

REFLEXÕES SOBRE O USO DO SIMULADOR DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES (S3E) PARA AVALIAÇÃO DO NÍVEL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES COMERCIAIS, PÚBLICAS E DE SERVIÇO NO BRASIL¹

GARCIA, Marina (1); SOUZA, Roberta (2)

(1) UFMG, e-mail: marinagarcia.arq@gmail.com (2) UFMG, e-mail: robertavgs2@gmail.com

RESUMO

A simulação computacional é utilizada mundialmente para avaliar níveis de eficiência energética em edificações, mas o alto nível de complexidade dos softwares torna este processo dispendioso em termos financeiros e de tempo. Dispositivos de simulação simplificada possuem o potencial de tornar este processo mais acessível, apresentando resultados de forma mais rápida do que as simulações detalhadas e mais precisa se comparados aos métodos prescritivos. O objetivo deste artigo é investigar os avanços da interface S3E e analisar sua potencial utilização oficial para obtenção de ENCEs junto ao RTQ-C. Para isto, foram pesquisados estudos realizados com esta interface, além de sua utilização prática e comparação com interfaces de mesmo conceito - CE3, CE³X e Atmospheres. A partir da análise de dados, percebeu-se que o S3E apresentou modificações importantes após a publicação dos estudos analisados neste artigo que têm o potencial de maximizar sua precisão, e que as ferramentas de princípio semelhante possuem características que podem indicar um direcionamento de desenvolvimento do S3E. Os resultados obtidos apontam oportunidades de pesquisas relacionadas ao desenvolvimento desta interface brasileira para utilização frente ao RTQ-C, além de apresentar suas principais atualizações, auxiliando em sua melhor compreensão.

Palavras-chave: Simulação computacional simplificada. Eficiência energética. S3E. RTQ-C.

ABSTRACT

Computational simulation is widely used for evaluation of buildings energy efficiency levels, but software's high level of complexity makes this process costly in both financial and time terms. Simplified simulation tools have the potential to make it more accessible, presenting results faster than detailed simulations and more precise than prescriptive methods. This article aims to investigate the advances of S3E tool, developed by the LabEEE of Federal University of Santa Catarina, analyze its potential for its official utilization to obtain the energy certification according to Brazilian regulation RTQ-C. A literature review about this interface was made, besides its practical utilization and comparison with interfaces of same concept CE3, CE³X and Atmospheres. From the analysis of data, it was noticed that the Brazilian interface presented important modifications after the publication of related studied analyzed in this article, that have potential to maximize its precision; and that the other tools have characteristics that may indicate a development path for S3E. The results obtained in this

¹ GARCIA, Marina; SOUZA, Roberta. Reflexões sobre o uso do simulador de eficiência energética em edificações (S3E) para avaliação do nível de eficiência energética em edificações comerciais, públicas e de serviço no Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16, 2016, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2016.

study revealed research opportunities related to the development of the Brazilian tool for its use regarding RTQ-C regulation, and presented S3E main updates, helping in its better comprehension.

Keywords: Simplified computational simulation. Energy efficiency. S3E. RTQ-C.

1 INTRODUÇÃO

A simulação computacional é utilizada internacionalmente para avaliação dos níveis de eficiência energética em edificações, e muitas vezes é necessária para garantir o cumprimento de normas e obtenção de etiquetas ou selos ambientais. No Brasil, este processo é indicado como um dos métodos para obtenção da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE), no Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C) (BRASIL, 2009), podendo ser utilizado de forma individual ou de forma complementar ao método prescritivo.

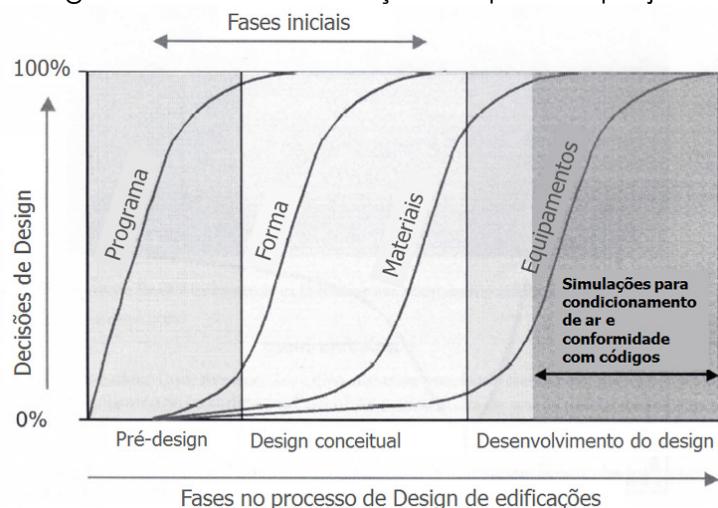
Carlo e Lamberts (2010a) apontam que a simulação computacional, embora não represente a realidade em sua totalidade, é a forma mais flexível e completa de observar aspectos relacionados à eficiência energética de edificações. Entretanto, Hensen e Lamberts (2011) e Zhang (2013) indicam a necessidade de mão-de-obra altamente qualificada e experiente no domínio de softwares de alta complexidade para que haja confiabilidade nos resultados obtidos através da simulação, além do maior investimento financeiro e de tempo. No Brasil, um indício da dificuldade de utilização da simulação é que ela foi utilizada em menos de 16% das edificações etiquetadas até abril de 2016 (INMETRO, 2016).

