

## XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção  
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

# ESTABELECIMENTO DE PARÂMETROS DE DESEMPENHO TÉRMICO PARA NOVAS EDIFICAÇÕES BRASILEIRAS NA ANTÁRTICA<sup>1</sup>

**SIRTULI, Bruna Perovano (1); COSTALONGA, Filipe Galina (2); ALVAREZ, Cristina Engel de (3); Nico-Rodrigues, Edna Aparecida (4)**

(1) UFES, brunapsirtuli@gmail.com; (2) UFES, filipepgcostalonga@gmail.com; (3) UFES, crisina.engel@ufes.br; (4) UFES, edna.rodrigues@ufes.br

### RESUMO

As características de inospicuidade, bem como as condições climáticas da Antártica (temperaturas baixas, ventos com alta velocidade, isolamento e necessidade de preservação do ambiente natural) requerem estudos em várias áreas que abrangem o conforto ambiental nas edificações. Esta pesquisa objetivou avaliar o desempenho térmico das novas instalações da Estação Antártica Comandante Ferraz, pertencente ao Brasil e que ainda não teve sua construção iniciada, com o propósito de definir parâmetros para edificações com características semelhantes. Os procedimentos metodológicos incluíram etapas de modelagem, configurando-se as características e as propriedades dos materiais, os ambientes a serem avaliados, como também o período. Como instrumento, foi utilizado o software *DesignBuilder*. Posteriormente foram feitas as simulações e a definição da metodologia de avaliação. Os resultados permitiram avaliar o desempenho da envoltória em pontos previamente definidos da Estação, propiciando pontuar as melhorias no edifício e as possíveis alterações nos materiais da envoltória. A alternativa proposta foi de adicionar à envoltória, isolantes térmicos diferenciados nos ambientes localizados nas extremidades, assim como os revestimentos propostos para o piso e teto, onde o contato com o exterior é mais direto.

**Palavras-chave:** Estação Antártica Brasileira. Desempenho Térmico. *DesignBuilder*.

### ABSTRACT

*The characteristics of conspicuity and the climatic conditions of Antarctica (low temperatures, high speed winds, isolation and need to preserve the natural environment) require studies in several areas including environmental comfort in buildings. This research aimed to evaluate the thermal performance of the new facilities of the Comandante Ferraz Antarctic Station, belonging to Brazil and have not yet started construction, in order to set parameters for buildings with similar characteristics. The methodological procedures included modeling steps, setting the characteristics and properties of materials, environments to be evaluated, as well as the period. As a tool, it was used DesignBuilder software. Later simulations and the assessment methodology of the definition were made. The results evaluating the performance envelope in fixed locations of the Station, providing scoring improvements in building and possible changes to the materials of the envelope. The alternative proposal was to add to the envelope, different thermal insulation in environments located at the ends, as well as the coatings proposed for the floor and ceiling, where contact with the outside is more direct.*

<sup>1</sup> Sirtuli, B. P.; Costalonga, F. G.; Alvarez, C. E. de; Nico-Rodrigues, E. A. Estabelecimento de parâmetros para novas edificações brasileiras na Antártica a partir dos resultados de desempenho da Estação Antártica Comandante Ferraz. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ENTAC, 2016.

**Keywords:** *Antarctica. Thermal performance. DesignBuilder.*

## 1 INTRODUÇÃO

A produção arquitetônica de grandes centros urbanos, assim como na Antártica, deve considerar os condicionantes ambientais que possam interferir no processo construtivo. No entanto a Antártica, diferentemente do meio urbano tradicional, apresenta particularidades como, por exemplo, condicionantes ambientais rigorosos que influenciam e tornam complexos os processos de construção (MONTARROYOS, 2015).

A primeira ocupação brasileira na Antártica ocorreu em 1984, com a primeira equipe composta de doze homens, guarnecendo os oito módulos da estação Antártica Comandante Ferraz - EACF (SECIRM, 2014). A Estação sofreu sucessivas ampliações e reformas ao longo do tempo, muitas vezes de forma aleatória e com nenhuma preocupação formal ou ambiental (ALVAREZ et al., 2004).

Em fevereiro de 2012 um incêndio destruiu o corpo principal da EACF e nas imediações foram instalados os Módulos Antárticos Emergenciais – MAE, que estão em funcionamento desde o início de 2013, servindo para dar continuidade às atividades da Estação (MECH, 2013).

Depois do incêndio de 2012, foi iniciado o processo de contratação do projeto para as novas edificações por meio da elaboração de um Termo de Referência, cujo conteúdo buscava dar enfoque, além das informações técnicas necessárias aos projetistas, o posicionamento do Brasil frente ao novo desafio que se apresentava: reconstruir a Estação Científica de forma que atendesse aos anseios da comunidade científica e que servisse como referência para futuras edificações na Antártica (SECIRM, 2014).

Para o desenvolvimento do Termo de Referência que orientou o concurso de projetos para a Estação brasileira, várias estações foram estudadas e, entre elas, a Princess Elisabeth (2007), pertencente à Bélgica, cuja tecnologia da envoltória é composta por elementos em madeira laminada e vedações compostas por um conjunto de nove camadas e revestido com laminas de aço inoxidável.

