

## SUSTENTABILIDADE NA EFICIENTIZAÇÃO DA ESTAÇÃO CIENTÍFICA ILHA DA TRINDADE

André Luiz FranzottiDonadello<sup>1</sup>, Márcia Bissoli-Dalvi<sup>2</sup>, Soyana Corrêa Ferres<sup>3</sup>, Edna Aparecida Nico-Rodrigues<sup>4</sup>, Cristina Engel de Alvarez<sup>5</sup>

### Resumo

Devido à complexidade da logística local, as edificações existentes na Ilha da Trindade foram construídas predominantemente no sistema pré-fabricado em madeira e, atualmente, está sendo testado o sistema concreto-PVC. Por meio de simulações de desempenho higrotérmico realizado pelo programa DesignBuilder, verificou-se a ineficiência do sistema de cobertura adotado, sendo objeto dessa pesquisa avaliar o potencial de melhoria nas condições de conforto a partir de modificações na cobertura, associando o potencial dos materiais já adotados na Ilha, ou seja, a madeira – que possui características inerentes ao conceito de sustentabilidade –, somado ao PVC, já adotado na envoltória. A metodologia foi composta por quatro etapas distintas: 1). caracterização do objeto; 2). modelagem computacional e configuração de seus componentes; 3). simulação computacional do desempenho térmico; e 4). avaliação dos resultados. Foi constatado que a inserção do forro de madeira horizontal com aberturas para ventilação do ático pode proporcionar uma melhoria significativa no desempenho, e de acordo com o parâmetro do RTQ-R para desempenho térmico de envoltórias em edificações residenciais ventiladas naturalmente, melhorou a classificação de D para C.

**Palavras-chave:** materiais, sustentabilidade, desempenho térmico, Ilha da Trindade

## SUSTAINABILITY TO REACH EFFICIENCY OF THE SCIENTIFIC STATION OF THE TRINIDADE ISLAND

### Abstract

*Due to the complexity of local logistics, the existing buildings on the Trindade Island were built predominantly in wood pre-fabricated systems and currently the PVC-concrete system is being tested. Through simulations of hygrothermal performance realized by the software Design Builder, the inefficiency of the used roofing system has been noticed, being the object of this research the evaluation of potential improvements in comfort conditions obtained from changes in coverage, associating the potential of materials already adopted in the island, which is the wood – has characteristics inherent to the concept of sustainability –, together with the PVC, as adopted in the envelope. The methodology was composed of four distinct steps: 1). characterization of the object; 2). computational modeling and configuration of its components; 3). computer simulation of thermal performance; and 4). result evaluation. It was found that the insertion of the horizontal plank with openings for ventilation of the attic can provide a significant performance improvement, and according to the RTQ-R parameter for thermal performance envelopes in naturally ventilated residential buildings, it improved the classification from D to C.*

**Keywords:** materials, sustainability, thermal performance, Trindade Island.

1 Mestrando do PPGEC, UFES/ Pesquisador do LPP, UFES. E-mail: donadello1@yahoo.com.br

2 Doutoranda Universidad del Bío-Bío, Chile/ Pesquisadora do LPP, UFES, Brasil. E-mail: marciabissoli@gmail.com

3 Graduanda em Arquitetura, UFES/ Bolsista de iniciação científica do LPP, UFES. E-mail: soyanascf@gmail.com

4 Doutoranda Universidad del Bío-Bío, Chile/ Pesquisadora do LPP, UFES, Brasil. E-mail: ednanr@terra.com.br

5 Doutora, coord. do LPP, Departamento de Arquitetura e Urbanismo/ UFES. E-mail: cristinaengel@pq.cnpq.br

## 1 INTRODUÇÃO

Atualmente, o ritmo de consumo de recursos e a produção de resíduos são superiores à capacidade de regeneração e absorção do planeta, sendo indiscutível que ambos aspectos seguem em ritmos crescentes (WADEL; AVELLANEDA; CUCHÍ, 2010). Com a evolução da indústria da construção, surge também a necessidade de materiais que satisfaçam a uma demanda por novos conceitos, como por exemplo, o de menor impacto ambiental, inseridos em um conceito de sustentabilidade (CARVAJAL, 2004).

