura 37), pode-se observar bruscas oscilações da temperatura radiante média, variando da ordem de 90℃ negativos a 180℃ positivos.

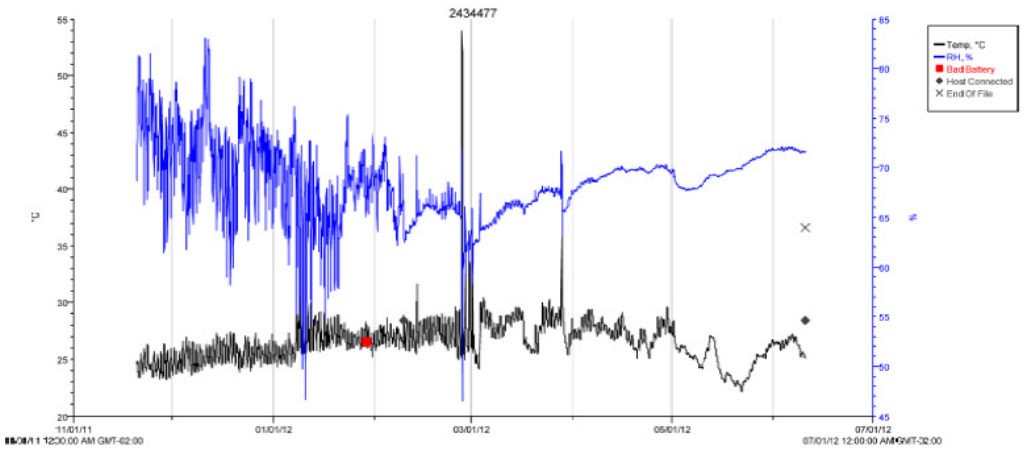
Figura 74 - Falhas de registro de dados higrotérmicos na segunda etapa de medições - 02



Fonte: Autor

O *HOBO* 2434477 (Figura 38) revela variações repentinas de até 10℃ na temperatura interna do ar, além de indicação de falha na fonte de alimentação do medidor.

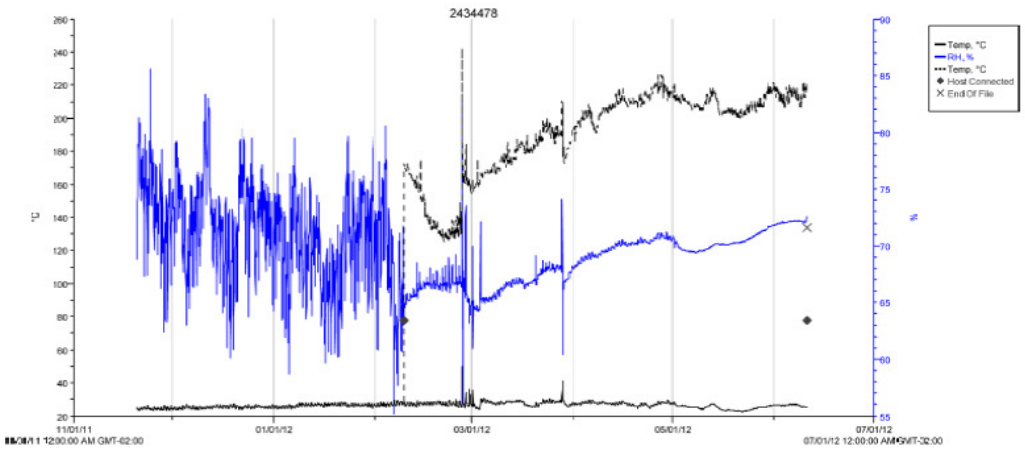
Figura 75 - Falhas de registro de dados higrotérmicos na segunda etapa de medições - 03



Fonte: Autor

A Figura 39 demonstra a temperatura radiante média registrada pelo *HOBO* 2434478 atingir temperaturas negativas e saltara para níveis superiores aos 240℃.

Figura 76 - Falhas de registro de dados higrotérmicos na segunda etapa de medições - 04

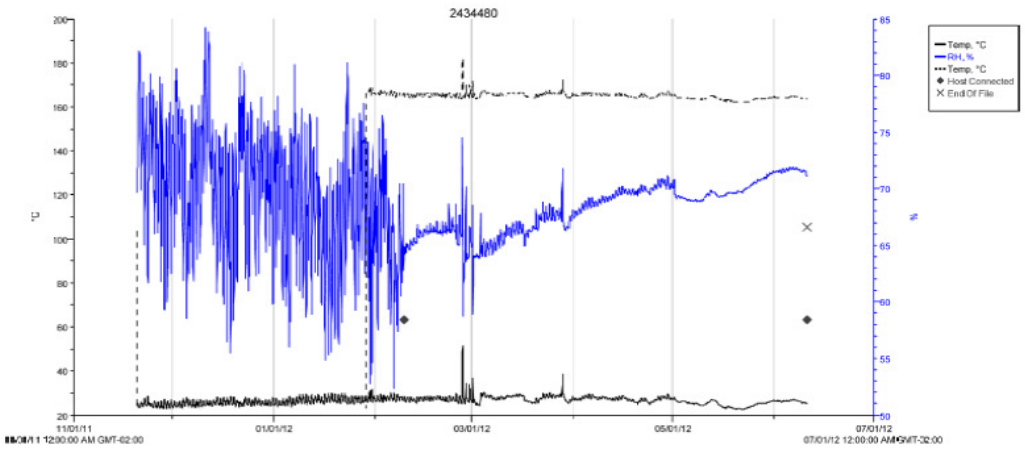


Fonte: Autor

O Gráfico da Figura 40, que retrata o *HOBO* 2434480, demonstra variações bruscas da temperatura interna do ar, a qual, em sua maior variação, salta da faixa dos 26℃ para perto de 50℃ em um intervalo de 1h, por volta do dia 03/01/2012. Já a

temperatura radiante média oscila de uma faixa inferior a 30°C para valores acima de 170°C.

