

***ANALISANDO O PROGRAMA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA
PARA EDIFICAÇÕES COMERCIAIS USANDO O SOFTWARE S3E***

***Testing Program Energy Efficiency for commercial buildings
using Software S3e***

Mauro Tomaz de Freitas Filho, Walteno Martins Parreira Júnior

RESUMO

O consumo de energia é necessário para todas as atividades, sejam elas residenciais, comerciais ou industriais, e o consumo de energia tem a cada dia aumentado e o governo federal aprovou a Lei nº 10.295/01, que contribui para que as edificações brasileiras tornem-se energeticamente mais eficientes, mais confortáveis e mais sustentáveis. Objetivou-se a através da pesquisa fazer um comparativo entre dois arranjos possíveis, entre sistemas de ar condicionado e iluminação, em uma planta comercial a fim de obter a melhor eficiência energética possível, a partir de um modelo mais empregado na vida real com eficiência energética mais baixa, obtém se o percentual que poderia ser economizado em energia elétrica mudando de um arranjo menos eficiente para um mais eficiente. Para atingir o objetivo proposto foram realizadas pesquisas bibliográficas e pesquisa de campo, em que se utilizou da planta arquitetônica do Supermercado Bretas, edificado na cidade de Ituiutaba-MG, onde se analisou arranjos possíveis entre sistemas de ar condicionado e iluminação. Os resultados foram obtidos através de simulações, por meio de software de simulação online “s3e” da Universidade Federal de Santa Catarina. Pesquisa desenvolvida para um trabalho de conclusão de curso da área de Engenharia Elétrica da FEIT que é associada à Universidade do Estado de Minas Gerais.

Palavras-Chave: Energia. Edificações. Etiquetação. Consumo Energético.

ABSTRACT

The power consumption is required for all activities, be they residential, commercial or industrial, and energy consumption has increased each day and the federal government passed Law No. 10.295/01, which contributes to the Brazilian buildings become energy more efficient, more comfortable and more sustainable. Objective of the research by making a comparison between two possible arrangements, including air-conditioning and lighting in a commercial plant in order to get the best energetic efficiency possible from a model most used in real life with energy efficiency lower

obtains the percentage could be saved in electricity changing an arrangement less efficient to a more efficient one. To reach that goal were conducted literature searches and field research, which used the architectural plan of the Supermarket Bretas, built in the city of Ituiutaba-MG, which examined possible arrangements between air conditioning systems and lighting. The results were obtained through simulations by means of simulation software online "S3E" Federal University of Santa Catarina. Research undertaken for completion of course work in the area of Electrical Engineering in FEIT which is associated with Minas Gerais State University.

Keywords: Energy. Buildings. Labeling. Energy Consumption.

INTRODUÇÃO

A energia elétrica provém de várias fontes como a água, gás natural, carvão, petróleo, vento e até mesmo a luz solar.

A cada dia é possível observar a necessidade que o ser humano tem de utilizar energia elétrica, seja para uso doméstico, comercial, produção industrial ou para o desenvolvimento e crescimento tecnológico. Observa-se, pois, que o consumo de energia é necessário para quase todas as atividades, sejam elas: residenciais, comerciais ou industriais.

Busca-se através do estudo e pesquisa demonstrar a importância da etiquetagem das edificações, visando proporcionar o uso racional de recursos de acordo com a legislação nacional, embora não seja obrigatória, a etiquetagem desses edifícios atenderá consumidores cada vez mais exigentes e ao mesmo tempo se tornará um diferencial competitivo para as construtoras. Outra vertente que se abre é o incentivo financeiro oferecido pelo governo para construção desses empreendimentos.

Isto se faz necessário tendo em vista que durante muito tempo a sociedade utilizou as fontes de energia de uma forma ineficiente, esgotando em grande parte os recursos naturais. Atualmente, com um novo pensamento, programas de conscientização procuram incentivar a participação de cada pessoa e também empresas no processo de economia de energia e preservação dos recursos naturais.

Considerando este cenário, buscou-se resposta a como e quais medidas o Brasil deveria tomar a partir da crise de abastecimento de energia de 2001, em relação ao consumo de energia? Assim, o governo brasileiro promulgou a Lei nº 10.295 em 2001, que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, essa lei estabelece que níveis mínimos de eficiência energética devam ser definidos segundo uma regulamentação específica. Entre estas iniciativas, em julho de 2009, o Instituto Nacional de Metrologia, Normatização e Qualidade Industrial (INMETRO) através do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) publicou os Requisitos Técnicos de Qualidade

para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C).

O objetivo desta etiqueta é estimular a construção de edificações eficientes do ponto de vista de consumo de energia, os edifícios receberão classificação variando de nível A (mais eficiente) até nível E (menos eficiente) contidos na ENCE (Etiqueta Nacional de Conservação de Energia) do INMETRO, esta classificação é aplicada para avaliar os sistemas de envoltória, iluminação e condicionamento de ar nos novos empreendimentos de edificações comerciais, de serviços e públicas. A etiquetagem é voluntária e aplicável a edifícios com área útil superior a 500 m² ou atendidos por alta tensão (grupo tarifário A).

O estudo tem por objetivo fazer um comparativo entre dois arranjos possíveis, de sistemas de ar condicionado e iluminação, em uma planta comercial a fim de obter a melhor eficiência energética possível. A partir de um modelo mais empregado na vida real com eficiência energética mais baixa obtém-se o percentual que poderia ser economizado em energia elétrica, mudando de um arranjo menos eficiente para um mais eficiente.

MATERIAL E MÉTODOS

Um fato histórico importante foi a invenção da máquina a vapor, pois através deste invento o homem definitivamente adquiriu o poder de produzir energia e novas possibilidades de utilização foram adquiridas e isto resultou em grande progresso, determinando o início de uma nova época denominada revolução industrial.

