



ANÁLISE DO DESEMPENHO TÉRMICO DE DOIS SISTEMAS DE VEDAÇÃO VERTICAL UTILIZADOS NA ILHA DA TRINDADE

André Luiz F. Donadello (1); Edna Aparecida Nico-Rodrigues (2); Cristina Engel de Alvarez (3)

- (1) Arquiteto, Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, donadello1@yahoo.com.br
(2) Doutoranda Universidad del Bío-Bío, Chile, Pesquisadora do LPP e Professora do Departamento de Arquitetura e Urbanismo/UFES, ednanr@terra.com.br
(3) Dra. Professora do Deptº.de Arquitetura e Urbanismo e dos Programas de Pós-Graduação em Engenharia Civil e em Arquitetura e Urbanismo, cristinaengel@pq.cnpq.br
Universidade Federal do Espírito Santo, Laboratório de Planejamento e Projetos (LPP/UFES), Av. Fernando Ferrari, 514 – CEMUNI I, sala 7 – Campus de Goiabeiras, Vitória – ES CEP 29.060-900, Tel.: (27) 4009 2581.

RESUMO

As edificações existentes na Ilha da Trindade, devido à complexa logística local, vêm sendo construídas predominantemente nos seguintes sistemas industrializados: pré-fabricado em madeira e, atualmente, o sistema concreto-pvc. O objetivo dessa pesquisa foi realizar uma análise comparativa do desempenho térmico desses sistemas de vedação vertical, tendo como base um ambiente interno da Estação Científica da Ilha da Trindade – ECIT. A pesquisa foi desenvolvida por meio de simulação computacional, utilizando-se o programa *DesignBuilder*, adotando-se uma metodologia composta de quatro etapas distintas: 1. caracterização do objeto; 2. modelagem computacional e configuração de seus componentes; 3. simulação computacional do desempenho térmico dos dois sistemas de vedação vertical; e 4. avaliação dos resultados. Observou-se que o sistema concreto-PVC apresentou um desempenho discretamente melhor se comparado ao sistema pré-fabricado de Madeira. Entretanto, ambos apresentaram classificação D, segundo parâmetro do RTQ-R para desempenho da envoltória em edificações residenciais ventiladas naturalmente. Com base nos parâmetros analisados verificou-se que os dois sistemas de vedação vertical utilizados na Ilha da Trindade, atingiram nível insatisfatório de desempenho térmico, porém o Concreto-PVC foi o que esteve mais próximo de obter uma classificação C pelo mesmo regulamento.

Palavras-chave: desempenho térmico, envoltória, vedação vertical, Ilha da Trindade.

ABSTRACT

The existing buildings on Trindade Island, due to the complex logistical location, have been building predominantly in two types of industrialized systems: pre-fabricated wood and pre-fabricated concrete-pvc. The study purpose is to make a comparative analysis of the thermal performance of the two vertical sealing systems, based on an internal environment of the Trindade Island Scientific Station - ECIT.

The research was conducted using computer simulation, performed with *DesignBuilder* software, adopting a methodology composed of three distinct steps: object's characterization; computational modeling and components configuration; and computer simulation of the thermal performance of the two systems vertical sealing. Concrete PVC showed a slightly better performance compared to the pre-fabricated wood system. However, both were classified as level D, according to the RTQ-R parameter for the envelope performance in naturally ventilated residential buildings. Based on these parameters it was found that the two vertical sealing systems used in Trindade Island, reached unsatisfactory level of thermal performance, but concrete-pvc came closer to get a C rating by the same rules.

Keywords: performance thermal, envelopment, sealing vertical, Trindade Island.

1. INTRODUÇÃO

Diversas pesquisas têm sido realizadas no âmbito do desempenho térmico de edificações com o intuito de buscar a adequada qualidade do ambiente construído, promover menor consumo de energia e proporcionar maior conforto aos usuários. No Brasil, a Norma Brasileira NBR 15220:2005 (ABNT, 2005) trata de definições, métodos de cálculos e de medições, relacionados ao estudo térmico de edificações, abordando ainda em sua terceira parte, o zoneamento bioclimático brasileiro e as diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social.

