



A INFLUÊNCIA DO MODELO ARQUITETÔNICO NO DESEMPENHO TÉRMICO: ESTAÇÃO ANTÁRTICA COMANDANTE FERRAZ

Bruna Perovano Sirtuli (1); Filipe Galina Costalonga (2); Cristina Engel de Alvarez (3); Edna Aparecida Nico-Rodrigues (4)

(1) Bolsista de Iniciação Científica e Graduanda em Arquitetura e Urbanismo, brunapsirtuli@gmail.com

(2) Bolsista de Iniciação Científica e Graduando em Arquitetura e Urbanismo, filipegcostalonga@gmail.com

(3) Dr^a Prof^a do Departamento de Arquitetura e Urbanismo, cristina.engel@ufes.br

(4) Dr^a Prof^a do Departamento de Arquitetura e Urbanismo, edna.rodrigues@ufes.br

Universidade Federal do Espírito Santo, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Laboratório de Planejamento e Projetos, Vitória-ES, 29075-910, Tel.: (27) 4009 2581

RESUMO

Para construções na Antártica, as condições ambientais peculiares requerem estudos em várias áreas, como os relacionados aos impactos e os aspectos inerentes ao conforto dos usuários dessas edificações, que em sua maioria, são pesquisadores de estações de pesquisa distribuídos pelo continente Antártico. Considerando a relativamente recente construção de novas edificações com tipologia diferenciadas daquelas dos denominados “tempos históricos” e “tempos tecnológicos”, esta pesquisa objetivou avaliar o desempenho térmico de uma edificação representativa desse novo período – “tempos ambientais” – em diferentes situações de implantação, tendo como estudo de caso as novas instalações da Estação Antártica Comandante Ferraz (Brasil). A metodologia considerou como recorte fundamental a estratégia de erguimento ou aproximação do solo, visto as edificações tradicionais terem sido, em sua maioria, construídas apoiadas diretamente no solo enquanto as atuais são projetadas elevadas, visando a obtenção de uma condição mais favorável em termos de aerodinâmica, em função dos fortes ventos comuns na região. Para proceder à avaliação, foi inicialmente realizada a modelagem da edificação e a configuração de dados utilizando o software *Design Builder* para a sistematização dos dados, de materiais e do período a ser simulado. Posteriormente foram feitas as simulações e a análise dos resultados, considerando 06 alternativas. Para as simulações foi configurado o modelo de entrada com as características construtivas e de materiais de acordo com o projeto que será executado, sendo então alteradas a forma de implantação, desde apoiada no solo ou no gelo, com erguimento mediano e alto. Os resultados permitiram avaliar que em termos de desempenho térmico, a melhor situação é a em que a estação está encostada no solo.

Palavras-chave: Antártica, *Design Builder*, desempenho térmico.

ABSTRACT

For buildings in Antarctica, the peculiar environmental conditions require studies in several areas, such as those related to the impacts and aspects inherent to the comfort of the users of these buildings, which are mostly researchers of research stations distributed throughout the Antarctic continent. Considering the relatively recent construction of new buildings with typology differentiated, called "historical times" and "technological times", this research aimed to evaluate the thermal performance of a building representative of this new period - "environmental times" - in different deployment situations, having as a case study the new facilities of the Comandante Ferraz Antarctic Station (Brazil). The methodology considered as a fundamental cut-off the strategy of erection or approach of the soil, since the traditional buildings have been built mostly supported directly in the ground while the current ones are projected elevated, aiming at obtaining a more favorable condition in terms of aerodynamics, due to the strong winds common in the region. In order to carry out the evaluation, it was initially carried out the modeling of the building and the configuration of data using the software *design builder* for the systematization of data, materials and the period to be simulated. Subsequently, the simulations and the analysis of the results were performed, considering 06 alternatives. For the simulations, the input model with the constructive and material characteristics was configured according to the project that

will be executed, and the form of implantation, since supported in the soil or in the ice, with medium and high erection, was changed. The results allowed to evaluate that in terms of thermal performance, the best situation is that the station is leaning against the ground.

1. INTRODUÇÃO

A Antártica é uma região de difícil acesso, de grande interesse científico e ambiental, cujas características peculiares exigem estudos diferenciados no que tange ao ambiente construído. A busca de soluções para a eliminação ou minimização dos impactos ambientais decorrentes da ocupação humana é um dos principais aspectos a ser considerado para a elaboração e planejamento de edificações nesta área. As dificuldades logísticas para implantação, operação e manutenção das edificações, sejam elas voltadas para atividades científicas, de fiscalização ou de recreação, estão entre os principais fatores que interferem no processo de projeto para a criação de infraestrutura na Antártica (ALVAREZ, 2003).