Já no século XIX ocorreu o desenvolvimento de tecnologia para a utilização de novas fontes de energia, representadas pelo uso de petróleo e da eletricidade que deram um novo impulso ao desenvolvimento.

De acordo com dados da EDUCAREDE:

Durante o século XIX, os seres humanos aprenderam a utilizar uma outra forma de energia: a eletricidade. Em 1880, a

primeira lâmpada industrializável foi produzida e, dois anos depois se projetou a primeira usina produtora de energia elétrica. O motor elétrico e os motores que usam a energia de combustão foram desenvolvidos nessa época. O trem elétrico surge em 1879 [...] (2003, p. 2).

A partir daí, a humanidade começou a se aprofundar na área da tecnologia com as invenções e inovações das duas dos maiores mestres brilhantes na área de engenharia elétrica, Thomas Alva Edison, inventor da lâmpada e pai da corrente contínua e de Nikola Tesla, o pai da corrente alternada. A partir de suas descobertas a humanidade começou a caminhar a passos largos rumo ao desenvolvimento tecnológico e industrial.

Quanto à história da energia elétrica comercial no Brasil, observa-se que esta remonta o final do século XIX com a construção das primeiras usinas hidrelétricas e os primeiros trechos de iluminação pública.

A eficiência energética é uma atividade que procura otimizar o uso de fontes de energia, ou seja, é a utilização racional de energia promovendo a mesma quantidade de valor energético. O conceito de eficiência energética está ligado à minimização de perdas na conversão de energia primária em energia útil. As perdas ocorrem para qualquer tipo de energia, seja térmica, mecânica ou elétrica.

A mais convincente vantagem da eficiência energética é a de que ela é quase sempre mais barata que a produção de energia. É claro que o investimento em tecnologia eficiente para vários usos-finais requererá também maiores gastos de capital e que sistemas e equipamentos eficientes são, geralmente, mais caros que as tecnologias que substituem. Entretanto, o custo de conservar 1 kWh é, de modo geral, mais barato que sua produção. Além disso, em muitas aplicações, o custo da eficiência energética corresponde a apenas uma pequena parcela dos custos da produção de energia. Tradicionalmente, esses custos são contabilizados por agentes diferentes, sendo ora debitados ao consumidor, à companhia de energia ou ao próprio governo (MARTINS, 1999, p. 113).

De acordo com dados do INEE - Instituto Nacional de Eficiência Energética (2012), qualquer atividade em uma sociedade moderna só é possível com o uso intensivo de uma ou mais formas de energia. Dentre as

diversas formas de energia interessam, em particular, aquelas que são processadas pela sociedade e colocadas à disposição dos consumidores onde e quando necessárias, tais como a eletricidade, a gasolina, o álcool, óleo diesel, gás natural, etc.

Faz-se neste estudo ressaltar que uma das fontes de desperdício de energia deriva do uso inadequado de aparelhos e sistemas elétricos.

No que diz respeito às edificações, descreve Corbioli que:

A grande maioria das edificações desperdiça relevantes oportunidades de poupar energia e custos pela não consideração efetiva, desde o projeto arquitetônico, passando pela construção, até a utilização final, de importantes desenvolvimentos nas áreas de novos conceitos arquitetônicos, materiais, equipamentos e tecnologias construtivas vinculadas à eficiência energética (2012, p. 2).

Diante deste elevado potencial de desperdício e do considerável aumento no consumo de energia, é que surge a preocupação em certificar edifícios comerciais, permitindo assim, uma espécie de qualidade do prédio e promovendo uma economia de energia nas edificações.

O objetivo do selo é estimular os construtores e incorporadores a aderirem conceitos de eficiência energética em edificações e viabilizar a implementação da Lei 10.295/01 ("Lei de Eficiência Energética"). Para os responsáveis, o Procel-Edifica deverá se tornar um forte instrumento de mudança no mercado da construção civil.

Para tanto os edifícios comerciais, públicos e residenciais serão analisados a partir do seu sistema de iluminação, de condicionamento de ar e a envoltória (análise da cobertura, áreas de vidro, janelas, aberturas e vãos, etc.). Para cada um deles existem pré-requisitos e recomendações para alcançar as classificações que vão de "A" a "E", dependendo do nível de eficiência energética da edificação. A média ponderada das três etiquetas irá determinar a classificação final do prédio.

De acordo com a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia (BRASIL, 2001a) criou-se o Programa Brasileiro de etiquetagem. Este programa tem como função avaliar o nível de eficiência energética.

O programa realiza a etiquetagem de aparelhos baseados na sua eficiência e rendimento. Assim, os aparelhos elétricos e eletrodomésticos são submetidos a testes e ensaios em laboratórios idôneos, e recebem uma classificação, que pode variar entre A e E. (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2004, p. 63).

Observa-se que o programa de etiquetagem tem como orientar os consumidores, para que sempre procurem aparelhos com etiquetagem tendendo ao nível A, pois assim eles saberão que estão usando produtos que utilizam a energia elétrica com maior eficiência.

Porém, neste estudo, especificamente, descreve-se a respeito do programa de etiquetagem desenvolvido para edificações, ou seja, discorrer a respeito do Plano de Ação para Eficiência Energética em Edificações, programa do PROCEL EDIFICA, instituído em 2003 pela ELETROBRÁS/PROCEL, com a finalidade de promover a etiquetagem de edifícios segundo a forma com que ele utiliza a energia elétrica. De acordo com dados da Regulamentação para etiquetagem:

A etiqueta avalia três características do edifício: a envoltória, a parte física do edifício; o sistema de iluminação, a iluminação interna do edifício de acordo com as diferentes atividades exercidas pelo usuário; e o sistema de condicionamento de ar, que avalia o tipo de sistema utilizado e sua eficiência nas diferentes áreas do edifício. (INMETRO, 2008).