Como a envoltória – ou envelope, é um dos principais componentes construtivos responsáveis pelos ganhos térmicos e, conseqüentemente, pelo aumento do consumo energético dos edifícios, existem algumas normativas que tratam, dentre outros aspectos, do desempenho térmico deste elemento. Sobre esse aspecto, a norma brasileira de desempenho, que entra vigor em junho de 2013 - a NBR 15575:2013 (ABNT, 2013) -, em sua parte 4, apresenta requisitos, critérios e métodos para avaliação do desempenho térmico de sistemas de vedações verticais de edificações habitacionais ou de seus elementos, de acordo com a zona bioclimática na qual estiverem inseridas. Essa norma permite que os sistemas sejam avaliados por método simplificado ou por simulação computacional, sendo que neste último, são consideradas as condições de ventilação natural e de sombreamento do edifício. Já o Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R), publicado no Brasil em 2010 (BRASIL, 2010), determina os procedimentos para obtenção do nível de desempenho térmico e do nível de eficiência da envoltória para unidades habitacionais autônomas naturalmente ventiladas. Um dos procedimentos adotados pelo RTQ-R para análise do desempenho da envoltória é o cálculo do indicador de graus-hora para resfriamento, sendo este procedimento adotado nesse estudo.

Os sistemas construtivos utilizados em Trindade são o pré-fabricado em madeira e, atualmente, o pré-fabricado em concreto-PVC. No Brasil a utilização da tecnologia do concreto-PVC é recente, porém a utilização dessa tecnologia vem crescendo a cada dia já sendo aceita inclusive pelo programa Minha Casa, Minha Vida do Governo Federal (FARIAS, 2011). Já a tecnologia de construções pré-fabricadas com madeira de reflorestamento é mais antiga, sendo bastante difundida no país. As espécies mais utilizadas são o *Eucalyptus* e o *Pinus*, representando 93% das áreas de madeira cultivadas no Brasil, tendo a região Sudeste o maior produtor de *Eucalyptus* e a região Sul a maior produtora de *Pinus* (ABIMCI, 2006).

O presente artigo apresenta uma avaliação comparativa de desempenho térmico dos dois sistemas de vedação vertical utilizados pela Marinha do Brasil nas edificações da Ilha da Trindade.

2. OBJETIVO

O objetivo foi analisar comparativamente, por meio de simulação computacional, o desempenho térmico de dois sistemas construtivos – madeira e concreto-PVC – utilizados pela Marinha do Brasil nas vedações das edificações construídas na Ilha da Trindade. As análises utilizaram como fator de parâmetro técnico de comparação o graus-hora de resfriamento (GHR), indicado pelo RTQ-R (BRASIL, 2010), adotando a classificação energética definida pela normativa, como instrumento definidor de desempenho térmico.

3. MÉTODO

O procedimento metodológico adotado neste trabalho divide-se em quatro etapas:

- I. Caracterização do sítio e do objeto de estudo;
- II. Modelagem computacional do objeto e configuração de seus componentes;
- III. Simulação computacional por meio do programa *DesignBuilder* 2.1.0 visando analisar o desempenho térmico dos dois sistemas de vedação vertical; e
- IV. Análise dos resultados.

3.1. Caracterização do sítio e do objeto de estudo

Trindade é uma ilha oceânica que faz parte do Arquipélago da Trindade e Martin Vaz, localizada no Oceano Atlântico, entre os paralelos 20° 30' S e os meridianos 29° 49' W, distante cerca de 1.200 km de Vitória - ES (Figura 01). Possui extensão de 8,2 km² e um relevo fortemente acidentado devido à sua formação vulcânica. A ilha originou-se há aproximadamente três milhões de anos por meio de uma fratura tectônica que se estende desde a plataforma continental brasileira (ALVAREZ, 2001; JUNQUEIRA et al., 2004; PROTRINDADE, 2010).

A ECIT está localizada na face Leste da Ilha (Figura 02), em um complexo edificado denominado Posto Oceanográfico da Ilha da Trindade - POIT, local que serve como base avançada da Marinha do Brasil

para diversos fins, dentre eles a observação meteorológica, fundamental para a navegação em grande parte do Atlântico Sul. A ECIT (Figura 03) destina-se exclusivamente a dar suporte às atividades de pesquisa e abrigar pesquisadores por períodos prolongados de permanência na ilha.



Figura 01. Localização da Ilha da Trindade.
Fonte: GOOGLE EARTH, 2012.



Figura 02. Ilha da Trindade.
Fonte: GOOGLE EARTH, 2012.



Figura 03. ECIT.
Fonte: acervo LPP/Ufes.

As edificações existentes no POIT, devido à complexa logística local, vêm sendo erguidas predominantemente com métodos construtivos industrializados, objetivando a racionalização, a padronização, a coordenação modular e a transformação do canteiro de obras em linha de montagem..