Em relação as características do ambiente Antártico, de acordo com Alvarez (2014) vale destacar que é considerado o continente mais remoto, mais frio, mais alto, mais ventoso, mais seco, mais desértico, mais distante e menos habitado, o que o caracteriza como ambiente inóspito. No entanto, a presença humana no continente é justificada pelo reconhecido interesse científico, econômico e estratégico, podendo-se dividir historicamente essa ocupação em três principais períodos: Tempos Históricos, quando as primeiras edificações eram construídas para marcar território ou para exploração econômica (como caça à baleia, comércio de pele e carne de animais), Tempos Tecnológicos, com edificações construídas para atender às necessidades das atividades científicas, em que a tecnologia passa a proporcionar melhores condições de vida, conforto e segurança aos usuários das bases e estações, Tempos Ambientais, quando a preocupação se volta para os aspectos relacionados à busca do menor impacto causado pelo ambiente construído, desde sua construção até o período de uso e manutenção. Destaca-se que até 2014, foram catalogadas 104 estações científicas no continente antártico, e que a maioria segue os preceitos da sustentabilidade, reduzindo os impactos causados pela construção civil no continente (SCAR, 2014).

Algumas dessas estações serviram como norteadoras para a elaboração de um Termo de Referência para o projeto das novas edificações da Estação Antártica Comandante Ferraz (Brasil) em função da necessidade de reconstrução em decorrência do incêndio ocorrido em 2012 que destruiu grande parte da estrutura anteriormente existente (MECH, 2013). Dentre as estações, vale destacar a do EUA - *Amundsen-Scott Station* (2008) construída em aço, com vedação em painéis compostos por folhas de *Oriented Stand Board* – OSB, com isolamento em Poliestireno Expandido – EPS e elevada do nível do solo em 3m. A Estação *Neumayer III* (2009) da Alemanha, que adota containers com estrutura externa modular de aço e revestimento externo com painéis metálicos. Internamente foram utilizados painéis de magnésio e plástico com fibra de vidro, sendo seu isolamento com poliuretano expandido e fibra mineral e está elevada do nível do solo em 6m. A estação indiana *Bharati*, com 2m de elevação em relação ao nível do solo, sendo composta por 134 containers envoltos por painéis de aço que possuem isolamento térmico incorporado (MONTARROYOS, 2015).

Ressalta-se que quanto maior a dificuldade de adaptação do indivíduo ao ambiente, maiores são as consequências para o usuário da edificação. E alguns fatores que no ambiente urbano podem passar despercebidos, na Antártica assumem uma dimensão muito maior (OLIVEIRA et al., 2015). O conforto térmico representa um desses fatores, tornando-se um ponto nevrálgico para o bem-estar de pesquisadores e usuários das edificações antárticas. Além disso, em ambientes extremos e preservados, deve-se levar em consideração que os impactos no ambiente podem ocasionar consequências potencializadas, se comparadas aos efeitos da ocupação nos meios urbanos tradicionais (ALVAREZ; YOSHIMOTO, 2004).

Na Antártica, em função dos fortes ventos que impedem o acúmulo de neve nos locais desabrigados, ocorrem situações diferenciadas em relação ao solo, sendo eventualmente nos locais próximo à costa encontradas situações em que ora o solo está exposto no verão e coberto de gelo no inverno, ora está constantemente exposto e ora está constantemente recoberto de gelo ou neve (OLIVEIRA et al., 2015). Essa condição, associada às características climáticas peculiares determinaram alguns critérios primordiais na implantação e na concepção dos projetos. Usualmente as edificações são elevadas do solo, diminuindo o atrito do vento com o edifício e possibilitando a passagem do mesmo por cima e por baixo, bem como a adoção de coberturas quase plana, que também diminui o atrito do vento à edificação, “varrendo” um provável acúmulo de neve, considerando que a velocidade pode chegar a 200km/h (FERRAZ; ALVAREZ, 2013).

2. OBJETIVO

O objetivo desta pesquisa foi avaliar o desempenho térmico de uma edificação representativa em relação às recentes construções na Antártica – a Estação Antártica Comandante Ferraz – considerando diferentes alturas

em relação ao solo, com ênfase na influência que agentes como o vento e o gelo tem sobre o desempenho da edificação.

3. MÉTODO

O método deste trabalho foi elaborado considerando três etapas principais:

1. Caracterização da Antártica e da Estação Comandante Ferraz;
2. Realização da Modelagem e Simulações; e
3. Procedimentos de avaliação.

3.1. Caracterização da Antártica e da EACF

A Antártica possui cerca de 14 milhões de quilômetros quadrados, sendo 10% de terra e a maior parte de seu território coberto de gelo (Figura 1). É a região do planeta mais sensível às mudanças climáticas, cujas alterações podem ser facilmente perceptíveis, sendo também a mais fria. No verão a temperatura no litoral é de aproximadamente 0°C, enquanto no interior do continente pode chegar a -30°C. Já no inverno, a média no litoral fica em torno de -20°C, enquanto no continente já foi registrado, em 1993 na estação de Vostok, (Rússia), o recorde de temperatura mínima de -89,2°C. O clima é instável devido ao surgimento de nevascas e ventanias repentinas, bem como a grande incidência de nevoeiros (BRITISH ANTARTIC SURVEY, 2017).