Figura 77 - Falhas de registro de dados higrotérmicos na segunda etapa de medições - 05



Fonte: Autor

Além das discrepâncias dos registros de temperatura interna do ar e da temperatura radiante média, em todos os gráficos foi observado uma oscilação brusca da umidade relativa do ar nas primeiras horas de medição.

Devido aos fatores imprevistos encontrados nas duas etapas de medições, optou-se pelo descarte dos dados ambientais medidos in loco, passando-se a utilizar apenas os dados simulados na a análise do desempenho térmico da ECIT.

6.1.2. Variáveis pessoais

Entre as situações imprevistas ocorridas durante a pesquisa de campo, a dificuldade de obtenção de respostas aos questionários aplicados foi uma delas. Durante o período de pesquisa, cerca de 60 questionários foram levados para a ECIT para serem distribuídos aos pesquisadores que por lá pernoitassem. Entretanto, a maioria das expedições à ilha no intervalo analisado constituiu-se de pesquisadores eventuais, ou seja, que não pernoitavam na ECIT devido ao foco de suas pesquisas estarem no percurso do navio e não na ilha. Do total de questionários disponibilizados, os quais envolveram questões de diversas áreas, apenas 20% retornaram com respostas às questões relacionadas ao conforto térmico.

Os resultados desses questionários (Figura 41 a 44), apesar de inconclusivos devido ao pequeno número de amostras, foram os seguintes: 58% dos pesquisadores entrevistados eram do sexo masculino e 42% do feminino, com idades entre 22 e

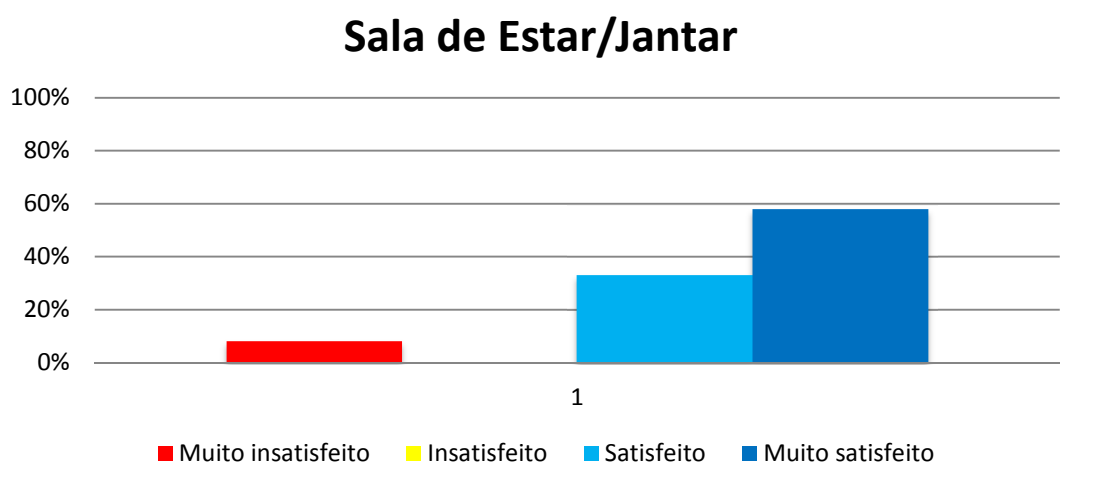
53 anos, sendo a média de idade de aproximadamente 30 anos. 60% eram provenientes da Região Sudeste, 20% da Região Sul e 20% da Região Centro Oeste. 33% já estiveram na ECIT em datas anteriores. Desse total, 50% estiveram em 2010. Os 67% restantes visitavam a ilha pela primeira vez. O tempo de permanência variou de 3 a 90 dias, sendo o tempo médio de estadia de 43 dias.

Entre os entrevistados observa-se um equilíbrio na distribuição de gênero e, apesar de a idade média ser de aproximadamente 30 anos, percebe-se uma ampla variação na faixa etária o que pode interferir nos hábitos e percepções individuais. Outro item observado foi que os participantes da região Centro Oeste foram os que mais demonstraram descontentamento com o calor.

Em relação a avaliação da satisfação do usuário com os ambientes da ECIT, foram feitas perguntas objetivas cujas respostas consideraram uma escala de 1 a 4 de acordo com o nível de satisfação, sendo: 4 muito satisfeito; 3 satisfeito; 2 insatisfeito; e 1 muito insatisfeito, conforme Anexo A.

Entre os ambientes de permanência prolongada, o ambiente Estar/ Jantar obteve 58% de muito satisfeito e 33% de satisfeito nos quesitos conforto térmico, o que demonstrou um nível de avaliação positiva da ordem de 91% em relação a esses quesitos. É importante ressaltar que não foi registrada nenhuma condição de insatisfação nesse ambiente.