A opção por sistemas industrializados, no caso específico da Ilha da Trindade, dá-se pela possibilidade de redução do impacto ambiental causado pela geração de resíduos no local e, principalmente, pelas dificuldades logísticas inerentes a ilha. Dessa forma, há uma grande necessidade de precisão e eficiência no planejamento e controle do processo construtivo, capacitando previamente as equipes de operários que atuarão diretamente no processo de construção e priorizando a simplificação das etapas empregadas. A utilização de elementos pré-fabricados, o uso de equipes polivalentes e o planejamento eficaz do processo de produção podem ser considerados como alternativas de atingir a simplificação necessária em um processo construtivo (BERNARDES, 2001).

3.1.1. Sistemas construtivos

A ECIT é uma das edificações mais recentes de Trindade e foi construída com o sistema construtivo Concreto-PVC (Figura 04), também denominado em outros países de sistema *Royal*. A tecnologia do Concreto-PVC consiste na utilização de elementos modulares de fechamento vertical com função estrutural formado por painéis verticais de PVC extrudados, encaixados por guias e preenchidos com concreto (FERRARI, 2011).

Já as edificações construídas anteriormente à ECIT, como o Alojamento dos Praças e a Casa dos Oficiais, foram executadas em madeira (Figura 05). Esse sistema de vedação pré-fabricado é constituído por montantes verticais de madeira maciça, com fechamento central em pranchas horizontais, também em madeira maciça, e com encaixe tipo macho-fêmea.

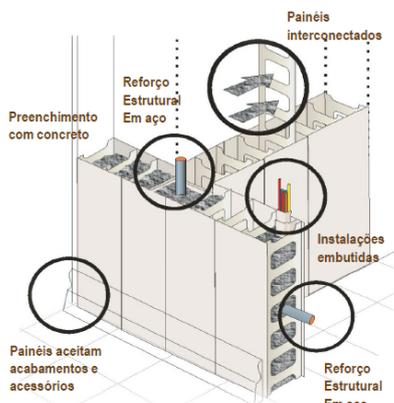


Figura 04 – Sistema Pré-fabricado Concreto-PVC
Fonte: FERRARI, 2011.



Figura 05 – Sistema Pré-fabricado em Madeira.
Fonte: NOSSA CASA PRÉ, 2013.

3.1.2. Geometria do caso de estudo

A ECIT é uma edificação térrea com maior comprimento orientado para o quadrante SE/NO e, com fachada principal (frontal) voltada para o quadrante N/NE, azimuth 114° (Figura 06). Possui planta retangular com aproximadamente 100m² de área construída (Figura 07), setorizada em dois blocos contíguos, sendo um frontal (Bloco 01) e outro de fundos (Bloco 02), conforme Figura 08. Sua compartimentação foi proposta da seguinte forma:

- Bloco 01 – constituído por varanda, laboratório úmido, estar/jantar conjugados a cozinha, e área de serviço.
- Bloco 02 – constituído por laboratório seco, dormitório masculino, banheiro masculino, banheiro feminino e dormitório feminino.



Figura 06 – Vista da ECIT.
Fonte: acervo LPP/Ufes.

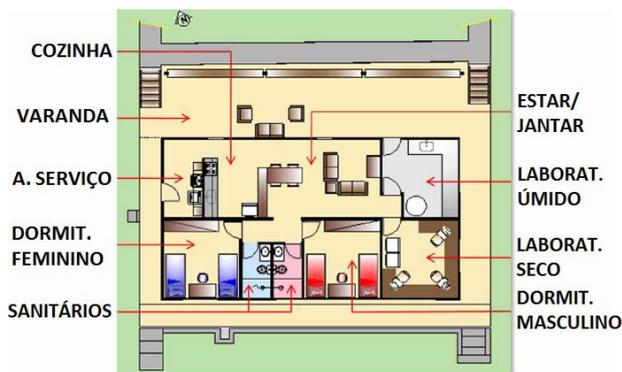


Figura 07 – Planta com Layout - ECIT.
Fonte: RODRIGUES *at al.* (2010).