De acordo com Soares, Souza e Pereira (2006) a sustentabilidade dos materiais representa um importante campo na engenharia ambientalmente responsável e deverá ser inserida como diferencial na competitividade existente, apontando assim para o desenvolvimento de suportes conceituais, técnicos e de uso prático para os responsáveis pela seleção dos materiais. Assim, a sustentabilidade passa a ser entendida como mais um requisito a ser considerado pelo projetista, somado à segurança estrutural; segurança ao fogo; estanqueidade; conforto higrotérmico; conforto acústico; conforto tátil; adaptação à utilização; durabilidade; manutenibilidade; entre outros (MOTTA; AGUILAR, 2009).

Em paralelo, vem-se destacando trabalhos que visam melhorar o desempenho térmico de edificações, com o intuito de promover a economia de energia e o aumento do conforto para o usuário, impulsionando o surgimento de construções mais próximas ao conceito de sustentabilidade. Destaca-se que, em edificações térreas de clima tropical, a cobertura é o elemento da envoltória que possui maior tempo de exposição à incidência solar e, portanto, por onde os ganhos térmicos são maiores.

Neste sentido, existem algumas normativas que tratam, dentre outros aspectos, do desempenho térmico deste elemento. 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 em edificações habitacionais ou de seus elementos, de acordo com a zona bioclimática na qual estão inseridas. Essa norma permite que os sistemas sejam avaliados por método simplificado ou por simulação computacional, sendo considerado neste último, as condições de ventilação natural e de sombreamento.

O Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R), publicado no Brasil em 2010 (BRASIL, 2010), determina os procedimentos para obtenção do desempenho térmico e do nível de eficiência da envoltória, para unidades habitacionais autônomas ventiladas naturalmente. Um dos procedimentos adotados pelo RTQ-R, para análise do desempenho da envoltória é o cálculo do indicador de graus-hora para resfriamento, sendo o mesmo adotado nesse estudo. Já a Norma Brasileira 15220:2005 (ABNT, 2005), contém as principais diretrizes projetuais para cada zona bioclimática, visando o conforto térmico.

Na Ilha da Trindade, os sistemas construtivos utilizados são o pré-fabricado em madeira e o pré-fabricado em concreto-PVC, estando este em fase de avaliação. No Brasil o emprego da tecnologia do concreto-PVC é recente e com notória ascensão, já sendo aceita inclusive pelo programa Minha Casa, Minha Vida do Governo Federal (FARIAS, 2011). Na Ilha o sistema foi adotado em uma edificação experimental – a Estação Científica da Ilha da Trindade (ECIT) – alicerçado principalmente, no fato de que o PVC possui alta durabilidade, baixa manutenção, aplicabilidade simples, peso reduzido e manuseio facilitado pela logística demandada para o transporte, fatores fundamentais para construção em ilha oceânica.

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). O preenchimento com concreto objetiva garantir maior estabilidade ao sistema construtivo.

Objetivando melhorar o desempenho térmico dentro da Estação, esta pesquisa objetivou avaliar, por meio de simulação computacional, as tipologias alternativas de forros e materiais, no sentido de proporcionar a redução na temperatura interna e no consumo energético, sendo um condicionante adicional a escolha de materiais ambientalmente adequados, e coerentes com os limitantes logísticos da Ilha.

A metodologia considerou inicialmente a necessidade de revisão bibliográfica com relação aos aspectos inerentes ao desempenho térmico de envoltórias, além de bibliografias complementares que forneceram suporte para o entendimento dos critérios de sustentabilidade pertinentes ao material selecionado (madeira),

somando-se à caracterização do objeto de estudo. Posteriormente foi feita a modelagem computacional e a configuração de seus componentes, utilizando como referência os índices de graus-hora de resfriamento (GHR) do RTQ-R. Para as simulações foi utilizado o *software DesignBuilder 2.1.0*.