Conforme disposto por Lamberts no Manual explicativo do Ministério de Minas e Energia (MME):

O Procel Edifica: Plano de Ação para Eficiência Energética em Edificações visa construir as bases necessárias para racionalizar o consumo de energia nas edificações no Brasil. Em uma de suas vertentes de ação – Subsídios à Regulamentação - são determinados os parâmetros referenciais para verificação do nível de eficiência energética de edificações. (MME, 2010, p.5).

Já existe processo de capacitação para avaliação dos parâmetros do RTQ-C - Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos e aplicação do RAC-C -

Regulamento de Avaliação da Conformidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos. Porém ainda é preciso divulgação do conhecimento para setores de Construção Civil, tendo em vista a pequena parcela de pessoas capacitadas, nesta área de atuação.

De acordo com dados do Procel-Edifica o selo é necessário, tendo em vista, que as edificações representam quase metade do consumo de energia do País. Segundo informações do Ministério de Minas e Energia:

[...] são responsáveis por 42% de toda a energia elétrica consumida. O setor residencial contribui com 23%, o comercial com 11% e o público com 8% desse percentual. Um dos grandes vilões, nesses dois últimos setores, é o sistema de condicionamento de ar, com 48% do consumo de energia elétrica, seguido pelo sistema de iluminação, com 24%. (MME, 2012).

Vale lembrar que o custo benefício deste processo, pode gerar uma economia de até 40% do consumo de energia, sendo que o investimento no processo de capacitação para avaliação dos parâmetros do RTQ-C e RAC-C dará retorno em apenas três anos à empresa.

É importante esclarecer primeiramente que a obtenção de uma etiqueta de eficiência em edifícios não é definitiva. Esta pode ser sempre melhorada com a finalidade de obter melhor eficiência energética, uma vez que desempenhos mais elevados de eficiência energética podem ser atingidos. Há cinco níveis de eficiência, tanto para classificações parciais como para totais, e são: A (mais eficiente), B, C, D e E (menos eficiente).

A Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) é obtida através de avaliação dos requisitos contidos nos Requisitos Técnicos da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C) para o edifício usando o método descrito no Regulamento de Avaliação da Conformidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RAC-C). A etiqueta pode ser fornecida para o edifício completo ou para parte deste. Ela é dita parcial quando referente à envoltória ou combinando a envoltória com um dos outros dois

sistemas, iluminação ou condicionamento de ar.

O RTQ-C apresenta os critérios para classificação completa do nível de eficiência energética do edifício através de classificação parciais da envoltória, do sistema de iluminação e do sistema de condicionamento do ar. Uma equação pondera estes sistemas através de pesos estabelecidos no regulamento e permite somar à pontuação final, bonificações que podem ser adquiridas com inovações tecnológicas, uso de energias renováveis, cogeração ou racionalização no consumo de água.

Para definição do nível de eficiência dois métodos podem ser utilizados: o método prescritivo e o método de simulação.

O RTQ-C, de acordo com o Manual de Aplicação dos Regulamentos: RTQ-C e RAC-C (INMETRO, 2010, p.8), fornece uma classificação de edifícios através da determinação da eficiência de três sistemas, a saber: Envoltória; Iluminação; Condicionamento de ar, a fim de obter a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) do Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO). Conforme o disposto no Manual de Aplicação dos Regulamentos: RTQ-C e RAC-C:

A ENCE poderá ser fornecida em três momentos: para o projeto da edificação, para a edificação pronta, depois de obtido o Habite-se e para a edificação existente, após reforma. A avaliação do projeto é pré-requisito para a avaliação dos requisitos presentes na edificação nova pós Habite-se e na edificação existente pós reforma. Neste último caso, é necessário apresentar os projetos de reforma da edificação. (INMETRO, 2008, p.64).

As exigências contidas no RTQ-C devem ser avaliadas por um laboratório de inspeção designado ou acreditado pelo INMETRO, de forma que aquele verifique as características projetadas e construídas para indicar qual o nível de eficiência alcançado pelo edifício. Este é o conteúdo do RAC-C, onde duas etapas de avaliação, de projeto e do edifício construído, compõem o processo. O RAC-C apresenta o método de avaliação, os procedimentos para submissão para avaliação, direitos e deveres dos envolvidos, o modelo da

ENCE, a lista de documentos que devem ser encaminhados, modelos de formulários para preenchimento, dentre outros.

O S3E, Simulador de Eficiência Energética de Edificações, é um serviço WEB gratuito que está sendo desenvolvido pelo LabEEE para auxiliar no processo de obtenção da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCEs) através do método de simulação. O Projeto S3E faz parte do convênio Ministério de Minas e Energia/LabEEE com recursos financeiros da FINEP e CNPq.

Destaca-se abaixo, a página principal do software (Figura 1), onde é dado o nome do projeto bem como a escolha do gênero da edificação.



Figura 1 – Tela inicial do Software s3e.

Nesta parte do software (Figura 2), é escolhida a geométrica da edificação e também é informado ao software as dimensões da mesma, orientação solar e números de pavimentos.

