



**XIENCAC**  
ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO  
NO AMBIENTE CONSTRUIDO

**VII ELACAC**  
ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO  
NO AMBIENTE CONSTRUIDO

Búzios - RJ - 2011

## **AValiação Comparativa do Desempenho Térmico de Diferentes Sistemas Construtivos para a Estação Científica da Ilha da Trindade**

**Bruna Gomes Casagrande (1), Cristina Engel de Alvarez (2)**

(1) Arquiteta Urbanista, Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil,  
casagrandebruna@yahoo.com.br

(2) Dra. Professora no Depto. de Arquitetura e Urbanismo e nos cursos de Pós-Graduação em Engenharia Civil e em Arquitetura e Urbanismo, Diretora do Centro de Artes e Coordenadora do Laboratório de Planejamento e Projetos, cristinaengel@pq.cnpq.br

Universidade Federal do Espírito Santo, Laboratório de Planejamento e Projetos, Av. Fernando Ferrari, 514  
– CEMUNI I – Campus de Goiabeiras, Vitória – ES CEP 29.060-900, Tel.: (27) 4009 2581.

### **RESUMO**

A utilização do PVC como material construtivo é um procedimento recente no Brasil. Deste modo, a construção da Estação Científica da Ilha da Trindade (ECIT) em painéis sanduiche de PVC exige o aprimoramento na investigação em relação ao desempenho passível de ser alcançado, seja pelo caráter inovador da tecnologia, seja por sua inserção em ambiente inóspito como a Ilha da Trindade. Dentre os requisitos considerados para qualificar o desempenho de uma edificação, o objetivo desta pesquisa é avaliar especificamente o conforto térmico oferecido pela ECIT, sendo adotado como estratégia metodológica o estudo comparativo da técnica utilizada na Estação original a modelos alternativos para a mesma edificação, simulados no *software* Design Builder. Para a construção destes modelos alternativos, foram considerados fixos alguns parâmetros – tais como a forma, o uso e o tipo de ocupação –, e modificados os materiais construtivos das paredes e cobertura. Como resultado das simulações, observou-se que, apesar da modificação no sistema construtivo com um preenchimento alternativo nas paredes e cobertura causar um aumento do desconforto pelo frio durante a noite, o desconforto pelo calor, que ocorre com maior frequência e intensidade nessa zona bioclimática, é diminuído após essa alteração. Ou seja, o uso de poliestireno expandido para preenchimento das paredes melhorou o desempenho da edificação em relação aos índices de desconforto pelo calor, durante a semana mais quente do verão.

Palavras-chave: desempenho térmico, ilhas oceânicas, áreas inóspitas, simulação computacional.

### **ABSTRACT**

The use of PVC as a building material is a recent procedure in Brazil. Thus, building the Research Station of Trindade Island (ECIT) in sandwich panels made of PVC requires improvements in research regarding the performance achieved either by the innovative nature of the technology, either by its use in harsh environments such as Trindade Island. Among the requirements considered to qualify the performance of a building, the research objective is to specifically evaluate the thermal comfort provided by ECIT. The methodological strategy adopted was the comparative study of the technique used in the original station to alternative models for the same building, simulated in Design Builder software. Some parameters were considered fixed – such as the shape, use and occupation – and some building materials were tested, such as walls and roof. As a result, the simulations showed that, despite the building system change with a alternative filling for walls and roof cause increased discomfort from the cold during the night, the discomfort from the heat, which occurs with greater frequency and intensity in that bioclimatic zone, is decreased after this change. That is, the use of expanded polystyrene to fill the walls of the building has improved the performance in relation to degree of discomfort from the heat, during the hottest week of summer.

Keywords: thermal performance, ocean island, harsh environment, computer simulation.

## 1. INTRODUÇÃO

A Ilha da Trindade (Figura 1) está localizada no Oceano Atlântico, a 1.140km da costa brasileira, aproximadamente no paralelo de Vitória, Espírito Santo. Desde a década de 50 do século passado, a Marinha Brasileira supervisiona o território da ilha, pois devido à sua localização e características naturais, possui importância científica, econômica e estratégica para o país. Além do compromisso de guarnecer a ilha, a Marinha desenvolve um importante trabalho de observação meteorológica e mareográfica através da Estação Meteorológica da DHN, Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha do Brasil, fundamental para a navegação em grande parte do Atlântico Sul. O conjunto de edificações que servem satisfatoriamente a estas atividades ao longo desses anos constitui o Posto Oceanográfico da Ilha da Trindade – POIT (LPP, 2010).

Entretanto, devido à importância científica do local, surgiu a necessidade de novas instalações, destinadas exclusivamente a este fim. O Programa de Pesquisas Científicas na Ilha da Trindade – PROTRINDADE, criado pela Secretaria da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar – SECIRM, objetivando o desenvolvimento de novas pesquisas científicas e tecnológicas na região, e ampliação de pesquisas existentes, determinou a construção da Estação Científica da Ilha da Trindade – ECIT. O Laboratório de Planejamento e Projetos da Universidade Federal do Espírito Santo – LPP/UFES – foi a instituição convidada a desenvolver o projeto, responsável também por outras pesquisas e projetos em ambientes inóspitos, como o Arquipélago de São Pedro e São Paulo, o Atol das Rocas e a Antártica.

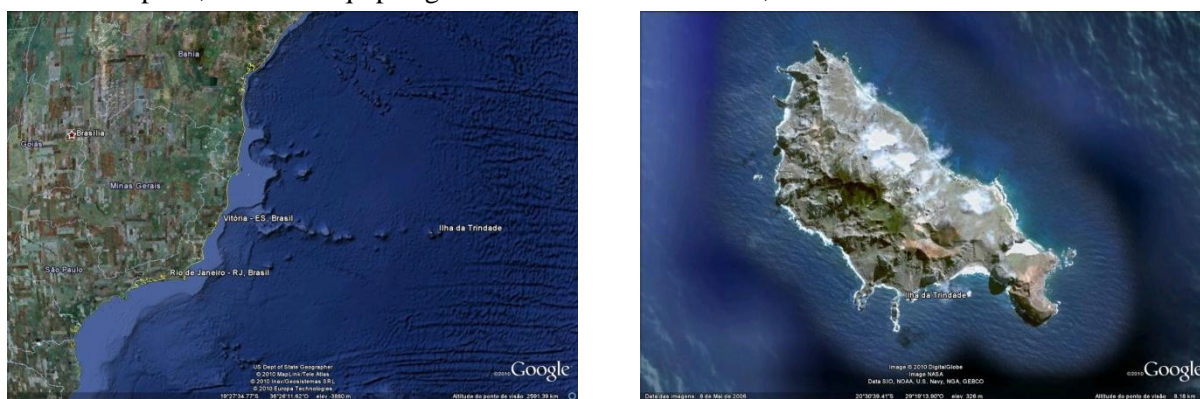


Figura 1 – À esquerda, localização da Ilha de Trindade em relação à costa brasileira; e à direita, a Ilha da Trindade. Fonte: GOOGLE EARTH.