A pesquisa se justifica com a hipótese de que a associação de matérias com características físicas e técnicas distintas – no caso, a madeira e o PVC – e pequenas modificações no forro da cobertura poderiam contribuir na melhoria do conforto térmico e no desempenho energético da edificação, sem a necessidade de modificações nos componentes verticais do envelope. Os resultados obtidos visam também, tornarem parâmetros referenciais para as próximas edificações a serem construídas em caráter similar.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO

Atualmente, a arquitetura tem passado por mudanças, onde novas preocupações são somadas às tradicionalmente utilizadas. Vem se destacando, entre outros fatores, a busca pela melhoria do desempenho termo energético atrelada aos fundamentos conceituais sustentáveis. Visando um comportamento térmico satisfatório, deve-se ter como pressuposto, sempre que possível, o emprego dos recursos naturais disponíveis, como a ventilação cruzada, o sombreamento de aberturas, o uso de materiais com melhores propriedades térmicas, entre outros.

Mesmo em condições climáticas mais severas, a utilização de recursos naturais deve buscar maximizar o desempenho térmico para reduzir o consumo de energia de equipamentos para refrigeração ou aquecimento (FROTA; SCHIFFER, 2009). Destaca-se que na Ilha da Trindade, a fonte energética é o combustível fóssil e todas as decisões projetuais que contribuem para a economia energética (no caso de resfriamento artificial) favorecem positivamente à eficiência das construções.

Dentre os elementos constituintes da envoltória de uma edificação térrea ou com poucos pavimentos e predominantemente horizontal, a cobertura é a principal responsável pelo ganho térmico proveniente da energia solar. Esse ganho altera conforme o tipo de cobertura, sendo que superfícies planas recebem maior carga térmica que superfícies de telhados inclinados ou fachadas, em função de sua contínua exposição à trajetória solar (BARROSO-KRAUSE, 2011). Assim, a obtenção de um bom desempenho térmico da cobertura é fundamental para a qualidade do ambiente interno (CORBELLA; CORNER, 2011).

A escolha da madeira como material de composição se justifica inicialmente por representar um recurso renovável, de baixa demanda energética em seu processo de produção – baixa energia incorporada – e com grandes possibilidades de aproveitamento do poder calorífico dos resíduos produzidos, além de ter um papel importante como estratégia na redução da concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera (BARBOSA; INO, 2001) e apresentar baixo impacto ambiental (GIGLIO, 2005).

Em relação às propriedades térmicas, a madeira apresenta baixo valor de condutividade térmica, o que favorece maior resistência à passagem de energia térmica, ou seja, a madeira apresenta a propriedade de ser má condutora de calor. Desta forma, a madeira e seus derivados (chapas de OSB – *oriented strand board* –, aglomerado, MDF, entre outros) podem atuar como isolantes térmicos. A madeira apresenta calor específico relativamente alto, o que em média chega a 1,34 kJ/(kg.K), sendo necessária uma grande quantidade de calor para elevar sua temperatura (ASSOCIAÇÃO..., 2005).

Outra característica a ser destacada é o reaproveitamento e a desmontagem facilitada pelo fato de ser empregado sem o uso de colas, aglomerantes ou ligantes. Isso auxilia na redução de geração de resíduos e favorece a substituição de partes. Por ser renovável, garante a oferta contínua do material e a redução da extração de recursos em extinção. É recomendável também, que seja especificada madeira certificada ou, minimamente, legalizada, para garantir que não sejam extraídas de forma irregular.

## 3 CARACTERIZAÇÃO DA ILHA DA TRINDADE E DA ECIT

A Ilha da Trindade está localizada no Oceano Atlântico, entre os paralelos 20°30'S e os meridianos 29°19'W (PROTRINDADE, 2010), a aproximadamente 1.200 km da cidade de Vitória/ES (Figura 1). Possui 8,2 km<sup>2</sup> de área e relevo fortemente acidentado, devido à formação vulcânica. A ECIT situa-se na face Leste da Ilha (Figura 2), em um complexo edificado denominado Posto Oceanográfico da Ilha da Trindade – POIT.

O POIT funciona como base avançada da Marinha do Brasil para atividades como a observação meteorológica, fundamental para a navegação em grande parte do Atlântico Sul. Possui como função

primordial servir de suporte às atividades de pesquisa (Figura 3), além de sediar os pesquisadores que permanecem na ilha por períodos prolongados (ALVAREZ, 2001; PROTRINDADE, 2010).

