



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

**VIIELACA**  
ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CC  
NO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Búzios - RJ - 2011

## ENSINANDO A SIMULAR ATRAVÉS DO DOMUS – PROCEL EDIFICA

**Ana Carolina de Oliveira Veloso (1); Roberta Vieira Gonçalves de Souza (2)**

(1) Mestranda do Programa do Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável, [acoveloso@gmail.com](mailto:acoveloso@gmail.com)

(2) Dra., Professora do Departamento de Tecnologia da Arquitetura e do Urbanismo,  
[robertavgs2@gmail.com](mailto:robertavgs2@gmail.com)

Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento TAU, Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética no Ambiente Construído, Escola de Arquitetura, Rua Paraíba, 697, Belo Horizonte - MG, 30130-140, Tel.: (31) 3409-8825

### 1. INTRODUÇÃO

Em julho de 2009, foi lançada no Brasil, a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) para Edificações Comerciais, de Serviços e Públicos, intitulado como Requisito Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética em Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos – RTQ-C. Essa etiqueta faz parte do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) e foi desenvolvida em parceria da ELETROBRÁS (Centrais Elétricas Brasileiras S.A.) com o INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial) por meio do Programa Nacional de Conservação de Energia (PROCEL), na vertente edificações. O RTQ-C, revisado em novembro de 2010, é aplicado para edifícios com área útil acima de 500m<sup>2</sup> ou com tensão de abastecimento superior a 2,3kV e ele pode ser avaliado pelo método prescritivo ou através de simulação computacional do desempenho termo-energético do modelo da edificação proposta para ser etiquetada.

Por meio de uma parceria da ELETROBRÁS com a PUC/PR (Convênio 238/82), está em fase de aperfeiçoamento o software DOMUS. Ele é o primeiro software nacional de simulação higrótérmica e energética de edifícios e segundo Mendes (2008), “sua interface é de fácil uso (...) e permite também aos profissionais da área de energia avaliar, de formas simples, alternativas de climatização passiva, reduzindo desperdícios”. O software foi originalmente desenvolvido para simular e analisar parâmetros de conforto térmico e de consumo de energia em edifícios e através desse projeto estão sendo implementadas rotinas que permitam ao programa fazer análises de desempenho de edifícios com vistas à classificação do RTQ-C nas áreas de envoltória, iluminação e condicionamento de ar.

Segundo Gonçalves e Almeida (*apud* CARLO, 2010), “a simulação é um processo de *mimeses* de uma situação real, a partir da qual são estimados resultados dadas as características da edificação”. É um meio de se prever e quantificar o desempenho térmico e do consumo de energia nas edificações, de forma rápida e confiável. Com esses resultados é possível se fazer uma análise da edificação ainda em fase de projeto e tomar decisões para melhorar desempenho termo-energético da edificação. Com isso, essas ferramentas podem passar a ser um apoio para aplicação das normas de eficiência energética caso sejam incorporadas às rotinas de projeto dos escritórios de arquitetura e engenharia.

“Avaliar o desempenho energético de edificações é uma tarefa complexa que envolve grande quantidade de variáveis interdependentes e conceitos multidisciplinares” (MENDES *et al.*, 2005). Para que o DOMUS possa se consolidar como programa oficial do RTQ-C, foi necessário montar uma equipe multidisciplinar para atender as três metas estabelecidas pelo Convênio 238/82: a da validação, a da pesquisa e da disseminação. A etapa de validação é necessária para confiabilidade dos usuários quanto ao uso do software. A etapa de pesquisa para aperfeiçoar os modelos, técnicas e analisar as possíveis contribuições para o desenvolvimento do software. Já a etapa de disseminação, será para difundir através dos cursos virtuais, a aprendizagem e a aplicação do Domus.

Para difundir o uso do software de modo a garantir a formação de profissionais capacitados para atender aos requisitos técnicos do RTQ-C nos itens de simulação de ambientes condicionados naturalmente ou artificialmente, foi desenvolvida a estrutura de um curso virtual à distância sobre simulação de parâmetros bioclimáticos e de sensibilização sobre grandezas térmicas através do software Domus. O objetivo do módulo de ensino é que o projetista seja capaz, ao final do processo de aprendizagem, não só de realizar simulações com um grau adequado de precisão e confiabilidade, mas, sobretudo que seja um profissional capaz de indicar eventuais alterações ou adaptações necessárias ao projeto arquitetônico através da correta análise das variáveis do desempenho térmico e energético do edifício. A meta é não apenas conseguir desenvolver um sistema de avaliação de projetos através da metodologia proposta pelo RTQ-C, mas que através do processo de simulação obtenham edifícios de desempenho melhorado, capazes de trabalhar mais adequadamente com o clima e com as condições de entorno em que estão inseridos.