Figura 1 – Mapa da Antártica com a localização da EACF (SIMÕES, 2014)

A presença brasileira no continente iniciou em 1984, quando foram instalados os oito módulos que compunham a EACF, na Ilha do Rei George, Península Keller (Figura 2a). Desde então, foram feitas reformas e ampliações e 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 (MECH, 2013).

As novas edificações da EACF (Figura 2b), com início das obras em dezembro de 2016, têm previsão de conclusão em 2018, segundo a Defesa Aérea e Naval (2017). Está sendo implantada no mesmo local que as destruídas pelo incêndio e terá 4500m² divididos em blocos funcionais que compreendem seis setores distintos: social, privativo, serviços, operação/manutenção, laboratórios e as Unidades Isoladas. Os blocos funcionais estão sendo implantados considerando a topografia local, com níveis de +2,50m nas garagens, +5,4m em alguns setores de convívio e área de laboratórios, e +9,10m nos camarotes e os outros setores. O edifício será construído a partir de containers e com a envoltória composta por um sistema de materiais isolantes.



Figura 2 – a) Antigas instalações da EACF; b) Proposta para novas instalações da EACF (a) ACERVO DO LABORATÓRIO DE PLANEJAMENTO E PROJETOS, 2011); b) ESTUDIO 41, 2013).

3.2. Modelagem e Simulações

Para a realização das simulações, foram definidas as características do lugar e os dados de entrada do modelo, considerando as características das novas edificações em construção na EACF. A análise das condições climáticas da Antártica foi efetuada por meio do arquivo climático EPW - *EnergyPlus Weather* referente ao ano de 2002 (LABORATÓRIO, 2016). O ambiente selecionado para a análise foi o Laboratório de Biologia Molecular, localizado em um bloco com 14 unidades (Figura 3), por configurar a pior situação de exposição. O Laboratório possui duas de suas faces voltadas para o exterior tendo mais influência dos agentes externos do que os demais ambientes. O bloco em que está localizado o laboratório está sobre pilotis, a 5,4m do solo.

As aberturas (janelas) foram configuradas fechadas, pois não terão a função de ventilar. O edifício foi simulado com a fachada menor orientada para o Norte, proposta em projeto, considerando o período de inverno (21/jun a 23/set). Foram adotados os valores referenciais das propriedades térmicas dos componentes construtivos relacionados à envoltória, 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 aos condicionantes climáticas atípicos da Antártica, bem como à forma de uso do Laboratório.

A envoltória é composta por painéis sanduíche, constituída 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). Este painel é usado na cobertura, na vedação vertical externa, no piso e possui de espessura 220mm no ambiente escolhido para a simulação (REIS; ALVAREZ, 2015).

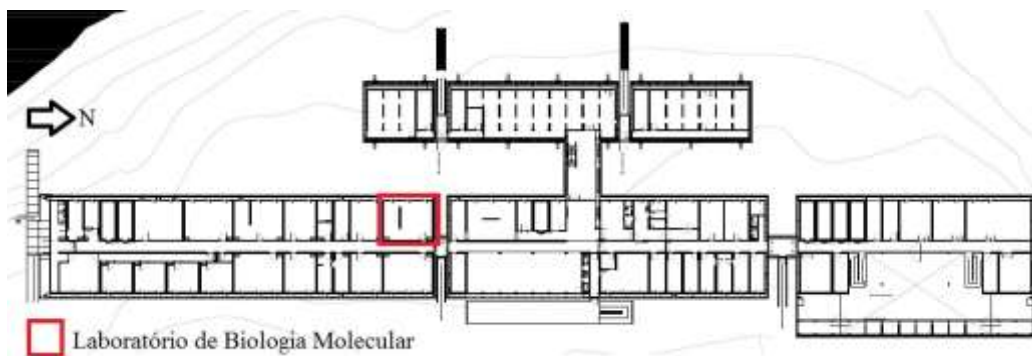


Figura 3 – Localização do ambiente simulado (ADAPTADO DE ESTÚDIO 41, 2013).

Tabela 1 - Propriedades dos materiais das camadas das paredes, teto e piso do Laboratório (ELABORADA A PARTIR DE ASSOCIAÇÃO..., 2013b)

Dimensões	
Área do Ambiente (Laboratório de Biologia Molecular)	39,05 m ²
Paredes Internas e Envoltória	
- Paredes internas: chapa de aço corrugado (container), montante “C” metálico em aço galvanizado (70mm), lâ de rocha 70kg/m ³ (70mm), manta de polietileno 2,5kg/m ³ (2mm), 2 placas em gesso com aditivo de fibra incombustível (12,5mm cada)	15 cm (espessura)
- Transmitância Térmica piso, paredes e teto (U)	0,185 W/(m ² .K)
- Lajes	12 cm (espessura)
- Emissividade (ε) das paredes e teto*	-
- Absortância (α) das paredes e teto**	1,1 W/(m ² .K)

