



TEIXO TEMÁTICO:

- | | | |
|---|---|--|
| ☒ Ambiente e Sustentabilidade | ☐ Crítica, Documentação e Reflexão | ☐ Espaço Público e Cidadania |
| ☐ Habitação e Direito à Cidade | ☐ Infraestrutura e Mobilidade | ☐ Novos processos e novas tecnologias |
| ☐ Patrimônio, Cultura e Identidade | | |

Eficiência energética de edificações residenciais em Brasília: uma análise comparativa com o RTQ-R

Energy efficiency of residential buildings in Brasilia: a comparative analysis with RTQ-R

*La eficiencia energética de los edificios residenciales en Brasilia: un análisis
comparativo con la RTQ-R*

MEIRA, Ana Ceres Belmont Sabino (1)

(1) Mestranda, Universidade de Brasília, UnB, PPG em Arquitetura e Urbanismo, Brasília, DF, Brasil;
email: polina@ufsp.edu.br

Eficiência energética de edificações residenciais em Brasília: uma análise comparativa com o RTQ-R

Energy efficiency of residential buildings in Brasilia: a comparative analysis with RTQ-R

*La eficiencia energética de los edificios residenciales en Brasilia: un análisis
comparativo con la RTQ-R*

RESUMO

A eficiência energética é uma das estratégias para mitigar os problemas ambientais no mundo. No Brasil, após a crise energética de 2001 surgiu a necessidade de elaboração de projetos arquitetônicos e tecnologias energeticamente eficientes para o setor residencial, sem comprometer a qualidade de vida de seus usuários. A etiquetagem do nível de eficiência energética de edifícios residenciais foi criada através do Regulamento Técnico da Qualidade para Edifícios Residenciais (RTQ-R). Este trabalho tem como objetivo analisar comparativamente, no contexto da cidade de Brasília, o nível de eficiência energética de edificações residenciais construídas em épocas diferentes (edifícios construídos nos anos 1960 até fins de 1970 e de 1980 até 2004). O método de avaliação utilizado para obtenção da classificação do nível de eficiência energética foi o prescritivo, apresentado pelo RTQ-R através da avaliação da envoltória. Através da comparação entre os cenários foi possível verificar que, com base nos requisitos propostos pelo RTQ-R, os edifícios construídos de 1980 até 2004 atingiram nível de eficiência superior aos construídos na década de 60 até fins da década de 70.

PALAVRAS-CHAVE: arquitetura residencial, eficiência energética, RTQ-R, Brasília

ABSTRACT

Energy efficiency is one of the strategies to mitigate environmental problems in the world. In Brazil, after the 2001 energy crisis the need for prepare of architectural designs and energy efficient technologies for the residential sector has emerged, without compromising the quality of life of its members. The labeling of the energy efficiency level of residential buildings was created through the Technical Quality Regulations for Residential Buildings (RTQ-R). This work aims to analyze comparatively in the context of the Brasilia city, the energy efficiency level of residential buildings constructed at different times (buildings built in the 1960 to the end of 1970 and 1980 until 2004). The valuation method used to obtain the classification of the energy efficiency level was the prescriptive submitted by RTQ-R by envelope evaluating. By comparing the scenarios we found that, based on the requirements proposed by RTQ-R, buildings constructed from 1980 to 2004 reached the efficiency superior level to build in the 60s until the late 70s.

KEY-WORDS: residential architecture, energy efficiency, RTQ-R, Brasilia

RESUMEN

La eficiencia energética es una de las estrategias para mitigar los problemas ambientales en el mundo. En Brasil, después de la crisis de la energía 2001 ha surgido la necesidad de preparación de los diseños arquitectónicos y tecnologías de eficiencia energética para el sector residencial, sin comprometer la calidad de vida de sus miembros. El etiquetado de los niveles de eficiencia energética de los edificios residenciales se creó a través de las Normas de Calidad Técnicas de Edificios Residenciales (RTQ-R). Este trabajo tiene como objetivo analizar comparativamente en el contexto de la ciudad de Brasília, el nivel de eficiencia energética de edificios de viviendas construidos en diferentes épocas (edificios construidos en los años 60 a finales de 1980 y 70 en 2004). El método de valoración utilizado para obtener la clasificación del nivel de eficiencia de la energía fue el preceptivo presentado por RTQ -R mediante la evaluación de la envolvente. Mediante la comparación de los escenarios, se encontró que, en base a los requerimientos propuestos por RTQ-R, los edificios construidos desde 1980 hasta 2004 alcanzaron el nivel de eficiencia superior a la construida en los años 60 hasta finales de los años 70.