A experiência da instituição responsável pelo projeto em construções em ambientes semelhantes foi de fundamental importância para o planejamento e implantação da ECIT, principalmente em questões complexas, como a logística de transporte dos materiais. Em relação aos impactos causados pela ocupação humana nesse ambiente preservado, o projeto abordou soluções de conforto e energia para minimizar possíveis agressões ao entorno em que está construído. Além disso, essa experiência precedente da instituição permitiu a investigação de uma nova técnica construtiva, ainda não utilizada em situações semelhantes, constituída por um sistema de painéis leves de PVC (Policloreto de vinila) encaixados, preenchidos com concreto (Figura 2) (RODRIGUES *et al.*, 2010).



Figura 2 – À esquerda, detalhe do encaixe entre cada módulo do sistema construtivo; e à direita, painéis de PVC durante a montagem da ECIT (RODRIGUES *et al.*, 2010).

Um aspecto importante a ser observado em locais inóspitos, afastados dos meios urbanos tradicionais, é a importância que assume a questão do conforto nas edificações. Nesse contexto, o local destinado à habitação, trabalho ou atividades tem a função de minimizar as causas do estresse físico e psicológico dos

usuários – ampliados em função do isolamento e das características específicas do meio –, além de garantir sua saúde e bem estar. Eventos de diferentes ordens ocorrem para que o homem se sinta desconfortável em um ambiente, portanto, para uma análise detalhada da qualidade ambiental da edificação, subdivide-se a abordagem genérica, apontada como conforto ambiental, em abordagens específicas, como conforto térmico, acústico, lumínico, ergonômico, tátil ou psicológico (ALVAREZ, 2009).

Atualmente, dentre os *softwares* mais conhecidos na área, o que oferece maior quantidade de recursos para uma simulação mais próxima da realidade é o EnergyPlus (DOE, 2011), desenvolvido pelo Departamento de Energia dos Estados Unidos (DOE, 2011). Como interface desse programa foi desenvolvido outro *software*, o DesignBuilder (DESIGNBUILDER, 2011), no intuito de facilitar e agilizar a modelagem da edificação assim como a introdução de características construtivas, de ocupação, etc. O EnergyPlus simula as cargas energéticas e térmicas de uma edificação a partir de informações climáticas horárias da região, descrição arquitetônica e construtiva do edifício, padrões de uso e ocupação, potência instalada em iluminação, equipamentos, etc.. Quanto aos dados disponibilizados, podem ser apresentados em períodos anuais, mensais, diários, horários ou sub-horários, com informações desde consumo energético, temperaturas do ar interior, média radiante e operacional, umidade relativa, transmissão de calor através da envolvente do edifício, até produção de CO<sub>2</sub>. Além desses dados de saída, disponibiliza gráficos de horas não atendidas considerando critérios da ASHRAE 55, Fanger PMV, entre outros (DESIGNBUILDER, 2011).

## 2. OBJETIVO

Em vista ao caráter inovador da tecnologia construtiva adotada na Estação Científica da Ilha da Trindade, o presente trabalho tem como objetivo avaliar o desempenho térmico da edificação, comparando-o, simultaneamente, a um modelo equivalente, porém construído com um sistema tradicional em alvenaria de tijolos cerâmicos. A partir dos dados das simulações, objetiva-se propor sistemas construtivos alternativos, eficientes na etapa da construção e mais confortáveis ao usuário.

### 2.1. A ECIT

A proposta projetual para a ECIT (Figura 3) foi alicerçada nos conceitos e critérios da sustentabilidade em edificações, o que representa um importante referencial de avaliação de impacto efetivo, visto os procedimentos preliminares terem sido realizados considerando a edificação como objeto de monitoramento contínuo, cujos resultados extrapolam os interesses específicos do impacto local (ALVAREZ, 2009). Os dados considerados para a elaboração do programa foram: condicionantes climáticos; definição do local de implantação; visuais e paisagem; vegetação do entorno; logística de transporte e armazenamento dos materiais; peculiaridades do local; topografia; barreiras naturais; e fragilidade ambiental (RODRIGUES *et al.*, 2010).



Figura 3 – À esquerda, vista frontal; e à direita, vista de fundos da ECIT (RODRIGUES *et al.*, 2010).

O local onde foi instalada a ECIT fica próximo a uma pequena edificação já existente denominada Casa da Chefia, com fácil acesso às redes existentes (hidráulica, sanitária, elétrica, telefônica e lógica) e às outras edificações do POIT. A área total da estação, 141,62 m<sup>2</sup>, tem capacidade para abrigar até 08 pesquisadores, sendo 04 masculinos e 04 femininos (Figura 4) (RODRIGUES *et al.*, 2010).

