



6 a 8 de outubro de 2010 - Canela RS

**ENTAC 2010**

XIII Encontro Nacional de Tecnologia  
do Ambiente Construído

## **AValiação ENERGÉTICA VISANDO CERTIFICAÇÃO DE PRÉDIO VERDE**

**Maria Fernanda Martinez (1); Marta Baltar Alves (2); Paulo Otto Beyer (3)**

(1) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica - Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) - Porto Alegre, RS – Brasil - e-mail: fernanda@eficientysul.com.br

(2) EficientySul - Projetos de Eficiência Energética Ltda - Porto Alegre, RS – Brasil - e-mail: marta@eficientysul.com.br

(3) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica - Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) - Porto Alegre, RS – Brasil - e-mail: paulo.beyer@ufrgs.br

### **RESUMO**

Este trabalho tem como objetivo avaliar por desempenho termoenergético de um edifício residencial, mostrando meios de redução do consumo de energia elétrica com o sistema de condicionamento ambiental e ao mesmo tempo avaliar os níveis de conforto térmico dos usuários do edifício. O prédio escolhido para o estudo busca obter a certificação *LEED™* do tipo *Core and Shell*. Este trabalho aborda o pré-requisito 2, Desempenho Mínimo no Uso da Energia, do aspecto *Energy & Atmosphere*. Além deste aspecto, é abordado também o crédito 7, Conforto Térmico, do *Indoor Environmental Quality*, para avaliar os níveis de conforto térmico proporcionado aos usuários. Para a realização da análise foram simulados diversos edifícios, o *baseline*, que atende a norma *ASHRAE Standard 90.1* e os propostos, nos quais são simulados o prédio conforme o projeto arquitetônico e especificações do arquiteto, e também são simuladas as alterações necessárias para que o prédio atenda as exigências do *LEED™*. Com base nos resultados obtidos com as simulações será analisado o consumo de energia elétrica para as cargas regulares estabelecidas no projeto do edifício e comparado com o edifício *baseline*. As análises de desempenho energético foram realizadas através de simulações computacionais, feitas com o auxílio do programa *EnergyPlus*, versão 3.1. A partir dos resultados obtidos pode-se observar que o consumo energético do edifício foi reduzido significativamente, além de existir um melhor conforto térmico proporcionado aos ocupantes. Para o melhor caso apresentado neste trabalho a redução do consumo de energia elétrica total da edificação chegou a 11,6% quando comparado com o edifício *baseline*, e as horas não confortáveis totais anuais para todos os ambientes analisados não ultrapassaram 300 horas. Com esses resultados o prédio em estudo atende o pré-requisito e o crédito avaliados da certificação *LEED™*.

Palavras-chave: desempenho termoenergético; eficiência energética; consumo de energia elétrica; edifício verde; *LEED™*; *energyplus*; simulações.

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Apresentação

Os indícios da crise energética começaram a surgir após as duas grandes guerras mundiais, e teve seu ápice em 1973, devido à escassez de petróleo. Neste período o mundo teve que tomar providências para reduzir o consumo de todos os seus derivados desse combustível fóssil (Fernandes, 2001).

No Brasil até alguns anos havia pouco interesse em medidas de redução de consumo ou no aumento da eficiência de processos, pois a estrutura do setor elétrico brasileiro nas últimas décadas foi marcada por uma forte influência governamental e pela aplicação de tarifas reduzidas em relação ao mercado internacional. Porém atualmente este cenário está mudando, existe uma preocupação com a redução do consumo e o uso racional da energia elétrica, tanto da parte da iniciativa privada como de órgãos governamentais, devido às recentes alterações na estrutura do setor elétrico e também pelo aumento do consumo de energia elétrica. Desta forma, é crescente o número de programas e projetos implantados visando à conscientização para o uso eficiente da energia elétrica.

Programas com estes objetivos também estão sendo implantados na construção civil visando reduzir o consumo de energia, como é o caso das construções verdes e sustentáveis, conhecidas por sua denominação em língua inglesa como *green building*. Edifícios ou construções verdes são concebidos dentro do conceito de que as edificações devem agredir o mínimo possível o meio ambiente. Este conceito envolve desde a escolha dos materiais utilizados durante a construção até os custos ambientais e de manutenção do edifício.

Para avaliar se estas construções foram realizadas e funcionam de modo ambientalmente correto, foi criado pelo *USGBC (United States Green Building Council)* o selo *LEED™*. Para que empreendimentos sejam certificados com este selo, deve ser avaliado o desempenho dos mesmos em seis áreas: sustentabilidade da localização; eficiência no uso da água; eficiência energética e os cuidados com as emissões para a atmosfera; otimização dos materiais e recursos naturais a serem utilizados na construção e operação da edificação; qualidade dos ambientes internos da edificação; e inovações empregadas no projeto da edificação.

Portanto, com base neste contexto apresentado, este trabalho aborda o tema da eficiência energética e qualidade dos ambientes internos da edificação tendo como objetivo: mostrar meios de redução do consumo de energia elétrica e ao mesmo tempo avaliar os níveis de conforto térmico proporcionado aos usuários dos edifícios que buscam obter a certificação *LEED™*.