A Amundsen-Scott Station (2008) pertencente aos EUA, foi construída em aço com vedação em painéis compostos por duas folhas de *Oriented Strand Board* – OSB, sendo o isolamento em Poliestireno Expandido – EPS (MONTARROYOS, 2015). Outra referência foi a Estação Neumayer III (2009) da Alemanha, tendo como técnica construtiva, containers envoltos por estrutura modular de aço e revestimento externo com painéis metálicos e internamente com painéis de magnésio e plástico com fibra de vidro. O isolamento é feito com poliuretano expandido e fibra mineral. Já a Haley VI (2010), da Grã-Bretanha, se destaca por ser a primeira estação que permite uma completa relocação de seus módulos através de um sistema de trilhos que deslizam sobre o gelo. Possui uma subestrutura de aço como base do piso, e seu revestimento é feito com painéis de plástico reforçado com fibra

de vidro e isolamento com espuma de célula fechada de polisocianurato encapsulados nos painéis - GPR.

Os aspectos relacionados ao conforto térmico assumem substancial importância em ambientes como a Antártica, tanto pela busca de maior eficiência no desempenho das atividades, como no que tange à segurança e bem-estar dos usuários de uma edificação. Considerando ainda que edificações adequadamente projetadas significam maior eficiência nos sistemas de condicionamento térmico – e consequente redução na demanda energética – os estudos relacionados ao tema também possuem grande importância no conceito de sustentabilidade na construção civil (FANTICELE, 2011).

Esse panorama justificou a necessidade de estudos mais aprofundados sobre os materiais propostos para as novas edificações da Estação, sendo assim, a pesquisa objetivou avaliar comparativamente o desempenho térmico de dois ambientes localizados em situações distintas na edificação, buscando tanto avaliar o desempenho comparativo como, também, propor alternativa de melhoria no sistema construtivo e, eventualmente, proposições de materiais mais eficientes.

## **2 METODOLOGIA**

A pesquisa foi estabelecida a partir de três etapas principais:

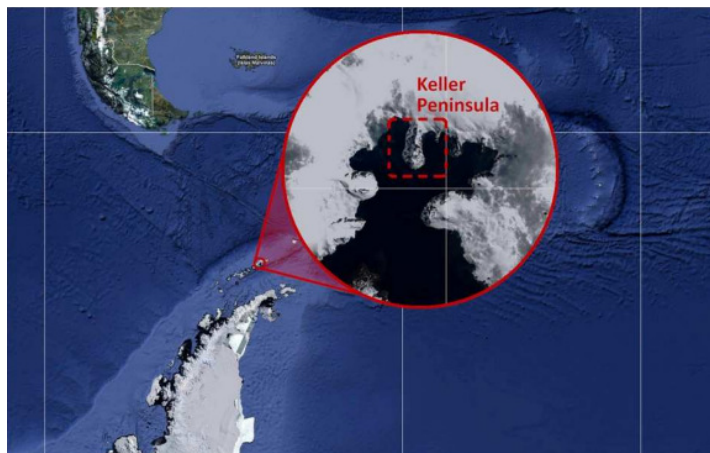
- a) Caracterização da Antártica e da Estação Antártica Comandante Ferraz;
- b) Realização de Modelagem e Simulações; e
- c) Avaliação do desempenho térmico.

### **2.1 Caracterização da Antártica e da Estação Antártica Comandante Ferraz**

A Antártica é a região do planeta mais sensível às mudanças climáticas, cujas alterações podem ser facilmente perceptíveis. Além disso, a Antártica possui muitas riquezas minerais e detém cerca de 90% do gelo e 80% da água doce da Terra, sendo que esse grande manto de gelo atua como grande sorvedouro do calor terrestre e tem um papel fundamental no sistema climático global (ALVAREZ, 2007).

A região possui características ambientais peculiares: baixas temperaturas, fortes rajadas de vento, isolamento e preservação do ambiente natural, que induzem a um processo de ocupação humana de forma sustentável (CRUZ et al., 2007). A Península Keller (Figura 1), encontra-se inserida na Área Antártica Especialmente Gerenciada - AAEG da Baía do Almirantado, localizada na Ilha Rei George, a cerca 4000Km da cidade de Rio Grande (RS) e a 3200Km do Polo Sul (SOUZA, 2008). Destaca-se que a Ilha Rei George, configura-se como a região mais povoada da Antártica (REIS e ALVAREZ, 2015).

Figura 1 - Esquema de localização da Península Keller



Fonte: BRASIL, 2012

As novas edificações da EACF serão construídas no mesmo local da anterior, na Ilha Rei George, Península Keller. Seu projeto data do ano de 2013 e sua construção possui previsão para término no ano de 2018, segundo a Defesa Aérea e Naval (2016). Os vários ambientes possuem uma área de 4.500 m<sup>2</sup> dividida em seis setores distintos: social, privativo, serviços, operação/manutenção, laboratórios e módulos isolados e conformando blocos funcionais e unidades isoladas – Uis, que, em sua configuração final, constituirão a base para as atividades de operação e pesquisa.

Destaca-se a área de laboratórios com 14 unidades, projetadas para atenderem a uma grande quantidade de exigências, evidenciando a prioridade do Programa Antártico Brasileiro – PROANTAR, para as atividades científicas (SECIRM, 2014). O projeto foi desenvolvido considerando as melhores práticas de sustentabilidade e deve constituir-se em uma instalação de excelência, da mais alta qualidade, para a promoção de seu objetivo principal, a pesquisa científica (ESTÚDIO 41, 2013).