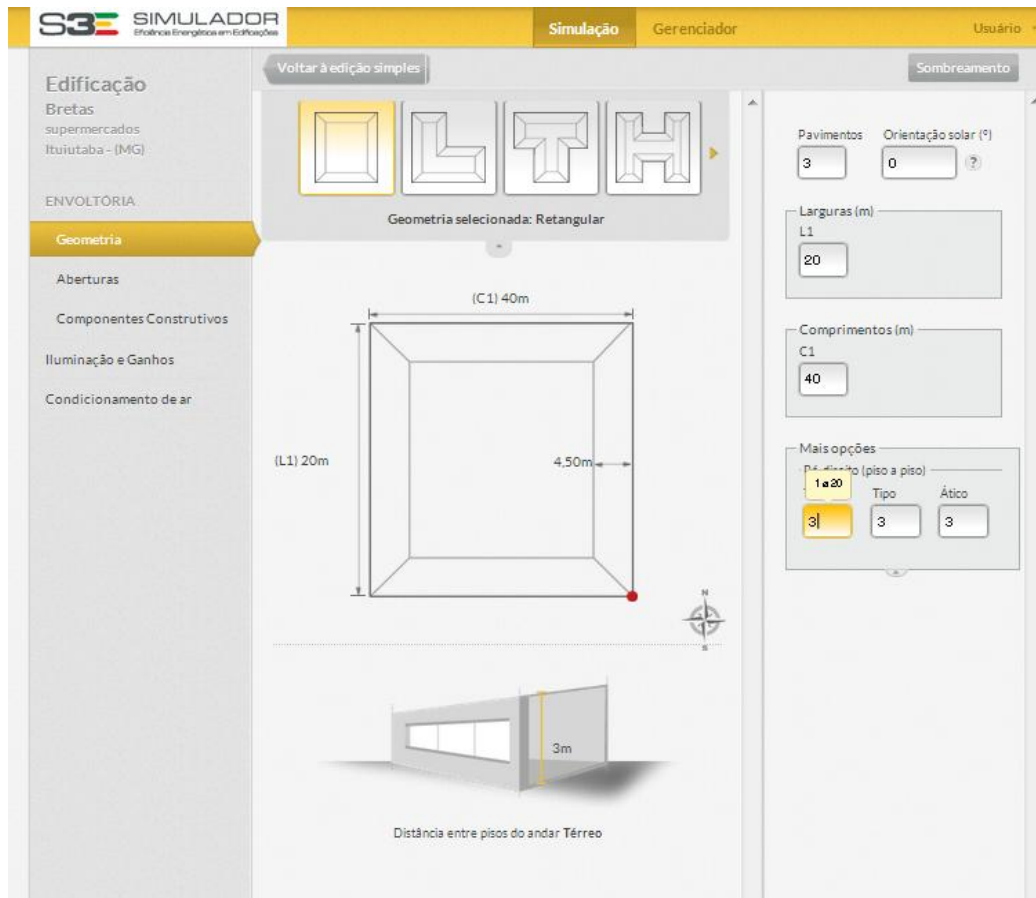


Figura 2 – Tela de entrada de dados do Software s3e.

Foram feitas duas simulações através do software online s3e da Universidade Federal de Santa Catarina, tais simulações comprovam que uma boa escolha no arranjo iluminação mais ar condicionado pode se obter grande economia energética em uma instalação comercial, resultando em um diferencial competitivo e zelando pelo uso racional da energia elétrica.

O primeiro passo para a realização das simulações é feita através da parametrização do mesmo, inserindo os dados da planta do edifício, orientação da fachada do edifício em relação ao Norte geográfico, dados da envoltória, sistema de iluminação escolhido e sistema de ar condicionado.

A planta utilizada foi a do edifício do “Supermercado Bretas” em construção na cidade de Ituiutaba. Os dados gerais da planta são: Área útil = 2585m², Volume do edifício = 7755m³, Área de projeção da cobertura =

2585m², Área da envoltória=612m², Área total condicionada=2585m², Orientação solar em relação ao Norte=330°, Porcentagem da abertura da fachada =43% e AVS=50°.

Passa-se em seguida a analisar os resultados obtidos, através de simulações realizadas na planta do edifício.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na primeira simulação onde foi obtida a etiqueta C, foi escolhido os equipamentos de iluminação com a montagem do tipo sobreposta ao forro, respeitando o padrão de uso e com densidade de potência dos equipamentos de 10,86W/m² com uma taxa de ocupação de 12,5 m²/pessoa, resultando em uma densidade de potência de iluminação de 9,2 W/m².

Na parte de condicionamento de ar, tendo em vista que tratasse de equipamentos de grande capacidade, já que a planta é de médio porte, foi utilizado um equipamento Fancoil/Chiller a água mantendo a temperatura do ambiente em 25°C.

Um sistema Fancoil/Chiller utiliza-se de um fluido intermediário (água gelada misturada com etileno-glicol) para climatizar os ambientes. A água é gelada no chiller situado numa casa de máquinas. A água gelada é circulada por bombas de água gelada (BAG). No chiller, geralmente a condensação do fluido refrigerante é realizada através do uso de água que circula por uma torre de arrefecimento (ou usa condensação a ar para menores capacidades). Os fan-coils recebem a água gelada a aproximadamente 7°C e a devolve a cerca de 12°C para o chiller.

O Quadro 1 demonstra os dados da simulação para a Envoltória onde pode se fazer comparações do Edifício Real com outros de referência.

Envoltória

Edifício Real

FA: Fator de Altura: 1
 FF: Fator de Forma: 0,412
 Ucob: Transmitância Térmica da cobertura: 3,614 W/m².K
 αcob: Absortância Solar da cobertura: 0,5
 Upar: Transmitância Térmica das paredes: 3,038 W/m².K
 αpar: Absortância Solar das paredes: 0,3
 PAFT: Percentual de área de Abertura na Fachada total: 40,81%
 PAZ: Percentual de Abertura Zenital: 0%
 FS: Fator Solar: 0,861
 AVS: Ângulo Vertical de Sombreamento: 13,48°
 AHS: Ângulo Horizontal de Sombreamento: 0°

Referências	FA	FF	Ucob (W/m ² .K)	αcob	Upar (W/m ² .K)	αpar	PAft (%)	PAZ (%)	FS	AVS (°)	AHS (°)
Edifício Real	1	0,412	3,614	0,5	3,038	0,3	40,81	0	0,861	13,48	0
Referência A	1	0,412	1,031	0,3	4,005	0,5	18,56		0,861		
Referência B	1	0,412	1,571	0,3	4,005	0,5	32,12		0,861		
Referência C	1	0,412	2,129	0,3	4,005	0,5	45,68		0,861		
Referência D	1	0,412	2,129	0,3	4,005	0,5	59,24		0,861		

Quadro 1 - Dados da Simulação para a Envoltória da 1ª Simulação

No Quadro 2 destacam-se os dados do Sistema de Condicionamento de Ar.