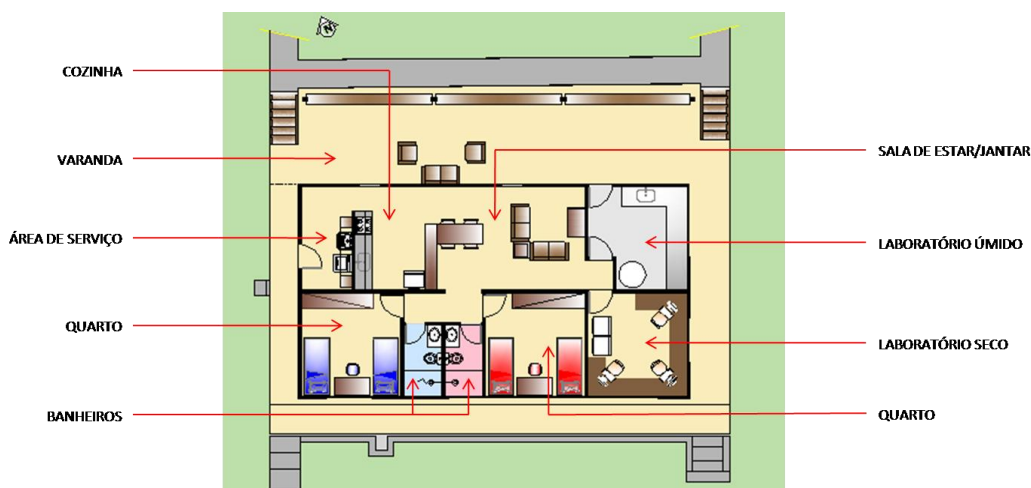


Figura 4 – Planta da Estação Científica da Ilha da Trindade (RODRIGUES *et al.*, 2010).

A tecnologia construtiva utilizada nas paredes foi a denominada técnica de sanduíche, na qual as partes externas em PVC são preenchidas com concreto. Esta tecnologia foi importada de uma empresa canadense e apresentou soluções avaliadas como adequadas às diretrizes estabelecidas no projeto, referentes à logística, ao conforto ambiental e à segurança. A discussão quanto ao uso do PVC na construção civil, considerado muitas vezes um material não adequado aos princípios sustentáveis, ainda está presente entre profissionais do ramo. Destaca-se que além dos painéis de vedação verticais – paredes – também foi utilizado o PVC nas esquadrias e na cobertura.

Borges (2004) apresenta uma análise do ciclo de vida do PVC brasileiro, indicando que os aspectos ambientais nacionais levantados se diferenciam, principalmente, pelo uso da nafta como matéria-prima; do tipo de tecnologia de produção do cloro; da matriz energética, que é principalmente hidrelétrica no Brasil; e de atividades de transporte envolvidas na cadeia de produção brasileira de PVC. No entanto, a avaliação da efetiva “sustentabilidade” do material é um aspecto que deve ser estudado, não somente em relação à energia incorporada x ciclo de vida útil, mas, também, nos impactos ocasionados nas etapas de produção e, principalmente, de uso do material (RODRIGUES *et al.*, 2010).

### 3. MÉTODO

O método estabelecido para alcançar os objetivos é um estudo comparativo de quatro situações diferenciadas, sendo uma delas a situação real. Na Tabela 1 estão descritas as quatro composições consideradas.

Tabela 1 – Tipos de modelagens de acordo com a composição das vedações.

	<b>Paredes</b>	<b>Cobertura</b>
Modelo 1	PVC + concreto	PVC + MDF
Modelo 2	Tijolos cerâmicos + reboco	Telhas cerâmicas + reboco
Modelo 3	PVC + concreto	PVC + poliestireno expandido + MDF
Modelo 4	PVC + poliestireno expandido	PVC + poliestireno expandido + MDF

#### 3.1. Modelagem – dados de entrada

As informações inseridas no *software* – Design Builder Versão 2.2.0.004, interface do programa Energy Plus Versão 1.32h – são o mais próximas possível da situação real existente na Ilha da Trindade. As características climáticas locais são extraídas de um arquivo selecionado na primeira etapa da modelagem, de formato específico para utilização em simulações. Apesar de existir um levantamento das características climáticas da ilha, realizado pela DHN, a incompatibilidade entre o formato dos dados existentes e o exigido pelo *software* levou à adoção do arquivo climático da Vitória, visto que situam-se aproximadamente na mesma latitude e possuem características geográficas semelhantes, guardadas as devidas proporções.

O modelo foi finalizado com 10 zonas térmicas – apesar de não haver divisão física entre sala de estar, sala de jantar, cozinha e área de serviço, foi utilizada a opção de partição virtual entre a área de serviço e a cozinha, e entre a sala de estar e a sala de jantar (Figura 5). As partições virtuais não representam um elemento físico na edificação e são utilizadas para inserir características distintas em um mesmo ambiente. Na ECIT, por exemplo, o uso da partição virtual permitiu que os equipamentos para preparo de alimentos, presume-se, estejam localizados somente em Cozinha-Jantar, e não em Estar como aconteceria se não

houvesse esse recurso. Embora na planta baixa da Figura 5 exista a representação das paredes na varanda, foi utilizada a ferramenta “inserir buracos” para caracterizar os vãos tais como a situação real (área de superfície vertical delimitada entre os pilares, o piso e a cobertura da varanda). Esta ferramenta funciona como as partições virtuais, não representam um elemento físico na edificação, portanto foi a mais adequada para esta situação específica da construção do modelo.

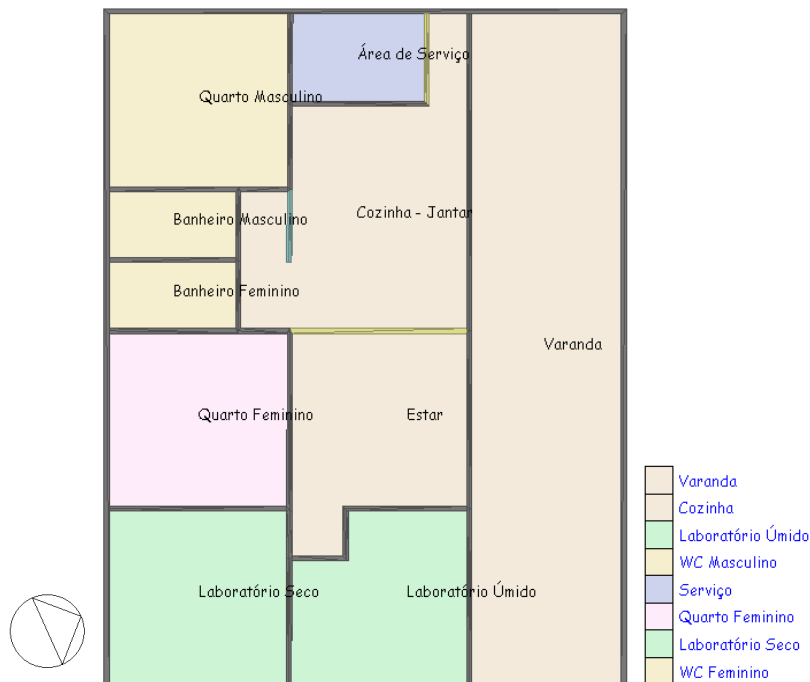


Figura 5 – Planta baixa do modelo simulado no Design Builder.