O conjunto foi projetado a partir de containers que gerarão os ambientes, e que serão posteriormente envelopados por um sistema composto por materiais isolantes e com propriedades que amenizem a incidência da névoa salina e as baixas temperaturas.

## 2.2 Modelagem e Simulações

Para a realização dos ensaios por simulações, foi necessário definir as características do lugar e os dados de entrada do modelo, conforme a seguir detalhado.

Para a análise das condições climáticas da Antártica foi adotado o arquivo climático EPW - *EnergyPlus Weather* referente ao ano de 2002 (LABORATÓRIO, 2015). Para definir as temperaturas médias mensais de solo

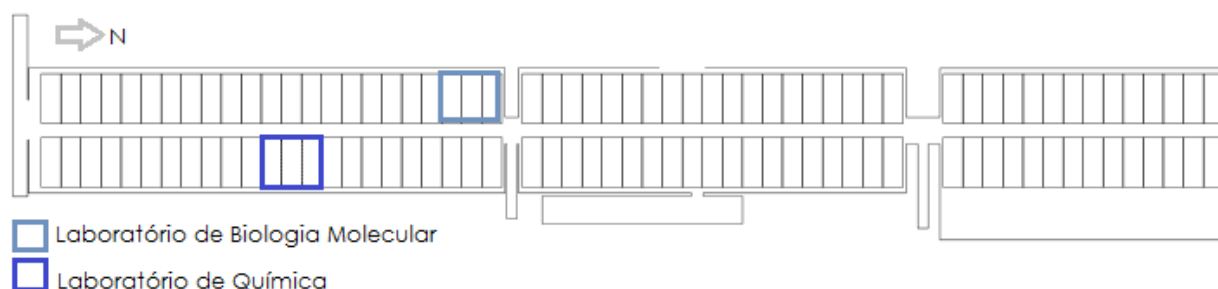
foram adotadas as médias das temperaturas do ar externo para cada mês (DESIGNBUILDER, 2015). Para as simulações, considerando as condições da região em estudo, as janelas não terão a função de ventilar, assim sendo o modelo foi configurado com as mesmas fechadas. A tipologia arquitetônica adotada para as simulações foi a do projeto das novas edificações da EACF.

Foram adotados os valores referenciais das propriedades térmicas dos componentes construtivos relacionados à envoltória da edificação, bem como as características de vestimentas e atividades realizadas pelos usuários dos laboratórios, apresentados na Tabela 1. A eleição do tipo de vestimenta e de atividade está relacionada com as condicionantes climáticas atípicas da Antártica, bem como ao tipo de uso dos Laboratório de Biologia Molecular e Química.

A envoltória é composta por painéis sanduíche constituídos de duas superfícies externas produzidas a partir de bobina de aço galvanizado com 0,75mm de espessura cada e revestidas com pintura de Fluoreto de Polivinilideo (PVDF), com camada interna de espuma rígida de poliuretano (PUR). O painel é usado na edificação para cobertura, vedação vertical externa, piso e possui dois tipos, com 220 mm e com 170 mm (REIS; ALVAREZ, 2015).

As simulações foram efetuadas nos dois laboratórios localizados em um mesmo bloco funcional no mesmo pavimento, sobre pilotis, a 5,29 metros do solo (Figuras 2 e 3). O Laboratório de Biologia Molecular está localizado em uma das extremidades do bloco (Figura 4), possuindo duas de suas faces na envoltória da edificação e o Laboratório de Química, em uma posição mais central, com apenas uma face na envoltória (Figura 5). Foi simulada a orientação proposta em projeto, considerando o período de verão (21/dez a 21/mar) e o período de inverno (21/jun a 23/set).

Figura 2: Localização dos ambientes simulados



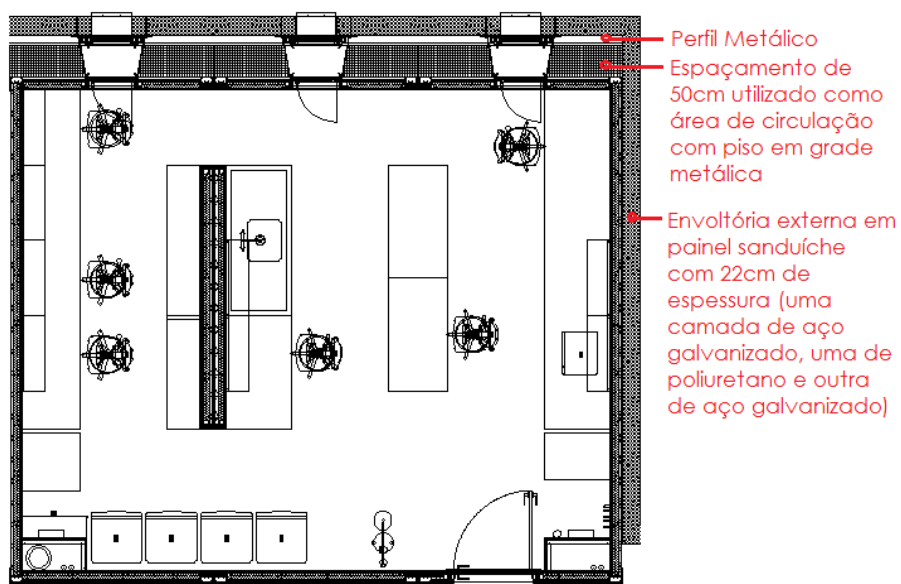
Fonte: Planta esquemática adaptada de ESTUDIO 41 (2013)