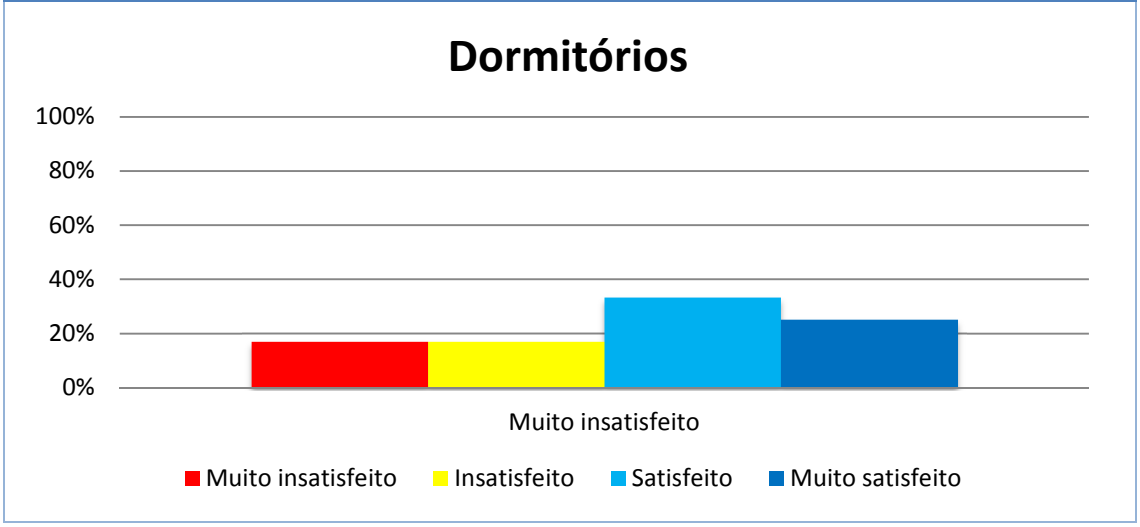
Figura 78 – Resultado dos questionários de conforto térmico



Fonte: Autor

Os dormitórios obtiveram 36% de respostas negativas contra 64% positivas em relação ao conforto térmico, sendo que desse total, 27% responderam estarem muito satisfeitos, 36% responderam estarem satisfeitos, 18% disseram estarem insatisfeitos e a mesma porcentagem afirmou estar muito insatisfeito (Figura 42).

Figura 79 – Resultado dos questionários de conforto térmico - Dormitórios

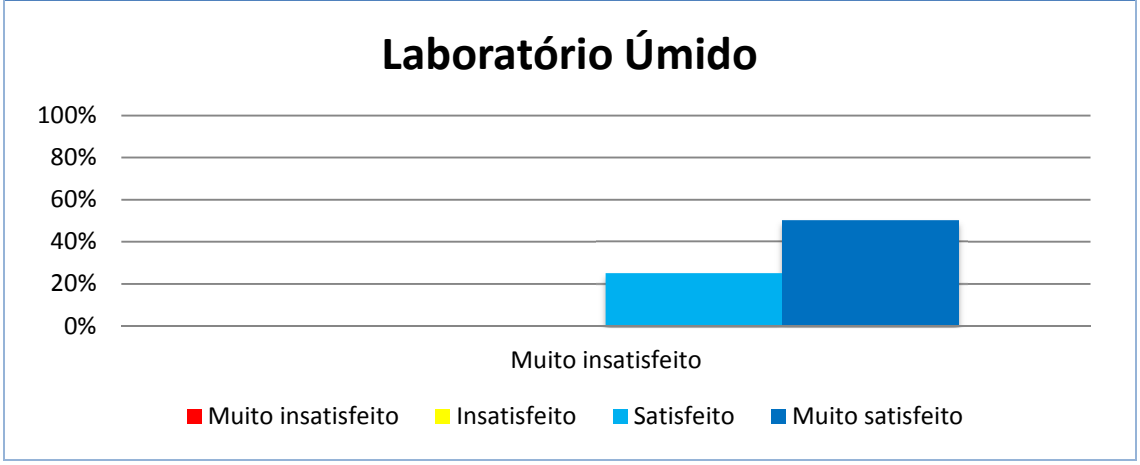


Fonte: Autor

O gráfico permite visualizar o relativo equilíbrio entre todas as respostas possíveis, podendo-se então inferir que, provavelmente, o alcance do conforto está vinculado às condições ambientais externas, ou seja, os respondentes que permaneceram na ECIT durante períodos com temperaturas mais amenas, não se sentiram em estado de desconforto enquanto que aqueles que vivenciaram dias mais quentes, ficaram descontentes com a condição térmica do ambiente. Essas respostas foram um indicativo para a posterior simulação dos ambientes, visto os dados já indicarem a hipótese de um desempenho termicamente inadequado para esses ambientes.