## 2 CONFORTO TÉRMICO E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

A eficiência energética pode ser entendida como a obtenção de um serviço com alta economia de energia, ou seja, um edifício é mais eficiente energeticamente que outro quando proporciona as mesmas condições ambientais com menor consumo de energia (Procel, 2007).

A eficiência energética de uma edificação também vai depender das trocas térmicas entre esta e o ambiente externo. Uma edificação é considerada eficiente termicamente quando o consumo de energia é mínimo, mas o ambiente é confortável para os usuários.

O conforto térmico é considerado uma sensação complexa, que não depende somente de parâmetros exteriores ao indivíduo, mas também de suas condições intrínsecas. O conforto humano pode ser dividido em vários sub-domínios, dos quais se pode destacar o conforto térmico, visual e ergonômico, qualidade do ar interior e o ruído. O conforto térmico no interior das edificações é fundamental para o bem-estar dos ocupantes, devido ao fato de refletir em maior e melhor produtividade das atividades desempenhadas no local (Grade e Lima, 2001).

Prover conforto térmico ao usuário para que ele possa desempenhar plenamente suas atividades é uma condição inerente à arquitetura, independente do tipo de construção ou do local onde se situa. Hoje, no entanto, a necessidade crescente de reduzir o consumo de energia nas edificações acrescentou mais um desafio a ser superado para o pleno atendimento dessa demanda (Nakamura, 2007). O cuidado com a orientação quanto à insolação, o bom aproveitamento de recursos como ventilação natural e o

sombreamento de fachadas, assim como a especificação criteriosa de materiais são algumas das soluções que, quando inseridas dentro de um contexto global de um projeto, podem contribuir para garantir boas condições de climatização de uma edificação.

A eficiência energética do sistema de condicionamento térmico encontra-se diretamente relacionada às características das edificações, clima, uso e tipo de condicionador de ar. A interação destas características permite determinar o desempenho energético e o conforto térmico das edificações (Baltar, 2006). O desempenho energético está ligado às trocas de calor da edificação com o meio ambiente, que variam de acordo com a temperatura ambiente, velocidade dos ventos, radiação solar e umidade relativa local, além das condições de ocupação e de operação da edificação.

As edificações onde o vidro é o material predominante na construção das fachadas podem atingir temperaturas superficiais elevadas, dependendo de seu grau de absorção da radiação solar. A carga de calor nesses tipos de construções é irradiada e afeta quem fica próximo das fachadas. Nessa situação, mesmo em um ambiente que apresente temperatura interna em torno de 24°C, a radiação térmica emitida pelo pano de vidro sobre os usuários irá causar desconforto.

Com aplicações de sistemas de ar-condicionado com maior eficiência energética incorporada e inovações e incrementos tecnológicos na área de materiais, os projetos estão obtendo bons níveis de conforto sem elevar a carga térmica ou abrir mão da liberdade de desenhar, utilizando como exemplo destes materiais brises e persianas, que passaram a ser produzidos em vários padrões e com diferentes matérias-primas. Além disso, têm-se as películas de poliéster que, aplicadas sobre os vidros das fachadas, reduzem o ofuscamento causado pela luminosidade e bloqueiam os raios UV.

### 3 CERTIFICAÇÃO LEED™

Para conceder a certificação *green building*, entidades não governamentais como a *USGBC* desenvolveram um sistema de classificação chamado *LEED™* que é mundialmente aceito e reconhecido. Para obter a certificação *LEED™* de uma edificação, primeiramente, o projeto deve ser registrado junto ao *USGBC* que avaliará a edificação de acordo com os pré-requisitos exigidos para a concessão da certificação. Também será atribuída uma pontuação para cada um dos requisitos. A certificação só será efetivada após a construção do edifício e a confirmação de que os pré-requisitos foram atendidos. De acordo com o número de pontos obtidos por uma determinada edificação, esta poderá ser certificada em uma das seguintes classificações: Certificado *LEED™* (40 - 49 pontos); *LEED™* Prata (50 - 59 pontos); *LEED™* Ouro (60 - 79 pontos) e *LEED™* Platina (80 e acima pontos).

As pontuações do *LEED* são divididas em seis grupos, sendo eles: *Sustainable Sites* (Sustentabilidade da localização); *Water Efficiency* (Eficiência no uso da água); *Energy & Atmosphere* (Eficiência energética e os cuidados com as emissões para a atmosfera); *Materials & Resources* (Otimização dos materiais e recursos naturais a serem utilizados na construção e operação da edificação); *Indoor Environmental Quality* (Qualidade dos ambientes internos da edificação); *Innovation & Design Process* (Inovações empregadas no projeto da edificação).

Este trabalho aborda o aspecto *Energy & Atmosphere* e o edifício a ser estudado visa certificação do tipo *Core and Shell*. Nesta categoria, a certificação é realizada para a envoltória e áreas comuns da edificação, sendo que o empreendedor não tem responsabilidade sobre o projeto das áreas internas de cada unidade.