Neste artigo, serão apresentadas as contribuições feitas ao processo de disseminação do software Domus através da elaboração de mapas conceituais, dos textos e exercícios sobre arquitetura bioclimática, desenvolvidos para o curso à distância de ensino do programa.

## **2. OBJETIVO**

Este artigo tem como objetivo demonstrar a parte de disseminação do software de simulação higratérmica e energética – Domus. Isso será feito através de um curso virtual que ensinará como utilizar o software, as variáveis que influenciam no conforto térmico e como fazer com que o projeto receba uma boa classificação em relação ao Requisito Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética em Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C).

## **3. MÉTODO**

O método deste trabalho está dividido em duas etapas principais:

1. Estudo do conteúdo do RTQ-C, identificando os principais requisitos de classificação da edificação segundo os dois métodos de classificação;
2. Curso Virtual – criação de mapas conceituais, textos e exercícios, para auxiliar o ensino do RTQ-C através do DOMUS;

### **3.1. Estudo do conteúdo do RTQ-C**

A avaliação do RTQ-C pode ser feita de duas maneiras: a primeira pelo método prescritivo, que envolve quatro itens (Envolvória, Sistema de Iluminação, Sistema de Condicionamento de Ar e Bonificações) e a segunda, pelo método de simulação computacional do desempenho termo energético do modelo da edificação proposta para ser etiquetada. A classificação do nível de eficiência varia de A a E (de mais a menos eficiente) e o índice de eficiência é avaliado por meio de pontuação que varia de 1 a 5.

O método de simulação proposto pelo RTQ-C indica como deve ser modelado tanto o edifício real quanto os modelos de referência. Ele pode ser utilizado para avaliar edifícios condicionados artificialmente ou edifícios não condicionados ou ainda, que possuem áreas condicionadas de permanência prolongada menores que a área útil total. O processo de certificação realizado através da simulação não descarta o método prescritivo, cujas tabelas devem ser preenchidas para envio de dados ao Organismo de Inspeção. Através da simulação, compara-se o consumo do projeto proposto (real) com o consumo do projeto de referência para determinado nível de eficiência energética. A classificação do nível de eficiência será dado por comparação do consumo anual de energia elétrica para condicionamento de ar e iluminação do “edifício real” com o consumo dos modelos de referência para cada nível de classificação. O edifício em análise será classificado como possuindo o nível de eficiência energética relativo ao modelo de referência do qual possuir consumo imediatamente inferior.

No RTQ-C exige que a aplicação do método de simulação seja feito por um programa que atenda aos requisitos estabelecidos pelo BESTEST da ANSI/ASHRAE Standard 140 (2004). O objetivo do Procel Edifica ao fomentar o Convênio 238/82 é que se tenha ao final do projeto, um programa de simulação

nacional e oficial do processo de etiquetagem brasileira, aprovado pelo BESTEST e o DOMUS deverá esse software.

### **3.2 Ensino à Distância – mapas conceituais, textos e exercícios**

Para que se possa criar uma boa arquitetura, o projetista deve proporcionar conforto ao usuário, satisfazer as necessidades programáticas, otimizar uso da energia na edificação e reduzir os custos iniciais.

No que concerne à criação de um ambiente/edifício termicamente confortável e que possua um menor consumo de energia para climatização, foi criado o módulo de aprendizagem de Arquitetura no DOMUS. Este módulo faz parte de um Curso à Distância, em plataforma Moodle, dividido em etapas de aprendizagem que visam reforçar conceitos e dar ao aluno um sistema que lhe permita, através de análises paramétricas, entender a relação do edifício com o clima, e de como seu desempenho é afetado de acordo com decisões de projeto nos aspectos de volumetria, orientação, especificação de materiais, etc.

Para tal, o aluno deverá aprender a verificar o peso e a influência no desempenho térmico da edificação de diversas variáveis, analisadas em um primeiro momento de forma individualizada e posteriormente de forma integrada.

Para dar base conceitual a esse curso, o trabalho se iniciou com a criação de mapas conceituais relativos às áreas de conhecimento tratadas pelo RTQ-C para que se pudesse ter um melhor entendimento das interfaces de todo o processo. De acordo com Moreira (1997), “mapas conceituais são propostos como uma estratégia potencialmente facilitadora de uma aprendizagem significativa (...), eles são diagramas indicando relações entre conceitos, ou entre palavras que usamos para representar conceitos”. Para o curso virtual, os mapas conceituais foram úteis na etapa introdutória, para a elaboração do material didático, cuja estruturação foi baseada na aprendizagem necessária de conceitos usados na aplicação do RTQ-C.

Assim, o curso foi dividido nas etapas a seguir, nas quais o aluno será levado a pensar sobre:

1. Arquitetura e Clima
2. Conforto térmico
3. Influência da insolação no conforto térmico (e luminoso\*)
4. Geometria da edificação
5. Influência do sombreamento
6. Ventilação natural
7. Comportamento de materiais opacos (isolamento térmico, inércia térmica, transmitância térmica)
8. Comportamento de materiais translúcidos (efeito estufa, iluminação natural\*)
9. Desempenho final da edificação

\* os módulos de integração da iluminação natural para análise do comportamento térmico do edifício serão incorporados em uma segunda fase de desenvolvimento do programa e, portanto, do curso.

