



# XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído

Avanços no desempenho das construções – pesquisa, inovação e capacitação profissional

12, 13 E 14 DE NOVEMBRO DE 2014 | MACEIÓ | AL

## ANÁLISE TIPOLÓGICA DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS VERTICAIS A LUZ DO RTQ-R

**MATOS, Juliana (1); PEDRINI, Aldomar (2); TINÔCO, Marcelo (3); RUCK, Alice (4)**

(1) UFSC, jmontenegro.arq@gmail.com, (2) UFRN, apedrini@ufrnet.br, (3) UFRN, mtinoco@ufrnet.br, (4) UFRN, alicerdrummon@gmail.com

### RESUMO

Esse artigo apresenta a avaliação do desempenho termo energético da envoltória de edifícios residenciais verticais no município de Natal/RN, com enfoque na influência de características primárias. Foram adotados os seguintes procedimentos metodológicos: i) pesquisa bibliográfica sobre o tema investigado; ii) pesquisa documental realizada nos arquivos de empresas construtoras; iii) levantamento de 22 (vinte e dois) edifícios construídos entre 2005 e 2010; iv) elaboração de modelos de análise com base nas características tipológicas e construtivas recorrentes; e v) classificação do nível de eficiência energética da envoltória dos modelos (etiquetagem), utilizando como ferramenta o método prescritivo do Regulamento Técnico de Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais - RTQ-R (BRASIL, 2012). A partir da elaboração dos modelos de análise foi possível traçar um perfil atual do universo dos edifícios residenciais verticais em Natal. Ao analisar estudos sobre esta tipologia em outras localidades, verificou-se que não existem diferenças consideráveis nas escolhas projetuais para este tipo de edifício, apesar da diversidade climática brasileira. Predomina a cópia de soluções utilizadas nas regiões Sul e Sudeste. A partir da etiquetagem dos modelos de análise, verificou-se a inadequação dos edifícios locais devido ao baixo desempenho termo-energético de suas envoltórias. A partir da análise qualitativa dos resultados foi possível identificar as tipologias com melhor desempenho de acordo com a metodologia prescritiva do RTQ-R. Algumas dessas soluções, no entanto, mostraram-se contraditórias em relação às recomendações consagradas nas abordagens teóricas relativas ao conforto ambiental para este clima. Este resultado de pesquisa indica a necessidade de revisão e aperfeiçoamento do método prescritivo do RTQ-R, além da urgência de desenvolver e incentivar a adoção de soluções voltadas para o clima e cultura construtiva locais.

**Palavras-chave:** eficiência energética, RTQ-R, edifícios residenciais verticais.

### ABSTRACT

*This article presents the thermo-energetic evaluation of the envelope of vertical residential buildings in the city of Natal/RN, focusing on the influences of the primary characteristics. The following methodological procedures have been adopted: i) bibliographic research about the subject matter; ii) documental research performed on real estate developer companies; iii) collection of data regarding 22 (twenty-two) buildings developed between 2005 and 2010; iv) elaboration of analysis models based on recurrent typological and constructive characteristics; and v) classification of the energy efficiency level of the analysis models' envelopes (labeling), using the prescriptive method of the Technical Regulation on the Quality Level of Energy Efficiency of Residential Building - RTQ-R (BRASIL, 2012). Based on the elaboration of analysis models, it was possible to create a current profile of the vertical residential buildings' universe in Natal. The analysis of studies about this typology, on its turn, led to the verification that there are no considerable differences between the projectual choices for this kind of building, despite the Brazilian climatic diversity: the predominant solutions turn out to be the copy of the ones for the South and Southeast of Brazil. From the labeling of the analysis models, it was identified that the local buildings were inadequate due to the low thermo-energetic performance of its envelopes. Based on the qualitative analysis of the results, it was possible to identify the typologies with better performance in*

*accordance with the prescriptive method of RTQ-R. Some of these solutions, however, have shown contradictions in relation to the main recommendations of theoretical approaches about the environmental comfort related to this climate. This research's results indicate the need for revision and enhancement of the RTQ-R prescriptive method, besides the urgent need to develop and stimulate the adoption of solutions adapted to the climate and local construction culture.*

**Keywords:** *Energetic efficiency, RTQ-R, vertical residential buildings.*

## **1 INTRODUÇÃO**

Com o advento da energia elétrica e o desenvolvimento de novas tecnologias a partir do final do século XIX, a envoltória do edifício perdeu sua função de regulador térmico, passando-a aos sistemas artificiais de condicionamento térmico e iluminação. Assim, o arquiteto deixou de utilizar o clima local a seu favor, o que resultou em enormes prejuízos econômicos e ambientais. A produção de energia necessária para suprir as novas demandas passou a ser a causa de grande parte dos problemas ecológicos atuais.