Com base nos pré-requisitos e créditos da categoria *Energy & Atmosphere* do *Core and Shell*, será considerado no desenvolvimento deste trabalho, o pré-requisito 2, Desempenho Mínimo no Uso da Energia, com o intuito de atingir os melhores resultados através da verificação do comportamento termoenergético de diversos materiais.

O pré-requisito 2 tem como objetivo obter o nível mínimo de eficiência energética para os edifícios propostos e seus sistemas, sendo que para a edificação em estudo por ser um prédio novo é de 10% de redução do consumo de energia elétrica. Para tanto os edifícios projetados deverão estar em conformidade com os requerimentos obrigatórios constantes das seções 5.4, 6.4, 7.4, 8.4, 9.4 e 10.4 da

ASHRAE (2007), e os requerimentos de *performance* da mesma *Standard*.

Neste trabalho para obtenção do pré-requisito 2 foi escolhida a Opção 1 - Simulação Energética Total da Edificação, onde o objetivo é demonstrar um aumento na *performance* da edificação proposta comparada com a edificação *baseline* definida conforme a ASHRAE (2007), usando o *Building Performance Rating Method* no Apêndice G do *Standard*. Para obtenção dos pontos o projeto proposto deverá diminuir o consumo energético em relação à edificação *baseline* em 10%.

Além da verificação do pré-requisito, Desempenho Mínimo no Uso da Energia, do item *Energy & Atmosphere* foi verificado se os resultados obtidos com as simulações atendem a exigência do crédito 7, Conforto Térmico, do item *Indoor Environmental Quality*.

Para maximizar a precisão e eficácia dos estudos, foram utilizadas simulações computacionais do consumo anual de energia do empreendimento de acordo com a metodologia validada pelo USGBC, que consiste no uso das prescrições da norma ASHRAE (2007) e da utilização do programa *EnergyPlus* para o processamento de dados.

## 4 ESTUDO DE CASO

A fim de avaliar se a edificação residencial em estudo atende as exigências de um pré-requisito da certificação *LEED*<sup>TM</sup> no requisito energia e proporciona conforto térmico no interior dos ambientes, é apresentado a seguir um estudo de caso. O estudo foi realizado em um edifício residencial localizado no município de Porto Alegre, RS, Brasil.

A edificação em estudo foi projetada para um edifício de 15 pavimentos, sendo que no 1º pavimento está previsto a construção do *hall*, espaço *gourmet*, administração e casa do zelador. Do 2º pavimento ao 14º pavimento está previsto a construção de 51 unidades de apartamentos, sendo que em todos os pavimentos são constituídos pelos apartamentos 01, 02 e 03 e os *lofts* 04 e 05 por possuírem pé direito duplo foram projetados para serem construídos nos pavimentos ímpares (3º, 5º, 7º, 9º, 11º e 13º). No último pavimento, o 15º, foi projetado para o salão de festas e o espaço *fitness*.

Para a realização da análise foram simulados dois edifícios, o *baseline*, no qual atende a norma ASHRAE (2007) e os propostos nos quais são simulados o prédio conforme o projeto arquitetônico e especificações do arquiteto e também são simuladas as alterações necessárias para que prédio atenda as exigências do *LEED*<sup>TM</sup>. Para tanto, com base nas simulações será analisado o consumo de energia elétrica para as cargas regulares estabelecidas no projeto do edifício em estudo quando comparado com o edifício *baseline*.

Para todas as simulações realizadas um dos parâmetros que foi avaliado se refere ao conforto térmico interno de cada ambiente da edificação analisado. O principal objetivo desta análise foi verificar se para cada alteração sugerida para o projeto da edificação no intuito de atender o pré-requisito 2 do item *Energy & Atmosphere* reflete de que forma no conforto térmico dos ambientes. O método utilizado neste trabalho de análise de conforto térmico baseia-se nos critérios estabelecidos na ASHRAE (2007), sendo este o mesmo exigido para atender o crédito 7, Conforto Térmico, do item *Indoor Environmental Quality* da certificação. Este crédito tem como objetivo fornecer ambiente termicamente confortável que colabore com o conforto e bem estar dos ocupantes.

Para a avaliação em relação ao conforto térmico para cada caso simulado foram analisadas 8.760 horas existentes em um ano que os ocupantes ficam fora da área de conforto em relação à temperatura operativa. Para a zona de conforto térmico, as temperaturas operativas foram avaliadas dentro dos valores médios das fronteiras das zonas de conforto térmico de verão e inverno. Para o verão a temperatura de controle utilizada para o período de verão é de 27,4°C e para o período de inverno de 20,4°C (ASHRAE, 2004). Estas temperaturas médias referenciais são os centros das duas zonas de conforto, para verão e inverno. Considerou-se conforto quando as temperaturas operativas ficaram inferiores a 27,4 °C e superiores a 20,4°C.