Figura 3: Perspectiva EACF



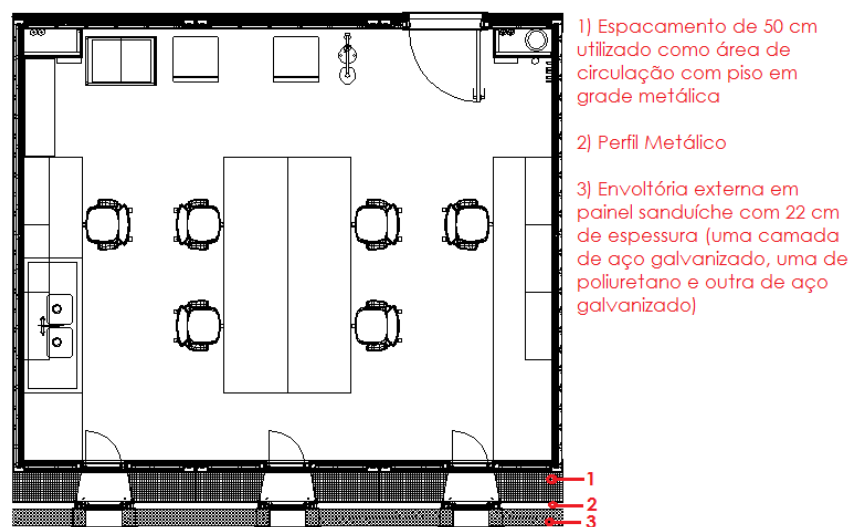
Fonte: ESTUDIO 41 (2013)

Figura 4: Planta Laboratório de Biologia Molecular



Fonte: ESTUDIO 41 (2013)

Figura 5: Planta Laboratório de Química



Fonte: ESTUDIO 41 (2013)

Tabela 1 - Propriedades dos materiais das camadas das paredes, teto e piso dos Laboratórios

| Dimensões                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Área do Ambiente (Laboratório de Biologia Molecular - LBM)                                                                                                                                                                                                                       | 39,05 m <sup>2</sup>                 |
| Área do Ambiente (Laboratório de Química - LQ)                                                                                                                                                                                                                                   | 40,83 m <sup>2</sup>                 |
| Paredes Internas e Envoltória                                                                                                                                                                                                                                                    |                                      |
| Paredes internas (LBM/ LQ): chapa de aço corrugado (container), montante "C" metálico em aço galvanizado (70 mm), lã de rocha 70kg/m <sup>3</sup> (70 mm), manta de polietileno 2,5kg/m <sup>3</sup> (2 mm), 2 placas em gesso com aditivo de fibra incombustível (12,5 mm cada) | 15 cm (espessura)                    |
| Transmitância Térmica piso, paredes e teto (U)                                                                                                                                                                                                                                   | 0,185 W/(m <sup>2</sup> .K)          |
| Lajes                                                                                                                                                                                                                                                                            | 12 cm (espessura)                    |
| Emissividade (ε) das paredes e teto*                                                                                                                                                                                                                                             | -                                    |
| Absortância (α) das paredes e teto**                                                                                                                                                                                                                                             | -                                    |
| Transmitância térmica do vidro*** (U)                                                                                                                                                                                                                                            | 1,1 W/(m <sup>2</sup> .K)            |
| Transmitância Térmica da moldura de alumínio das esquadrias (U)                                                                                                                                                                                                                  | 5,88 W/(m <sup>2</sup> .K)           |
| Envoltória: chapa de aço galvanizado (0,75 mm), poliuretano (205 mm, chapa de aço galvanizado (0,75 mm)                                                                                                                                                                          | 22 cm (espessura)                    |
| Ambiente ocupado e com cargas internas (LBM/LQ)                                                                                                                                                                                                                                  |                                      |
| Densidade de Ocupação (LBM)                                                                                                                                                                                                                                                      | 0,15 pessoa/m <sup>2</sup>           |
| Densidade de Ocupação (LQ)                                                                                                                                                                                                                                                       | 0,14 pessoa/m <sup>2</sup>           |
| Vestimenta                                                                                                                                                                                                                                                                       | 0,50 clo (inverno) e 1,0 clo (verão) |
| Metabolismo Atividade: trabalhos leves de laboratório                                                                                                                                                                                                                            | 123 W/pessoa                         |
| Padrão de ocupação (LBM/LQ): 6 pessoas                                                                                                                                                                                                                                           | 07h00 – 20h00                        |
| Iluminação Artificial                                                                                                                                                                                                                                                            | 4,1 W/m <sup>2</sup>                 |
| Equipamentos                                                                                                                                                                                                                                                                     | 0,47 W/m <sup>2</sup>                |
| *Emissividade (ε) das paredes e teto                                                                                                                                                                                                                                             |                                      |
| chapa de aço                                                                                                                                                                                                                                                                     | 0,30                                 |
| montante metálico                                                                                                                                                                                                                                                                | 0,30                                 |
| lã de rocha                                                                                                                                                                                                                                                                      | 0,90                                 |

|                                                |      |
|------------------------------------------------|------|
| manta de polietileno                           | 0,90 |
| placas de gesso                                | 0,90 |
| ** Absortância ( $\alpha$ ) das paredes e teto |      |
| chapa de aço                                   | 0,30 |
| montante metálico                              | 0,30 |
| lã de rocha                                    | 0,60 |
| manta de polietileno                           | 0,70 |
| placas de gesso                                | 0,50 |
| *** Vidro Triplo Insulado (6-8-6mm)            |      |

Fonte: elaborado a partir da NBR 15575-4 (ABNT, 2013b).