Já o método prescritivo indicado pelo RTQ-C é um procedimento simplificado para obtenção da ENCE, formado por equações derivadas de simulações realizadas com o software EnergyPlus (CARLO; LAMBERTS, 2010b). Apesar de sua aplicação mais rápida e barata do que as simulações computacionais, este método possui importantes limitações na apreensão de informações dos edifícios, o que já foi abordado em trabalhos, como de Carlo e Lamberts (2010b), Melo *et al.* (2012) e Rosa, Brandalise e Silva (2013).

Se por um lado as simulações computacionais são mais completas, mas exigem grande know-how e investimento; e por outro o método prescritivo, apesar de rápido e barato, apresenta restrições consideráveis; os dispositivos de simulação simplificada possuem o potencial de alcançar resultados de forma mais rápida do que as simulações detalhadas e mais precisos se comparados aos métodos prescritivos. São ferramentas que podem auxiliar as fases iniciais do projeto arquitetônico, além de poderem tornar o processo de obtenção das certificações de eficiência energética mais acessível, seja para fins educativos ou oficiais.

Interfaces para simulação simplificada já estão sendo desenvolvidas na Espanha, EUA, países do Reino Unido e Brasil (LÓPEZ, 2014; DOGAN e REINHART, 2013; BRE, 2015; LABEEE, 2015), demonstrando que sua utilização é uma tendência internacional. Dogan e Reinhart (2013), apontam o potencial dessas ferramentas como auxílio às fases iniciais de projeto por sua fácil utilização, alterando o hábito existente de utilização da simulação computacional apenas para avaliar conformidades de desempenho de projetos em fase final de concepção (Figura 1).

Figura 1 - Uso da simulação na prática projetual.



Fonte: Torcellini e Ellis (2006) apud Hensen e Lamberts (2011). Tradução própria.

2 OBJETIVO

O objetivo do trabalho é investigar os avanços da interface web de simulação computacional simplificada para avaliação de eficiência energética em edificações, S3E, e estabelecer comparações entre ela e os programas espanhóis CE3 e CE³X e o americano, Atmospheres. Isto será realizado para a observação das possibilidades de melhoria da ferramenta brasileira, assim como seu potencial como objeto de estudo para avaliação da utilização oficial no processo de etiquetagem junto ao RTQ-C.

3 MÉTODO

A metodologia envolveu pesquisa acerca dos estudos já realizados com o S3E, utilização da interface atual para apreensão de sua estrutura e comparação com pontos observados nos estudos já publicados, além de análise de características de interfaces de simulação simplificada desenvolvidas em outros países: Atmospheres, CE3 e CE³X, a partir de pesquisas publicadas em periódicos.

4 TRABALHOS RELACIONADOS – APRESENTAÇÃO BÁSICA DAS FERRAMENTAS

4.1 CE3 e CE³X

O CE3 e CE³X são disponibilizados pelo Ministério de Indústria, Energia e Turismo (MIET) da Espanha. Ambos são uma opção básica ao principal software de simulação utilizado no país, o CALENER (LÓPEZ, 2014). CE3 e CE³X foram elaborados pelo trabalho conjunto de universidades e instituições espanholas, sob encomenda do MIET, e possuem validade legal para obtenção da qualificação energética do país (COSTAS; SÁNCHEZ-GUEVARA; ACHA, 2014).