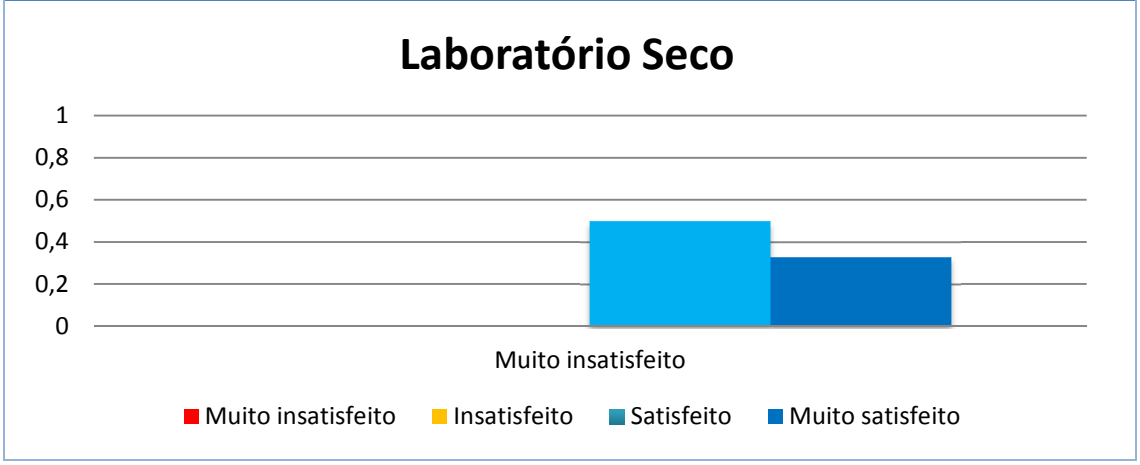
Em relação aos laboratórios, no quesito conforto térmico, as respostas positivas foram maiores ou iguais a 90%. O índice de muito satisfeito foi de 67% para o laboratório úmido e de 40% para o laboratório seco. Já o índice de satisfeito foi de 33% para o úmido e 60% para o seco. Ambos ambientes não obtiveram avaliação negativa (Figura 43).

Figura 80 – Resultado dos questionários de conforto térmico – Laboratório Úmido



Fonte: Autor

Figura 81 – Resultado dos questionários de conforto térmico - Laboratório Seco



Fonte: Autor

Nas questões específicas de conforto ambiental, os principais resultados foram:58% afirmaram não sentir nenhum desconforto em relação ao ar interno dos ambientes;25% disseram que têm problemas em relação à temperatura; e apenas 8% responderam que a umidade do ar incomoda.

Quanto à sensação térmica no momento do preenchimento dos questionários, a porcentagem dos que alegaram estar com muito calor, calor e pouco frio foi de 9%. Já a porcentagem dos que afirmaram não estar nem com calor nem com frio foi de 54,5%.

Quando perguntados sobre a sensação térmica que gostariam de estar sentindo no momento, 8% não responderam, 33% responderam um pouco mais frio e 58% responderam sem alteração;

Já em relação à preferência térmica, quando perguntados se se sentiam confortável na ECIT, 73% responderam que sim contra 27% que não.

Em relação ao ambiente em que se sentiam mais confortáveis termicamente e porque, 92% responderam entre sala e varanda devido à ventilação natural. Já o oposto, em relação ao ambiente em que se sentiam menos confortáveis termicamente e porque, 78% indicaram os dormitórios devido ao abafamento ocasionado pela pouca ventilação, quando as portas estão fechadas. Do total de mulheres que participaram, 75% indicaram o dormitório feminino como local mais desconfortável termicamente.

Os resultados obtidos, apesar de não conclusivos, vão ao encontro das condições esperadas na fase de projeto e implantação do edifício.

Os ambientes do bloco frontal (Sala-cozinha e Laboratório Úmido), que não obtiveram nenhum registro de insatisfação térmica, são os que possuem maiores áreas de aberturas que proporcionam a ventilação cruzada e que apresentam fachada voltada para o quadrante de maior incidência de vento (NE), como demonstrado em 3.2.1.1, além de serem beneficiados pela condição de proteção por sombreamento proporcionada pela cobertura da varanda, o que permite a maioria das aberturas permanecerem 100% abertas a qualquer hora do dia.

O laboratório seco, localizado no bloco dos fundos, apesar receber radiação solar durante todo o dia, pois apresenta fachadas tanto para o SE quanto para SO, possui grandes vãos de aberturas em paredes opostas, o que potencializa a troca térmica por meio da ventilação cruzada.

Já os Dormitórios, ambientes também localizados no bloco dos fundos e que obtiveram as piores avaliações nos questionários, possuem características que favorecem a uma maior exposição à radiação solar. Esses ambientes possuem fachadas com aberturas voltadas para SO, sendo que o dormitório feminino também possui uma face orientada para NO. Além das condições de orientação geográfica, detalhado em 3.2.1.1, ambos possuem apenas uma face com abertura voltada para o exterior, o que prejudica o efeito da ventilação cruzada.

ANEXO A - QUESTIONÁRIO MULTIDISCIPLINAR APLICADO AOS PESQUISADORES NA ECIT

Prezado usuário da ECIT:

Este questionário é parte da Metodologia de Avaliação Pós Ocupação realizada pelo projeto PROTRINDADE, coordenado pela Dra. Cristina Engel de Alvarez. Solicitamos que seja entregue preenchido na semana anterior ao da saída de Trindade. Destaca-se que os resultados serão utilizados exclusivamente pelo PROTRINDADE. Obrigado!