Para as simulações realizadas no *EnergyPlus* cada tipologia foi definida como uma zona térmica. Dividir uma edificação em zonas térmicas possibilita analisar separadamente a resposta termoenergética de diferentes ambientes da mesma. Isto permite, por exemplo, identificar setores da

edificação que demandam uma maior ou menor potência de condicionamento de ar, o que é impossível de ser obtido caso haja apenas uma zona térmica.

Após a avaliação de todos os ambientes onde estavam previstas as instalações de sistemas de ar condicionado, a edificação foi modulada em 15 zonas térmicas.

Para o cálculo do consumo de energia elétrica total da edificação, as 10 zonas térmicas moduladas para o pavimento tipo foram replicadas do 2º pavimento até o 14º pavimento, sendo assim para este cálculo a edificação passou a possuir um total de 129 zonas térmicas

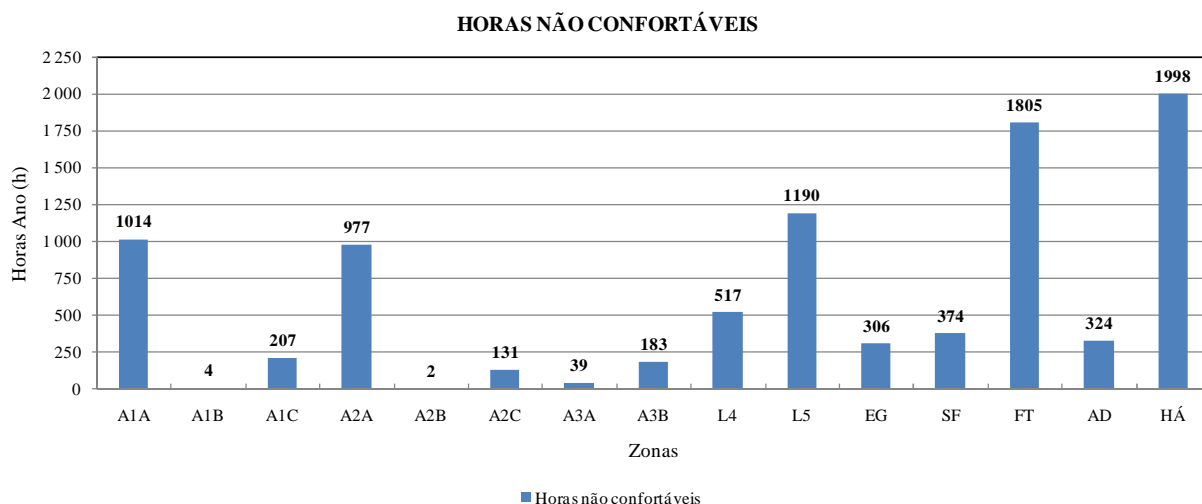
De acordo com a metodologia utilizada para avaliar o consumo de energia da tipologia analisada, foi primeiramente realizado um estudo detalhado da edificação, descrevendo as zonas térmicas a serem simuladas, as fontes de calor da edificação provenientes da ocupação, taxa metabólica, resistência térmica das vestimentas, equipamentos elétricos, iluminação, sistema de condicionamento de ar (HVAC) e das propriedades térmicas dos materiais construtivos. Posteriormente, alguns parâmetros construtivos, (diferentes tipos de vidros, proteções internas e externas das esquadrias, proteções entre os vidros e revestimentos internos) foram simulados e avaliados.

A primeira simulação (prédio proposto, caso 1) realizada foi a do projeto elaborado para o prédio em estudo. As características construtivas e o sistema de iluminação foram baseados no projeto arquitetônico, projeto luminotécnico, e no memorial descritivo desenvolvido para o empreendimento e o sistema de HVAC foi dimensionado com base na necessidade de resfriamento e aquecimento para cada ambiente. Na Tabela 1 estão descritas as características da tipologia analisada para o caso 1.