### 2.3. Avaliação de desempenho térmico

Para avaliação das condições de desempenho térmico foram utilizadas as temperaturas operativas horárias e a temperatura de conforto, definida pela norma ISO – *International Standard 7730* (INTERNATIONAL, 2005), cujos critérios para a definição da temperatura de conforto foram os tipos de atividade, a vestimenta de 0,5 clo para o verão, e 1,0 clo para o inverno, considerando a melhor categoria (A), conforme Quadro 1.

Quadro 1 – Critérios para a temperatura operativa em diversos tipos de edificações

| Type of building/space | Activity W/m <sup>2</sup> | Category | Operative temperature °C |                         | Maximum mean air velocity <sup>a</sup> m/s |                         |
|------------------------|---------------------------|----------|--------------------------|-------------------------|--------------------------------------------|-------------------------|
|                        |                           |          | Summer (cooling season)  | Winter (heating season) | Summer (cooling season)                    | Winter (heating season) |
| Single office          | 70                        | A        | 24,5 ± 1,0               | 22,0 ± 1,0              | 0,12                                       | 0,10                    |
| Landscape office       |                           | B        | 24,5 ± 1,5               | 22,0 ± 2,0              | 0,19                                       | 0,16                    |
| Conference room        |                           | C        | 24,5 ± 2,5               | 22,0 ± 3,0              | 0,24                                       | 0,21 <sup>b</sup>       |
| Auditorium             |                           |          |                          |                         |                                            |                         |
| Cafeteria/restaurant   | 81                        | A        | 23,5 ± 1,0               | 20,0 ± 1,0              | 0,11                                       | 0,10 <sup>b</sup>       |
| Classroom              |                           | B        | 23,5 ± 2,0               | 22,0 ± 2,5              | 0,18                                       | 0,15 <sup>b</sup>       |
|                        |                           | C        | 23,5 ± 2,5               | 22,0 ± 3,5              | 0,23                                       | 0,19 <sup>b</sup>       |
| Kindergarten           | 93                        | A        | 23,0 ± 1,0               | 19,0 ± 1,5              | 0,16                                       | 0,13 <sup>b</sup>       |
|                        |                           | B        | 23,0 ± 2,0               | 19,0 ± 3,0              | 0,20                                       | 0,15 <sup>b</sup>       |
| Department store       |                           | C        | 23,0 ± 3,0               | 19,0 ± 4,0              | 0,23                                       | 0,18 <sup>b</sup>       |

Fonte: Adaptado da Norma ISO 7730. (INTERNATIONAL..., 2005)

Para a definição das temperaturas máximas de conforto, determinou-se a temperatura média mensal externa, com a utilização de software *DesignBuilder* versão 4. 5. 0. 128 Beta – DBSIM.

Para a avaliação do desempenho térmico do ambiente, foram utilizados indicadores baseados na abordagem estatística para o conforto térmico proposto por Nico-Rodrigues (2015), que analisou as alterações da temperatura operativa durante as 24 horas do dia, para o período do verão e do inverno.

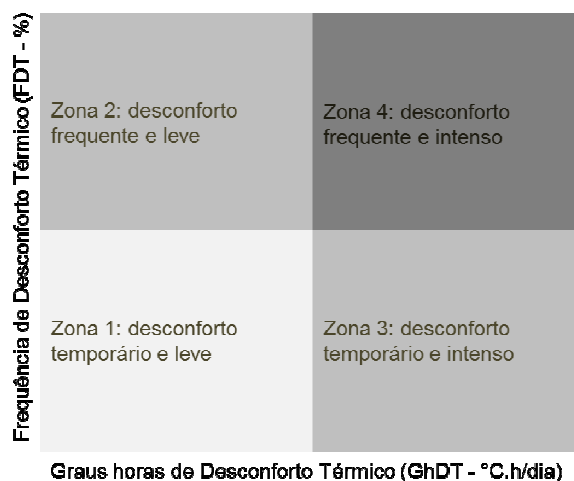
### 2.3.1 Indicadores

Definiu-se indicadores para a sistematização dos dados: a Frequência de Desconforto Térmico - FDT e os Graus-horas de desconforto térmico – GhDT, e para relacioná-los utilizou-se dos diagramas de fluabilidade (NICO-RODRIGUES, 2015).

A FDT equivale ao percentual de tempo, hora inteira, em que a temperatura operativa está acima do valor máximo de temperatura de conforto. Esse indicador quantifica as horas em desconforto, na unidade de porcentagem, durante determinado intervalo de tempo, e o valor máximo remete ao limite máximo do período. Nesta pesquisa, a proposta foi a de analisar períodos diários, correspondendo à frequência máxima de 100%.