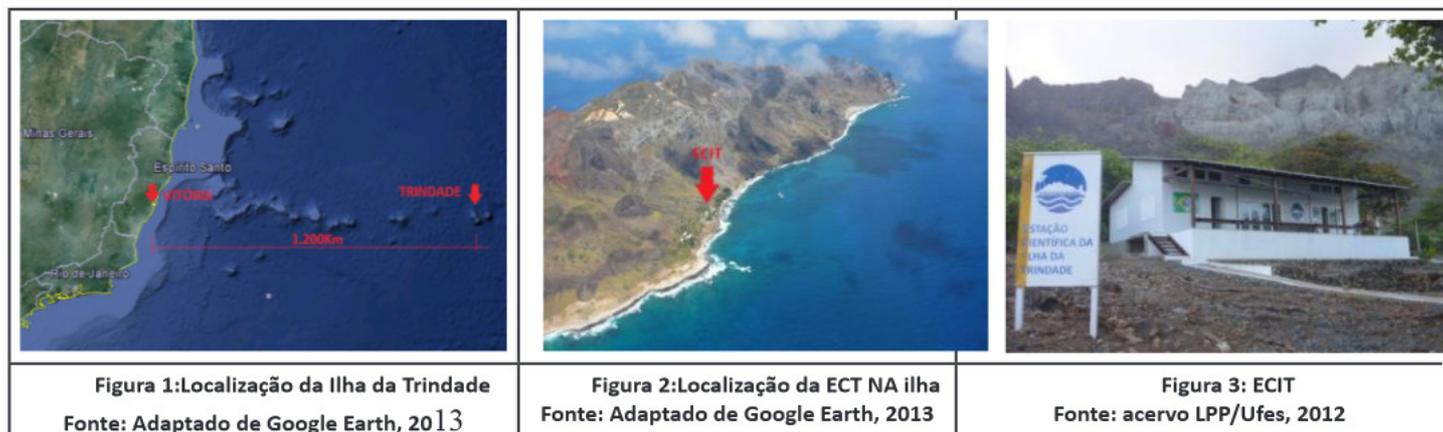


Figura 1:Localização da Ilha da Trindade  
Fonte: Adaptado de Google Earth, 2013

Figura 2:Localização da ECT NA ilha  
Fonte: Adaptado de Google Earth, 2013

Figura 3: ECIT  
Fonte: acervo LPP/Ufes, 2012

Os sistemas construtivos predominantes nas edificações existentes no POIT são industrializados e pré-fabricados, devido às dificuldades logísticas inerentes ao transporte. Tal diretriz projetual objetivou racionalização, a padronização, a coordenação modular e a transformação do canteiro de obras em linha de montagem. Esta opção está relacionada à possibilidade de reduzir o impacto ambiental causado pela geração excessiva de resíduos na obra, o que é comum nos métodos construtivos tradicionais.

A distância do continente ocasiona a necessidade de grande precisão nos sistemas e eficiência no planejamento e controle do processo construtivo. As equipes de operários que atuam diretamente na construção são previamente capacitadas e a simplificação das etapas é uma prioridade no processo. O emprego de elementos pré-fabricados, o uso de equipes polivalentes e o planejamento eficaz do processo de produção podem ser considerados como alternativas para atingir a simplificação necessária em um processo construtivo (BERNARDES, 2001).

Em relação a ECIT é uma das edificações mais recentes da ilha. Possui planta retangular (Figura 4) e área construída de aproximadamente 100m<sup>2</sup>. A varanda percorre toda extensão da fachada frontal.



Figura 4: Planta da ECIT  
Fonte: Rodrigues *et al.* (2010)

As temperaturas médias anuais na Ilha variam de 25,10°C a 27,57°C (BRASIL, 2009). Na ECIT não existem equipamentos para resfriamento artificial e uma das estratégias adotadas para ampliar o período de conforto dos usuários foi o uso da ventilação cruzada entre os ambientes, com aberturas estratégicas para retirada do ar aquecido.