Sistema de Condicionamento de Ar

		Térreo	Tipo	Ático
Resfriamento	Tipo de equipamento	FANCOIL_WATER		
	Setpoint do Termostato (°C)	25		
	Capacidade (kW)	92665,81		
	COP	3		
Aquecimento	Tipo de equipamento	FANCOIL_WATER		
	Setpoint do Termostato (°C)	18		
	Capacidade (kW)	39367,38		
	COP	3		

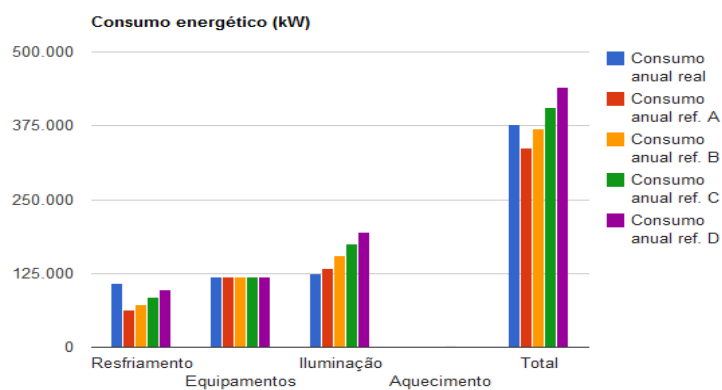
Quadro 2 - Sistema de Condicionamento de Ar da 1ª Simulação

Na sequência visualiza-se através do Quadro 3, que é composto de uma tabela e do respectivo gráfico, a discriminação do consumo de energia elétrica anual por segmento considerando os valores apresentados anteriormente.

Consumo Energético

Elemento de consumo	Anual				
	Edificação Real	Referência A	Referência B	Referência C	Referência D
Consumo energético total (kW)	377384	337496	370322	406278	441006
Resfriamento (kW)	108076	63910	72122	84696	97895
Aquecimento (kW)	820	543	846	1307	1130
Iluminação (kW)	124746	134238	154577	174916	195255
Equipamentos (kW)	118855	118855	118855	118855	118855
Ventiladores (kW)	4815	3762	4242	4818	5039
Bombas (kW)	17440	15546	17366	19109	20052
Torres de arrefecimento (kW)					
Diversos (kW)	0	0	0	0	0

Gráfico comparativo do consumo energético entre a edificação real e as edificações de referência



Quadro 3 - Consumo Energético da 1ª Simulação

Observa-se no Quadro 4, que é composto de dois gráficos que apresentam, respectivamente, o consumo energético mensal da edificação real (primeiro gráfico) e o seguinte, o consumo energético percentual anual da edificação real.

Edificação Real

Gráfico do consumo energético mensal da edificação real

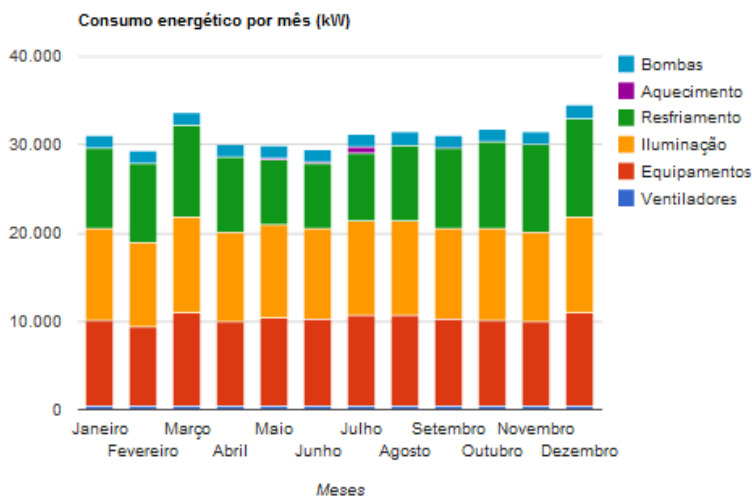
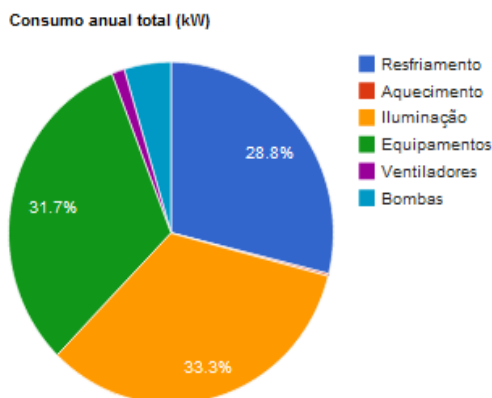


Gráfico do consumo energético percentual anual da edificação real



Quadro 4 - Consumo Energético da Edificação Real da 1ª Simulação

Destaca-se na Figura 3 a ENCE obtida após a primeira simulação.