Hoje, a busca pelo conforto ambiental associado à necessidade de economizar energia impõe a adoção de estratégias projetuais eficientes. Estas estratégias devem possuir estreita relação com o clima local e ser definidas na fase do projeto, pois é nesta etapa que as soluções são adotadas e os materiais e técnicas especificados. De acordo com Carvalho e Sposto (2014), o projeto “é o elemento indutor da racionalização da construção, da qualidade do produto final e da sua sustentabilidade”.

Os instrumentos legais votados para o desempenho energético em edificações são essenciais para a consolidação destas estratégias. Eles podem existir na forma de códigos, tais como guias, normas, leis, protocolos, recomendações e regulamentos ou na forma de certificações ou sistemas de etiquetagem (SANTOS & SOUZA, 2008).

No Brasil, o desenvolvimento destes instrumentos foi impulsionado pela crise energética de 2001, que levou à promulgação da Lei nº 10.295 de 2001, que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e do Decreto 4.059 de 2001 que a regulamenta. Esta legislação alavancou uma série de iniciativas, entre elas, o lançamento do Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C) e do Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Residenciais (BRASIL, 2010) através do Programa Nacional de Eficiência Energética em Edificações (Procel-Edifica), lançado pela Eletrobrás/Procel.

Este artigo apresenta os resultados obtidos na dissertação de mestrado desenvolvida por Matos (2012), cujo objetivo foi analisar a tendência de desempenho de características tipológicas na classificação do nível de eficiência energética da envoltória de edifícios residenciais verticais localizados em Natal/RN, segundo o método prescritivo do Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Residenciais (RTQ-R).

## **2 MÉTODO PRESCRITIVO DO RTQ-R**

O RTQ-R, assim como o RTQ-C, apresenta parâmetros e métodos para a classificação de edificações quanto ao nível de eficiência energética e para a obtenção da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE). No RTQ-R a ENCE pode ser obtida para: a) unidades habitacionais autônomas (UHs) ou edificações unifamiliares; b) edificações multifamiliares; e c) áreas de uso comum de edificações multifamiliares ou de condomínios residenciais. As figuras 1 a 3 apresenta exemplos de ENCEs.

Nas unidades habitacionais autônomas e edificações unifamiliares a classificação se baseia na avaliação do desempenho térmico da envoltória e na eficiência do sistema de aquecimento de água, podendo a pontuação final ser acrescida de bonificações. As edificações multifamiliares são classificadas a partir da ponderação da avaliação de suas unidades habitacionais autônomas constituintes. O RTQ-R estabelece, para edificações multifamiliares como pré-requisito geral para os níveis A ou B, a medição individualizada de eletricidade e da água das unidades habitacionais autônomas, exceto em edificações construídas antes da publicação do regulamento.

O RTQ-R apresenta dois métodos de classificação: o método prescritivo e o método de simulação computacional. No método prescritivo, o desempenho da UH é determinado a partir da pontuação total obtida através de uma equação matemática que relaciona o desempenho termo-energético da envoltória ao desempenho do sistema de aquecimento de água, podendo incluir bonificações.

O desempenho da envoltória, indicado pela variável *EqNumEnv*, se relaciona à avaliação do projeto arquitetônico e seu rebatimento no desempenho térmico da edificação. Esta variável é estabelecida a partir da ponderação dos *EqNumEnvAmb* (equivalente numérico da envoltória de cada ambiente de permanência prolongada) por suas respectivas áreas úteis. O *EqNumEnvAmb* para as zonas bioclimáticas 5 e 8 é estabelecido a partir do cálculo do indicador de graus-hora de resfriamento (GHR), através de uma equação específica para estas regiões. Observa-se que não é considerado o consumo energético para aquecimento nestas zonas. O método prescritivo também estipula pré-requisitos que devem ser atendidos por ambiente e seu não atendimento implica na classificação “E” da unidade habitacional autônoma. Os pré-requisitos relacionados à envoltória são definidos por Zona Bioclimática (ABNT, 2005) e se referem às transmitâncias e absorptâncias térmicas das paredes externas e coberturas, e às condições das aberturas para ventilação e iluminação naturais.