A cobertura (Figura 5) é constituída por duas águas deslocadas de seu eixo vertical na cumeeira, o que favoreceu a instalação de aberturas para ventilação cruzada e também para iluminação natural. A mesma é constituída por lâminas de PVC extrudado, de cor branco, encaixadas por guias longitudinais apoiadas em placas de fibra de média densidade (*medium density fiberboard*- MDF) que acompanham a inclinação da cobertura tendo a função de forro, sendo estruturado por terças de madeira maciça – figura 6.



Figura 5: A cobertura da ECIT favorece a ventilação cruzada  
Fonte: acervo LPP/Ufes

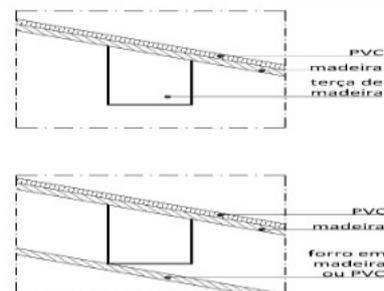


Figura 6: Esquema que representa a estrutura do telhado existente – Modelo 1

### 3.1 Modelagem do caso de estudo

Para a modelagem (figura 6) foi utilizado o *software* DesignBuilder (DESIGNBUILDER, 2007). Cada ambiente foi considerado uma zona térmica independente, o que favoreceu a 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 como objeto de análise do desempenho térmico da cobertura, por ser o ambiente com maior interferência de insolação da ECIT e, conseqüentemente, de maior desconforto.