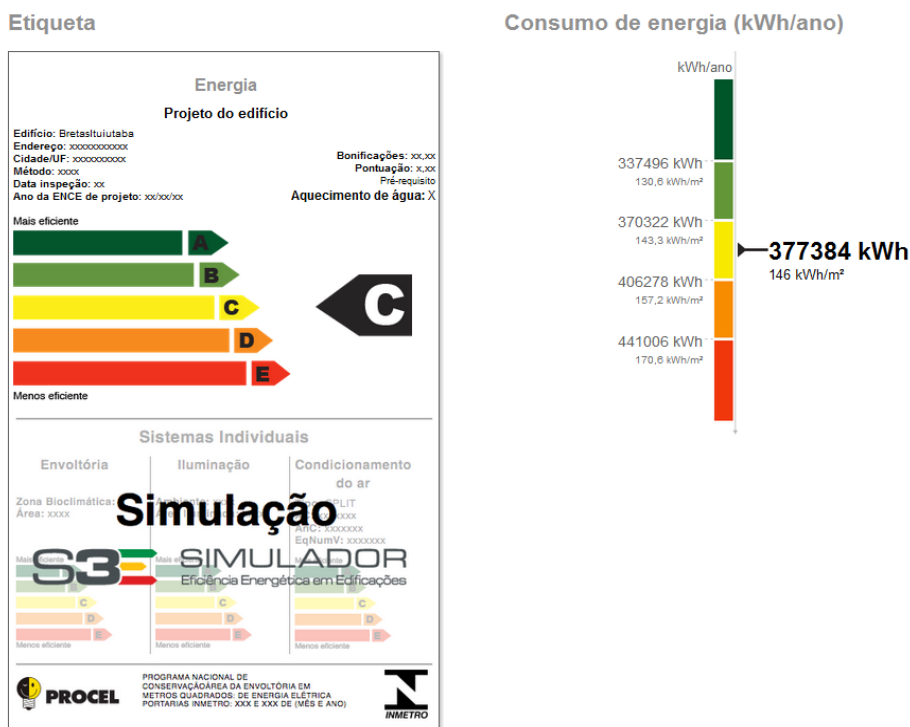


Figura 3 - Etiqueta obtida pela 1ª Simulação

Nesta simulação onde foi obtido o nível de eficiência C, com um consumo anual na ordem de 377.384 MWh, o arranjo entre iluminação e condicionamento de ar se mostrou pouco eficiente do ponto de vista energético.

Na segunda simulação onde foi obtida a etiqueta B, foi escolhido os equipamentos de iluminação com a montagem do tipo embutida, respeitando o padrão de uso de densidade de potência dos equipamentos de 10,86W/m2 com uma taxa de ocupação de 12,5m2/pessoa, resultando em uma densidade de potência de iluminação de 9,2 W/m2.

Na parte de condicionamento de ar, já na segunda simulação, foi utilizado um equipamento de capacidade elevada para uma planta de médio porte, Split VFV (volume de refrigerante variável), mantendo a temperatura do ambiente em 25°C.

É um modelo de ar condicionado desenvolvido especialmente para

residências amplas e edifícios comerciais de médio e grande porte. Possui um sistema multi-split com apenas uma unidade externa ligada a múltiplas unidades internas, operando individualmente por ambiente (podendo chegar a 64 máquinas).

O grande diferencial nesse sistema VRV é simplesmente uma combinação de tecnologia eletrônica com sistemas de controle micro processados, aliado à combinação de múltiplas unidades internas em um só ciclo de refrigeração.

No Quadro 5, é mostrado os dados da simulação para a Envoltória onde pode se fazer comparações do Edifício Real com outros de referência.

Envoltória

Edifício Real

FA: Fator de Altura: 1
 FF: Fator de Forma: 0,412
 Ucob: Transmitância Térmica da cobertura: 3,614 W/m².K
 αcob: Absortância Solar da cobertura: 0,5
 Upar: Transmitância Térmica das paredes: 3,038 W/m².K
 αpar: Absortância Solar das paredes: 0,3
 PAFT: Percentual de área de Abertura na Fachada total: 40,81%
 PAZ: Percentual de Abertura Zenital: 0%
 FS: Fator Solar: 0,861
 AVS: Ângulo Vertical de Sombreamento: 13,48°
 AHS: Ângulo Horizontal de Sombreamento: 0°

Referências	FA	FF	Ucob (W/m ² .K)	αcob	Upar (W/m ² .K)	αpar	PAFT (%)	PAZ (%)	FS	AVS (°)	AHS (°)
Edifício Real	1	0,412	3,614	0,5	3,038	0,3	40,81	0	0,861	13,48	0
Referência A	1	0,412	1,031	0,3	4,005	0,5	18,56		0,861		
Referência B	1	0,412	1,571	0,3	4,005	0,5	32,12		0,861		
Referência C	1	0,412	2,129	0,3	4,005	0,5	45,68		0,861		
Referência D	1	0,412	2,129	0,3	4,005	0,5	59,24		0,861		

Quadro 5 - Dados da Simulação para a Envoltória

Já no Quadro 6, os dados do Sistema de Condicionamento de Ar proposto.

Sistema de Condicionamento de Ar

		Térreo	Tipo	Ático
Resfriamento	Tipo de equipamento	SPLITAOVAV		
	Setpoint do Termostato (°C)	25		
	Capacidade (kW)	86706,21		
	COP	3		

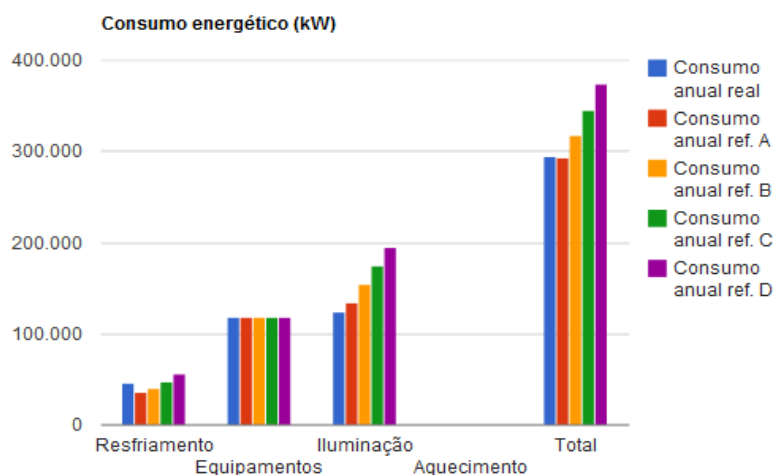
Quadro 6 - Sistema de Condicionamento de Ar da 2ª Simulação

No Quadro 7 é discriminado o consumo de energia elétrica anual por segmento. Este Quadro é composto de uma tabela apresentando o consumo Energético e o gráfico que também representa este consumo.