A simplificação dos dois programas é diferente: enquanto o CE3 simula dados climáticos simplificados de acordo com informações do modelo; o CE³X compara uma parametrização de variáveis em relação a uma base de dados anteriormente simulada no CALENER. Esta base de dados contém informações simuladas para 12 cidades representativas das diferentes zonas climáticas espanholas. Caso o projeto não esteja em uma destas cidades, será aplicada a esta localização uma “escala de qualificação”, o que supõe mais uma simplificação (COSTAS; SÁNCHEZ-GUEVARA; ACHA, 2014).

No CE3 é possível **importar arquivos DXF ou CALENER**; assim como configurar padrões de utilização (schedules) (LÓPEZ, 2014). Ele permite entrada de percentuais de aberturas em relação às paredes externas e interpreta este dado geometricamente. Os efeitos das sombras externas para superfícies opacas não são computados. Pontes térmicas são obtidas por meio de fator de correção simplificado (COSTAS; SÁNCHEZ-GUEVARA; ACHA, 2014).

Segundo López (2014), o CE³X baseia-se em uma base de dados pré-estabelecida. Ele permite a definição precisa das dimensões das aberturas e das proteções solares. É possível criar máscaras de sombras externas, cujas influências serão computadas nas superfícies translúcidas e nas opacas. As pontes térmicas podem ser definidas individualmente, com base em uma lista pré-definida ou em valores de catálogos (COSTAS; SÁNCHEZ-GUEVARA; ACHA, 2014).

Costas, Sánchez-Guevara e Acha (2014), observaram diferença na qualificação de eficiência energética entre as duas ferramentas de até 2 níveis. Isto implica a necessidade de que os técnicos obtenham conhecimento dos conceitos de eficiência energética de ambos os programas para que, de acordo com os dados do projeto, decidam qual o mais adequado (LÓPEZ, 2014).

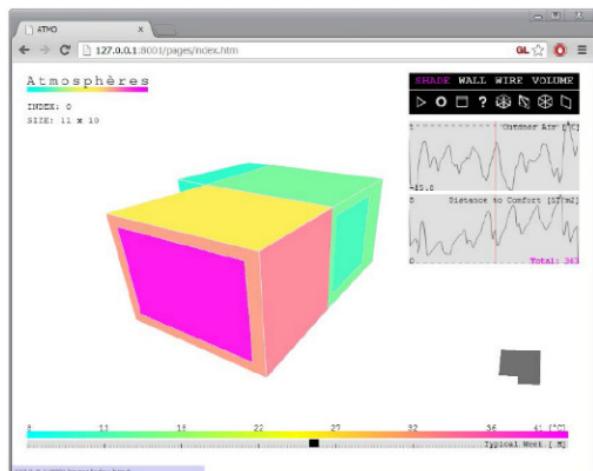
4.2 Atmospheres

O Atmospheres é um protótipo americano de ferramenta para a modelagem e avaliação de parâmetros energéticos, apresentado por Dogan e Reinhart, do Massachusetts Institute of Technology (MIT) em 2013. É uma interface Web de uso intuitivo que utiliza o programa EnergyPlus para fazer as simulações. Ele pode auxiliar o processo de criação de projetos

arquitetônicos, facilitando a acessibilidade à simulação para que haja melhoria de qualidade projetual. A desnecessidade de instalação e download facilita este processo, já que fornece acesso imediato ao sistema (DOGAN; REINHART, 2013).

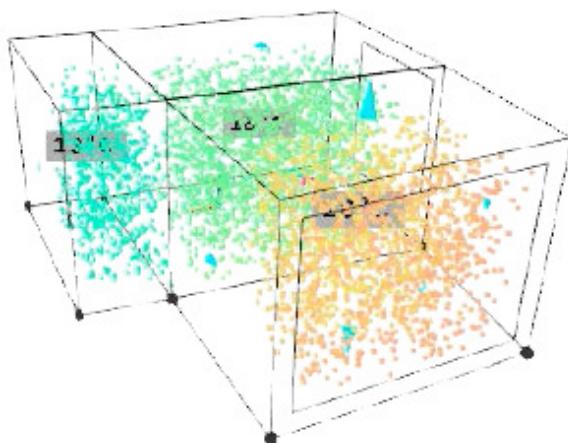
A entrada dos dados pode ser feita individualmente ou em trabalho conjunto, sendo possível inserir arquivo IDF (EnergyPlus). As informações são então enviadas ao servidor, simuladas, e então o usuário recebe os resultados via web. Este protótipo oferece, além de um arquivo IDF, a visualização espacial intuitiva dos resultados da simulação para favorecer a percepção de como eles se relacionam com a volumetria do edifício simulado e assim facilitar o entendimento por parte dos usuários (DOGAN; REINHART, 2013). As Figuras 2 e 3 mostram exemplos de resultados espaciais obtidos pela interface.