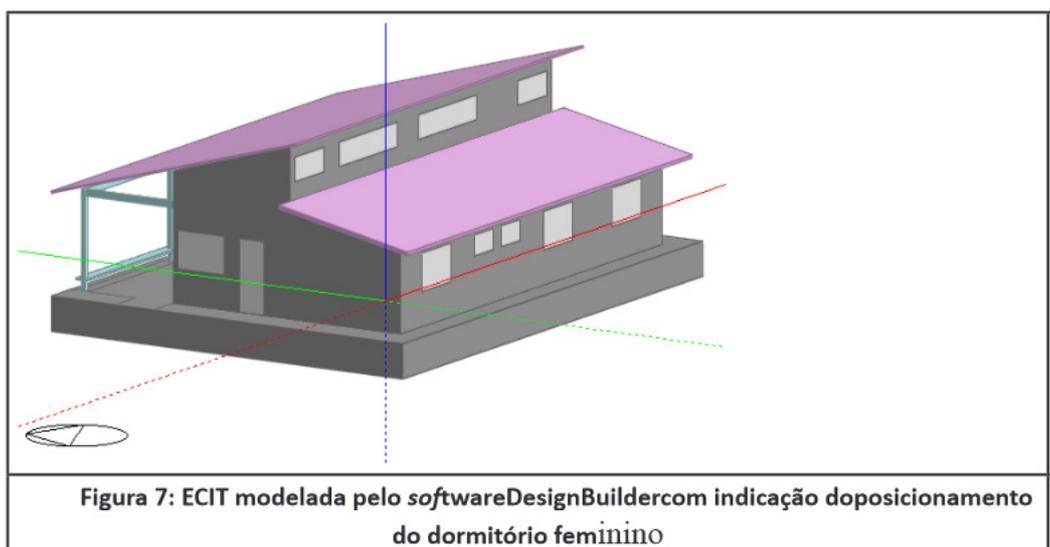


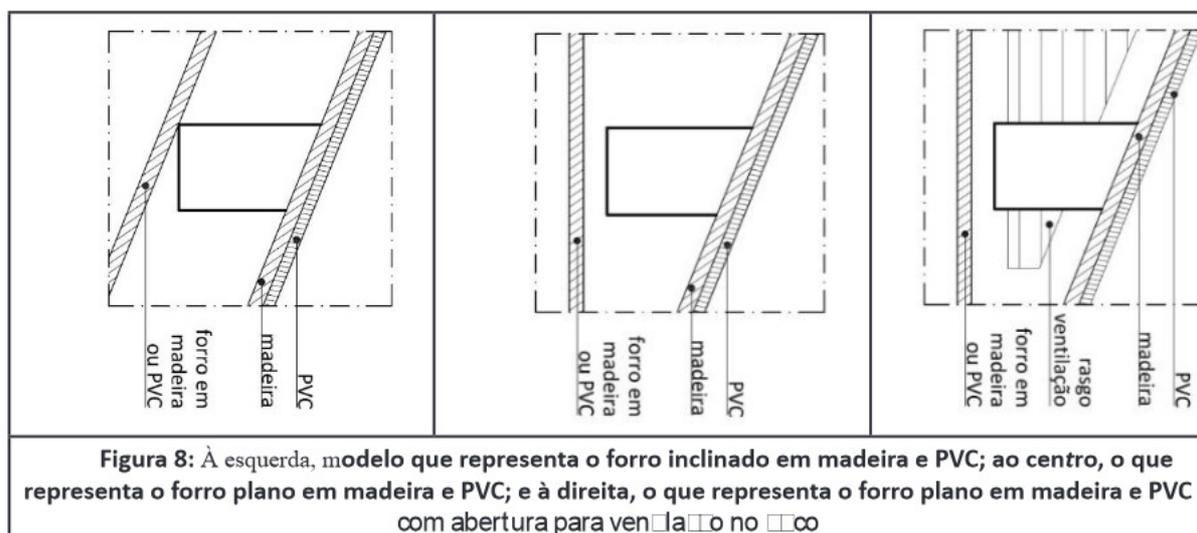
Figura 7: ECIT modelada pelo software DesignBuilder com indicação do posicionamento do dormitório feminino

O dormitório feminino possui área útil de 12,07m<sup>2</sup> e pé-direito com inclinação variando de 3,25m a 2,50m (sentido cumeeira - beiral). Apresenta duas paredes voltadas para o exterior, sendo uma cega, orientada para O/NO, e outra com abertura orientada para S/SO.

O Modelo 1 (telhado existente) se caracteriza por um sistema leve, de pouca massa, o que faz com que as variáveis térmicas do clima externo, sejam transmitidas mais rapidamente para os ambientes internos. A

inserção de diferentes modelos de forros (figura 8) por meio de simulação, possibilitou a criação de colchões de ar e variações representativas nos resultados.

O quadro 1 apresenta a descrição das tipologias e dos materiais inseridos na cobertura existente para as diferentes simulações. A escolha da madeira foi motivada por representar uma opção ambientalmente adequada e por possuir propriedades favoráveis, no que diz respeito à logística para a construção em áreas remotas. OPVC também foi usado nas simulações, por ser o material predominante na envoltória existente e por possibilitar um resultado comparativo à madeira.



Modelo	Descrição dos materiais que compõem a cobertura
Modelo 1	PVC + placa de madeira – existente (Figura 6)
Modelo 2-M	PVC + placa de madeira + forro de madeira inclinado (Figura 8)
Modelo 2-P	PVC + placa de madeira + forro de PVC inclinado (Figura 8)
Modelo 3-M	PVC + placa de madeira + forro de madeira plano (Figura 9)
Modelo 3-P	PVC + placa de madeira + forro de PVC plano (Figura 9)
Modelo 4-M	PVC + placa de madeira + forro de madeira plano + abertura (Figura 10)
Modelo 4-P	PVC + placa de madeira + forro de PVC plano + abertura (Figura 10)

Quadro1–Tipologias e materiais empregados nas simulações

#### 4 SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

Para o processo de simulação foi utilizado o *software DesignBuilder* visando analisar o desempenho térmico do modelo existente e dos modelos propostos durante o período de 1 ano. As simulações foram realizadas para a zona bioclimática 08, utilizando o arquivo TRY da cidade de Vitória (ES), disponibilizada pelo Labeee/UFSC(LABEEEE, acesso em 5 abr. 2013). A utilização do arquivo climático de Vitória baseou-se em orientações de Venâncio (2009) por se tratar do local mais próximo da Ilha da Trindade e com arquivo climático compatível com os dados de entrada do software escolhido para as simulações. O *software DesignBuilder* 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).