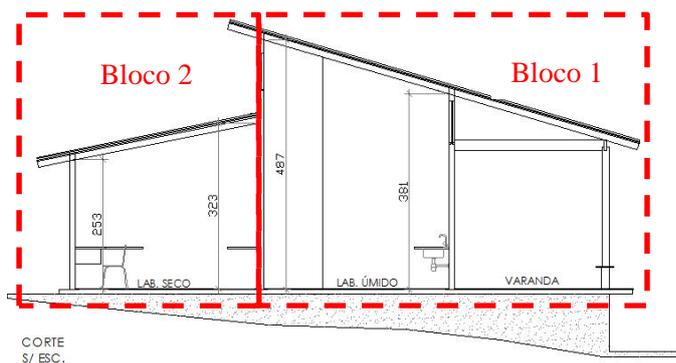


Figura 08 – Corte transversal com identificação dos blocos
Fonte: acervo LPP/Ufes.

A edificação possui cobertura em duas águas deslocadas de seu eixo vertical na cumeeira, o que propicia a utilização de aberturas para iluminação natural e ventilação cruzada. O telhado de todo o edifício é constituído por telhas em lâminas de PVC extrudado de cor branco encaixadas por guias longitudinais apoiadas em placas de fibra de média densidade (MDF) com revestimento melamínico que acompanham sua inclinação e, que são sustentados por caibros e terças de madeira maciça. O pé-direito varia de 3,25m a 2,50m (sentido cumeeira - beiral) no bloco dos fundos, exceto nos banheiros que possuem laje com pé-direito de 2,50m. Já no bloco frontal o pé direito varia de 4,90 a 3,75m (sentido cumeeira - beiral). A varanda envolve toda extensão da fachada frontal e seu pé-direito varia de 3,75m a 2,90m.

Quanto às aberturas externas, a ECIT possui duas tipologias de portas e três de janelas. As portas do tipo 01 (Figura 09) são divididas em quatro folhas em sistema de correr, sendo que cada folha possui estrutura em alumínio revestido por PVC de cor branco com vidro transparente comum de 6mm de espessura. As portas do tipo 02 (Figura 10) são de folha única estruturadas em alumínio revestido por PVC branco nos quadros e panos em placas de PVC também de cor branco.



Figura 09. Porta tipo 01.
Fonte: acervo LPP/Ufes.



Figura 10. Porta tipo 02 e janela tipo 01 sem veneziana
Fonte: acervo LPP/Ufes.

As janelas do tipo 01 (Figura 11) são compostas internamente por duas folhas em sistema corredeiro com estrutura em alumínio revestido por PVC branco e vidro transparente comum de 6mm de espessura e externamente por quatro folhas de venezianas horizontais em PVC branco, agrupadas em pares, com sistema de abertura de giro associado ao sistema camarão, funcionando individualmente ou em pares. As janelas do tipo 02 (Figura 12) utilizam sistema maxim-ar e sua estrutura também é constituída em alumínio revestido por PVC branco com vidro transparente comum de 6mm de espessura entre os quadros. As janelas do tipo 03 (Figura 13) possuem sistema de abertura maxim-ar e a mesma estrutura das demais janelas.



Figura 11. Janela tipo 01.
Fonte: acervo LPP/Ufes.



Figura 12. Janela tipo 02.
Fonte: acervo LPP/Ufes.



Figura 13. Janela tipo 03
Fonte: acervo LPP/Ufes.

3.2. Modelagem e configuração do objeto: geometria do caso de estudo

A modelagem da ECIT foi feita por meio do *software DesingBuilder 2.1.0.025* (Figura 15), sendo considerado cada ambiente uma zona térmica independente na busca pela obtenção de maior precisão nos resultados. Entretanto, devido às particularidades do projeto e limitações das ferramentas de modelagem do programa, foram adotadas soluções diferenciadas para casos específicos como vãos sem mecanismos de controle de fechamento entre ambientes distintos. Conforme instruções do RTQ-R, um dos quesitos para análise de desempenho térmico de unidades habitacionais autônomas dá-se pela avaliação da envoltória de ambientes de permanência prolongada (BRASIL, 2010). Assim, este estudo utilizou o dormitório feminino (Figura 14) como objeto de análise do desempenho térmico da envoltória, por configurar a pior condição de insolação da ECIT.

O dormitório feminino possui área útil de 12,07m² e pé-direito com inclinação variando de 3,25m x 2,50m (sentido cumeeira - beiral), e está localizado no Bloco 02 (Figuras 08). Apresenta duas paredes voltadas para o exterior, sendo uma cega orientada para O/NO – azimute 24°, e uma com abertura orientada para S/SO - azimute 114°. A abertura dessa última é constituída por uma janela tipo 01 (Figura 11).

O ambiente analisado (Figuras 15 e 16) foi modelado com os dois sistemas construtivos, sendo o modelo 01 com vedações em concreto-PVC e o modelo 02 com vedações em madeira.