Figura 2 - Temperaturas externas de superfícies.



Fonte: Dogan e Reinhart (2013)

Figura 3 - Nuvem de pontos com temperaturas internas.



Fonte: Dogan e Reinhart (2013)

Os resultados de temperaturas externas representadas pelas cores das superfícies podem ser vistos ao longo do ano (barra horizontal inferior), além da temperatura externa do ar e distância para conforto [$\Delta T/m^2$] (gráficos laterais Figura 2). Também pode-se obter nuvem de pontos com temperaturas internas radiantes, calculadas aproximadamente a partir da simulação do EnergyPlus (Figura 3) (DOGAN; REINHART, 2013).

Por ser um serviço Web, a manutenção por parte dos operadores é facilitada, além de haver a possibilidade de implementar funcionalidades referentes à questão de projeto colaborativo, onde mais de um usuário poderia realizar alterações em um mesmo modelo (DOGAN; REINHART, 2013).

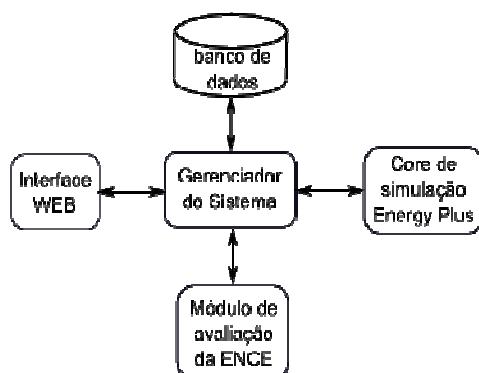
Uma das fragilidades do sistema é a sobrecarga do servidor, no caso da utilização simultânea de muitos usuários. Entretanto, isto não é visto pelos pesquisadores do MIT como problema grave, já que haverá disponibilidade de infra-estrutura nesta área, de acordo com o crescimento da demanda.

4.3 S3E

A interface brasileira S3E foi desenvolvida por meio de parceria entre o Ministério de Minas e Energia e o LabEEE com recursos financeiros da FINEP e CNPq, com seu início em 2009. Ela tem o objetivo de tornar as simulações energéticas mais simples e acessíveis, para auxiliar no desenvolvimento de projetos mais responsáveis no que diz respeito à eficiência energética no cenário brasileiro. É uma interface gratuita, tem a web como modo de acesso e é vinculada ao core de simulação EnergyPlus (LABEEE, 2015).

Os dados de entrada estabelecidos na interface são enviados ao gerenciador do sistema, processados, simulados e os resultados são disponibilizados para o usuário via web (Figura 4). As simulações e os resultados, que envolvem avaliação junto aos parâmetros do RTQ-C, ficam armazenados e podem ser acessados por meio do gerenciador do sistema. Também, é gerado um arquivo IDF que pode ser salvo e utilizado como base para simulações detalhadas (LOPES et al. 2011).

Figura 4 - Funcionamento S3E



Fonte: LabEEE (2015)

A inserção de dados no S3E envolve a definição da cidade, que irá configurar automaticamente o arquivo climático a ser utilizado - EPW ou TRY (Test Reference Year); o uso típico, que definirá schedules do modelo, dentre outros. Em alguns campos, são oferecidas duas opções de formas de entrada de dados – a simples e a avançada – onde a segunda oferece maior detalhamento do que a primeira. Nestes campos, dados relacionados à geometria, aberturas, componentes construtivos, iluminação, ocupação, equipamentos, infiltração de ar e condicionamento de ar devem ser adicionadas (LOPES et al. 2011).

Em termos de geometria, Lopes et al. (2011) aponta a disponibilização dos padrões retangular, H, T, U e L. A definição de zonas é automática de acordo com a geometria (zonas perimetrais por fachada e zona central), sendo possível a determinação da largura das zonas perimetrais (LOPES et al. 2011).

Para a simulação no EnergyPlus, são necessárias informações adicionais pré-programadas de acordo com as opções selecionadas no S3E, pois o volume de dados fornecidos nestes campos é insuficiente (LOPES et al. 2011). O

relatório final disponibiliza a classificação da edificação segundo parâmetros do RTQ-C, além de dados de consumo energético da edificação. Estes resultados não possuem validade oficial para a obtenção das etiquetas (S3E, 2015).