### **3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

O método utilizado se divide em quatro etapas principais: a) seleção de edifícios estudados; b) levantamento de características tipológicas e construtivas; c) formulação de modelos de análise; e d) diagnóstico e análise qualitativa.

#### **3.1 Seleção de edifícios estudados**

Com base na quantidade de empreendimentos lançados por ano entre 2005 e 2010, foram identificadas as empresas construtoras que mais se destacaram no setor residencial de Natal/RN. Foram, então, selecionados 22 edifícios residenciais construídos neste período em função da disponibilidade destas empresas em fornecer o material necessário à coleta de dados.

#### **3.2 Levantamento de características tipológicas e construtivas**

De acordo com Carlo (2008), os parâmetros relacionados à eficiência energética em edificações podem ser classificados em dois grupos: as características primárias, referentes à forma, às dimensões, ao tipo de condicionamento de ar, às cargas internas e ao padrão de uso; e as características secundárias, que se relacionam às características construtivas como a absorptância solar, a transmitância e a capacidade térmica das superfícies, o coeficiente de sombreamento e o fator solar dos elementos translúcidos.

As características primárias levantadas se referem, portanto, à forma, as dimensões e o número e distribuição em planta dos ambientes na unidade habitacional e das unidades

habitacionais no pavimento tipo. A partir destas foram identificadas tipologias predominantes na amostra de edifícios estudada. As características secundárias, por sua vez, têm como enfoque os aspectos construtivos da envoltória destes. Estes dados foram coletados através da pesquisa documental, que incluiu projetos arquitetônicos, memoriais descritivos e materiais publicitários disponibilizados pelas construtoras. Foram realizadas, ainda, medições *in loco* e entrevistas com os projetistas.

### **3.3 Formulação dos modelos de análise**

Os modelos de análise consistem em protótipos virtuais de pavimentos tipo representativos das tipologias formais identificadas. Foram atribuídos os mesmos valores às variáveis relacionadas às características construtivas em todos os modelos, tendo em vista que se buscou investigar apenas a influência das variáveis primárias no desempenho da envoltória destes modelos.

### **3.4 Diagnóstico e análise qualitativas**

Os modelos de análise foram submetidos ao método prescritivo do RTQ-R. Foi utilizada a planilha desenvolvida pelo Laboratório de Eficiência Energética em Edificações da Universidade Federal de Santa Catarina (LabEEE/UFSC) como ferramenta de auxílio. Desta forma foram identificadas quais tipologias apresentavam melhor desempenho segundo esta metodologia. Posteriormente foram propostas algumas modificações nos modelos de forma a identificar possíveis melhorias.

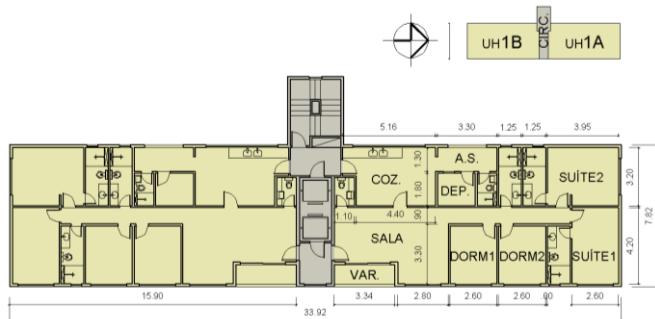
## **4 ANÁLISE DE RESULTADOS**

Foram elaborados seis modelos de análise. Os modelos 1, 3 e 5 possuem, respectivamente, 2, 3 e 4 UHs por pavimento e formato retangular alongado. Os modelos 2, 4 e 6 também possuem 2, 3 e 4 UHs, mas possuem forma mais compacta aproximada do quadrado. O programa de necessidades foi determinado através da análise estatística dos edifícios levantados (Figuras 4 a 9).

Foi observado que os edifícios construídos em Natal seguem modelos adotados para outros climas, apresentando características divergentes das recomendações projetuais para o clima quente e úmido. Assim, predominam as tipologias formais compactas e orientadas para o Leste, em detrimento ao que aponta a maioria dos autores estudados, além da utilização de grandes janelas envidraçadas sem proteção solar.