**Tabela 1 - Dados da tipologia analisada para o prédio proposto (Caso 1)**

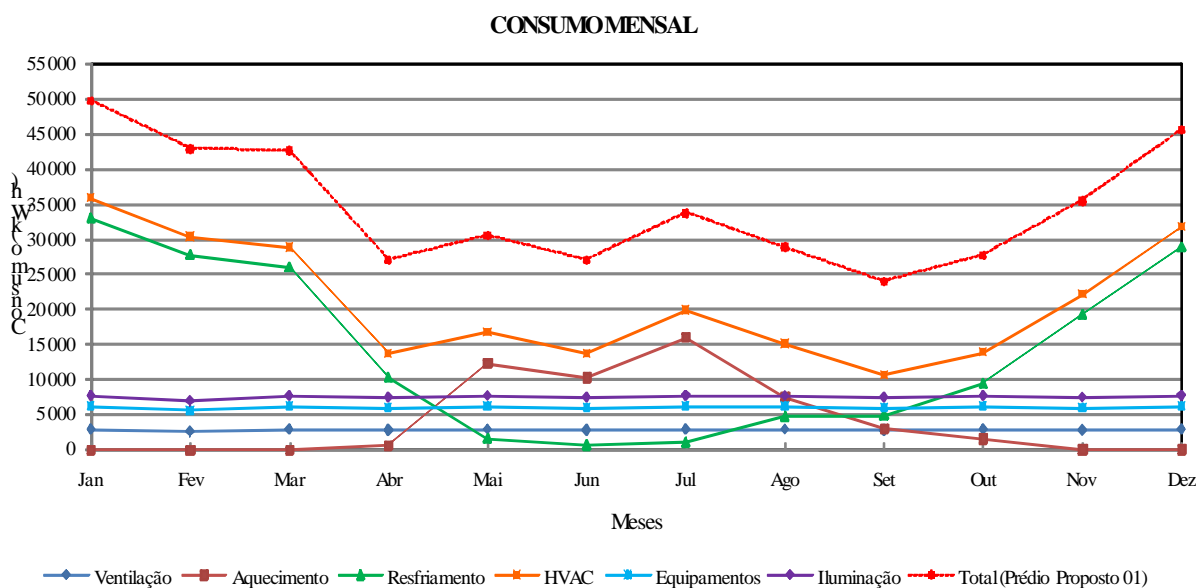
ITEM	DESCRIÇÃO DOS MATERIAIS
Paredes Externas	<p>pastilha porcelanizada – 0,02 m</p> <p>argamassa – 0,1 m</p> <p>bloco cerâmico furado – 0,19</p> <p>rebocada na cor branca - 0,02 m</p> <p>OBS: na cozinha e área de serviço na parte interna da parede é composta por azulejo branco</p>
Paredes Internas Hall, Sacada e Dormitório	<p>rebocada na cor branca – 0,02 m</p> <p>tijolo furado – 0,14 m</p> <p>rebocada na cor branca – 0,02 m</p>
Paredes Internas Cozinha, Área de Serviço e Banheiro	<p>azulejo na cor branca – 0,02 m</p> <p>argamassa – 0,01 m</p> <p>tijolo furado – 0,14 m</p> <p>argamassa – 0,1 m</p> <p>azulejo na cor branca – 0,02 m</p>
Piso/Forro	<p>porcelanato na cor creme (sala e varanda) – 0,02 m</p> <p>laminado de madeira (quartos) – 0,07 m</p> <p>cerâmica creme (cozinha/área de serviço) – 0,02 m</p> <p>argamassa – 0,01m</p> <p>laje nervurada de concreto -0,05 m</p> <p>argamassa – 0,01 m</p> <p>forro de gesso na cor branca – 0,01 m</p>
Janela	<p>Vidro simples incolor - 3 mm</p> <p>câmara de ar - 10 mm</p> <p>vidro simples incolor - 3 mm</p> <p>OBS: nos quartos as janelas possuem veneziana</p>

Para o caso 1 na Figura 1 para cada zona simulada é apresentada a quantidade de horas não confortáveis das 8.760 horas existentes no ano, isto é, as temperaturas operativas ficaram superiores a 27,4 °C ou inferiores a 20,4°C, durante o verão e inverno, respectivamente.



**Figura 1** - Horas anuais não confortáveis para o prédio proposto (caso 1)

Outra análise importante é referente ao consumo anual de energia elétrica (Figura 2). Nesta análise, o consumo relacionado ao sistema de ar condicionado é o de maior representatividade do consumo total da edificação (251.743 kWh/ano), sendo para aquecimento (51.359 kWh/ano), para refrigeração (167.021 kWh/ano) e para ventilação (33.363 kWh/ano). O consumo anual para atender os 15 pavimentos do prédio é de 413.965 kWh (sistema de condicionamento de ar, sistema de iluminação, e equipamentos em geral).



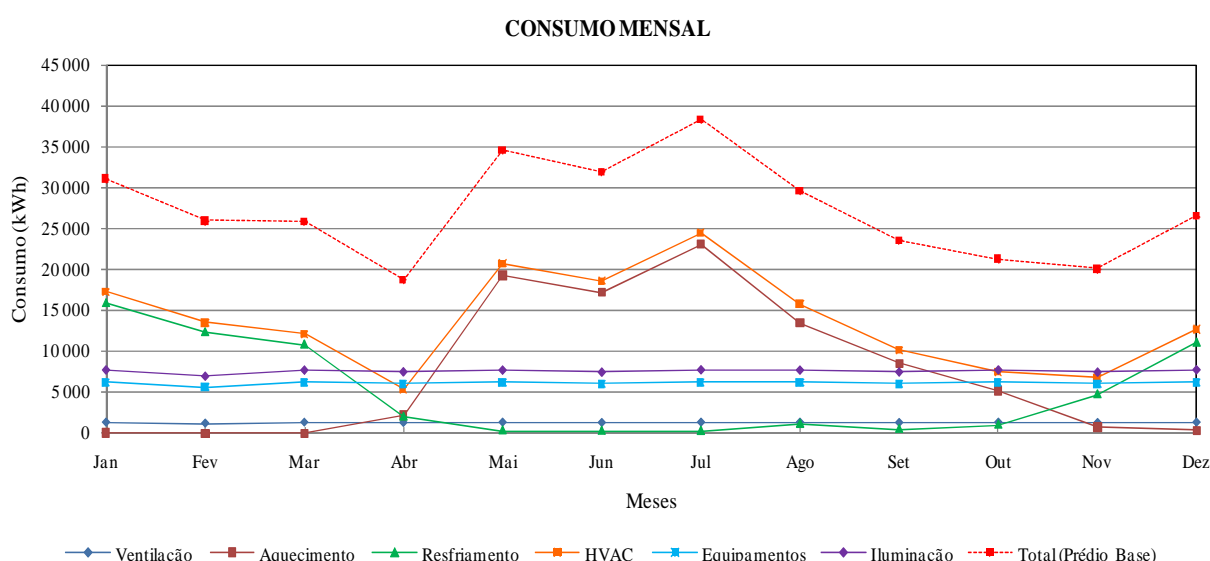
**Figura 2** - Consumo mensal de energia elétrica para o prédio proposto (caso 1)