Figura 14. Vista externa do Dormitório Feminino.
Fonte: acervo LPP/Ufes.

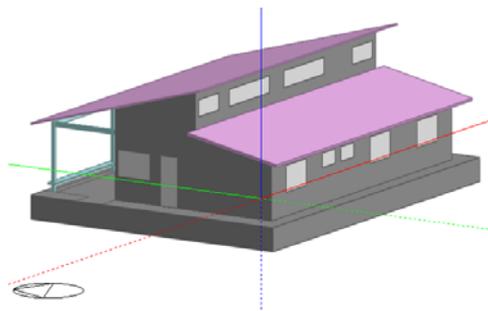


Figura 15. Modelagem da ECIT no DesignBuilder.

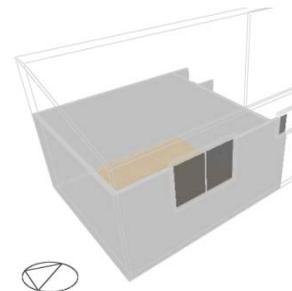


Figura 16. Modelagem do Dormitório Feminino no DesignBuilder.

3.2.1. Características construtivas dos Modelos

O modelo 01 possui parede com espessura de 100mm, composta por painéis verticais em PVC de cor branco, preenchidos por concreto (Figura 17). Esses painéis possuem três camadas, sendo duas externas em PVC com 8mm de espessura, e uma interna em concreto com 84mm de espessura. O modelo 02 possui parede com 20mm de espessura, formado por módulos pré-fabricados em madeira maciça (Figura 18), constituídos por montantes verticais de seção quadrada (80x80mm) modulados com distancia mínima de 1,20m, e por fechamento em pranchas horizontais de 20mm de espessura por 120mm de altura, com encaixe tipo macho-fêmea.

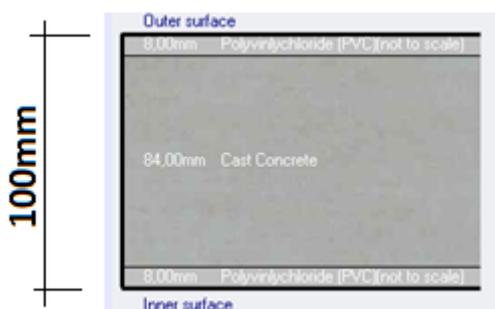


Figura 17. Seção esquemática da parede de Concreto-PVC modelada no DesignBuilder.

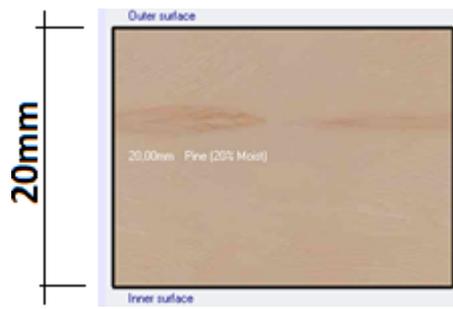


Figura 18. Seção esquemática da parede de madeira modelada no DesignBuilder.

3.3. Simulação computacional

As simulações para avaliação do desempenho térmico dos sistemas de vedação vertical utilizados na Ilha da Trindade foram realizadas por meio do software DesignBuilder 2.1.0.025. Esse software possibilita avaliar o desempenho térmico e energético de edificações utilizando a sequência algorítmica do programa EnergyPlus, porém corrigindo suas limitações gráficas no processo de modelagem (VENÂNCIO, 2009).

A simulação foi realizada para a zona bioclimática 08, utilizando o arquivo TRY da cidade de Vitória (ES), nas coordenadas 20° 32' S; 40° 34' W, disponibilizada pelo Labeee/ UFSC - Laboratório de Eficiência Energética em Edificações da Universidade Federal de Santa Catarina e disponível em <http://www.labeee.ufsc.br/downloads/arquivos-climaticos> (acesso em 03/2013). Com base em orientações de Venâncio (2009) utilizou-se o arquivo climático de Vitória por se tratar do local mais próximo da ilha - latitude 20° 30' S; longitude 29° 19' W (PROTRINDADE, 2010) e com arquivo climático compatível com os dados de entrada do software escolhido para as simulações.