Para o estudo desses módulos, estão em fase de desenvolvimento final, textos relacionados a cada tema. Estes textos foram elaborados para que o aluno através do conhecimento cognitivo, que é um processo de estruturação do conhecimento por meio das informações conceituais, factuais, procedimentais e metacognitivo, seja capaz de lembrar, entender e aplicar todo conteúdo do curso. Um exemplo deste tipo de estruturação pode ser visto na Tabela 01. À medida em que o aluno entra em contato com o módulo são propostos exercícios de sensibilização sobre as variáveis tratadas, seguindo-se o tipo de aprendizado proposto por este módulo. Estes exercícios feitos através da utilização do DOMUS, foram desenvolvidos com grau de dificuldade progressiva para que o aluno possa ir localizando no programa as interfaces de entrada de dados pertinentes a cada área e com isto se familiarize com o ambiente de simulação.

Assim, com o desenvolvimento de um programa de simulação oficial brasileiro e a criação de um curso virtual para seu ensino, espera-se que os projetistas possuam uma ferramenta que lhes facilite o entendimento da interrelação entre arquitetura, clima e decisões arquitetônicas de implantação, decisão volumétrica, orientação de aberturas, especificação de materiais e sistemas construtivos de envoltória (fachadas e cobertura).

TABELA 01: Exemplo de estrutura de parte do curso

Estrutura Plataforma	Processos cognitivos	Conhecimento Cognitivo			
		Conceitual	Factual	Procedimental	Metacognitivo
ARQUITETURA E CLIMA					
Tipos de clima	Entender	x	x		
	Analisar	x	x		
	Avaliar	x	x		
Tabelas de Mahoney e Diagramas de Givoni	Relembrar	x	x	x	
	Entender	x	x		x
	Aplicar	x	x	x	
	Analisar	x	x	x	
	Avaliar	x	x	x	
	Criar			x	
Zoneamento bioclimático	Entender	x	x		
	Analisar	x	x		

#### 4. RESULTADOS PARCIAIS

Análise da estrutura do RTQ-C e de suas etapas de avaliação permitiu que se tivesse uma visão mais clara sobre a necessidade de desenvolvimento dos algoritmos do programa para atendimento aos requisitos de simulação estabelecidos no documento.

A criação da estrutura do curso foi feita em interface com a equipe de desenvolvimento do programa de forma a se elucidar a utilização da forma de entrada de dados e se propor mudanças na nomenclatura de certas variáveis de modo a facilitar a comunicação com o projetista.

Espera-se que o programa, ao desenvolver seu módulo de entrada gráfica apresente uma interface mais amigável ao projetista de arquitetura, acostumado ao ambiente de desenho tridimensional e com isto, facilite a aprendizagem de conteúdos a partir de um ambiente mais familiar ao projetista.

Com a criação de um curso virtual do software DOMUS, espera-se que o aluno seja capaz de entender como avaliar o desempenho térmico e energético das edificações, tomando decisões de projeto embasadas em análises paramétricas. Além disso, espera-se que o software de simulação seja, no futuro, incorporado como uma ferramenta projetual cotidiana para comprovar as suas decisões arquitetônicas. Espera-se assim, que com essa atualização dos profissionais da área, se possa contribuir para o desenvolvimento de edificações com condições térmicas adequadas ao clima, e que, conseqüentemente estas possam obter uma boa classificação de seu nível de eficiência energética de acordo com o RTQ-C.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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. 2010. ISSN 1678-8621©, Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído.
- MENDES, N, WESPHAL, F.S., LAMBERTS, R., NETO, J.A.B.C. Uso de instrumentos computacionais para análise do desempenho térmico e energético de edificações no Brasil. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 5, n. 4, p. 47-68, out./dez. 2005. ISSN 1415-8876©, Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído.
- MENDES, N., ABADIE, M.O.. Power Domus - Manual do Usuário, 2008. Disponível em: <[http://www2.pucpr.br/educacao/1st/software\\_powerdomus.html](http://www2.pucpr.br/educacao/1st/software_powerdomus.html)>. Acesso em 15/01/2011.
- MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA. Requisito Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos – RTQ-C. 2010. Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br/projetos/etiquetagem/comercial/downloads>>. Acesso em: 10/03/2011.
- MOREIRA, M. A. Mapas conceituais e aprendizagem significativa. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/mapasport.pdf>>. Acesso em: 05/03/2011.

#### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq e ao Procel Edifica da ELETROBRÁS pelo apoio financeiro e ao incentivo à pesquisa em uso racional de energia em edificações.