Os dados de entrada para as simulações foram:

**Dados de atividades:** taxas de ocupação, taxas metabólicas, controle ambiental, ganhos devidos a computadores e equipamentos. As informações inseridas nestes campos variam de acordo com o ambiente e com um cronograma de dia típico. Por exemplo, no ambiente sala de estar foi considerada uma ocupação de 0,3pessoas/m<sup>2</sup> (6 pessoas numa área aproximada de 20m<sup>2</sup>), estando os usuários sentados relaxados (taxa metabólica de 108W/pessoa de acordo com ASHRAE – fonte constante no *software*), sendo que em um dia típico o ambiente é utilizado das 06:00 às 24:00h. No ambiente laboratório seco, a ocupação foi de 0,24pessoas/m<sup>2</sup> (3 pessoas numa área de 12,30m<sup>2</sup>), a atividade considerada é a digitação (117W/pessoa de acordo com ASHRAE), o cronograma de utilização é o mesmo da sala de estar, porém neste ambiente está prevista a existência de computadores e equipamentos de escritórios. Em todos os ambientes foi considerada iluminação geral de acordo com o cronograma específico e iluminância mínima referente à atividade realizada, conforme ABNT (1992).

**Dados de construção:** detalhes construtivos do edifício (paredes, pisos, cobertura, estanqueidade). Inicialmente as paredes externas e internas foram caracterizadas com 3 camadas – PVC, concreto e novamente PVC – com espessura final de 10cm, conforme o projeto. A cobertura, também em PVC, possui forro de MDF inclinado, com uma camada de ar de 1cm entre o PVC e a madeira. Considerou-se que o piso cerâmico foi assentado sobre concreto, com aproximadamente 12cm de espessura final.

A síntese das características térmicas dos materiais adotados para as simulações encontra-se na Tabela 2.

Tabela 2 – Características térmicas dos materiais.

Materiais	Condutividade Térmica [W/m.K]	Densidade [kg/m <sup>3</sup> ]	Calor Específico [J/kg.K]	Absortância
Policloreto de Vinila (PVC) (paredes e cobertura)	0,17	1390	900	0,20
Concreto (preenchimento das paredes)	1,35	1800	1000	0,60
Concreto (contrapiso)	2	2400	1000	0,60
Cerâmica (piso)	1,3	2300	840	0,30
Placas de MDF (forro)	0,14	600	1700	0,90
Portas (madeira)	0,19	700	2390	0,25

Fonte: DESIGNBUILDER, 2002.

**Dados de aberturas:** detalhes construtivos das aberturas (vidros, molduras, sombreamento). Todas as esquadrias instaladas foram fabricadas em PVC, com vidros laminados transparentes de 6mm. Os laboratórios úmido e seco, e os quartos masculino e feminino possuem persianas externas para sombreamento das aberturas, nos horários em que houver incidência solar.

**Dados de iluminação:** considerou-se a iluminação geral do tipo montada na superfície e potência dissipada de 9W/m<sup>2</sup>, de acordo com ABNT (2008).

**Dados de HVAC:** sistemas de aquecimento, resfriamento e condicionamento de ar. O único sistema previsto para resfriamento da ECIT foi a ventilação natural, também considerada na simulação, numa taxa de 3vol/h (trocas de ar por hora) durante o período de utilização dos ambientes. Assim, foram desativadas as opções de aquecimento, condicionamento de ar e ventilação mecânica, disponíveis no programa.

### 3.2. Simulações

Para avaliar o comportamento térmico da ECIT e seus ambientes, foram realizadas simulações de temperatura operativa interna, numa semana de verão, identificada pelo tradutor de dados meteorológicos do próprio *software* como sendo a semana mais quente do ano. É possível a simulação de temperaturas do ar e radiantes, e a opção pela análise das temperaturas operativas justifica-se por ser esta a utilizada no método de avaliação de conforto. Gráficos com a descrição de sensações térmicas, baseados no método de Fanger, o Voto Médio Estimado, complementam as informações apresentadas pelos resultados anteriores. Nessa escala o valor +2 representa um ambiente quente e o valor -2 um ambiente frio. Quanto mais próximo de 0, mais confortável é a sensação térmica proporcionada pelo ambiente e valores fora destes limites representam um alto nível de desconforto (ISO, 2005).

A primeira etapa da simulação – modelo 1 – considera a situação existente atualmente na Ilha da Trindade, cujas características estão descritas no item 3.1. Para possibilitar uma avaliação do sistema construtivo empregado – painéis de PVC preenchidos com concreto – foi simulada uma segunda situação – modelo 2 –, supondo um sistema construtivo de utilização mais usual, ou seja: paredes em alvenaria (pintura, reboco de 1,5cm, tijolos cerâmicos de 12cm, reboco de 1,5cm e pintura) e cobertura em telhas cerâmicas. Esta segunda simulação possibilita apontar as vantagens e desvantagens da tecnologia inovadora utilizada na Ilha da Trindade, em comparação com uma técnica comum em construção civil.

Após essa comparação, foi elaborada uma terceira situação – modelo 3 – a partir da observação dos gráficos de balanço de calor da edificação. Um ganho de calor considerável pela cobertura, comparado aos outros elementos, levou ao uso de uma camada de material isolante entre o PVC e o forro em MDF. Embora o sistema da cobertura tenha atendido aos requisitos estéticos de projeto, um reforço no isolamento desse componente possibilita uma melhor avaliação dos demais elementos da edificação, quando submetidos a qualquer variação.

Na última hipótese – modelo 4 –, verificou-se a possibilidade de aperfeiçoamento da ECIT, tanto nos aspectos vinculados ao conforto térmico oferecido aos usuários, quanto pela necessidade de investigação de outro material para preenchimento das paredes. Durante a construção, observou-se a pouca praticidade do preenchimento em concreto, seja pela grande quantidade de material que precisou ser produzido, seja pelo tempo gasto com a concretagem, principalmente quando comparado ao tempo de montagem dos painéis. Para isso, a quarta simulação presume o comportamento térmico da estação, utilizando poliestireno expandido como preenchimento das paredes.