PALABRAS-CLAVE: arquitectura residencial, la eficiencia energética, RTQ -R , Brasilia

1 INTRODUÇÃO

A crise energética de meados da década de 1970 levou o mundo ao questionamento quanto à escassez dos recursos naturais e necessidade da utilização racional de energia buscando eliminar os desperdícios, com o máximo desempenho e o menor custo possível. A maioria dos países tem adotado políticas para reduzir o consumo de energia nas edificações. Essas políticas podem ser agrupadas em três categorias: medidas de incentivo econômico, programas informativos e legislações regulatórias. No Brasil, uma ação bastante difundida tem sido o Programa Brasileiro de Etiquetagem, coordenado pelo INMETRO, que fornece informações ao consumidor quanto ao desempenho energético de equipamentos e edificações, tipicamente com ênfase em eletricidade¹. A etiquetagem energética de edifícios é uma tendência mundial, já adotada por diversos países e em desenvolvimento em outros. No Brasil, a regulamentação para etiquetagem de nível de eficiência de edifícios especifica os requisitos técnicos, bem como os métodos para classificação de edificações quanto à eficiência energética, sendo de caráter voluntário, com previsão de passar a ter caráter obrigatório. Já existe uma regulamentação para edifícios comerciais, de serviços e públicos (BRASIL, 2009), e, mais recentemente, residenciais (BRASIL, 2010).

É importante, neste contexto, reconhecer o papel de uma arquitetura eficiente para a redução do consumo energético. De fato, as preocupações com a correta orientação, forma do edifício e tratamento de fachadas, além da distribuição interna dos ambientes, permitindo adequada ventilação e iluminação naturais, levam a um bom desempenho energético. Historicamente, a arquitetura modernista brasileira sempre teve essas preocupações, tanto em edificações públicas quanto residenciais. No entanto, esta arquitetura, especialmente a residencial, como pode ser observado em Brasília, tem, no período mais recente, sofrido essas alterações sem que haja uma avaliação das consequências energéticas disto. O objetivo deste trabalho foi analisar comparativamente o nível de eficiência energética de edificações residenciais de diferentes épocas, na cidade de Brasília, através da aplicação do Regulamento Técnico da Qualidade de Eficiência Energética (RTQ-R), analisando a influência das variáveis arquitetônicas em seu desempenho.

2 A QUESTÃO ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES

No mundo, a preocupação com a gestão do consumo de energia só veio à tona após o primeiro choque de preços do petróleo. Antes de 1973, os países industrializados não tinham nenhuma medida regulatória e/ou financeira que sinalizasse preocupação com a racionalização do consumo energético.

Deste modo, no final dos anos 1970, as crises de abastecimento obrigaram a uma nova postura em relação ao uso racional da energia elétrica, com a busca de novas fontes renováveis, eficiência no uso e diminuição do desperdício. A maioria dos países desenvolvidos, em especial os europeus, introduziu, então, algum tipo de regulamentação energética para os setores residencial e comercial (LIU; MAYER; HOGAN, 2010).

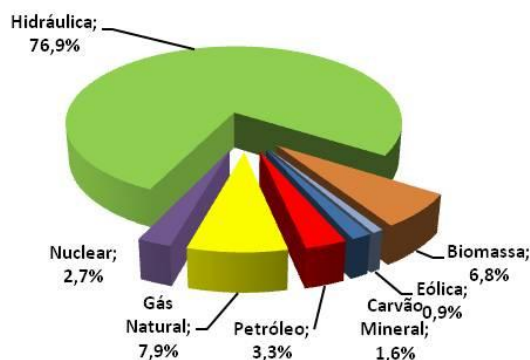
¹ Hoje tem 38 programas, em diferentes níveis de implementação. Algumas categorias são avaliadas há mais de 20 anos, como refrigeradores e condicionadores de ar. Outros são mais recentes, como lavadoras, fogões e fornos a gás, aquecedores a gás, coletores solares, lâmpadas, televisores, chuveiros elétricos e ventiladores de teto. Novos programas estão em pleno funcionamento: veículo leves, transformadores, sistemas fotovoltaicos, ventiladores de mesa e também edificações (comerciais, públicas e residenciais).