- Transmitância térmica do vidro***(U)	5,88 W/(m².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	
- Densidade de Ocupação	0,15 pessoa/m²
- Vestimenta	0,50 clo (inverno)
- Metabolismo Atividade: trabalhos leves de laboratório	123 W/pessoa
- Padrão de ocupação: 6 pessoas	07h00 – 20h00
- Iluminação Artificial	4,1 W/m²
- Equipamentos	0,47 W/m²
*Emissividade (ϵ) das paredes e teto	
- chapa de aço	0,30
- montante metálico	0,30
- lâ de rocha	0,90
- manta de polietileno	0,90
- placas de gesso	0,90
**Absortância (α) das paredes e teto	
- chapa de aço	0,30
- montante metálico	0,30
- lâ de rocha	0,60
- manta de polietileno	0,70
- placas de gesso	0,50
*** Vidro Triplo Insulado (6-8-6mm)	

Para a análise da interferência do vento e do gelo/neve no desempenho térmico do edifício foram observadas 6 propostas com alturas diferentes em relação ao nível de apoio da base (Figura 4). A primeira simulação (1) foi efetuada considerando a situação do projeto original, com elevação da edificação a 5,4m do solo. A de número 2 com a edificação elevada a 0,5m do solo, e a 3ª proposta com a estação no nível de apoio da base. Para as três simulações seguintes considerou-se o solo recoberto de gelo, sendo que na proposta 4, a edificação elevada em 5,4m, na proposta 5 elevada a 0,5m do gelo e na proposta 6 foi simulada a edificação encostada no gelo.

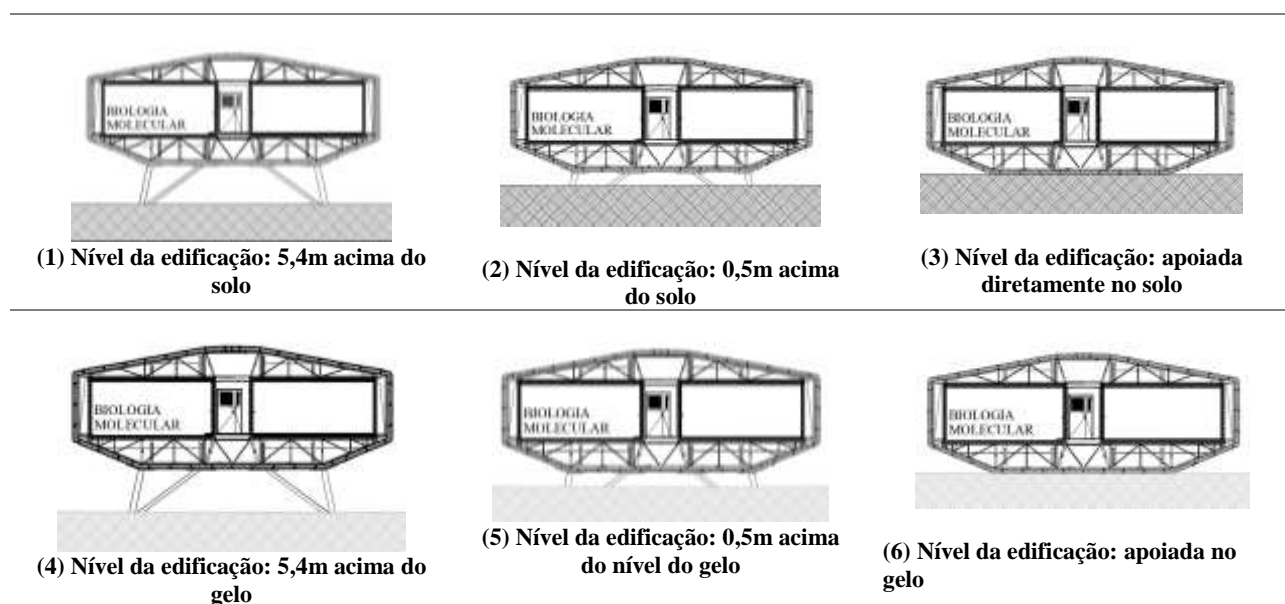


Figura 4 – Esquema das propostas simuladas (ADAPTADO DE ESTUDIO 41, 2013).

3.3. Avaliação dos resultados de desempenho térmico

Para avaliação das condições de desempenho térmico foram utilizadas as temperaturas operativas horárias obtidas através das simulações com o *software DesignBuilder* versão 4.5.0.128 Beta – DBSIM, tendo como referência a temperatura de conforto, definida pela norma ISO – *International Standart 7730* (INTERNATIONAL, 2005), cujos critérios foram os tipos de atividade e a vestimenta de 1,0 clo, considerando a condição de inverno. Estes critérios indicaram três categorias, da qual foi definida para a situação em estudo a categoria “A”.