## 4. ANÁLISE DE RESULTADOS

### 4.1. Modelo 1

Na simulação do modelo original, os gráficos de temperaturas internas da edificação – conjunto de todas as zonas térmicas internas – mostram que, quando a temperatura externa atinge o valor máximo num dia de verão, a temperatura interna não alcança o mesmo valor, devido ao amortecimento proporcionado pela envoltória. O amortecimento provocado pela envoltória nos períodos de máxima temperatura não acontece durante a noite, quando a temperatura atinge valores mínimos. De maneira geral, os valores mínimos internos e externos ocorrem pouco antes do amanhecer e são aproximadamente iguais, variando entre 24°C e 26°C. O gráfico de índice de conforto na escala Fanger PMV mostra que os pontos mais distantes do eixo 0 (conforto) estão nos períodos em que a temperatura atinge valor máximo, ultrapassando o valor de 1,5, o que significa maior sensação de desconforto devido ao calor (Figura 6).

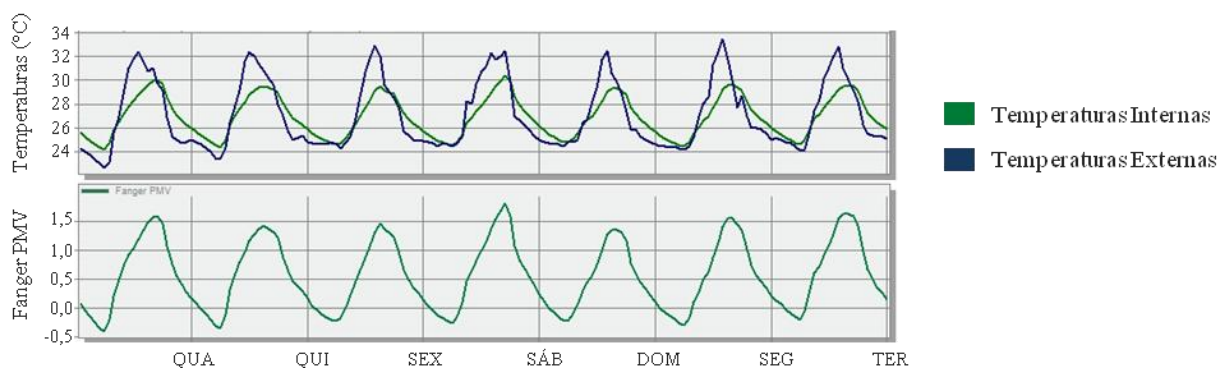


Figura 6 – Modelo original, simulação de todos os ambientes: temperaturas internas em relação às temperaturas externas e Fanger PMV.

Além da análise global de todos os ambientes da ECIT, é possível observar o comportamento térmico de cada ambiente. Devido à orientação do edifício, o ambiente que recebe maior quantidade de radiação solar direta é a área de serviço – com temperaturas internas mínimas de 24°C e máximas de 32°C, ocasionando elevados índices de desconforto por calor (Figura 7). As conseqüências são temperaturas mais altas que dos ambientes voltados para outras orientações, como os laboratórios seco e úmido, quarto masculino, sala de estar, jantar e cozinha. O quarto feminino, por possuir apenas uma das faces em contato com o exterior, assim como os banheiros, apresenta temperaturas mais baixas que os demais ambientes – mínima de 23°C e máxima de 27°C (Figura 8). Entre os ambientes de permanência prolongada da ECIT, o quarto feminino é o que apresenta índices na escala Fanger PMV mais próximos de 0 (conforto), principalmente no período noturno, quando é mais utilizado. Pode-se observar também a grande diferença entre temperaturas externas e internas nos períodos mais quentes do dia no quarto feminino, em razão da face externa estar orientada a sudoeste e receber pouca insolação.

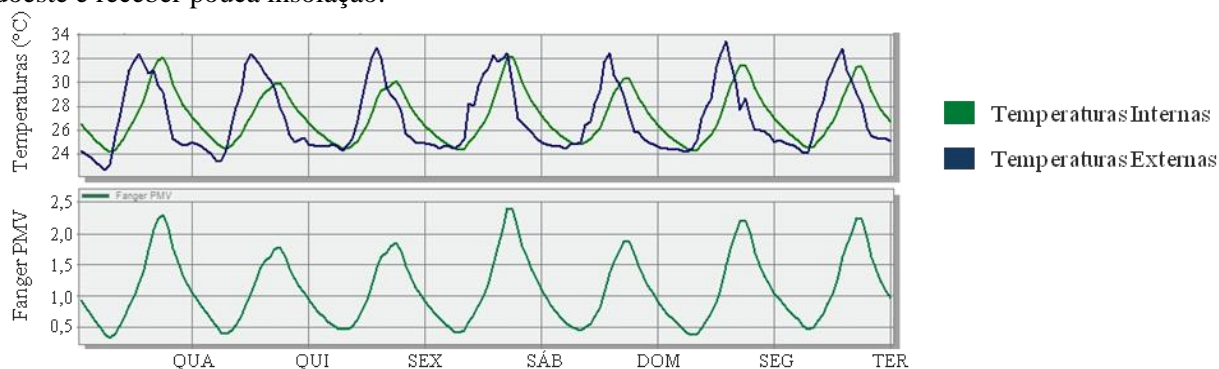


Figura 7 – Modelo 1, área de serviço: temperaturas internas em relação às temperaturas externas e Fanger PMV.

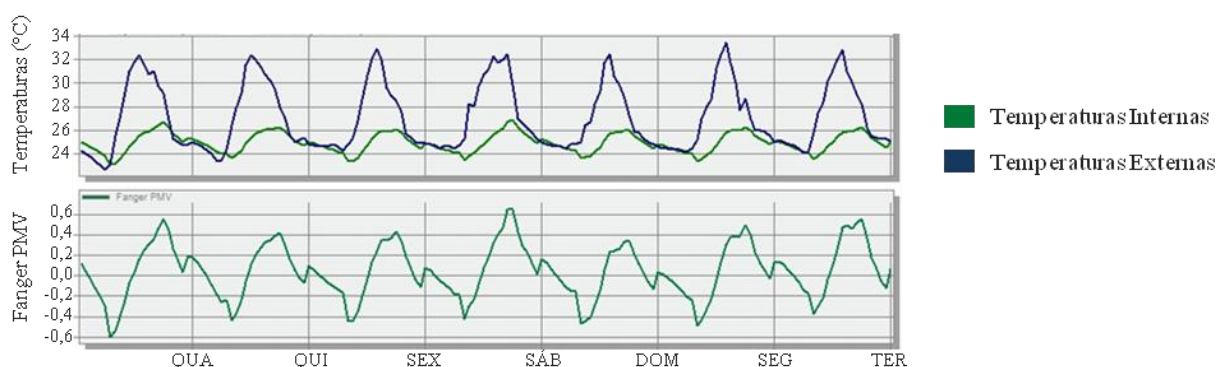


Figura 8 – Modelo 1, quarto feminino: temperaturas internas em relação às temperaturas externas e Fanger PMV.