O GhDT é determinado pela diferença entre a temperatura operativa horária e a temperatura de conforto, quando a temperatura operativa ultrapassa o valor definido da temperatura de conforto. O valor máximo de referência adotado é resultante das simulações, obtendo-se o maior valor de GhDT. Para a análise dos indicadores FDT e GhDT adotou-se o diagrama de fluabilidade, que facilita a avaliação e individualiza as melhorias de alguns parâmetros adotados como solução. O diagrama considera a avaliação da frequência em dois níveis: temporário e frequente; e a condição de intensidade para os graus-horas nos níveis leve e intenso (Figura 6).

Figura 6 – Diagrama de fluabilidade dos indicadores FDT e GhDT



Fonte: Nico-Rodrigues (2015).

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 3.1 Determinação dos condicionantes

Os resultados das simulações definiram as temperaturas do ar interno de hora em hora, dos Laboratórios de Química e Biologia Molecular para a determinação do desempenho térmico da edificação.

Os resultados foram submetidos a tratamento estatísticos para definir os valores máximos de GhDT diário, sendo este o valor referência utilizado para a análise dos dois laboratórios (Tabela 2).

Tabela 2 – Valores referências máximos para o GhDT em cada estação

| Estações | Ambiente                                                            | GhDT                  |
|----------|---------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Inverno  | Laboratório de Biologia Molecular                                   | <b>170,2 °C.h/dia</b> |
|          | Laboratório de Química                                              | 158,28 °C.h/dia       |
|          | Máx. de GhDT = 15998,8 °C.h/dia = 94 dias (inverno) x 170,2°C.h/dia |                       |
| Verão    | Laboratório de Biologia Molecular                                   | <b>166,4 °C.h/dia</b> |
|          | Laboratório de Química                                              | 154,25 °C.h/dia       |
|          | Máx. de GhDT = 14976,9 °C.h/dia = 90 dias (verão) x 166,4 °C.h/dia  |                       |

Fonte: As autoras.

### 3.2 Simulações

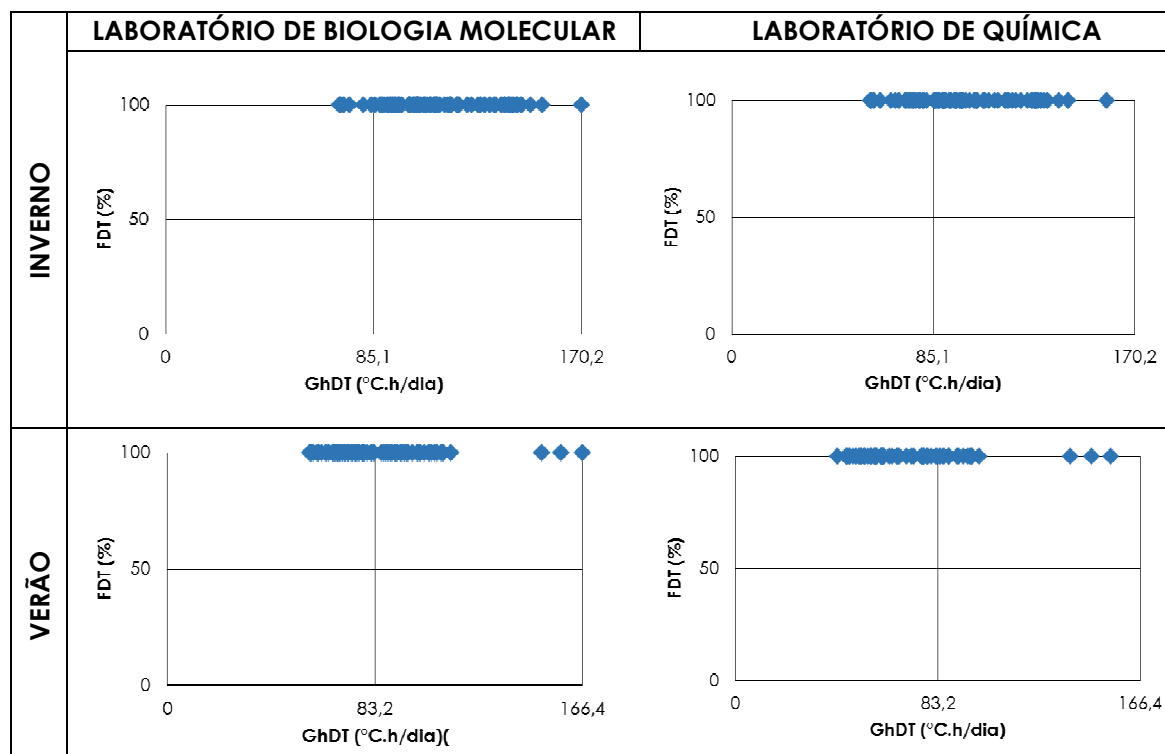
As simulações possibilitaram avaliar o desempenho térmico de acordo com os materiais utilizados em sua envoltória, destacando a utilização de aquecimento artificial.

A primeira série de resultados demonstrou as condições internas do ambiente Laboratório de Biologia Molecular e a segunda do ambiente Laboratório de Química. Os valores de FDT e GhDT obtidos para cada dia foram mostrados no diagrama de fluatibilidade, caracterizando as condições térmicas finais para o conforto térmico (Figura 7). Ressalta-se que o diagrama de fluatibilidade relaciona os valores de FDT com o maior valor de GhDT de cada estação do ano, demonstrando as situações diárias, sendo a melhor condição aquela que converge para a origem.