A temperatura para esta categoria tem uma variação de 21°C a 23°C, sendo adotada a temperatura de conforto de 23°C, como mostrado na Tabela 2 em destaque. Este valor corresponde a uma situação de conforto térmico mais satisfatório para o inverno nas condições climáticas do continente antártico, considerando ainda os usuários serem, em sua maioria, brasileiros. No entanto, destaca-se que a tabela, para o tipo de edifício e serviço semelhante ao do laboratório os valores admitidos possuem variações de 19°C até 25°C da temperatura de conforto para o período do inverno.

Tabela 2 – Critérios para a temperatura operativa (ADAPTADO DE INTERNATIONAL..., 2005).

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

3.3.1. Indicadores

A avaliação do desempenho térmico do ambiente considerou os indicadores baseados na abordagem estatística para o conforto térmico proposto por Nico-Rodrigues (2015), analisando as alterações da temperatura operativa durante as 24 horas do dia, para o período do inverno.

Foram definidos dois indicadores para a sistematização dos dados: a Frequência de Desconforto Térmico - FDT e os Graus-horas de Desconforto Térmico – GhDT, e utilizando o diagrama de fluvariabilidade (NICO-RODRIGUES, 2015), que permitiu analisar as alterações diárias das temperaturas operativas.

O FDT equivale ao percentual de tempo, hora inteira, em que a temperatura operativa está abaixo do valor mínimo 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 para esta pesquisa é resultante do maior valor de GhDT obtido nas simulações.

Os indicadores FDT e GhDT definidos foram plotados no diagrama de fluvariabilidade visando proceder a avaliação comparativa em relação ao desconforto térmico. O diagrama considera a FDT nos níveis temporário e frequente; e a condição de intensidade para os graus-horas, GhDT nos níveis leve e intenso (Figura 5). Ressalta-se que a melhor condição é aquela que tende a origem dos eixos (GhDT e FDT).



Figura 5 – Diagrama de fluvariabilidade dos indicadores FDT e GhDT (NICO-RODRIGUES, 2015).

4. ANÁLISE DE RESULTADOS

Os resultados seguem demonstrados em duas etapas, a primeira com a determinação das condicionantes e a segunda, para as simulações das propostas.

4.4.1. Determinação dos Condicionantes

As simulações resultaram nas temperaturas do ar interno, de hora em hora, que submetidos ao tratamento estatísticos definiram os valores máximos diários de GhDT (Tabela 3). O valor de GhDT utilizado como referência para a análise das 06 propostas de altura da edificação em relação ao plano de apoio foi de 349,22°C.h/dia, equivalendo à maior quantidade de graus horas em desconforto obtido em um dia.

Tabela 3. Valores referências máximos para o GhDT em cada proposta

Estação do ano	Propostas	GhDT
Inverno	(1) Projeto Original	299,24 °C h/dia
	(2) A meio metro do solo	336,98 °C.h/dia
	(3) Encostada no solo	315,08 °C.h/dia
	(4) A 5m do gelo	329,43 °C.h/dia
	(5) A meio metro do gelo	337,47 °C.h/dia
	(6) Encostada no gelo	349,22 °C.h/dia

4.4.2. Simulações

As simulações possibilitaram avaliar o desempenho térmico de acordo com as 06 alturas propostas, destacando a necessidade de utilização de sistema artificial de aquecimento. Os valores de FDT e GhDT obtidos para cada dia seguem demonstrados no diagrama de fluutuabilidade, caracterizando as condições térmicas finais para o conforto térmico (Figura 6). Ressalta-se que o diagrama de fluutuabilidade relaciona os valores de FDT com o maior valor de GhDT definido para a estação do inverno, demonstrando as situações diárias, sendo a melhor condição aquela que converge para a origem.

A análise dos resultados comparou as propostas 1, 2 e 3 que tiveram o solo como referência com as propostas 4, 5 e 6 com a camada gelo sob a edificação. Os resultados demonstraram que o ambiente avaliado não atende às condições de conforto térmico determinada pela norma ISO 7730 (temperatura de conforto de 23°C) para nenhuma das propostas. No entanto, as propostas que tiveram o solo sob a edificação obtiveram resultados melhores (Figura 6). Em todas as propostas 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.

Analisando a proposta 1 (Figura 6), considerando o solo sob a edificação e elevado a 5,4m do nível, o FDT se manteve frequente e o GhDT foi mais leve, não atingindo valores tão elevados. Na proposta 2 (Figura 6) com a edificação a 0,5m do solo, houve uma variação maior na frequência de desconforto, obtendo valores mais favoráveis, devido a maior proximidade da edificação com o solo e menor influência do vento. A proposta 3 (Figura 6), com a edificação encostada no solo, obteve-se os melhores resultados de desempenho, com um desconforto, que apesar de ser 100% frequente, para a intensidade foi classificada como leve.