## 4.2. Modelos 2 e 3

Em comparação ao modelo 2, supostamente construído em alvenaria, a amplitude térmica do modelo 1 é ligeiramente maior, aproximadamente 1,5°C. Isso prova que o amortecimento térmico do sistema construtivo de paredes e cobertura em material cerâmico é maior que o amortecimento do sistema em PVC. A diferença dos ganhos de calor pela cobertura em cada um dos casos pode ser observada nos gráficos das Figuras 9 e 10, que representam a superfície inferior do telhado frontal do modelo 1 – telha de PVC e forro em MDF (Figura 9) – e do modelo 2 – telha cerâmica e forro em MDF (Figura 10). Aparentemente, a distribuição da curva de temperaturas internas é semelhante, porém o modelo 1 atinge temperaturas máximas pelo menos 2°C mais

altas que o modelo 2. Vale ressaltar ainda a ineficiência dos sistemas construtivos das coberturas nos dois casos, já que as temperaturas internas estão sempre mais elevadas que as externas.

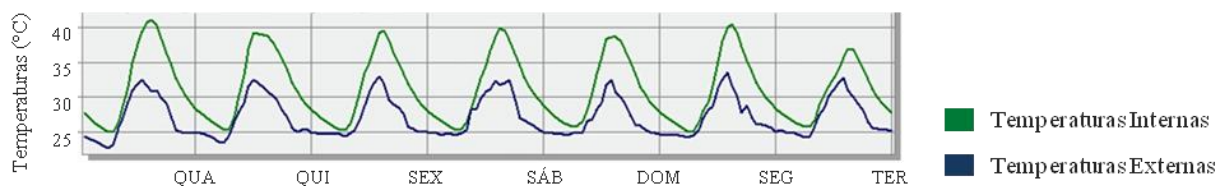


Figura 9 – Modelo 1, cobertura: temperaturas internas em relação às temperaturas externas.

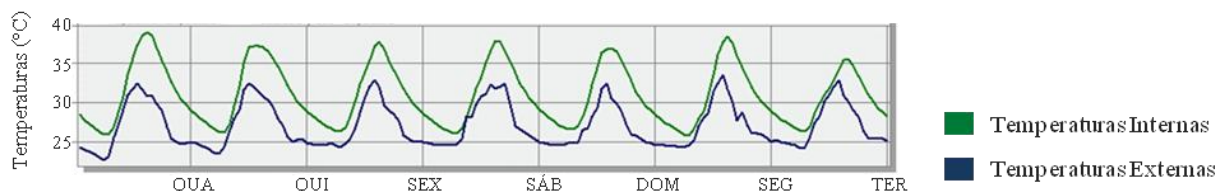


Figura 10 – Modelo 2, cobertura: temperaturas internas em relação às temperaturas externas.

Em função dos resultados das simulações anteriores, o modelo 3 representa o modelo 1 com um incremento na cobertura, uma camada de material isolante – 5cm de poliestireno expandido – entre MDF e PVC, porém esta alteração não gerou modificações suficientes para alcançar bons índices de conforto na Estação. Suas temperaturas internas, em relação ao modelo 1, não apresentaram diferenças expressivas e o índice de Fanger teve maiores alterações no laboratório seco, de 1,4 para 1,2 máximo, e no quarto feminino, de 0,7 para 0,5 máximo (Figura 11).

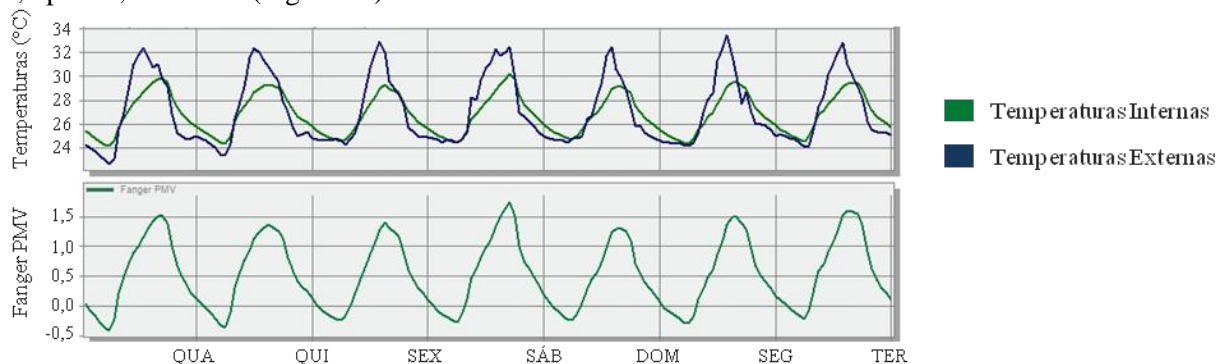


Figura 11 – Modelo 3, simulação de todos os ambientes: temperaturas internas em relação às temperaturas externas e Fanger PMV.

#### 4.3. Modelo 4

Embora as alterações geradas pelo acréscimo de material isolante na cobertura do modelo original não sejam suficientes para o alcance do conforto pretendido pelos usuários, elas são mantidas na simulação do modelo 4, pois as consequências, apesar de insuficientes, geraram resultados positivos. A proposta diferencial do modelo 4 é a utilização de outro material para preenchimento das paredes – poliestireno expandido –, buscando, além de melhores condições de conforto térmico interno, agilidade e praticidade durante a construção.