Os resultados das simulações demonstraram que os dois laboratórios não atendem às condições de conforto térmico determinada pela norma ISO 7730 (temperatura de 23°C). No entanto, o Laboratório de Química possui melhores resultados de desempenho se comparado ao Laboratório de Biologia Molecular. Observou-se que os resultados de FDT e GhDT indicaram dois níveis de sensações de desconforto:

- (a) Dias com desconforto frequente e leve; e
- (b) Dias com desconforto frequente e intenso.

Figura 7: Diagramas de fluutuabilidade das estações do verão e inverno

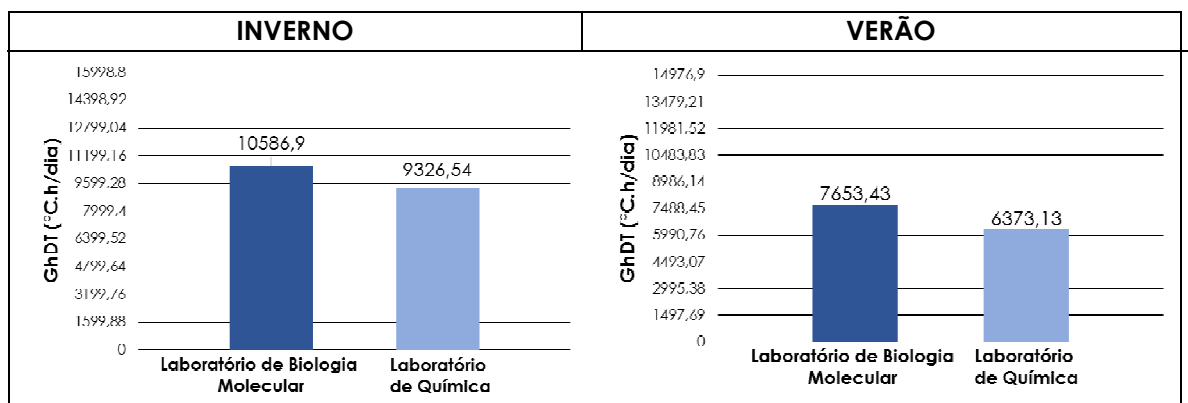


Fonte: As autoras.

Os resultados para o Laboratório de Biologia Molecular determinaram para as estações do verão e do inverno ambiente desconfortável, porém na análise comparativa com o Laboratório de Química ficaram evidenciadas pequenas alterações, para melhor, nas condições internas do ambiente (Figura 8). Observou-se que o total de GhDT ( $^{\circ}\text{C.h/dia}$ ) obtido no Laboratório de Química teve uma diminuição de  $1260,36^{\circ}\text{C.h/dia}$  a menos (11,90% de condições mais confortáveis) do que no Laboratório de Biologia Molecular, considerando o período do inverno.

Para a estação do verão, a diferença foi de 16,70% para condições mais favoráveis para o Laboratório de Química, com  $1280,30^{\circ}\text{C.h/dia}$  a mais no Laboratório de Biologia Molecular. O valor elevado de GhDT para o inverno é resultante das condições climáticas mais severas e que demonstra uma exigência maior na definição de materiais com propriedades isolantes maiores. Foram utilizados os valores de  $\text{clo}$  respectivas para o verão e o inverno, porém os resultados demonstraram que pode considerar apenas um valor de  $\text{clo}$  para todo o ano, visto que a temperatura operativa para as duas estações avaliadas é a mesma, ou seja,  $23^{\circ}\text{C}$ .

Figura 8: Resultado dos somatórios de GhDT para o inverno e verão



Fonte: As autoras.

Para a análise dos ambientes em separado, em ambas as estações, constatou-se:

- Laboratório de Biologia Molecular: os valores da temperatura mantiveram-se constantemente abaixo do limite de conforto, classificando o desconforto como intenso, e um FDT frequente, no inverno. No verão as temperaturas mantiveram-se abaixo do limite, porém o desconforto é classificado como de leve para intenso, sendo que o FDT permanece intenso. Essa avaliação sugere a adoção de diretrizes construtivas diferenciadas no que se refere ao contato da envoltória com a parede do container, pois o ambiente possui dois lados voltados para o exterior. Em um deles há o espaçamento de 50 cm entre a parede do container e a envoltória em que a temperatura é mantida a 10°C, e no outro a parede do container não possui o espaço atenuador de temperatura. Sugere-se que nesta parede utilize o mesmo espaçamento.
- Laboratório de Química: os valores da temperatura mantiveram-se constantemente abaixo do limite de conforto, classificando o desconforto como intenso, e um FDT frequente no inverno. No verão as temperaturas mantiveram-se abaixo do limite, porém o desconforto é classificado como de leve para intenso, o FDT permanece intenso. No entanto, apesar da indicação de desconforto, se comparado ao outro laboratório, este ambiente apresentou temperaturas mais satisfatórias. Essa avaliação sugere que a localização do ambiente influenciou nos resultados, pois este laboratório devido sua localização possui apenas uma face voltada para a envoltória, e com espaçamento entre a parede do container e a envoltória. Nesse aspecto, a melhoria da condição está associada à adoção de isolamento térmico mais eficaz.