Rosa, Brandalise e Silva (2013) comparam resultados do S3E, método prescritivo e simulação junto às classificações do RTQ-C. Apesar de não ser especificado, infere-se a utilização da versão 1.1 da interface.

A consideração da orientação solar das edificações foi citada como grande vantagem do S3E frente ao método prescritivo, aumentando sua precisão. O tempo necessário para a obtenção dos resultados foi mais baixo do que para os métodos prescritivo e de simulação. O principal entrave foi a impossibilidade do estabelecimento de *schedules* dos espaços, o que gerou grande distorção no resultado em relação ao consumo energético anual, gerando valores duas vezes maiores do que o obtido pelo método de simulação (ROSA; BRANDALISE; SILVA, 2013). Esta informação contrapõe-se com a de Lopes *et al.* (2011), que já indicava haver possibilidade de configuração de *schedules* de ganhos internos e iluminação.

Em relação à volumetria, a impossibilidade de estabelecimento de volumetrias diferentes entre pavimentos é outra limitação. A pequena biblioteca de componentes construtivos dificultou a composição da envoltória. Para a criação de novos componentes, a quantidade de camadas foi referida como obstáculo, já que no estudo este limite foi facilmente alcançado. A impossibilidade de inserção de novos materiais gerou dificuldades, já que foi necessário calcular a espessura e densidades de materiais equivalentes para efetuar a simulação. Também não foi possível estabelecer a absorção de superfícies, tampouco os fatores solares dos vidros, além de haver impossibilidade de separação de dados de ar condicionado por zonas térmicas (ROSA; BRANDALISE; SILVA, 2013).

5. RESULTADOS

5.1. Apresentação do S3E em sua versão atual (1.2) e principais atualizações

A partir da utilização prática da ferramenta com uma simulação-teste (versão disponibilizada em outubro de 2015), foi possível apreender as entradas necessárias para a realização da simulação, assim como os resultados obtidos por meio dela. O Quadro 1 traz em detalhe a estruturação de inserção de dados para avaliação energética de uma edificação, elaborada a partir da utilização da ferramenta.

Quadro 1: Estrutura de dados de entrada do S3E

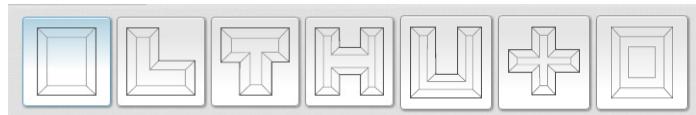
| DADOS GERAIS | |
|---|--|
| Nome, uso típico e cidade | |
| DADOS ESPECÍFICOS | |
| | Geometria |
| Edição simples | Edição avançada |
| Nº de pavimentos (até 50) | Nº de pavimentos (até 50) |
| Orientação solar | Orientação solar |
| Dimensões (geometria retangular) | Dimensões (de acordo com padrões volumétricos - retângulo, L, T, H U, + e retângulo com pátio interno) |
| Pé direito uniforme para todos os andares | Pé direito (terreo, pavimento tipo e ático) |
| | Sombreamento externo do entorno, por fachada |
| | Aberturas |
| Edição simples | Edição avançada |
| Percentual de abertura de fachada total | Percentual de abertura de fachada, por fachada e por pavimento tipo |
| Ângulos verticais e horizontais gerais | Ângulos verticais e horizontais, por fachada e por pavimento tipo |
| | Percentual de abertura zenithal |
| | Componentes construtivos |
| Envoltória | Envoltória |
| -Absortância – Clara ($\alpha=0,3$), Média ($\alpha=0,5$) e Escura ($\alpha=0,8$) | |
| -Componentes (44 sistemas construtivos / op. Criar Novo de até 7 camadas) | |
| Janelas | |
| -Diversos tipos de vidro, inclusive os de alto desempenho. | |
| | Iluminação |
| Edição simples | Edição avançada |
| Para todos os pavimentos: | Para cada pavimento: |
| Densidade de potência instalada (W/m ²) | Densidade de potência instalada (W/m ²) |
| Padrão de uso – pré definido | Tipo de montagem (5 tipos) |
| | Padrão de uso – opção de Criar Novo |
| | Ocupação |
| Edição simples | Edição avançada |
| Para todos os pavimentos: | Para cada pavimento: |
| Densidade (m ² /pessoa) | Densidade (m ² /pessoa) |
| Padrão de uso – pré definido | Padrão de uso – opção de Criar Novo |
| | Equipamentos |
| Edição simples | Edição avançada |
| Para todos os pavimentos: | Para cada pavimento: |
| Densidade de potência instalada (W/m ²) | Densidade de potência instalada (W/m ²) |
| Padrão de uso – pré definido | Padrão de uso – opção de Criar Novo |
| | Infiltração de ar |
| Edição simples | Edição avançada |
| - | Trocas por hora (m ³ /h) |
| | Padrão de uso – opção de Criar Novo |
| | Condicionamento de ar |
| Edição simples | Edição avançada |
| Para todos os pavimentos: | Para cada pavimento: |
| Modelo predefinido - Split | Modelo de aparelho (7 opções) |
| Refrigeração: | Informar capacidade (kW) (Sim/Não) |
| COP | Refrigeração: |
| Temperatura setpoint (°C) | COP |
| Padrão de uso pré-determinado | Temperatura setpoint (°C) |
| Aquecimento (Sim/Não) | Padrão de uso - opção de Criar Novo |
| Renovações de ar | Aquecimento (Sim/Não) |
| Vazão por pessoa (m ³ /s/pessoa) | Renovações de ar |
| Vazão por área de piso (m ³ /s.m ²) | Vazão por pessoa (m ³ /s/pessoa) |
| | Vazão por área de piso (m ³ /s.m ²) |