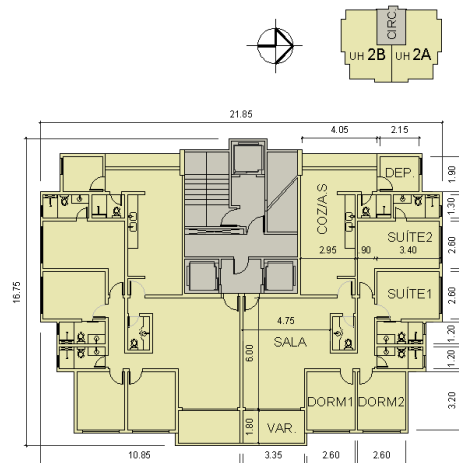
Os modelos com forma retangular alongada permitem a orientação favorável de todas as unidades habitacionais em relação à insolação e à ventilação natural. Por outro lado, possuem alto percentual de área de parede externa. Os modelos mais compactos, por sua vez, possuem menos área de parede externa, mas implica em unidades habitacionais voltadas para direções opostas, impedindo que todas sejam orientadas da forma mais favorável.

**Figura 4 – Modelos de análise 1**



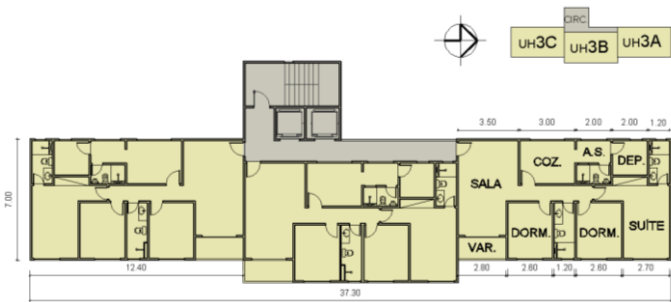
Fonte: MATOS (2012).

**Figura 5 – Modelos de análise 2**



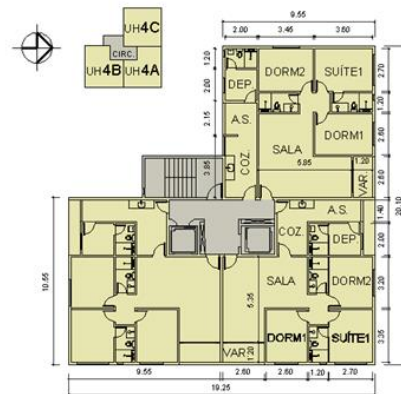
Fonte: MATOS (2012).

**Figura 6 – Modelos de análise 3**



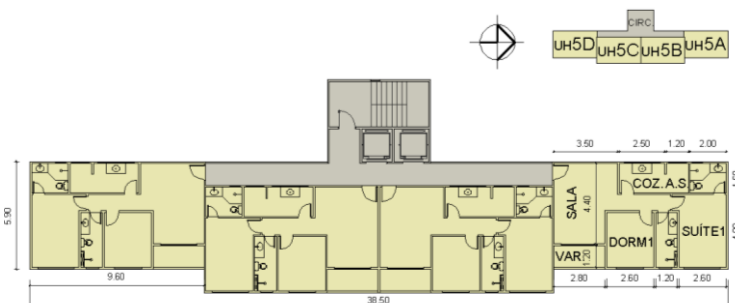
Fonte: MATOS (2012).

**Figura 7 – Modelos de análise 4**



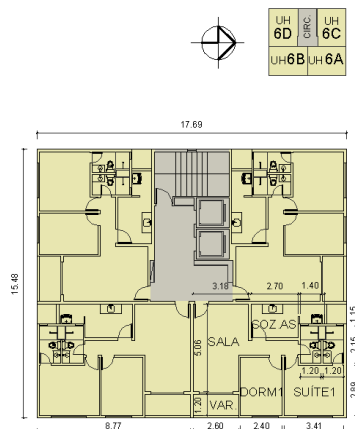
Fonte: MATOS (2012).

**Figura 8 – Modelos de análise 5**



Fonte: MATOS (2012).

**Figura 9 – Modelos de análise 6**



Fonte: MATOS (2012).

Em todos os modelos o binário Pil foi considerado nulo. Para a transmitância térmica e a absorvância das paredes adotada foram adotados os valores 2,43 W/m<sup>2</sup>K e 0,2 (adimensional). A capacidade térmica das paredes foi de 200 kJ/m<sup>2</sup>K e das coberturas

nula (pois não há contato desta com o exterior). Foi adotado  $2W/m^2K$  para a transmitância da cobertura e 0,2 para a absorvância. O fator de ventilação adotado foi de 0,5 e o percentual de abertura e de sombreamento de 45% (BRASIL, 2010b). Estes valores correspondem aos materiais predominantemente identificados nos edifícios levantados.