#### 5 RESULTADOS

Dentro da classificação do RTQ-R para o desempenho da envoltória, a eficiência varia de A até E, sendo que o nível A representa o melhor desempenho com menor somatório de GHR (BRASIL, 2010). Neste sentido, os resultados de todos os modelos estão dentro dos limites que definem o nível D, com exceção do Modelo 4-M que atingiu o nível C, ou seja, a melhor situação (Figura 9). Em relação aos materiais os

percentuais de variação dos resultados foram pequenos e a madeira forneceu os melhores resultados se comparado ao PVC.

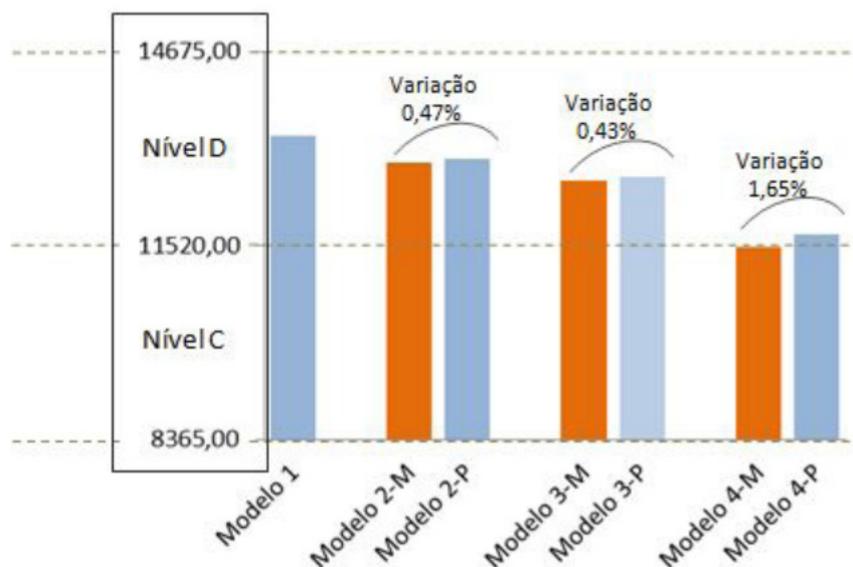


Figura 9: Gráfico com os resultados dos níveis de eficiência alcançados pelos modelos simulados

As simulações apontaram que a inserção do forro em todas as tipologias favoreceu a redução do índice de GHR (tabela 1). As aberturas no ático melhoraram o desempenho e o Modelo 4-M apresentou um percentual de melhoria na eficiência em 13,63% em relação ao modelo existente.

Modelo	GHR	Eficiência	Percentual de melhoria em relação ao modelo existente
Modelo 1	13.311,23	D	Existente
Modelo 2-M	12.870,44	D	3,31 %
Modelo 2-P	12.930,99	D	2,86 %
Modelo 3-M	12.572,60	D	5,55 %
Modelo 3-P	12.627,22	D	5,14%
Modelo 4-M	11.497,44	C	13,63 %
Modelo 4-P	11.690,09	D	12,18 %

Tabela2–Resultados do desempenho das tipologias com destaque para a melhor situação

Destaca-se que a camada de ar no ático pode ser renovada com as aberturas que proporcionam a retirada do ar aquecido, o que contribui significativamente com tal redução. Pode-se comprovar que por meio de simples interferências é possível promover melhorias no desempenho térmico e na economia energética.

## 6 CONCLUSÕES

Considerando-se que atualmente o RTQ-R é um dos principais métodos de avaliação de desempenho térmico e energético de edificações, as simulações foram aqui pautadas e produziram como resultado a proposição de melhorias no desempenho térmico da ECIT de forma significativa, com destaque para o Modelo 4-M que melhorou o nível de eficiência de D para C.

Somam-se também as propriedades inerentes da madeira, que contribuem para a produção de uma edificação mais sustentável por ser um material renovável, facilitar o processo de desmontagem, requerer baixa energia incorporada para os processos, ser reaproveitável, apresentar baixa condutividade térmica, contribuir com a redução da concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera e favorecer o baixo impacto ambiental.