Consumo Energético

Anual					
Elemento de consumo	Edificação Real	Referência A	Referência B	Referência C	Referência D
Consumo energético total (kW)	294250	292566	317560	345464	374034
Resfriamento (kW)	46807	36652	40925	48065	56105
Aquecimento (kW)	0	0	0	0	0
Iluminação (kW)	124746	134238	154577	174916	195255
Equipamentos (kW)	118855	118855	118855	118855	118855
Ventiladores (kW)	3843	2822	3204	3629	3820
Bombas (kW)	0	0	0	0	0
Torres de arrefecimento (kW)	0	0	0	0	0
Diversos (kW)	0	0	0	0	0

Gráfico comparativo do consumo energético entre a edificação real e as edificações de referência



Quadro 7 - Consumo Energético da 2ª Simulação

No Quadro 8 é discriminado o Consumo energético da edificação real. Este Quadro é composto de um gráfico apresentando o consumo energético mensal da edificação real (primeiro) e o gráfico com o consumo energético percentual anual da edificação real.

Edificação Real

Gráfico do consumo energético mensal da edificação real

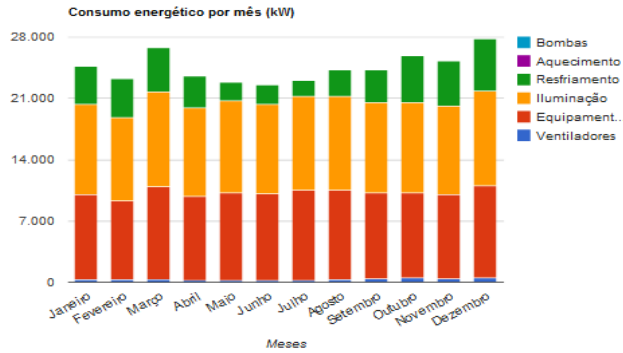
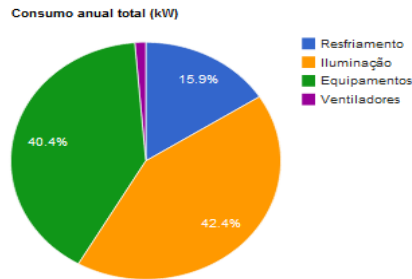


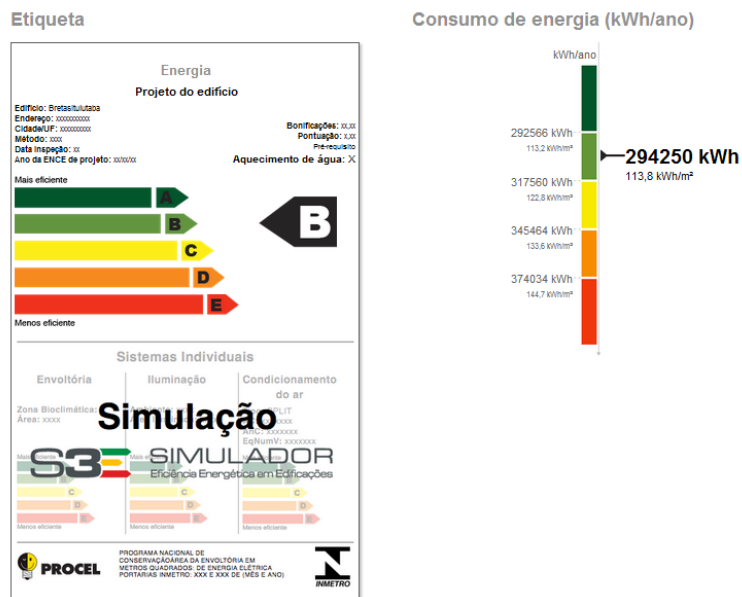
Gráfico do consumo energético percentual anual da edificação real



Quadro 8 - Consumo Energético da Edificação Real da 2ª Simulação

A ENCE obtida após a segunda simulação está apresentada na Figura 4.

Figura 4 - Etiqueta obtida pela 2ª Simulação



Nesta segunda simulação foi obtido o nível de eficiência B com um consumo anual na ordem de 294.250 MWh, onde o arranjo entre iluminação e condicionamento de ar se mostrou mais eficiente do que na primeira simulação do ponto de vista de consumo energético.

Depois de exibida os resultados das duas simulações, pode-se notar que mudando os arranjos iluminação/condicionamento de ar, há grandes variações nos consumos energéticos dos diferentes equipamentos, destacando da primeira simulação para a segunda simulação um aumento no consumo para Equipamentos e Iluminação e uma diminuição no consumo de Resfriamento, como pode ser observado no Quadro 4 e no Quadro 8.

Uma medida que pode ser adotada na fase da construção para diminuir a Transmitância Térmica da cobertura (U_{cob}), que nas simulações tem valor de 3.614 W/m^2K , seria a adoção do teto-jardim com grama ($U_{cob} = 1.62 W/m^2K$) ou duas lajes planas de concreto com isolamento térmico ($U_{cob} = 1.14 W/m^2K$) ou ainda telha metálica com isolamento térmico ($U_{cob} = 0.7 W/m^2K$) melhorando ainda mais a eficiência energética nesse caso.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como pode ser observado nas simulações apresentadas, utilizando-se de equipamentos adequados para cada situação e ações de consumo consciente, pode-se ter uma considerável economia de energia elétrica, chegando a um patamar de 22%, considerando que o consumo da primeira simulação ficou na casa de 377.384 MWh ante a segunda que obteve um consumo de 294.250 MWh. O investimento empregado na aquisição de equipamentos e na construção de arquiteturas mais eficientes se paga com a economia gerada em um período de não mais do que três anos.