Observa-se que os pontos isolados no diagrama caracterizam as alterações da temperatura operativa durante as 24 horas e demonstrou algumas alterações horárias, afetando as condições de conforto.

Os resultados das avaliações dos laboratórios revelaram que já ocorreram melhoras significativas com o uso da tecnologia construtiva adotada

quando comparado com os resultados anteriores das antigas edificações (FANTICELE, 2011), porém se comparadas ao referencial de temperatura que a norma indica são necessárias algumas adequações como, por exemplo, a adoção do espaçamento entre as paredes dos containers e a envoltória em todas as faces externas e a utilização de materiais isolantes mais eficazes tanto nas paredes, piso e teto internos, quanto na envoltória.

#### 4 CONCLUSÕES

Após a definição dos condicionantes e parâmetros necessários para as simulações, o método objetivou analisar o desempenho do ambiente para edificações na Antártica, com foco no conforto térmico. Os indicadores permitiram um entendimento das condições internas dos ambientes, com base nas flutuações diárias da temperatura operativa, orientando para a adoção de soluções adequadas para a melhoria do conforto térmico.

Esta pesquisa ateu-se à influência da envoltória no desempenho térmico, considerando a técnica construtiva adotada para a nova EACF. Os resultados demonstraram melhoras se comparados aos modelos anteriores, porém ainda necessitam de intervenções para a melhora do desempenho térmico.

As condições internas dos laboratórios demonstraram resultados que indicam medidas para amenizar a influência dos condicionantes climáticos no ambiente interno, como isolantes com melhores desempenhos e espaçamentos entre as camadas da envoltória.

#### AGRADECIMENTOS

Esta pesquisa foi apoiada pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq e Fundação de Amparo à pesquisa do Espírito Santo- FAPES.

#### REFERÊNCIAS

ALVAREZ, C. E. de; CASAGRANDE, B.; CRUZ, D. O.; SOARES, G. R. Estação Antártica Comandante Ferraz: um exemplo brasileiro de adequação ambiental. In: I Conferencia Latino Americana de Construção Sustentável e 10a. Encontro Nacional de Tecnologias no Ambiente Construido, 2004, São Paulo. **Anais** do claCS'04 ENTAC'04. São Paulo : ANTAC, 2004. p. 1-15.

\_\_\_\_\_. CASAGRANDE, B.; SOARES, G. R. Resultados alcançados com a implementação do plano diretor da Estação Antártica Comandante Ferraz (EACF). In: **IV Encontro Nacional e o II Encontro Latino Americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis**, Campo Grande: ANTAC, 2007.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comercio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. Portaria n. 372, 17 de setembro de 2010, que estabelece Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível

de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de serviços e públicos (RTQ-C). Rio de Janeiro, 2012.

BRASIL. Comissão Interministerial para os Recursos do Mar. **SECIRM**. 2012. Disponível em: <https://www.mar.mil.br/secirm/documentos/reconstrucao/caracterizacaoEACF.pdf>. Acesso em: 01/04/2016.

BRASIL. Defesa Área e Naval. **DEFESA AÉREA E NAVAL**. Disponível em: <http://www.defesaareanaval.com.br/tag/estacao-antartica-comandante-ferraz-eacf/>. Acesso em: 01/04/2016.

COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION. **EN 15251**: indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics. Brussels, 2007.

CRUZ, D. O.; ALVAREZ, C. E. de; REIS, N. C. 2007. A qualidade do ar interior da Estação Antártica Comandante Ferraz – EACF. In: **Encontro Latinoamericano de Edificações e Comunidades Sustentáveis**, Campo Grande, 2007. ELECS.

DESIGNBUILDER. **DesignBuilder Software Ltda**. Version 4.5.0.128. 2015.

ESTUDIO 41. **Memorial descritivo de especificações: caderno de encargos**. Curitiba, 2013.

FANTICELE, F. B. **Avaliação de conforto térmico na Estação Antártica Comandante Ferraz**. 2011. 118f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória. 2011.

ISO INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **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. Switzerland, 2005.

LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES. Seção Downloads. Arquivos climáticos em formato EPW. Disponível em: <http://www.labee.ufsc.br/downloads>. Acesso em: 16 abril. 2015.

MECH, K. 2013. How hard-wall Expandable Containers helped Brazil recover from the Antarctic disaster. **Innovation: Journal of the Association of Professional Engineers and Geoscientists of BC (British Columbia)**, Burnaby, 17(3): 200-22.

MONTARROYOS, D. C. G. **Indicadores de sustentabilidade para edificações na Antártica**. 2015. 150f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória. 2015.

NICO-RODRIGUES, E. A. **Influência da janela no desempenho térmico de ambientes ventilados naturalmente**. 2015. 202f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidad del Bio-Bio, Concepción. 2015.

QUIROUETTE, R. Air pressure and the building envelope. **Canada Mortgage and Housing Corporation**, 2014.

REIS, T. C. dos; ALVAREZ, C. E de. Análise do ciclo de vida da Envoltória da Estação Antártica Comandante Ferraz. In: **Euro-ELECS**. Portugal, 2015.

SOUZA, J. E. B. de. 2008. **Brasil na Antártica: 25 anos de história**. São Carlos: Vento Verde Editora.