Na proposta 4 (Figura 6) com a edificação a 5,4m e tendo abaixo uma camada de gelo, os resultados foram melhores, quando comparados com as propostas em que a camada de gelo está mais próxima. Foram observados alguns dias com classificação de GhDT leve, porém tendo uma frequência de desconforto de 100% e a maioria dos dias classificados com desconforto intenso e frequente. Para a proposta 5 (Figura 6), com 0,5m de afastamento da camada de gelo, constatou-se um desconforto maior em relação a proposta 4, com FDT 100% frequente, e uma quantidade de dias com desconforto intenso. A proposta 6 (figura 6) foi considerada a pior situação dentre as propostas com a edificação diretamente apoiada no gelo, com todos os dias classificados com desconforto frequente e intenso.

Quando se comparam as propostas 1, 2 e 3 com o solo e as propostas 4, 5 e 6 com a camada de gelo, é perceptível à influência do solo e da camada de gelo na temperatura do ar interior, mesmo em alturas mais elevadas, como 5,4m. As propostas 3 e 6, cuja edificação se apoia diretamente no solo e na camada de gelo, respectivamente, os resultados demonstraram intensidade de desconforto de leve para intenso. A proposta 3, com a edificação apoiada sobre o solo, as temperaturas internas foram mais elevadas, ou seja, o desconforto verificado é leve, devido a ausência de troca térmica entre o piso da edificação e o solo e, principalmente, pela impossibilidade de perda de calor através do vento entre estas duas superfícies.

A proposta 6, mesmo não tendo o vento circulando entre a camada de gelo e o piso da edificação, o contato do edifício com a camada de gelo configurou uma situação de perda térmica, considerando a temperatura do gelo e as condições internas do ambiente, mesmo o edifício tendo generosas camadas de isolamento, as condições internas registradas demonstraram desconforto térmico intenso e frequente.

Nas propostas 2 e 5 em que a edificação foi posicionada 0,5m elevada do solo e da camada de gelo, observou que na proposta 2, mesmo com a presença do vento a grandes velocidades e temperaturas baixas, a influência do solo com temperaturas mais elevadas possibilitou a troca térmica, amenizando a perda de calor pelo piso do edifício. Para a proposta 5, verifica-se que o pouco espaço entre o edifício e a base de apoio determinou condições de desconforto, tendo a edificação influência tanto da camada de gelo como do vento.