Ressalta-se que, desde sua implantação em 2010, uma das premissas da construção da ECIT foi o de testar a tecnologia, sua adaptabilidade à região e os benefícios do uso dos materiais em localizações de difícil acesso. Dessa forma, os resultados obtidos seguem como parte integrante de uma pesquisa mais ampla, que possui, dentre outros objetivos, a proposição de sugestões de melhorias contínuas aos sistemas construtivos adotados, incluindo também a melhoria do desempenho térmico da envoltória das edificações existentes.

Percebe-se com os resultados obtidos, que a simulação de diferentes materiais de construção para uma mesma edificação pode favorecer a decisão na etapa de seleção de materiais. Esta pode estar pautada em critérios que favoreçam a melhoria de determinadas propriedades, como nesta pesquisa, a melhoria do desempenho térmico da ECIT, o que proporcionou, também, a ampliação do nível de sustentabilidade da Estação Científica da Ilha da Trindade.

## Agradecimentos

Ao CNPq, pelo apoio financeiro ao projeto; ao PROTRINDADE– Programa de Pesquisas na Ilha da Trindade–, por viabilizar a expedição à Ilha; e aos arquitetos Bruna Gomes Casagrande, Ricardo Nacari Maioli e Amabeli Cola Dell Santos por contribuírem na etapa de simulações.

## REFERÊNCIAS

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

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR15220**: Desempenho Térmico de Edificações - Parte 2: Métodos de cálculo de transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro, 2005.

BARBOSA, J.C.; INO, A. Madeira, material de baixo impacto ambiental na construção civil: análise do ciclo de vida. In: Encontro Nacional, 2. e Encontro Latino Americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis, 1. 2001. *Anais do...* Canela: ANTAC, 2001.

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

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, Marinha. *Boletim Climatológico nº 23/2009*. Centro de Hidrografia. Superintendência de Meteorologia e Oceanografia. Divisão de Previsões Ambientais. R-051105Z/mai/09 de potrin. Rio de Janeiro, 2009.

BRASIL. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. **Portaria nº449, de 25 de novembro de 2010**. Regulamento Técnico da Qualidade – RTQ para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R). Rio de Janeiro, 2010.

CARVAJAL, C. I. **Proposición de una metodología de evaluación de la sustentabilidad de los materiales de construcción y la generación de un sello verde**. Tese. Valparaíso. Universidade de Valparaíso. 2004.143p.

CORBELLA, O.; CORNER, V. **Manual de Arquitetura Biodimétrica Tropical para a redução de consumo energético**. Rio de Janeiro: Revan, 2011. 112 p.

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](http://www.dgabc.com.br/News/5923793/minha-casa-minha-vida-vai-ter-moradia-de-pvc.aspx). Acesso em 10 abr. 2013.

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.

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. **Manual de Conforto Térmico**. São Paulo, Nobel, 8ª edição, reimpressão, Studio Nobel, 2009.

GIGLIO, T. G. F. **Avaliação do desempenho térmico de painéis de vedação em madeira para o clima de Londrina – PR**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Edificações e Saneamento). Universidade Federal do Paraná. Londrina. 2005. 170f.

GOOGLE EARTH. Versão 7.0.2. Acesso em: 01abr. 2013.

MOTTA, S. R. F.; AGUILAR, M. T. P. Sustentabilidade e processos de projetos de edificações. **Gestão e Tecnologia de Projetos**. v.4, n. 1, 2009. p. 84 – 119.

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: ANTAC, 1995. v. I. p. 239-244.

SOARES, S. R.; SOUZA, D. M. de; PEREIRA, S. W. A avaliação do ciclo de vida no contexto da construção civil. In: SATTler, M. A.; PEREIRA, F. O. R. **Construção e meio ambiente**. Porto Alegre: ANTAC, 2006.

WADEL, G.; AVELLANEDA, J.; CUCHÍ, A. La sostenibilidad en la arquitectura industrializada: cerrando el ciclo de los materiales. **Informes de la construcción**. v. 62, n. 517, p. 37-51, enero-marzo 2010.