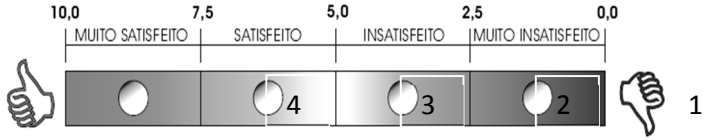
Idade:_____ sexo (M) ou (F) Área de atuação ou profissão:_____

Quantas vezes já esteve na ECIT: ( ) primeira vez ( ) 2 ( ) 3 ( ) 4 ( ) 5 ou mais

Tempo de permanência nesta fase: ( ) 1 mês ( ) 3 meses ( ) 6 meses ( ) 1 ano

Se já veio anteriormente, qual foi o ano da primeira permanência? _____

Para as questões objetivas, considere a escala (nota) de 1 a 4 de acordo com o nível de satisfação representado na figura abaixo. Caso você não utiliza o ambiente ou não tem opinião a respeito, deixe o espaço em branco.



Caso deseje fazer qualquer comentário adicional, em relação a outros aspectos não abordados (positivos ou negativos), por favor, utilize uma folha à parte.

ambiente "sala de estar/jantar"	nota	ambiente "varanda"	nota
Conforto térmico		Conforto térmico	
Conforto acústico		Conforto acústico	
Espaço interno (área disponível)		Espaço interno (área disponível)	
Renovação do ar		Renovação do ar	
Mobiliário		Mobiliário	
Facilidade de limpeza		Facilidade de limpeza	
Iluminação natural		Iluminação natural	
Iluminação artificial		Iluminação artificial	

ambiente "banheiro"	nota	ambiente "dormitório"	nota
Conforto térmico		Conforto térmico	
Conforto acústico		Conforto acústico	
Espaço interno (área disponível)		Espaço interno (área disponível)	
Renovação do ar		Renovação do ar	
Mobiliário/equipamentos		Mobiliário	
Facilidade de limpeza		Facilidade de limpeza	
Iluminação natural		Iluminação natural	
Iluminação artificial		Iluminação artificial	

ambiente "cozinha"	nota	ambiente "área de serviço"	nota
Conforto térmico		Conforto térmico	
Conforto acústico		Conforto acústico	
Espaço interno (área disponível)		Espaço interno (área disponível)	
Renovação do ar		Renovação do ar	
Mobiliário/equipamentos		Mobiliário/equipamentos	
Facilidade de limpeza		Facilidade de limpeza	
Iluminação natural		Iluminação natural	
Iluminação artificial		Iluminação artificial	

amb. "laboratório úmido" (caso não utilize este ambiente, não responda este quadro)	nota	amb. "laboratório seco" (caso não utilize este ambiente, não responda este quadro)	nota
Conforto térmico		Conforto térmico	
Conforto acústico		Conforto acústico	
Espaço interno (área disponível)		Espaço interno (área disponível)	
Renovação do ar		Renovação do ar	
Mobiliário/equipamento		Mobiliário/equipamentos	
Facilidade de limpeza		Facilidade de limpeza	
Iluminação natural		Iluminação natural	
Iluminação artificial		Iluminação artificial	

CONFORTO AMBIENTAL

Data ___/___/___ Hora: _____ Peso: _____ Altura: _____

Cidade de residência: _____

Como você se sente em relação ao ar interno dos ambientes?

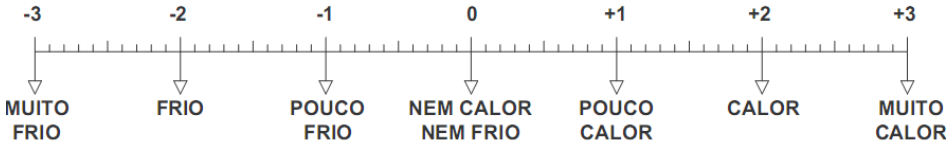
( ) não sinto nenhum desconforto ( ) o(s) cheiro(s) me incomoda(m)

( ) a umidade do ar me incomoda (algum ambiente específico?_____)

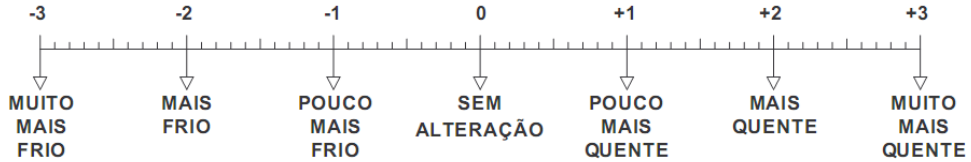
( ) tenho problemas em relação à temperatura

( ) outro (explicite)_____

Indique com um X a sua sensação térmica nesse momento.



Indique com um X a sensação que você gostaria nesse momento.



Você sente alguma sensação de desconforto localizado em alguma parte do corpo? Por exemplo, uma região mais quente que outra. ( ) Sim ( ) Não

Caso sinta alguma sensação de desconforto localizado, assinale abaixo a parte do corpo: ( ) Pés e pernas ( ) Cabeça ( ) Tronco ( ) Mãos e Braços

Em relação ao ambiente, você sente alguma diferença de temperatura? Por exemplo, calor próximo a porta e frio em uma área mais distante.