O segundo caso constou na simulação do prédio *baseline* (caso 2), no qual foi realizada adaptações do prédio proposto 01 (caso 1) para o mesmo atender o Apêndice G da norma *ASHRAE* (2007). Para atender à norma foram realizadas as seguintes alterações no prédio proposto 01: sistema de iluminação foi dimensionado com base na *ASHRAE* (2007), com isso a potência total instalada referente ao sistema de iluminação do prédio proposto 01 em relação ao prédio *baseline* ficou maior de 8.539 W para 8.764 W; nas paredes externas, foi acrescentado um isolante de poliestireno expandido de 0,015 m de espessura entre o bloco e a pintura interna; nas esquadrias, redução do tamanho das áreas envidraças para no máximo de 40% da área em cada parede e os vidros externos foram utilizados vidros reflexivos de 6 mm e os internos vidros incolores de 6 mm.

Para o dimensionamento do sistema de *HVAC* do prédio *baseline* a norma *ASHRAE* (2007) também

exige que para cada zona simulada o número de horas não confortáveis (horas que as temperaturas operativas ficaram superiores a 27,4 °C ou inferiores a 20,4°C) não podem ultrapassar de 300 horas anuais, sendo que essas horas devem ser calculadas entre a média das horas não confortáveis para a simulação do prédio *baseline* orientado para o norte, sul, leste e oeste. Sendo assim, tiveram algumas zonas (A1A, A2A, HÁ e AD) que foram instaladas cortinas internas nas esquadrias para atenderem o limite de 300 horas anuais.

O cálculo do consumo anual de energia elétrica (Figura 3) foi realizado entre a média do consumo energético anual do prédio *baseline* orientado para o norte, sul, leste e oeste. Nesta análise o consumo relacionado ao sistema de ar condicionado é o de maior representatividade do consumo total da edificação (164.483 kWh/ano), sendo para aquecimento (89.747 kWh/ano), para refrigeração (60.274 kWh/ano) e para ventilação (14.462 kWh/ano). O consumo anual para atender os 15 pavimentos do prédio é de 327.122 kWh (sistema de condicionamento de ar, sistema de iluminação, e equipamentos em geral).



**Figura 3 - Consumo mensal de energia elétrica para o prédio *baseline* (caso 2)**

Com base nos dois primeiros casos simulados, o prédio proposto 01 e o prédio *baseline*, foi possível identificar que o consumo de energia elétrica anual do prédio proposto 01 (caso 1) é 26,55% maior do que o prédio *baseline* (caso 2). Desta forma, foram realizadas novas simulações que tiveram como base o edifício proposto 01 (caso 1), sendo utilizadas sempre as mesmas características termofísicas dos materiais construtivos e foram acrescentados alguns materiais aplicados na fachada externa da edificação, nas paredes internas, proteções externas e reduções das áreas envidraçadas. Os próximos casos apresentados foram comparados com os resultados obtidos referentes ao consumo de energia elétrica do prédio *baseline* (caso 2), com o objetivo de verificar se com as alternativas propostas em cada caso o prédio proposto atende o pré-requisito da categoria *Energy & Atmosphere* do *Core and Shell*, a qual estabelece que o edifício proposto deva reduzir no mínimo 10% de energia elétrica em relação ao edifício *baseline* (caso 2).

Nesta terceira etapa foram realizadas simulações do novo prédio proposto (caso 3) tendo como base o prédio proposto 01 (caso 1), com modificações nos vidros utilizados nas janelas. Todos os vidros apresentados na Tabela 2 são laminados de 8 mm (o laminado de 8 mm é composto de vidro de 4 mm com uma película PVB - película de *polivinil butiral* - mais outro vidro de 4 mm) tendo sido utilizados como vidros externos nas esquadrias compostas de vidros duplos e câmara de ar de 10 mm. O vidro interno utilizado em todas as simulações foi o incolor de 3 mm de espessura.

Os resultados da coluna R1 apresentados Tabela 2 referem-se à diferença de consumo de energia elétrica (em porcentagem) do prédio proposto 03 (caso 3) em relação ao edifício proposto 01 (caso 1), e os da linha R2 (idem) em relação ao edifício *baseline* (caso 2), alterando as características das esquadrias, isto é, substituindo os vidros incolores externos por vidros laminados. A Tabela 2

apresenta a descrição dos laminados e os resultados obtidos.