Para efeito de cálculo foram considerados atendidos todos os pré-requisitos estabelecidos pelo RTQ-R. Adotou-se a orientação Leste, tendo em vista que esta foi verificada na maioria dos edifícios estudados (O RTQ-R considera apenas as orientações Norte, Sul, Leste e Oeste). Foi então calculado o GHR para cada ambiente de permanência prolongada de cada modelo de análise. A Tabela 4 apresenta, como exemplo, os valores de GHR obtidos para o modelo 2 e seus respectivos equivalentes numéricos, verificados na Tabela 3. O quadro 1, por sua vez, compara os valores de EqNumEnvAmb obtidos para os ambientes em todos os modelos de análise, bem como os EqNumEnv obtidos para a suas respectivas UHs.

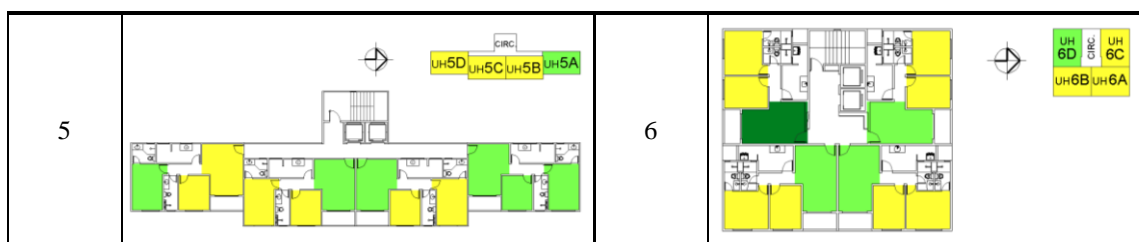
**Tabela 4 – GHR e EqNumEnvAmb por ambiente da UH2A e UH2B**

Ambiente	UH2A		UH2B		Imagem
	GHR (°C.h)	EqNum EnvAmb	GHR (°C.h)	EqNum EnvAmb	
Sala	5311	4	5311	4	
Quarto 1	6356	4	8825	3	
Quarto 2	8430	3	6586	4	
Suíte 1	10565	3	8824	3	
Suíte 2	9177	3	7436	4	
Q. de serviço	12780	2	13883	2	

Fonte: MATOS (2012).

**Quadro 1 – Comparação entre os desempenhos dos modelos de análise.**

Modelo	Classificação	Modelo	Classificação
1		2	
3		4	



Fonte: MATOS (2012).

Com base nos resultados obtidos, concluiu-se que a forma e a orientação do pavimento, o número e a orientação das paredes externas e aberturas, bem como o sombreamento destas e a distribuição espacial dos ambientes na planta do apartamento são características com grande influência sobre o desempenho da envoltória das unidades habitacionais e também com considerável potencial de melhoramento. Percebeu-se também que detalhes como o número de paredes externas, a princípio considerados irrelevantes, podem comprometer a classificação no método prescritivo.

Observa-se que, como o número de paredes externas teve grande influência nestes resultados, e está diretamente relacionado à compacidade do pavimento, do ponto de vista do RTQ-R, os modelos mais compactos são mais passíveis de obtenção de classificações mais altas do que os modelos mais alongados, em detrimento das principais recomendações para o clima quente e úmido de acordo com os diversos autores estudados (PEDRINI E LAMBERTS, 2003).

Mesmo que alguns destes autores afirmem que uma envoltória bem planejada pode tornar edifícios compactos adequados ao clima em questão, aponta-se para a possibilidade de que, ao considerar praticamente apenas o número de paredes externas no ambiente, sem levar em conta a sua área, o regulamento pode vir a estimular esta solução que, do ponto de vista da ventilação natural, compromete parte das unidades habitacionais, já que as tipologias alongadas tendem a apresentar maior número de paredes externa.

Por outro lado, algumas estratégias precisam ser melhor enfatizadas, como a priorização da orientação Sul e Sudeste em detrimento à orientação Leste, mais utilizada em Natal, e a promoção do uso do sombreamento nas aberturas, tendo em vista que numa cidade com altos índices de insolação, não cabe a construção de edifícios com grandes aberturas envidraçadas sem proteções solares, conforme indicaram os resultados das análises da envoltória. Estas soluções são, a priori, direcionadas para o incremento da eficiência energética e do conforto ambiental dos usuários. No entanto, foram identificadas algumas peculiaridades nos resultados fornecidos pelo método prescritivo que, consideradas limitações ou não, podem ser trabalhadas para a obtenção de níveis mais altos de eficiência.