Fonte: autoria própria

Dentre as principais atualizações percebidas após leitura dos trabalhos supracitados e a utilização da ferramenta, destacam-se a adição de opção de geometria com área não-condicionada retangular e formato de cruz (Figura 5), especificação de absorção da envoltória, aumento de biblioteca de componentes construtivos (incluindo vidros de alto desempenho) e atualização da versão do EnergyPlus. A complementação da biblioteca de componentes construtivos, no quesito absorção, se deu

pela possibilidade de escolha entre as categorias: superfícies claras ($\alpha=0,3$), intermediárias ($\alpha=0,5$) e escuras ($\alpha=0,8$) (Quadro 1).

Figura 5 - Geometrias e divisão de zonas térmicas



Fonte: S3E (215)

A definição de zonas térmicas continua automática de acordo com a geometria (Figura 5). Entretanto, a possibilidade de definição da largura das zonas perimetrais apontada por Lopes *et al.* (2011) não ocorre na versão 1.2.

Um importante ponto percebido foi a disponibilização de configuração de *schedules* para iluminação, ocupação, equipamentos gerais e condicionamento de ar, tanto para resfriamento quanto para aquecimento (na edição avançada). É possível estabelecer *schedules* para dias úteis, sábados e domingos, e feriados. Caso este agrupamento de dias não atenda às necessidades do usuário, o S3E permite que sejam criados novos padrões.

Para a criação de novos componentes construtivos, é possível adicionar até sete camadas de materiais diferentes, com diversas opções em cada um dos grupos: materiais sólidos; tijolos e blocos de concreto; isolantes e impermeabilizantes; e revestimentos. Entretanto, a adição de materiais novos pelo usuário ainda não é permitida.

Apesar da disponibilidade de variadas geometrias, na versão 1.2 ainda não é possível estabelecer diferenciação entre pavimentos de uma mesma edificação. As configurações de ar condicionado também continuam sendo divididas, no máximo, por tipo de pavimento.

O relatório de resultados do S3E fornece informações referentes a etiqueta geral da edificação segundo RTQ-C, sumário de dados gerais, avaliação da envoltória e do sistema de condicionamento de ar, ganhos internos e gráficos de consumo energético anual e mensal. Estão presentes no relatório dois ícones ainda sem funcionamento: "método prescritivo" e "submeter para organismo de inspeção" (S3E, 2015). Este último está acompanhado da informação de que tal funcionalidade ainda está em desenvolvimento, o que evidencia o potencial e a intenção concreta de utilização desta ferramenta como forma de auxiliar a obtenção de ENCEs.

6 DISCUSSÃO

De acordo com as informações supracitadas, infere-se que os resultados obtidos por novas simulações feitas no S3E terão valores mais aproximados àqueles dos softwares de simulação detalhada do que aos obtidos pelo método prescritivo.

Com relação às ferramentas Atmospheres, CE3 e CE³X, nota-se que o S3E tem princípio de funcionamento semelhante: interface de uso facilitado cuja simulação é efetuada em software de simulação detalhada. A usabilidade destas ferramentas é uma característica que sugere maior adoção da simulação de desempenho energético pelos atores da construção civil, conforme observado nos trabalhos de Hensen e Lamberts (2011) e Dogan e Reinhart (2013), seja para a obtenção de etiquetagem de nível de eficiência energética ou apenas para auxiliar na análise de desempenho energético nas fases iniciais de projetos arquitetônicos.