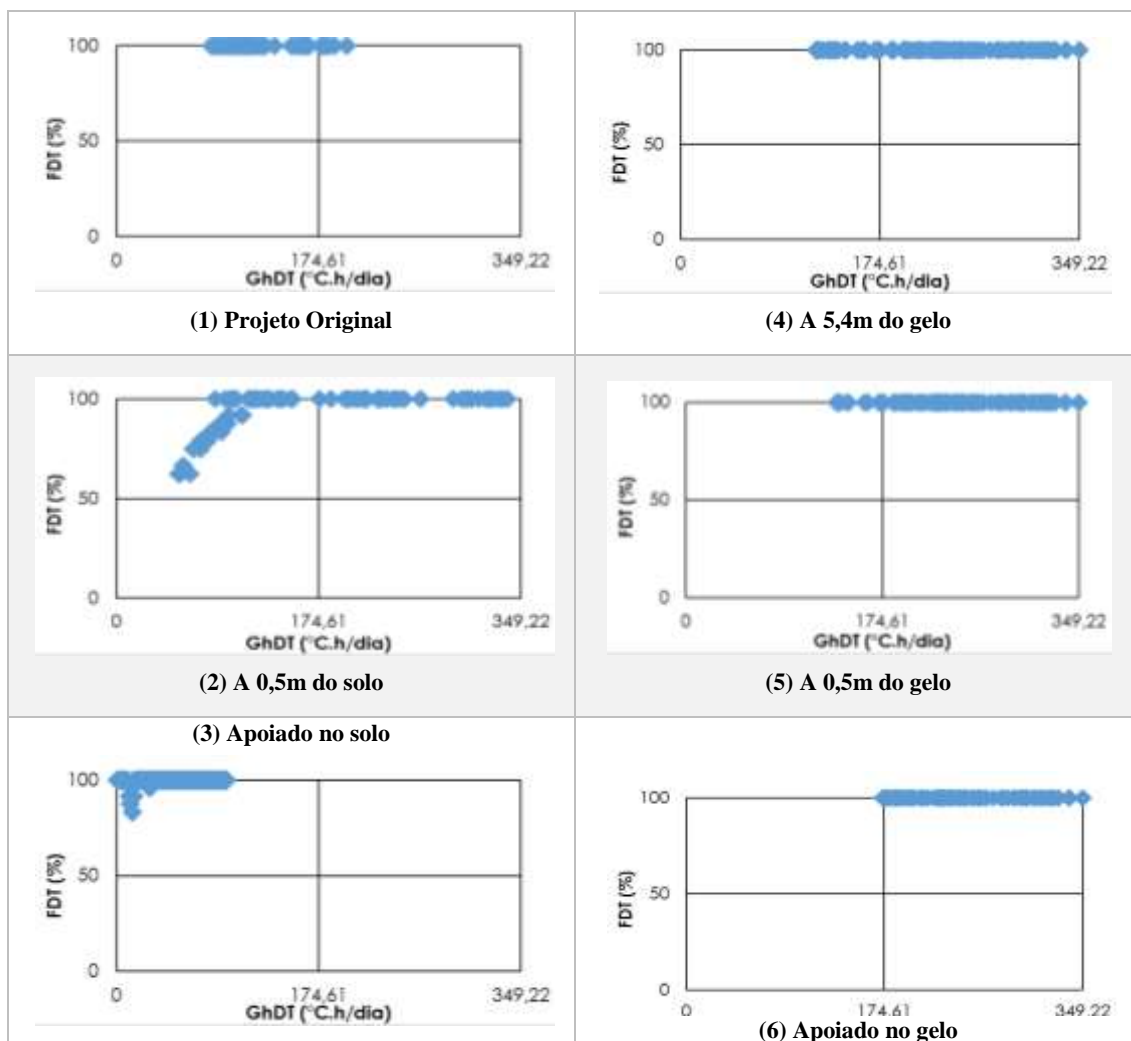


Figura 6 – Diagramas de fluutuabilidade referentes ao desempenho da EACF nas diversas situações simuladas

Destaca-se que os resultados obtidos nas simulações classificam o ambiente analisado como desconfortável para todas as situações, demonstrando valores elevados de GhDT e de FDT. Embora tenham sido consideradas as condições climáticas mais severas, pode-se afirmar sobre a necessidade de maior atenção na definição de materiais com propriedades isolantes eficientes, associado à tipologia edificatória, especialmente na sua relação com o solo ou gelo. Na Figura 7 seguem destacadas algumas particularidades observadas em cada estudo, que pode ser extrapolado para outras situações de projetos arquitetônicos para a Antártica, considerando a semelhança nas atuais soluções técnico-construtivas. A classificação demonstrada na Figura 7 considerou o desempenho do edifício nomeando as propostas que obtiveram melhores resultados em ordem decrescente.







Classificação	Esquema Ilustrativo da proposta	Caracterização da localização ambiental
1º	 <p>(3) Apoiado no solo</p>	<p>- Predominância do desconforto leve e frequente Pela edificação estar apoiada no solo impedindo qualquer movimentação do ar e usufruindo das propriedades térmicas do solo descongelado, foi a situação, mais favorável para o desempenho térmico. Provavelmente, a ampliação do isolamento térmico na fachada norte seria o suficiente para a obtenção do conforto, mesmo nas condições climáticas mais desfavoráveis.</p>
2º	 <p>(2) A 0,5m metro do solo</p>	<p>- Desconforto de leve e frequente a frequente e intenso Algumas edificações são construídas levemente afastadas do solo visando não proporcionar áreas encharcadas, originadas pela troca de calor entre a edificação e o solo. Nesse caso, observou-se que mesmo com alguma circulação de ar no espaço entre o solo e a edificação, ocorreu a influência do solo no desempenho térmico da edificação.</p>
3º	 <p>(1) Projeto Original, a 5,4m do solo</p>	<p>- Desconforto leve e frequente com alguns momentos classificado como intenso A elevação da edificação permite a passagem do vento, ampliando a perda térmica e impedindo a eventual influência da ação do solo no desempenho térmico.</p>
4º	 <p>(4) A 5,4m do gelo</p>	<p>- Predomínio de desconforto frequente e intenso com ocorrências de desconforto leve e frequente Para a condição de edificação exposta ao solo congelado ou banquisa de gelo, identificou-se como a melhor situação, visto a distância do gelo mostrar como mais importante para a obtenção do conforto se comparado à ação do vento entre a superfície gelada e a edificação.</p>
5º	 <p>(5) A 0,5m do gelo</p>	<p>- Predomínio de desconforto frequente e intenso com algumas ocorrências de desconforto leve e frequente Observa-se que as edificações em plataforma de gelo são construídas minimamente elevadas do solo, visto a transmissão do calor gerado na edificação em uso acarretar em descongelamento da superfície e, eventualmente, até mesmo o afundamento gradual da Estação. No entanto, essa solução foi considerada como desfavorável visto a influência da superfície gelada no desempenho térmico.</p>
6º	 <p>(6) Apoiado no gelo</p>	<p>- Predomínio de desconforto frequente e intenso Dentre os estudos realizados foi o que demonstrou pior desempenho. Se considerada, ainda, a possibilidade de afundamento da edificação em função do calor gerado no uso, não se recomenda essa solução considerando as condições ambientais para o modelo.</p>

Figura 7 – Análise das propostas simuladas de acordo com o desempenho térmico obtido (ADAPTADO DE ESTUDIO 41, 2013).