A área de abertura para ventilação e o respectivo sombreamento propiciado pelas venezianas horizontais foram modelados conforme padrões de uso da edificação, sendo considerado para a ventilação 25% da área de abertura no período de 21h a 07h e 100% no período de 07h a 21h. Para o sombreamento foram utilizadas venezianas horizontais, configuradas com cor clara e coeficiente de descarga de 0,6. O funcionamento das venezianas seguiu o seguinte padrão de utilização:

- I. Venezianas 100% abertas (janela sem sombreamento) no período das 07h as 13h;
- II. Venezianas 75% fechadas (janela parcialmente sombreada) no período de 13h as 17h;
- III. Venezianas 100% abertas das 17h a 22h; e
- IV. Venezianas 100% fechadas no período de 22h as 07h, período que interfere somente na ventilação. As venezianas foram configuradas com cor clara e coeficiente de descarga de 0,6.

4. RESULTADOS

O desempenho térmico dos sistemas de vedação vertical foi avaliado por meio do somatório dos graus-hora de resfriamento (GH-R), segundo determinação do RTQ-R (BRASIL, 2010). Conforme Goulart, Lamberts e Firmino (1998) esse parâmetro de análise pode ser definido como a somatória da diferença de temperatura horária quando essa temperatura ultrapassa uma temperatura-base (T_b). A temperatura de base adotada foi 26°C, definida pelo RTQ-R nas instruções de avaliação da envoltória (BRASIL, 2010).

A Figura 19 compara a diferença do somatório de graus-hora de resfriamento entre os dois sistemas construtivos, calculado para um período de um ano, sendo que no eixo das ordenadas está representada a escala de GH-R.

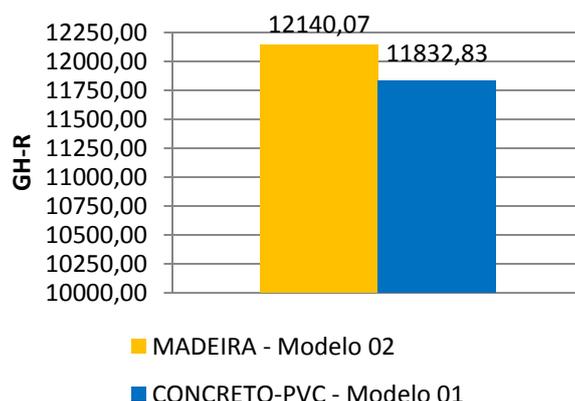


Figura 19 – Somatório de graus-hora para resfriamento no período de um ano.

Fazendo um comparativo entre os dois materiais pesquisados, pode-se observar que o concreto-PVC apresentou uma média anual de somatório de graus-hora 2,53% inferior à média da envoltória em madeira. Apesar do concreto-PVC ter apresentado um resultado discretamente melhor que o da madeira, a diferença de desempenho térmico entre os dois sistemas não foi considerada significativa.

Nos dois modelos, o desempenho térmico dos sistemas de vedação vertical do ambiente analisado alcançaram o nível D – entre 11.520 e 14.676 GHR –, segundo parâmetro do RTQ-R para desempenho da envoltória em edificações residenciais ventiladas naturalmente. Observa-se, também, que o sistema em concreto-pvc apresentou 312,83 GHR (2,6%) acima do limite para atingir nível C de classificação da envoltória.

As propriedades térmicas de cada modelo simulado foram configuradas conforme padrão do banco de dados do *software DesignBuilder*, de acordo com a tabela 01.

Tabela 01 - Propriedades térmicas dos componentes de vedação vertical da envoltória

Modelo 01 (Concreto-PVC)	U_{PAR}	CT_{PAR}	α_{PAR}
	[W/(m ² K)]	[kJ/m ² K]	(adimensional)
	3,14	Sem requisito	0,9
Modelo 02 (Madeira pré-fabricada)	U_{PAR}	CT_{PAR}	α_{PAR}
	[W/(m ² K)]	[kJ/m ² K]	(adimensional)
	2,108	Sem requisito	0,78

Nota-se que para a parede de concreto-PVC (modelo 01), a transmitância térmica (U) calculada em 3,14W/m²k não atendeu ao pré-requisito da NBR 15575-2013, ficando 20,4% acima do limite de 2,5W/m².k para valores de absorvância de radiação solar das superfícies externas de paredes. Já a parede em madeira (modelo 02) satisfaz esse pré-requisito apresentando $U = 2,11$ W/m².k. Quanto à capacidade térmica das paredes (CT_{PAR}) não há requisitos para a ZB8 conforme NBR 15575-2013.

O mesmo padrão de desempenhos entre os sistemas observados na média anual foi verificado quando feita análise por períodos fracionados. Na figura 20 observa-se um comparativo de simulação entre os dois materiais de acordo com as estações do ano.