A principal característica dos programas espanhóis que poderia ser incorporada ao S3E é a possibilidade de importação de arquivos DXF para o estabelecimento da volumetria - que é considerada por Carlo e Lamberts (2010b) a maior limitação do método prescritivo, e por Rosa, Brandalise e Silva (2013), uma das limitações da interface brasileira. Da mesma forma, a metodologia de definição da volumetria de zonas térmicas realizada no Atmospheres indica novas possibilidades para o S3E. Os métodos espanhóis e americano sanariam as dificuldades de delimitação de volumetrias diferenciadas entre pavimentos citada por Rosa, Brandalise e Silva (2013).

A possibilidade de configuração de schedules de ganhos internos e iluminação foi observada na versão 1.2 do S3E. Se, por um lado, Lopes et al. (2011) já indicavam esta opção, Rosa, Brandalise e Silva (2013) apontaram a impossibilidade de configuração destes schedules como uma das principais limitações da interface.

As diferentes formas de inserção de dados observadas nas interfaces estudadas, como sombreamento, pontes térmicas, aberturas, etc., demonstram a possibilidade de simplificar o procedimento de simulação computacional de maneiras distintas. Conforme observado por Costas, Sánchez-Guevara e Acha (2014) por meio de testes com as interfaces espanholas, isto gera diferenças significativas de resultados. Portanto, o conhecimento das simplificações realizadas por cada interface é essencial para que se tenha domínio sobre seus resultados obtidos.

7 CONCLUSÕES

A simulação computacional simplificada gera resultados mais precisos do que os obtidos pelo método prescritivo, e cuja utilização é mais acessível e rápida do que os softwares convencionalmente utilizados. Estas ferramentas podem auxiliar fases iniciais de projetos arquitetônicos ou facilitar a avaliação de níveis de eficiência energética. EUA, Espanha, países do Reino Unido, além do Brasil, estão desenvolvendo este tipo de interfaces, demonstrando que sua utilização é uma tendência internacional.

O objetivo deste trabalho foi investigar os avanços alcançados na interface web de simulação computacional simplificada brasileira para avaliação de eficiência energética em edificações segundo o RTQ-C, o S3E; e estabelecer comparações entre esta ferramenta e os programas espanhóis CE3 e o CE³X e americano Atmospheres, de forma a observar possibilidades de melhora,

assim como seu potencial como objeto de estudo para utilização oficial no processo de etiquetagem brasileiro.

O principal avanço observado entre a versão atual e a utilizada no estudo de Rosa, Bandalise e Silva (2013) foi a disponibilização de configuração de schedules, o que tende a reduzir de forma significativa as imprecisões de valores de consumo geral anual. A baixa flexibilidade para definir volumetrias e zonas térmicas é uma limitação da interface. Outra limitação seria a impossibilidade de definição da composição da envoltória separada por fachadas. Sobre esse aspecto, as interfaces americana e espanholas demonstraram possibilidades de desenvolvimento do S3E.

Apesar das limitações observadas, infere-se que a versão atual da interface brasileira apresente resultados mais próximos aos da simulação computacional detalhada do que aos do método prescritivo. A realização de trabalhos futuros com simulações do mesmo objeto pela interface S3E, método prescritivo e método de simulação detalhada são necessários para que esta hipótese seja consolidada. Sua confirmação irá reforçar a validade do S3E como ferramenta oficial para o processo de obtenção da ENCE no RTQ-C.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a CAPES e FAPEMIG pelo financiamento da pesquisa.

REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS (ASHRAE). **Standard 140-2004**: standard method of test for the evaluation of building energy analysis computer programs. Atlanta, 2004.

BRASIL. INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL (INMETRO). **Portaria 163, de 08 de junho de 2009**. Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos. Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC001462.pdf>>. Acesso em: 08 nov. 2015.

_____. **Tabela de edificações comerciais, de serviços e públicos**. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/tabelas-comerciais.pdf>>. Acesso em: 20 jun. 2016.

BUILDING RESEARCH ESTABLISHMENT (BRE). **SBEM**: Simplified Building Energy Model. Disponível em: <<https://www.bre.co.uk/page.jsp?id=706>>. Acesso em: 30 nov. 2015.

CARLO, J.C. Desenvolvimento de Metodologia de Avaliação da Eficiência Energética do Envoltório de Edificações Não-residenciais. 2008. **Tese** (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – PPGEC, Florianópolis, 2008.