Um exemplo é a forma como a equação responde ao número de paredes externas. Independentemente da área que esta parede ocupe, o nível de eficiência do ambiente avaliado diminui. Assim, mesmo que na prática a existência de uma parede externa de dimensões muito reduzidas não provoque nenhum impacto no desempenho do ambiente, a eliminação desta parede pode melhorar consideravelmente a sua classificação na aplicação do método prescritivo.

Considerando estas questões, foram propostas as seguintes modificações nos modelos de análise, com vistas à obtenção de níveis mais altos de eficiência da envoltória dos ambientes de permanência prolongada através do método prescritivo do RTQ-R:

- Orientação da fachada principal do edifício preferivelmente para o Sul e Sudeste, com o devido sombreamento;
- Redistribuição de ambientes na planta baixa para minimizar o número de paredes externas nos ambientes de permanência prolongada;
- Utilização de dispositivos de proteção solar nas aberturas em atendimento às exigências de sombreamento para cada orientação;
- Utilização consciente de recuos e saliências no perímetro do pavimento para que se tome partido do sombreamento vertical, sem implicar no aumento de paredes externas nos ambientes de permanência prolongada;
- Adoção de aberturas maiores nas tipologias que não atenderam aos pré-requisitos de ventilação e iluminação natural do método prescritivo do RTQ-R;
- Utilização de uma segunda abertura em ambientes de permanência prolongada com mais de uma parede externa, contanto que não esteja voltada para o Oeste.

A adoção de uma ou mais medidas citadas foi suficiente para mitigar os problemas identificados na fase de diagnóstico e resultou no aumento da classificação em um ou dois níveis nos ambientes. Assim, grande parte das unidades habitacionais, que haviam obtido classificação C da forma como os modelos de análise haviam sido elaborados, passou para o nível B. Em um número menor, mas considerável, algumas atingiram o nível A.

## 5 CONCLUSÕES OU CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considera-se que os resultados finais apresentaram abordagens que podem contribuir para revisões da equação. Como as variáveis que apresentaram inconsistências são importantes em projetos localizados na zona bioclimática em questão, certamente merecem uma revisão.

Apesar das limitações apontadas, a implementação do RTQ-R, através do estabelecimento de níveis mínimos de eficiência energética, deverá, em médio e longo prazo, contribuir para retirar do mercado edifícios residenciais energeticamente ineficientes e promover a construção de edificações adequadas às especificidades climáticas regionais. Quando o regulamento tiver aplicação compulsória, o avanço tecnológico necessário para atender às suas determinações deverá promover o desenvolvimento de pesquisas direcionadas para o tema, bem como transformações no mercado.

## REFERÊNCIAS

BRASIL. Lei 10.295, de 17.out.01 – “Lei de Eficiência Energética”. Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e dá outras providências. D.O.U., Brasília, DF, 18.out.2001a.

BRASIL. INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia. Regulamento Técnico da Qualidade para o nível de eficiência energética de Edificações Residenciais – RTQ-R. Rio de Janeiro, 2012.

CARLO, J. C. **Desenvolvimento de Metodologia de Avaliação da Eficiência Energética do Envoltório de Edificações Não- Residenciais**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, 2008.



CARVALHO, M. T. M.; SPOSTO, R. M.. **Metodologia para avaliação da sustentabilidade de habitações de interesse social com foco no projeto**. Revista Ambiente Construído. Porto Alegre, v. 12, n. 1, p. 207-225, jan./mar. 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ac/v12n1/v12n1a14.pdf>. Acesso em 09 mar. 2014.

MATOS, J. M.; **Análise da Envoltória à Luz do Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R) em Tipologias Verticais no Município de Natal/RN**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2012.

PEDRINI, A.; LAMBERTS, R. **Influência do tamanho e forma sobre o consumo de energia de edificações de escritório em clima quente**. In: VII Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído. Anais... Curitiba: ANTAC, 2003. pp. 209-216

SANTOS, I. G.; SOUZA, R. V. G. **Revisão de regulamentações em eficiência energética: uma atualização das últimas décadas**. Revista Forum Patrimônio. UFMG. 2008. Disponível em: [http://www.forumpatrimonio.com.br/view\\_abstract.php?articleID=109&modo=1](http://www.forumpatrimonio.com.br/view_abstract.php?articleID=109&modo=1). Acesso em agosto 04 mar. 2014.