**Tabela 2** - Laminados utilizados e resultados energéticos obtidos (percentual à menos)

Nome do laminado	Descrição	Consumo energético (kWh/ano)	Resultado R1 (%)	Resultado R2 (%)
L1	Eco Lite Verde 4 mm laminado c/ PVB incolor e vidro verde 4 mm	348.974	15,70%	-6,68%
L2	Eco Lite Verde 4 mm aplicado em face 3 laminado c/ PVB incolor e vidro verde 4 mm	350.412	15,35%	-7,12%
L3	Eco Lite Verde 4 mm laminado c/ PVB incolor e vidro incolor 4 mm	366.245	11,53%	-11,96%
L4	Reflectaflo Verde 4 mm laminado c/ PVB incolor e vidro verde 4 mm	338.225	18,30%	-3,39%
L5	Reflectaflo Verde 4 mm laminado c/ PVB incolor e vidro incolor 4 mm	345.043	16,65%	-5,48%
L6	Cool lite Prata Neutro 4 mm laminado c/ PVB incolor e vidro incolor 4 mm	331.853	19,84%	-1,45%
L7	Cool lite Azul Intenso 4 mm laminado c/ PVB incolor e vidro incolor 4 mm	334.748	19,10%	-2,33%
L8	Cool lite Prata 4mm laminado c/ PVB incolor e vidro incolor 4 mm	332.994	19,56%	-1,79%
L9	Cool lite Cinza 4mm laminado c/ PVB incolor e vidro incolor 4 mm	345.421	16,56%	-5,59%
L10	Cool lite Verde Intenso 4 mm laminado c/ PVB incolor e vidro incolor 4 mm	348.208	15,88%	-6,45%
L11	SKN 4 mm laminado c/ PVB incolor e vidro incolor 4mm	353.563	14,59%	-8,08%
L12	KNT 4 mm laminado c/ PVB incolor e vidro incolor 4mm	350.121	15,42%	-7,03%

OBS: Os valores negativos são gastos de energia a mais em relação ao prédio *baseline*

Com base nas análises dos principais vidros laminados existentes no mercado, foi possível verificar que os resultados obtidos não atenderam as exigências dos pré-requisitos da categoria *Energy & Atmosphere* do *Core and Shell*, a qual estabelece que o edifício real deva consumir no mínimo 10% menos de energia elétrica em relação ao edifício base. Desta forma, foram realizadas novas simulações que tiveram como base o edifício proposto 01 (caso1) com o laminado 06 (que teve o menor acréscimo em relação ao *baseline*), sendo utilizadas sempre as mesmas características termofísicas dos materiais construtivos sendo aplicados alguns materiais na fachada internas e externa da edificação, proteções externas e reduções das áreas envidraçadas. As alternativas que apresentaram os melhores resultados foram:

- alternativa 04 – prédio proposto 01 + laminado 06 + cortina internas em todas as janelas exceto nas janelas dos quartos.
- alternativa 05 - prédio proposto 01 + laminado 06 + cortina entre os vidros em todas as janelas, exceto nas janelas dos quartos que permaneceram somente com venezianas externas.
- alternativa 06 - prédio proposto 01 + laminado 06 + brises horizontais aplicados como proteções externas em todas as janelas, exceto nas janelas dos quartos que permaneceram somente com venezianas externas.
- alternativa 07 - prédio proposto 01 + laminado 06 + poliestireno expandido de espessura de 2 cm em todas as paredes externas + poliestireno expandido com 3 cm de espessura nas paredes internas da zona AD + brise horizontal nas janelas das zonas A1A, A2A e A3A, HA, EG, SF, FT, L4 e L5 + cortina interna nas janelas da zona AD + venezianas externas nas janelas dos quartos



A1B, A1C, A2B, A2C e A3B + peitoris de alvenaria com altura de 1,10 m nas zonas A1A, A2A, A3A, SF, FT e HÁ + peitoris de alvenaria com altura de 0,90 m nas zonas L4 e L5.

Os resultados apresentados Tabela 3 na coluna R1 referem-se à porcentagem de redução do consumo de energia elétrica em relação ao edifício proposto 01 (caso 1), e os da coluna R2 referem-se à porcentagem de redução do consumo de energia elétrica em relação ao edifício *baseline* (caso 2).

**Tabela 3** - Porcentagem de redução do consumo de energia elétrica

Nome das alternativas	R1 (%)	R2 (%)
alternativa 04	13,42%	-9,57%
alternativa 05	25,04%	5,14%
alternativa 06	26,37%	6,82%
alternativa 07	30,13%	11,58%

OBS: os valores negativos são gastos de energia a mais em relação ao prédio *baseline*

Na alternativa 07, que obteve o melhor resultado, o consumo relacionado ao sistema de ar condicionado é o de maior representatividade do consumo total da edificação (127.010 kWh/ano), sendo para aquecimento (74.404 kWh/ano), para refrigeração (42.958 kWh/ano) e para ventilação (9.648 kWh/ano). O consumo anual para atender os 15 pavimentos do prédio foi de 289.232 kWh (sistema de condicionamento de ar, sistema de iluminação, e equipamentos em geral).