CARLO, J. C.; LAMBERTS, R. Parâmetros e métodos adotados no regulamento de etiquetagem da eficiência energética de edifícios – parte 2: método de simulação. **Ambiente Construído**. Porto Alegre, v. 10, n. 2, p. 27-40, abr./jun. 2010a.

CARLO, J. C.; LAMBERTS, R. Parâmetros e métodos adotados no regulamento de etiquetagem da eficiência energética de edifícios – parte 1: método prescritivo. **Ambiente Construído**. Porto Alegre, v. 10, n. 2, p. 7-26, abr./jun. 2010b.

CENTRO BRASILEIRO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES (CB3E). **Nota técnica Nº 07/2014**. Nota técnica referente à etiquetagem de edificações comerciais, de serviços e públicas em blocos, 2014. Disponível em: <http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/Nota_Tecnica_07_Edif_Blocos_20151029_0.pdf>. Acesso em: 30 nov. 2015.

COSTAS, E.; SÁNCHEZ-GUEVARA, C.; ACHA, C. Estudio comparativo de los procedimientos actuales de certificación de edificios existentes. In: I Congreso Internacional Sobre Investigación em Construcción y Tecnología Arquitectónicas (CONSTEC), n. 1, 2014, Madri. **Anais...**Universidade Politécnica de Madri. ETSAM. Madri, 11-13 jun. 2014. P. 352-356.

DOGAN, T.; REINHART, C. Atmosphères: proof of concept for web-based 3D energy modeling for designers with webgl/html5 and modern event-driven, asynchronous server systems. In: 13th CONFERENCE OF INTERNATIONAL BUILDING PERFORMANCE SIMULATION ASSOCIATION (IBPSA), 2013, França. **Anais...**Chambéry: IBPSA, 26-28 ago. p. 1039-1044. Disponível em: <http://www.ibpsa.org/proceedings/BS2013/p_1440.pdf>. Acesso em: 22 nov. 2015.

HENSEN, J. L. M.; LAMBERTS, R (Ed.). **Building Performance Simulation for Design and Operation**. Londres: Spon Press. ISBN: 978-0415474146, 2011.

LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES (LABEEE). **Projeto S3E**. Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br/projetos/s3e/conceito>>. Acesso em: 08 nov. 2015.

LOPES, M.; IWAMOTO, G.; RIELLA, H.; LAMBERTS, R.; CAMPOS, L. Development of computational tool to evaluate the Building energy efficiency level according to the Brazilian labeling. In: 12th CONFERENCE OF INTERNATIONAL BUILDING PERFORMANCE SIMULATION ASSOCIATION, 2011, Sydney. **Proceedings of Building Simulation 2011...** Sydney, 14-16 nov. 2011.

LÓPEZ D. J. Procedimientos frente a frente: Certificación energética para edificios existentes. **Cercha, Revista de los Aparejadores y Arquitectos Técnicos**. Espanha, vol. 119, p. 72-77, 2014.

MELO, A. P; CÓSTOLA, D.; LAMBERTS, R.; HENSEN, J. L. M. Avaliação comparativa entre o método prescritivo e o método de simulação para determinação do nível de eficiência da envoltória de edificações comerciais. In: XI ENCONTRO NACIONAL E VII ENCONTRO LATINOAMERICANO DE CONFORTO AMBIENTAL NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2011, Búzios. **Anais...**tópico 5.

ROSA, C.; BRANDALISE, M.; SILVA, A.C. Análise da eficiência energética de dois prédios pelo RTQ-C: comparação entre o método prescritivo e o método de simulação através do software Design Builder e da interface S3E. In: XII ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO (ENCAC) / VIII ENCONTRO LATINOAMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO (ELACAC). 2013, Brasília. **Anais...** Brasília: 25-27 set. 2013.

S3E. **Simulador de Eficiência Energética em Edificações.** Disponível em: <<http://www.s3e.ufsc.br/>>. Acesso em: 08 nov. 2015.

ZHANG, I. Impact of model simplification on energy and comfort analysis for dwellings. In: 13th CONFERENCE OF INTERNATIONAL BUILDING PERFORMANCE SIMULATION ASSOCIATION, 2013, França. **Anais...** Chambéry: IBPSA, 26-28 ago. p. 1184-1192. Disponível em: <http://www.ibpsa.org/proceedings/BS2013/p_1502.pdf>. Acesso em: 22 nov. 2015.