Porém, o que se pode concluir, após a análise dos resultados 4, é que a substituição do preenchimento de concreto por poliestireno expandido não é uma solução inteiramente eficaz para melhorar o conforto interno. O amortecimento das temperaturas, conseguido anteriormente devido à massa térmica representada pelo preenchimento em concreto, agora deve ser desconsiderado. Então, apesar de as temperaturas mínimas chegarem a valores mais baixos que no modelo original, isso não representa necessariamente sensação mais confortável. Por exemplo, numa avaliação dos ambientes em conjunto, enquanto no modelo 1 as temperaturas variavam de 24°C a 30°C, no modelo 4 variam de 22°C a 30°C (Figura 12). Essa alteração não corresponde a melhores índices de conforto, que no modelo 1 variavam de -0,4 a 1,8, e no modelo 4 variavam de -1,0 a 1,8, o que significa mais desconforto por frio.



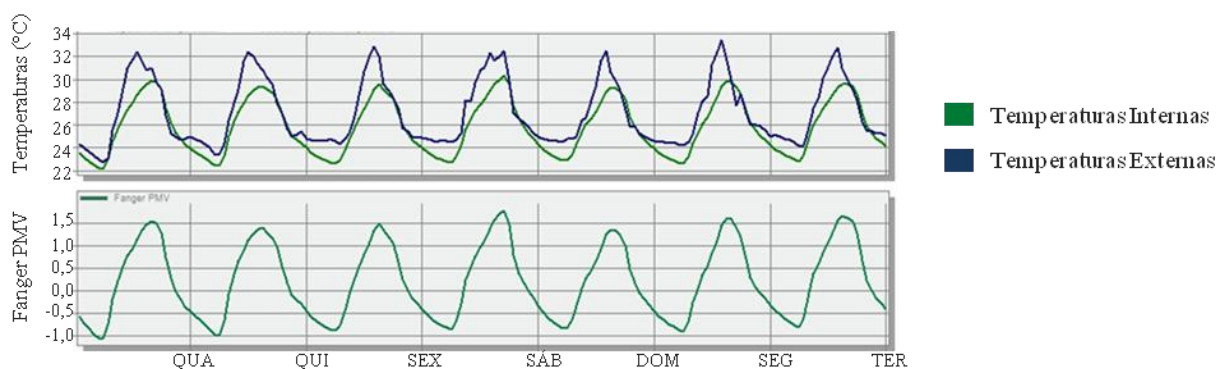


Figura 12 – Modelo 4, simulação de todos os ambientes: temperaturas internas em relação às temperaturas externas e Fanger PMV.

Em alguns ambientes essas alterações de temperaturas geram consequências positivas, ou até criam novos obstáculos, de mais fácil solução. É necessária, portanto, uma análise por ambiente, pois cada um possui horários diferentes de utilização e oferecem alternativas diferentes para obtenção de conforto.

A área de serviço, ambiente com índices de desconforto mais críticos, sofre um aumento de desconforto por calor no período da tarde em relação ao modelo original, porém no período da manhã as temperaturas do modelo 4 são menores que do modelo 1, oferecendo melhores índices de conforto ao usuário que optar pelo uso deste ambiente neste período (Figura 13). Uma situação semelhante acontece nos ambientes sala de estar, jantar e cozinha, mas neste caso o horário de utilização, principalmente da sala de estar, não oferece a mesma flexibilidade. No entanto, ao analisar detalhadamente o horário de maior utilização deste ambiente, observa-se que as temperaturas atingem níveis mais baixos e a curva de índice de conforto está mais próxima de 0, em comparação ao modelo 1 (Figura 14).

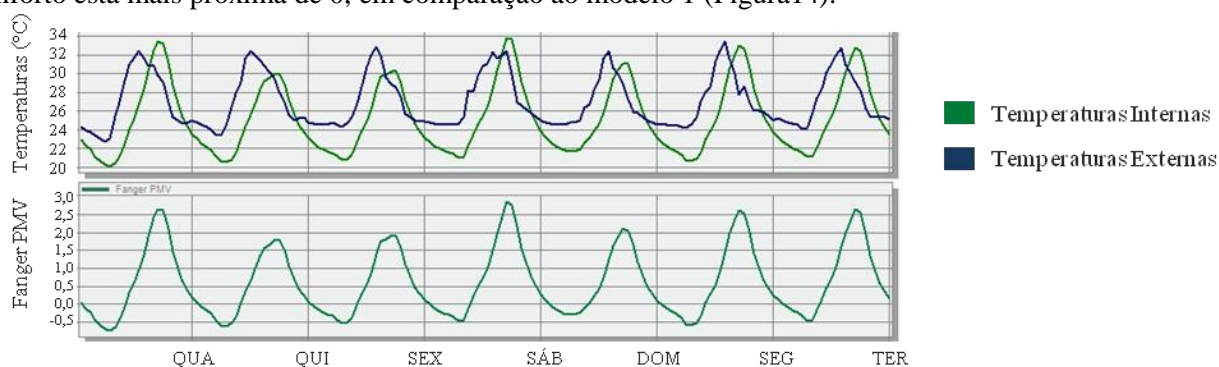


Figura 13 – Modelo 4, área de serviço: temperaturas internas em relação às temperaturas externas e Fanger PMV.

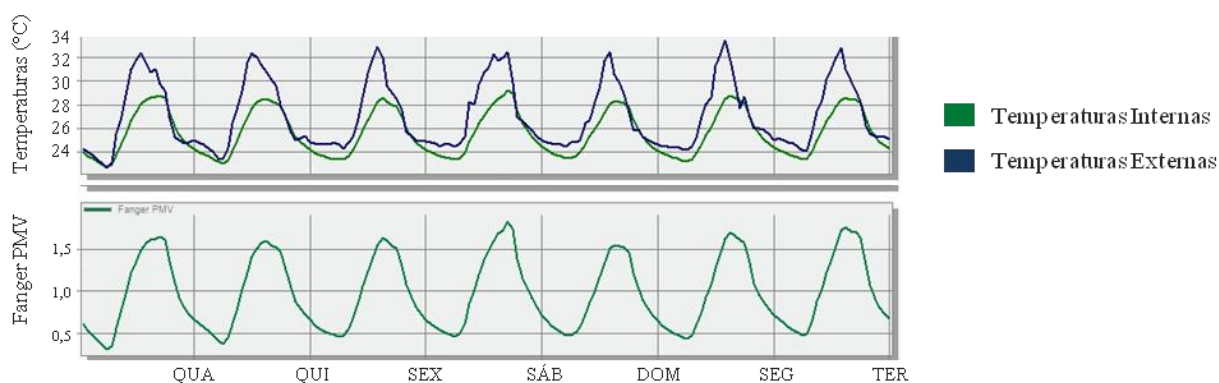


Figura 14 – Modelo 4, sala de estar, jantar, cozinha: temperaturas internas em relação às temperaturas externas e Fanger PMV.