( ) Sim ( ) Não

Em relação a sua preferência pessoal, você se sente confortável termicamente na ECIT? ( ) Sim ( ) Não

Em relação à diferença de temperatura interior/exterior, você sente alguma diferença de temperatura quando entra na ECIT? ( ) Sim ( ) Não

Em relação ao conforto térmico, em qual ambiente você se sente MAIS confortável?Explique_____

_____

Em relação ao conforto térmico, em qual ambiente você se sente MENOS confortável?Explique_____

_____

Marque as peças de roupa que está usando nesse momento e acrescente o que faltar nas linhas em branco:

CAMISAS, CAMISETAS E BLUSAS	CALÇADOS, MEIAS E LUVAS
Camisa, manga longa, tecido grosso	Tênis
Camisa, manga longa, tecido fino	Chinelo ou tamanco ou sandália
Camisa, manga curta, tecido grosso	Sapato, sola fina
Camisa, manga curta, tecido fino	Sapato, sola grossa
Camisa pólo, manga curta	Bota
Camisa sem manga	Meia soquete grossa
Moletom	Meia soquete fina
Jaqueta, tecido leve	Meia altura do joelho grossa
Jaqueta, tecido grosso	Meia altura do joelho fina
CALÇAS, SHORTS E BERMUDAS	Meia fina tipo sapatilha
Calça tecido grosso	VESTIDOS E SAIAS
Calça tecido fino	Saia, tecido leve
Calça jeans	Saia, tecido grosso
Short ou bermuda, tecido grosso	Vestido, manga longa, tecido grosso
Short ou bermuda, tecido fino	Vestido, manga longa, tecido fino
OUTROS	Vestido, manga curta, tecido grosso
Peça íntima	Vestido, manga curta, tecido fino

Como está o céu neste momento:

( ) nublado ( ) claro ( ) claro com nuvens ( ) parcialmente nublado

Em que ambiente você está agora: _____

Você percebe algum tipo de incômodo ou desconforto visual neste momento?

( ) Sim ( ) Não Se sim, que tipo de desconforto:

( ) ambiente pouco iluminado ( ) ambiente excessivamente iluminado

( ) ofuscamento ( ) outros _____

Possui algum tipo de deficiência visual?

( ) Sim ( ) Não Se sim, qual?_____

Em relação ao ambiente "laboratório seco", enumere as atividades que desempenha neste local, considerando o 1 a atividade menos frequente:

( ) digitação ( ) leitura ( ) uso de programas com fundo claro

( ) uso de programas com fundo escuro ( ) outros_____

Em quais horários frequentemente trabalha no neste ambiente

( ) 8 – 10h ( ) 10 – 12h ( ) 12 – 14h

( ) 14 – 16h ( ) 16 – 18h ( ) depois das 18h

Quanto tempo ininterrupto fica em frente ao computador no ambiente "laboratório seco"?

( ) menos de 1h ( ) de 1 a 3h ( ) de 3 a 5h ( ) de 5 a 7h ( ) mais de 7h

Em algum período do dia a iluminação neste ambiente lhe incomoda ou atrapalha seu trabalho? ( ) Sim ( ) Não Se sim, em qual período?

( ) 8 – 10h ( ) 10 – 12h ( ) 12 – 14h

( ) 14 – 16h ( ) 16 – 18h ( ) depois das 18h

Em relação à pergunta anterior, marque o tipo de iluminação que incomoda ou atrapalha:

( ) natural vinda da janela ( ) natural quando refletida na tela

( ) artificial quando refletida na tela ( ) artificial e natural combinadas

A estação de trabalho que você utiliza no ambiente "laboratório seco" é:

( ) mal iluminada ( ) pouco iluminada ( ) bem iluminada

( ) excessivamente iluminada ( ) não sabe

Em relação ao ambiente "laboratório úmido", quais atividades desempenha neste local? _____

Em quais horários frequentemente trabalha neste ambiente?

( ) 8 – 10h ( ) 10 – 12h ( ) 12 – 14h

( ) 14 – 16h ( ) 16 – 18h ( ) depois das 18h

Em algum período do dia a iluminação neste ambiente lhe incomoda ou atrapalha seu trabalho? ( ) Sim ( ) Não Se sim, em qual período?

( ) 8 – 10h ( ) 10 – 12h ( ) 12 – 14h

( ) 14 – 16h ( ) 16 – 18h ( ) depois das 18h

Em relação à pergunta anterior, marque o tipo de iluminação que incomoda ou atrapalha:

( ) natural vinda da janela ( ) artificial ( ) artificial e natural combinadas

A estação de trabalho que você utiliza no ambiente "laboratório úmido" é:

( ) mal iluminada ( ) pouco iluminada ( ) bem iluminada

( ) excessivamente iluminada ( ) não sabe

Ainda em relação à iluminação, há algum outro ambiente que lhe incomoda ou atrapalha?

( ) Sim ( ) Não Se sim, qual ambiente?_____

Em que horário? ( ) 8 – 10h ( ) 10 – 12h ( ) 12 – 14h

( ) 14 – 16h ( ) 16 – 18h ( ) depois das 18h

Em relação à pergunta anterior, especifique a atividade realizada no ambiente:_____

Já apresentou algum dos sintomas mencionados abaixo durante seu horário de trabalho?

( ) dor nos olhos ( ) lacrimejamento ( ) vista cansada

( ) vista embaçada ( ) dor de cabeça

Se já apresentou algum desses sintomas, em qual ambiente: _____

Você acredita que a iluminação nos ambientes de trabalho tem influência na existência desses sintomas?

( ) nunca ( ) raramente ( ) com freqüência

( ) quase sempre ( ) sempre

Em sua opinião, a iluminação artificial instalada nos ambientes de trabalho favorece a fidelidade na reprodução das cores adequada à tarefa executada?