Os resultados das avaliações demonstram que se o solo permanece exposto mesmo durante o verão, a melhor solução construtiva, considerando especificamente o desempenho térmico, é com a edificação apoiada diretamente no solo. No entanto, se a edificação for apoiada em banquisa de gelo ou ocorrer o congelamento do solo durante o inverno, a melhor solução é a edificação elevada, afastando assim a influência do gelo no desempenho térmico.

Observa-se que mesmo o modelo adotado tenha uma composição da envoltória que sugere eficiência no que tange ao isolamento, ainda assim não se configura como suficiente para as condições antárticas. Também esperava-se que a ação do vento seria mais pernicioso ao desempenho para qualquer situação – solo ou gelo – o que demonstrou não ser uma hipótese equivocada, visto a diferença de desempenho para cada situação apresentada.

5. CONCLUSÕES

Através dos estudos realizados foi possível concluir que o sistema construtivo adotado para edificações na Antártica, analisando-se exclusivamente o desempenho térmico, deve considerar a influência da superfície de apoio, que difere no comportamento quando se considera solo exposto ou gelo.

Observa-se que tal conclusão se contrapõe ao esperado, visto acreditar-se inicialmente que o vento seria o elemento fundamental no melhor ou pior desempenho da edificação. No entanto, as simulações e análises realizadas demonstraram que a pior situação de desempenho é quando a edificação se apoia diretamente numa superfície gelada e não quando está elevada, permitindo a ampla ventilação em todas as suas faces.

Destaca-se que, para a observação do fenômeno, foi necessário considerar como fixos todos os demais parâmetros, tais como o arranjo arquitetônico e os materiais da envoltória. Nesse sentido, para estudos futuros serão realizadas novas simulações variando os demais parâmetros visando o estabelecimento de análises combinadas dos diversos elementos que interferem em um projeto quando este se localiza em um local diferenciado como a Antártica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVAREZ, C. E. de. **Metodologia para construção em áreas de difícil acesso e de interesse ambiental: aplicabilidade na Antártica e nas ilhas oceânicas**. Tese (Doutorado em Tecnologia da Arquitetura) – Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2003.
- _____. **Edificações na Antártica**. In: Antártica, 2048: Mudanças Climáticas e Equilíbrio Global. Ed. São Paulo : Marina Books, 2014, p. 98-113.
- _____. **YOSHIMOTO, F. M. Avaliação de impacto acústico na Estação Antártica Comandante Ferraz: resultados preliminares**. In: Reunion de Administradores de programas Antárticos Latinoamericanos, 2004, Guayaquil. Anais... Guayaquil: Programa Antártico Equatorial, 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-4: edificações habitacionais: parte 4: requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas**. Rio de Janeiro, 2013b.
- BRITISH ANTARCTIC SURVEY. **Weather**. Disponível em: < <https://www.bas.ac.uk/about/antarctica/geography/weather/>> Acesso em: 15 fev de 2017.
- DEFESA AÉREA E NAVAL. Disponível em: <<http://www.defesaareanaval.com.br/tag/estacao-antartica-comandante-ferraz-eacf/>> Acesso em: 01 fev 2017.
- DESIGNBUILDER. **DesignBuilder Software Ltda**. Version 4.5.0.128. 2015.
- ESTUDIO 41. **Memorial descritivo de especificações: caderno de encargos**. Curitiba, 2013.
- FERRAZ, N. S.; ALVAREZ, C. E. de Diretrizes para sinalização na Península Keller, Antártica In: VII Encontro Nacional e V Encontro Latinoamericano de Edificações e Comunidades Sustentáveis, Curitiba. **Anais do VII ENECS e V ELECS**. Porto Alegre: ANTAC, 2013. p.1 - 10
- 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. 2016.
- MECH, K. **How hard-wall Expandable Containers helped Brazil recover from na Antartic disaster**. Innovation: Journal of the association of professional Engineers and Geoscientists of BC (British Columbia), Burnaby, 17(3): 200-22. 2013.
- MONTARROYOS, D. C. G. **Indicadores de sustentabilidade para edificações na Antártica**. 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**. 202f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidad del Bio-Bio, Concepción. 2015.
- OLIVEIRA, M. R., MAIOLI, R. N., SILVA, B. A., ALVAREZ, C. E. **Influencia de nieve en la utilización de la luz natural em refugio simulado en la Antártida**. In: Congresso Latinoamericano de Ciência Antártica. Montevideo, CLCA, 2015.
- 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.
- SCAR - SCIENTIFIC COMMITTEE ON ANTARCTIC RESEARCH (SCAR). **Main Antarctic Facilities operated by National Antarctic Programs in the Antarctic Treaty Area (South of 60° latitude South)**. 2014 report. Disponível em: <<http://www.scar.org/>>. Acesso em: 15 fev 2017.
- SIMÕES, J.C. **Crônicas do gelo: o registro das mudanças climáticas na Antártica**. 1ª edição. São Paulo. 2014.

AGRADECIMENTOS

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