Em alguns casos a economia gerada pode alcançar valores relativamente maiores, como é o caso do projeto desenvolvido no prédio do Ministério de Minas e Energia, resultado esse disponível no sitio do Procel-Info, na aba 'Informações Técnicas', opção 'Casos de Sucesso', onde a economia obtida no prédio chegou 40% no horário de ponta e de 30% no resto do dia, apenas fazendo alterações nos sistemas de condicionamento de ar e na iluminação.

Além de ser um incentivo para a redução do consumo energético no País, o

programa de edificação pode em um segundo momento, agregar valor comercial para os novos empreendimentos que se mostrarem realmente eficientes energeticamente, criando assim um novo nicho de mercado e abrindo oportunidades para as carreiras de engenharia em especial para a civil e elétrica.

Contudo, os benefícios da eficiência energética não são sentidos apenas pelos os usuários finais, a economia como um todo sente os seus efeitos, alguns dos benefícios elencados são:

- a) Menos investimentos em usinas hidrelétricas e termelétricas, contribuindo para o menor endividamento e ganho de competitividade;
- b) Atração de novos investimentos e geração de emprego e renda;
- c) Garantia de suprimento de energia elétrica.

Neste contexto, o Engenheiro Eletricista tem um papel fundamental na realização de projetos eficientes que combatam o desperdício de energia, sendo capaz de propor ações que conduzam à redução no consumo de energia e à adequação das instalações às normas técnicas vigentes. Tais ações, seguramente, contribuem para a modernização das instalações e processos, com base nas vantagens competitivas dos equipamentos tecnologicamente mais eficientes.

Para a realização de projetos eficientes energeticamente, o uso das simulações do consumo energético de edificações é uma ferramenta poderosa, os software existentes são de difícil utilização e não fornecem uma orientação específica para a ENCE/RTQ-C. Sendo assim, o uso da simulação ainda está restrita aos grandes centros de pesquisa e poucas empresas de consultoria. O objetivo do Projeto S3E é facilitar o uso da simulação por meio da disponibilização de uma ferramenta simples e acessível, tendo a web como forma de acesso e o software EnergyPlus como core de simulação.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Decreto n. 4.059, de 19 de dezembro de 2001. Regulamenta a Lei no 10.295, de 17 de outubro de 2001, que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, e dá outras providências. Lex: **Diário Oficial da União**, Brasília, 2001b. Disponível [www.mme.gov.br / ministerio / legislacao / decretos / Decreto % 20n % 204.059-2001.html](http://www.mme.gov.br/ministerio/legislacao/decretos/Decreto%20n%204.059-2001.html). Acesso em: 17 Jun. 2012.

BRASIL. **Laboratório de eficiência energético em edificações**. Disponível

em <<http://www.labeee.ufsc.br>>. Acesso em 17 Jun. 2012.

BRASIL. Lei n. 10295, de 17 de outubro de 2001. Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia. Lex: **Diário Oficial da União**, Brasília, 2001a. Disponível [www.inmetro.gov.br / qualidade / lei10295.pdf](http://www.inmetro.gov.br/qualidade/lei10295.pdf). Acesso em: 17 Jun. 2012.

CORBIOLI, Nanci. **Brasil arquitetura** - Terminal rodoferroviario, em Santo André-SP. Disponível: [http://www.arcoweb.com.br / arquitetura / arquitetura 36.asp](http://www.arcoweb.com.br/arquitetura/arquitetura36.asp). Acesso em: 05 Set. 2012.

EDUCAREDE. **O assunto é...energia**. (2003). Disponível em: <<http://www.educarede.org.br/educa/index.cfm>>. Acesso em 17 Jun. 2012.

INEE- Instituto Nacional de Eficiência Energética. Disponível em: <http://www.inee.org.br/eficiencia_o_que_eh.asp?Cat=eficiencia#o_que_eh>. Acesso em 05 Set. 2012.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando O.R. **Eficiência energética na arquitetura** 2.ed. São Paulo: ProLivros, 2004.

LAMBERTS, Roberto Lamberts (coord). **Etiquetagem de eficiência energética de edificações**. Caderno 1 – Manual explicativo do Ministério de Minas e Energia, 2010.

MARTINS, Maria Paula de Souza. **Inovação tecnológica e eficiência energética**. Monografia de Pós Graduação em MBA em Engenharia Elétrica. Disponível: [http://www.iar.unicamp.br / lab / luz / Id / Arquitetural / efici % EAnia%20energ%E9tica/Inova%E7%E3o%20Tecnol%F3gica%20e%20Efici% EAnia%20Energ%E9tica.pdf](http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/Id/Arquitetural/efici%EAncia%20energ%E9tica/Inova%E7%E3o%20Tecnol%F3gica%20e%20Efici%EAncia%20Energ%E9tica.pdf)>. Acesso em 05 Set. 2012.

MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA - MME. **Manual de aplicação dos regulamentos: RTQ-C e RAC-C** – Caderno 2 - Manual explicativo do Ministério de Minas e Energia, 2010.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - UFSC. **s3e**: Software de simulação online da Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em <<http://www.s3e.ufsc.br>>. Acesso em 17 Jun. 2012.

AUTORES

Mauro Tomaz De Freitas Filho é graduado em Engenharia Elétrica na Fundação Educacional de Ituiutaba, associada à Universidade do Estado de Minas Gerais, Campus de Ituiutaba-MG. Maurofilho26@hotmail.com

Walteno Martins Parreira Júnior, mestre em Educação, especialista em Design Instrucional para EaD e Informática Aplicada à Educação. É professor dos cursos de Engenharia da Computação, Engenharia Elétrica e Sistemas de Informação da Fundação Educacional de Ituiutaba, associada à Universidade do Estado de Minas Gerais, Campus de Ituiutaba-MG. waltenomartins@yahoo.com