( ) Sim ( ) Não Por que?_____

RESÍDUOS SÓLIDOS

Em relação à produção de resíduos sólidos, você acha que:

( ) pode ser reduzida evitando desperdícios

( ) não há como reduzir a quantidade sem alterar o conforto dos usuários

( ) é possível reduzir através da reciclagem/reaproveitamento dos materiais

( ) a produção de resíduos é coerente com a quantidade e o tipo de vida em Trindade

( ) Outra opinião (explicite)_____

A(s) atividade(s) desenvolvida(s) por você em Trindade produz(em) algum tipo de resíduo? ( ) Sim ( ) Não Especifique _____

Acerca do que você trouxe para o desenvolvimento de seu trabalho (sem considerar bagagem pessoal), é possível estimar uma relação quantitativa, em termos percentuais, do que virou resíduo em relação à carga total trazida? ( )5% ou menos ( )25% ( )50% ( )75% ( )100% Comentário_____

Qual a destinação dada por você ou pelo POIT a esse(s) resíduo(s)?

( ) recipientes para lixo doméstico orgânico (a ser incinerado)

( ) recipientes p/ lixo doméstico (p/ retorno ao Brasil - papéis, plásticos, metais, vidros, etc)

( ) tubulação de esgoto

( ) armazenamento para retorno ao Brasil (lixo químico)

( ) outro. Especifique _____

Você recebeu alguma orientação anterior a sua viagem, ou por ocasião de sua chegada em Trindade, sobre a produção e tratamento de resíduos?

( ) sim ( ) não Se sim: ( ) orientação verbal ( ) orientação impressa

Em sua opinião, é possível haver redução do resíduo gerado em suas atividades?

( ) sim ( ) talvez ( ) não Justifique_____

É possível haver reutilização ou reciclagem do resíduo gerado em sua atividade específica?

( ) sim ( ) talvez ( ) não Justifique_____

Você conhece as etapas do atual sistema de gerenciamento de resíduos sólidos do POIT? ( ) sim ( ) parcialmente ( ) não

Como você avalia esse sistema de gerenciamento?

( ) eficiente ( ) pouco eficiente ( ) ineficiente

Algum aspecto deve ser modificado?

( ) sim ( ) não Especifique_____

ÁGUA E ESGOTO

Quantas vezes, durante o dia, você utiliza cada local abaixo para urinar? Indique o número de vezes ao lado de cada local utilizado.

( ) Banheiro masculino da ECIT ( ) Banheiro feminino da ECIT

( ) Banheiro fora da ECIT

Em seu dia a dia no continente, de 10 vezes que você vai ao banheiro para urinar, quantas vezes utiliza o mictório?

( ) nenhuma vez ( ) 4 vezes ( ) 6 vezes ( ) 8 vezes ( ) 10 vezes

Indique a resposta que mais se aplica a você:

( ) Só uso o mictório quando não tem vaso sanitário disponível

( ) Não uso o mictório porque as divisórias não me dão privacidade

( ) Sempre uso o mictório e não tenho problema com privacidade

Quantas vezes, ao dia, você utiliza o banheiro para defecar?

( ) Menos de 01 vez ( ) 01 vez ( ) 02 vezes ( ) Mais de 02 vezes

Quantas vezes você acionou a descarga do vaso sanitário, após cada utilização para defecar?

( ) 01 vez ( ) 02 vezes ( ) Mais de 02 vezes

Qual a freqüência que utiliza a ducha higiênica?

( ) Todas as vezes que você utiliza o vaso sanitário

( ) Somente quando defeca ( ) Nunca usa a ducha higiênica

Quantas vezes, ao dia, você utiliza as torneiras dos lavatórios?____

Qual o seu procedimento ao lavar as mãos ou escovar os dentes?

( ) Enquanto ensaboa as mãos ou passa a pasta, você fecha a torneira

( ) A torneira fica todo o tempo aberta

Se for somado o tempo total em que a torneira fica aberta, enquanto você lava as mãos ou escova os dentes, qual a única alternativa abaixo que mais se aplica ao seu caso?

( ) 5 s ( ) 10 s ( ) 15 s ( ) 20 s ( ) 25 s

Quantas vezes, ao dia, você toma banho?

( ) Menos de 01 vez ( ) 01 vez ( ) 02 vezes ( ) Mais de 02 vezes

Qual o seu procedimento ao tomar banho?

( ) Enquanto se ensaboa, e utiliza o shampoo, você fecha o registro

( ) O registro do chuveiro fica todo o tempo aberto

Se for somado o tempo total em que o registro do chuveiro fica aberto, durante o seu banho, qual a única alternativa abaixo que mais se aplica ao seu caso?

( ) 3 min ( ) 5 min ( ) 10 min ( ) 15 min ( ) 20 min

Qual a freqüência, na semana, que utiliza a máquina de lavar roupas?

( ) Menos de 01 vez ( ) 01 vez ( ) 02 vezes ( ) Mais de 02 vezes

Nas suas atividades de trabalho e/ou pesquisa, você utiliza água doce? Especifique os locais

( ) Sim ( ) Não_____

_____

Qual local da Estação você considera como sendo o de maior consumo de água?

( ) banheiro ( ) cozinha ( ) área de serviço/lavanderia

( ) laboratório ( ) Outro_____

Você recebeu alguma recomendação e/ou instrução sobre a conservação de água na ECIT?