Nos laboratórios seco e úmido, a maior diferença do modelo 4 em relação ao modelo 1 é o aumento do desconforto pelo frio, chegando a mais de uma unidade na escala Fanger PMV (ex.: modelo 1, Fanger PMV - 0,5; modelo 4, Fanger PMV -2,0). Considerando estes como sendo os ambientes de trabalho da ECIT, supõe-se que serão utilizados durante o dia, sendo assim, os índices de conforto neste período estão mais próximos de 0 no modelo 4 (Figuras 15 e 16). O quarto feminino sofre um aumento de desconforto por frio no período noturno, em que é mais utilizado, representado por um valor menor que uma unidade na escala Fanger PMV. A solução para este caso é mais simples, já que pode ser obtida através de elementos para proteção contra o frio (vestimentas ou cobertores) enquanto os usuários estão em repouso. O mesmo acontece no quarto masculino, porém neste caso o desconforto por frio não chega a níveis tão baixos, pois o ambiente apresenta temperaturas mais altas que as observadas no quarto feminino.

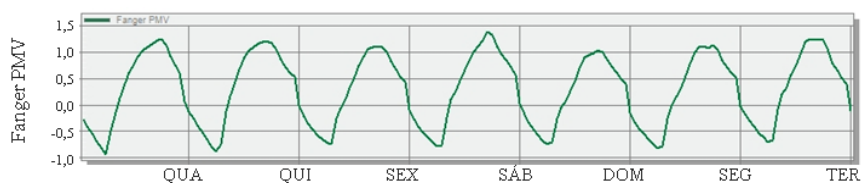


Figura 15 – Modelo 1, laboratório seco: Fanger PMV.

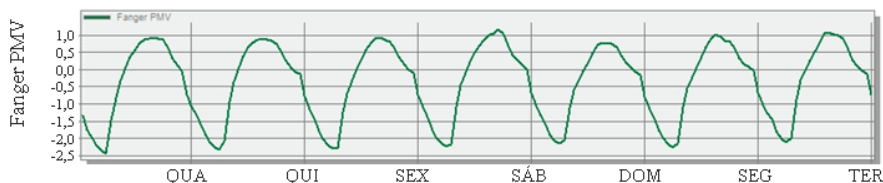


Figura 16 – Modelo 4, laboratório seco: Fanger PMV.

## 5. CONCLUSÕES

Os resultados desta pesquisa representam apenas uma parte da avaliação do desempenho térmico da ECIT, bem como do sistema construtivo empregado na sua construção. A opção pela análise dos resultados somente no verão foi ponderada após verificação das estratégias de conforto recomendadas, de acordo com a carta bioclimática da cidade de Vitória. Sendo assim, a descrição do desempenho efetivo do sistema construtivo em PVC requer, também, uma análise do comportamento térmico da edificação nos meses de inverno.

Ainda de acordo com a carta bioclimática, em alguns períodos do verão, na região de Vitória, a condição efetiva de conforto só é obtida através do condicionamento artificial do ar. Portanto, os resultados obtidos dos modelos 3 e 4, apesar de mais eficientes em relação ao desconforto pelo calor, só alcançariam a situação ideal, durante todos os períodos do dia, se fosse possível o uso de condicionadores artificiais de ar. Porém, deve-se lembrar que a ECIT, devido à localização e uso peculiares, exige uma avaliação diferenciada, que aborde desde variáveis fisiológicas, como a vestimenta, até condições psicológicas dos usuários, com a devida singularidade da situação. Estes resultados poderiam, então, ter consequências mais representativas em edificações que fizessem uso desse sistema artificial, onde as variações de temperatura interna teriam influência no conforto térmico e também no consumo de energia.

Por fim, a modificação no sistema construtivo da ECIT, na busca por melhores índices de conforto, efetuado primeiramente com a utilização de um material isolante na cobertura (Modelo 3) e, subsequentemente, com a utilização desse material também no preenchimento das paredes (Modelo 4), ocasionou alterações que, neste caso da ECIT em particular, foram positivas, inclusive nos aspectos relativos ao bem estar oferecido aos usuários. Porém, estes resultados não podem ser estendidos a quaisquer edificações ou regiões climáticas, já que levam em consideração a orientação, o uso e a ocupação peculiares da ECIT.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVAREZ, C. E. de. **Desenvolvimento do Programa de Eficientização da Estação Científica da Ilha da Trindade com ênfase nos aspectos relacionados aos impactos ambientais antrópicos**. Vitória, 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 16.401**: Instalações de ar condicionado – Sistemas centrais e unitários. Rio de Janeiro, 2008.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 5413**: Iluminância de interiores – procedimento. Rio de Janeiro, 1992.
- BORGES, F. J. **Inventário do ciclo de vida do PVC produzido no Brasil**. 174p. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia Química, São Paulo, 2004.
- DESIGNBUILDER SOFTWARE LIMITED. **Design Builder Versão 2.2.0.004**. Londres, 2002. Disponível em: <<http://www.designbuilder.co.uk/content/view/43/64/>>. Acesso em: 12 fev.2011.
- DOE – UNITED STATES DEPARTMENT OF ENERGY. Energy Efficiency and Renewable Energy. **EnergyPlus Energy Simulation Software**. Disponível em: <<http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/>>. Acesso em 12 fev. 2011.
- GOOGLE EARTH. Versão 5.2.1.1588. Acesso em 29 dez. 2010.
- ISO – INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 7730**: Ergonomics of the thermal environment – Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria. Geneva, 2005.
- LPP – LABORATÓRIO DE PLANEJAMENTO E PROJETOS. CENTRO DE ARTES. UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO. **Estação Científica da Ilha da Trindade: Relatório Técnico de Atividades**. Vitória, 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.