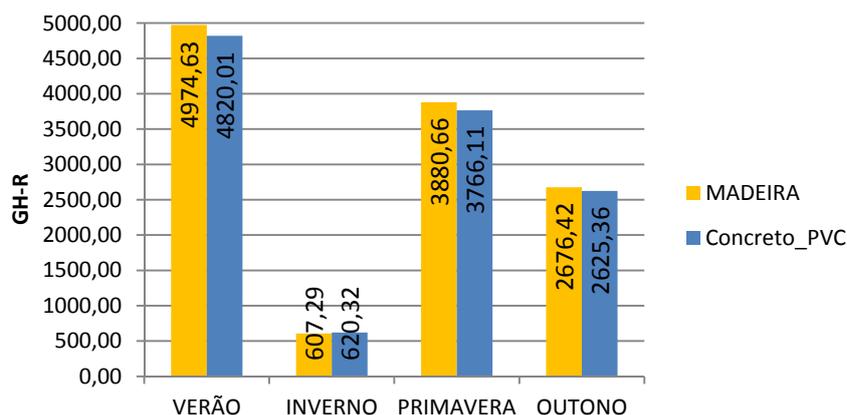


Figura 20 – Somatório de graus-hora de resfriamento para as estações do ano de acordo com o sistema vedação vertical da envoltória.

Na análise fracionada, a comparação dos resultados de desempenho térmico entre os modelos continuaram sutis, verificando-se a maior diferença para o período de verão, com somatório de graus-hora da madeira ficando 3,2% acima do concreto-PVC. Em seguida, vem o período da primavera com uma diferença de 2,95%, seguido do inverno com diferença de 2,1% e, demonstrando o outono com os resultados mais próximos entre si, com 1,91% de diferença. Percebe-se ainda na Figura 20 que apenas no inverno houve uma inversão do comportamento dos materiais com o sistema concreto-PVC ficando atrás do sistema de madeira pré-fabricada.

Para uma análise mais detalhada da temperatura operativa do ambiente estudado, foi selecionado um período considerado o mais quente do ano. Observou-se que os meses de janeiro e dezembro apresentaram as maiores temperaturas, sendo que a semana entre os dias 21 e 28 de dezembro concentrou pico de temperatura máxima do ano e maior média por período.

A Figura 21 apresenta um comparativo entre a temperatura externa e as temperaturas operativas para cada modelo estudado.

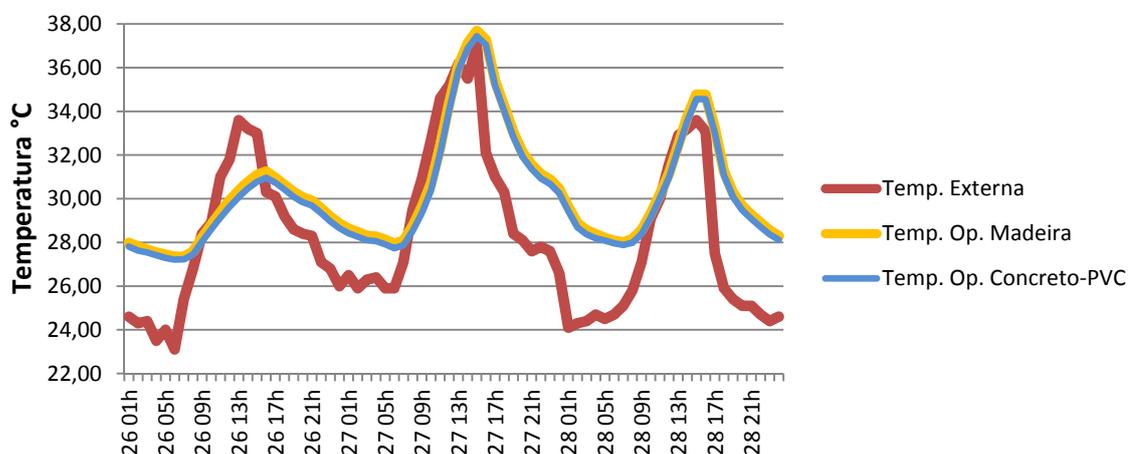


Figura 21 – Comparação das temperaturas operativas no pico de temperatura externa.