( ) Sim ( ) Não Se sim, onde?_____

Em sua opinião, a quantidade de água que você consome diariamente poderia ser menor e atender às suas necessidades? ( ) Sim ( ) Não

Você estaria disposto a contribuir com um programa de redução do consumo de água na ECIT? ( ) Sim ( ) Não

No seu dia a dia no Brasil, você já realizou alguma mudança nos seus hábitos para redução do consumo de água? ( ) Sim ( ) Não Se sim, descreva:_____

_____

Em sua opinião, a água potável, que hoje é utilizada nas descargas sanitárias e na lavagem dos pisos, poderia ser substituída por uma água reciclada, que já tenha sido utilizada no banho, nas máquinas de lavar roupa, e nas torneiras de lavatórios?

( ) Sim ( ) Não

Como você reagiria se encontrasse em Trindade equipamentos economizadores de água, como por exemplo, torneiras e chuveiros com tempo de vazão pré-determinados; vasos sanitários com descarga diferenciada para fezes e urina?

( ) não acredito que o problema da água esteja relacionado ao consumo

( ) não teria problemas em me adaptar a nova situação

( ) o provável nível de desconforto poderia ser inadequado para um ambiente como Trindade

( ) outro (explicite)_____

Você conhece algum sistema de saneamento que não utiliza água (saneamento ecológico ou seco)?

( ) Sim ( ) Não Se sim, qual? _____

Para os homens: considerando que alguns sistemas economizadores de água exigem mudanças de procedimentos – como urinar sentado, por exemplo – e que é

muito difícil mudar os hábitos adquiridos ao longo da vida, você acha que teria alguma dificuldade em aceitar tal medida?

( ) Sim ( ) Não

PAISAGEM

Você considera que a paisagem de Trindade possui qualidade estética?

( ) Sim ( ) Não

Em relação à primeira imagem que se tem de Trindade, como você classificaria a paisagem da ECIT, vista a partir da praia (orla ou navio)?

( )Péssima ( )Ruim ( )Boa ( )Ótima ( ) indiferente ( )outra_____

A Estação Científica da Ilha da Trindade está em harmonia com a paisagem local ?
( ) Sim ( ) Não

As aberturas da ECIT permitem e favorecem a visualização da paisagem externa? ( ) Sim ( ) Não ( ) Nunca reparei

Enumere o que é mais relevante, em termos de paisagem, na área de entorno da ECIT, considerando o 1 o ponto mais importante:

( ) construções brasileiras ( ) orla marítima ( ) topografia da ilha

( ) fauna e flora local ( ) Outros_____

Qual o marco referencial mais importante na paisagem da Ilha da Trindade?

( ) Praia das Tartarugas ( ) edificações do POIT

( ) Praia do Príncipe ( ) Praia do Andrada (Marco dos Portugueses)

( ) o navio ( ) Pico do Desejado

( ) o Pico da Bandeira ( ) vegetação nativa

( ) Floresta de Samambaia ( ) Paredão rochoso

( ) Túnel ( ) não gosto de nada

Enumere o que é mais incômodo em termos de paisagem na área do entorno da ECIT, considerando o 1 o pior ponto:

( ) o conjunto edificado ( ) ruído (paisagem acústica)

( ) campo de futebol ( ) antenas e fiação aparente

( ) circulação de veículos ( ) calçadas e rampas

( ) navio ( ) vegetação exótica (amendoeiras)

( ) heliponto ( ) nada me incomoda

( ) as voçorocas ( ) outros, quais?_____

Qual a maior interferência negativa que você identifica na relação da ECIT com a paisagem da ilha?

( ) a supressão de partes da vegetação ( ) o afastamento dos animas

( ) a modificação na topografia natural

( ) a obstrução da paisagem natural pelas edificações e equipamentos

( ) a interferência no cenário acústico (sons naturais do ambiente)

( ) outro (especifique) _____

( ) o conjunto edificado não interfere negativamente na paisagem

Em relação aos ruídos, assinale (até 3 alternativas) que mais o(a) incomodam

( ) o ruído de algum equipamento. Qual? _____

( ) a transmissão do som entre ambientes da ECIT

( ) a falta de "privacidade acústica" nos ambientes em geral

( ) a falta de "privacidade acústica" nos banheiros

( ) o ruído dos veículos ( ) o ruído do helicóptero

( ) o ruído do navio ( ) nenhum ruído me causa desconforto

( ) outro. Especifique _____

Em relação aos sons, assinale as situações que mais o (a) agradam

( ) o som do ambiente quando afastado da ECIT ( ) o som das aves

( ) o som das ondas na praia ( ) o silêncio do quarto

( ) o som do vento ( ) outro. Especifique_____

Assinale até 3 elementos que você ache que devam consumir mais energia na Estação

( ) a iluminação ( ) o chuveiro ( ) Laptops/Pcs

( ) máquina de lavar roupa ( ) os equipamentos da sala/cozinha

( ) os eletrodomésticos do laboratório seco

( ) outro. Especifique_____

Como você acha que poderia haver redução no consumo energético - e conseqüente redução do consumo de combustíveis na ECIT?_____

_____

COMENTÁRIOS ABERTOS

Esse espaço é destinado para comentários livres – incluindo sugestões - sobre os tópicos anteriormente abordados - Lixo (resíduos sólidos)/ Água/ Esgoto (resíduos líquidos)/ Qualidade do ar interno/ Impacto na paisagem/ Acústica/ Outro aspecto

_____
_____
_____
_____