Das quatro alternativas apresentadas, a alternativa 07 é a única que o consumo energético do edifício real reduziu mais de 10% quando comparado com o consumo do edifício *baseline*. Esta redução atenderia a obtenção dos pré-requisitos necessários da categoria *Energy & Atmosphere* da certificação LEED.

Além do atendimento do pré-requisito do item *Energy & Atmosphere*, com as alterações propostas na alternativa 4, foi possível verificar que o prédio também atende o crédito 7, Conforto Térmico, do item *Indoor Environmental Quality* da certificação *LEED™* do tipo *Core and Shell*. Esta análise foi realizada com base nos resultados obtidos com as simulações e com os parâmetros de conforto térmico descritos para a zona de conforto da *ASHRAE* (2004). Todas as zonas térmicas simuladas tiveram as horas não confortáveis em relação à temperatura operativa inferior a 300 horas anuais.

Com base nas análises apresentadas, verifica-se que com utilizações de técnicas construtivas diversificadas é possível diminuir as trocas térmicas do interior com o exterior, proporcionando maior conforto aos usuários utilizando menos energia no uso do condicionador de ar.

## 5 CONCLUSÃO

Para que o prédio proposto atendesse o pré-requisito e o crédito da certificação *LEED™* do tipo *Core and Shell* abordados neste trabalho, foram necessárias diversas alterações construtivas. Este fato se deve a que no projeto arquitetônico inicial da edificação em estudo estava previsto a aplicação de grandes áreas envidraças nas fachadas com utilização de vidros de baixa *performance*, permitindo assim, uma grande incidência de radiação solar no interior dos ambientes. Esta característica de projeto eleva o consumo de energia elétrica com o sistema de ar condicionado, uma vez que para proporcionar ao ambiente a temperatura do ar conforme programada no *set point* o sistema de *HVAC* dimensionado, necessita de aparelhos que supram uma elevada carga térmica, além de permanecerem ligados em boa parte das horas existentes durante o ano.

Outro fato relevante para a necessidade de realização de diversas alterações construtivas no prédio proposto é o fato de que para atender pré-requisito e o crédito da certificação *LEED™*, o mesmo necessita ser comparado com o prédio *baseline*, o qual é modelado conforme as exigências da norma *ASHRAE* (2007). Para este prédio a norma exige a utilização de materiais com alta *performance*, limita a porcentagem de áreas envidraças voltadas para as fachadas, além de que os valores de consumo energético anual e as horas não confortáveis são calculados entre a média do prédio *baseline* orientado

para o norte, sul, leste e oeste, tornando o prédio de alto desempenho energético.

Com base neste estudo foi possível verificar que a utilização de parâmetros construtivos eficientes termicamente permite construir empreendimentos que visam obter a certificação *LEED*<sup>TM</sup>. Contudo, vale ressaltar que a utilização desses parâmetros devem ser objetos de preocupação desde a fase de concepção do projeto, pois se solucionado na fase final pode aumentar os custos para a adaptação às exigências podendo inviabilizar a obtenção da certificação.

As inovações em produtos disponíveis no mercado para solução de projeto térmico estão acontecendo, mas o projeto como um todo sempre deve ser pensado em proporcionar conforto térmico de maneira natural.

## 6 REFERÊNCIAS

- ASHRAE. **Energy Standard for Building Except Low-Rise Residential Buildings**. 2007.
- ANSI/ASHRAE/IESNA Standard 90.1-2007. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., Atlanta, USA, 2007.
- ASHRAE. **Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy**. 2004. ANSI/ASHRAE Standard 55-2004. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., Atlanta, USA, 2004.
- BALTAR, M. G. **Redução da Demanda de Energia Elétrica Utilizando Parâmetros Construtivos Visando ao Conforto Térmico**. 2006. Dissertação de Mestrado, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.
- FERNANDES, A. E. P. **As Torres Envidraçadas e o Consumo Energético. II**. 2001. ENCONTRO NACIONAL E I ENCONTRO LATINO AMERICANO SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS, Gramado, 2001.
- GRADE, M., LIMA, L. **Ambientes de Conforto e Consumo Energético. Departamento de Engenharia Mecânica, Secção de Ambiente e Energia**. 2001. Instituto Superior Técnico. Lisboa, Portugal, 2001.
- NAKAMURA, J. **Soluções para Prover Conforto Térmico às Edificações Precisam se Conciliar com o Entorno e com a Demanda por Redução do Consumo de Energia**. 2007. Disponível em: <<http://www.revistaau.com.br/arquitetura-urbanismo/162/artigo60713-1.asp>>. Acesso em 01/05/2009.
- PROCEL - Programa Nacional de Conservação de Energia, 2007. **Pesquisa de Posse de equipamentos e Hábitos de Uso - Classe Residencial Relatório Brasil**. Eletrobrás, 2007.