As temperaturas operativas do modelo 01 (concreto-PVC) e modelo 02 (madeira) apresentam comportamentos semelhantes, quase 100% sobrepostas, com a temperatura operativa do modelo 02 discretamente acima do modelo 01, porém, sem nenhum intervalo de diferenciação significativo no gráfico do período analisado. No dia 26 de dezembro, 13h, ocorreu a maior variação entre as temperaturas dos sistemas analisados e a temperatura exterior, ficando esta última quase 3°C acima das demais.

5. CONCLUSÕES

Conclui-se, com base nos parâmetros analisados, que os dois sistemas de vedação vertical utilizados nas edificações da Ilha da Trindade não apresentam diferenças significativas de resultados de desempenho térmico, sendo que o sistema concreto-PVC obteve uma discreta vantagem de desempenho em relação ao sistema pré-fabricado em madeira, apresentando um somatório anual de 307 GH-R (2,53%) menor que o da

madeira, tendo a maior diferenciação no período do verão com 3,2% GH-R a menos. Considerando-se que atualmente o RTQ-R é um dos principais métodos de avaliação de desempenho de edificações, apresentando nível de classificação graduado de A (melhor desempenho) a E (pior desempenho), mesmo com o sistema concreto-PVC tendo atingido um resultado discretamente melhor que o sistema pré-fabricado em madeira, ele não alcançou o nível médio da classificação deste instrumento, ficando ambos com o nível D. Apesar da boa aceitação do sistema em pvc às condicionantes logísticas da ilha, é imprescindível uma melhoria desta tecnologia para se alcançar um nível satisfatório de conforto térmico, principalmente em relação aos requisitos do RTQ-R.

Cabe observar que os resultados apresentados levaram em consideração apenas a variação do sistema de vedação vertical, cabendo uma investigação mais ampla que leve em consideração um sistema de cobertura com materiais diferentes do existente, pois a cobertura é o elemento da envoltória que recebe maior tempo de incidência solar e, portanto, proporciona maiores ganhos térmicos.

Ressalta-se que, desde sua implantação em 2010, uma das premissas para a utilização do concreto PVC na construção da ECIT foi o de testar a tecnologia, sua adaptabilidade à região e os benefícios do uso do material em localizações de difícil acesso, como a Ilha da Trindade. Dessa forma, os resultados obtidos seguem como parte integrante de uma pesquisa mais ampla, que tem dentre seus propósitos a propositura de sugestões aos sistemas construtivos adotados, de modo a se obter um melhor desempenho térmico da envoltória das edificações existentes.

REFERÊNCIAS

- ABIMCI. Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente. *Estudo setorial 2006*. Curitiba, dezembro de 2006. 44p.
- ALVAREZ, C. E. de. *A Estação Científica Tamar na Ilha da Trindade*. São Paulo. USP, 2001.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15220**: Desempenho térmico de edificações. Rio de Janeiro, 2005. 66 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15575-4**: Edificações Habitacionais: Desempenho de vedações verticais. Rio de Janeiro, 2013.
- BERNARDES, M. M. 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.
- BRASIL. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. **Portaria nº 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, 2010b.
- DESIGNBUILDER SOFTWARE LTD. **DesignBuilder Help** Stroud 2007.
- FARIAS, L. Minha Casa, Minha Vida vai ter moradia de PVC. 2011. Diário do Grande ABC. Disponível em: <www.dgabc.com.br/News/5923793/minha-casa-minha-vida-vai-ter-moradia-de-pvc.aspx>
- FERRARI, T. S. 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.
- GOOGLE EARTH. Versão 7.0.2. Acesso em 01abr. 2012.
- 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.
- JUNQUEIRA, E.; MALHEIROS, G.; MENEZES, C. **Brazilian islands**. Rio de Janeiro. Arte Ensaio, 2004.
- NOSSA CASA: Casas pré-moldados. Disponível em: <<http://www.nossacasapre.com.br/index.php>>. Acesso em 01 abr. 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.
- RODRIGUES, E. A. N.; WOELFFEL, A. B.; BERNABÉ, A. C. A.; FANTICELE, F. B.; ALVAREZ, C. E 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, RS: ANTAC, 1995. v. I. p. 239-244.
- VENÂNCIO, R.. **Treinamento para o programa Design Builder**: versão 2.0. 2009. 74 f. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Tecnologia, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, LABCON - Laboratório de Conforto Ambiental da UFRN, Natal, 2009.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Programa de Pesquisas Científicas na Ilha da Trindade (PROTRINDADE) e a Marinha do Brasil pelo apoio às pesquisas na ilha e ao Doutorado em Arquitetura e Urbanismo da Universidad del Bío-Bío, Concepción, Chile.