De acordo com dados relativos ao perfil de consumo setorial de energia elétrica no Brasil em 2012, no setor residencial o consumo de energia elétrica chegou a 23,6% do total nacional, enquanto que os setores comercial e público corresponderam a 16,0% e 8,0%, respectivamente (EPE, 2013). Esses setores vêm sendo alvo de políticas públicas visando a promoção da melhoria da eficiência energética e a redução do elevado consumo, políticas essas que não têm sido aplicadas ao setor industrial, responsável pelo maior consumo (42,1%). Essa aparente contradição pode ser explicada pela elevada diversidade e especificidade desse setor.

CONTEXTO DA ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL

A matriz energética brasileira (EPE, 2013), energia ofertada à sociedade para produzir bens e serviços, é uma das mais limpas do mundo, com 42,4% da oferta interna de energia oriunda de fontes renováveis, sendo a de origem hidráulica de 76,9% (Figura 1).

Figura 1 – Oferta interna de energia elétrica no Brasil



O consumo de energia elétrica em 2012 foi de 498TWh, sendo liderado pelos segmentos industrial (209TWh) e residencial (117TWh), evidenciando a necessidade de intervenção nesses segmentos através de medidas de eficiência energética (EPE, 2013).

POLÍTICA BRASILEIRA PARA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFICAÇÕES

O Brasil possui, desde 1985, programas de eficiência energética reconhecidos internacionalmente; dentre eles está o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) que foi criado pela Portaria interministerial nº 1.877, de 1985, com o objetivo de “racionalizar o uso de energia elétrica e, como decorrência de maior eficiência, proporcionar um mesmo produto ou serviço com menor consumo, eliminando desperdícios e assegurando redução global de custos e de investimentos em novas instalações do sistema elétrico”. Com isso, estima-se que o custo médio do programa de conservação será de 25% a 30% mais barato do que o custo marginal da expansão da matriz energética (CABRAL, 2006).

A primeira iniciativa no âmbito da legislação para promover a eficiência energética no país surgiu como consequência da crise de energia de 2001, quando foi sancionada a Lei nº 10.295, de 17 de outubro de 2001, que “dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia” (BRASIL, 2001a). Essa lei foi regulamentada pelo Decreto nº 4.059 de 19 de dezembro de 2001 (BRASIL, 2001b) o qual estabeleceu “níveis máximos de consumo de energia, ou mínimos de eficiência energética, de máquinas e aparelhos consumidores de



energia fabricados ou comercializados no País, bem como as edificações construídas” (BRASIL, 2001b).

3 O CONTEXTO DE BRASÍLIA

Brasília foi criada seguindo os preceitos da Carta de Atenas, documento redigido no Congresso Internacional de Arquitetura Moderna por Le Corbusier, em 1933, que ressalta o zoneamento seletivo segundo uma divisão de áreas em quatro funções: circular, habitar, recrear e trabalhar (NUNES, 2010).

O projeto de Lúcio Costa para a nova capital federal teve como ponto de partida “dois eixos cruzando-se em ângulo reto” (COSTA, 1987). O Plano Piloto é cortado de Norte a Sul pelo chamado “Eixão”, que tem função circulatória-tronco, com pistas centrais de alta velocidade, e, de Leste a Oeste, pelo chamado “Eixo Monumental”, que recebeu o centro cívico e administrativo, o setor cultural, o centro comercial e de diversões e o setor administrativo municipal.

Nos primeiros 20 anos (de 1960 até fins de 1970) a arquitetura produzida em Brasília seguiu os princípios do Movimento Moderno, especialmente do Racionalismo Carioca e do Brutalismo Paulista (FISCHER, 2000), sendo típicos dessa época edifícios com janelas corridas na fachada principal, presença do quebra-sol, empenas cegas e vedação por cobogós na fachada secundária ocultando as áreas de serviço. Pode ser observado que, nessa época, houve uma grande repetição de projetos, resultando, por vezes, em edifícios mal implantados, inclusive no que diz respeito à orientação solar.

Como consequência das transformações arquitetônicas e do aumento da atividade no campo imobiliário, a partir da década de 1980 os edifícios residenciais passaram a apresentar outras características. Os blocos residenciais de Brasília aumentaram em suas dimensões e ficaram superpovoados. Eles ficaram 6m mais largos, 5m mais altos e com 2.360 moradores a mais do que o planejado em 1960. A largura aumentou por conta das varandas e das áreas de compensação – espaços perdidos com elevadores e escadas. Foram construídas garagens sob os pilotis e ocupadas as coberturas, que em alguns blocos mais parecem um sétimo andar, contribuindo para o alongamento da edificação (LEITÃO, 2009).

4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A coleta de dados, baseada na técnica de observação direta intensiva (LAKATOS; MARCONI, 2007), partiu do levantamento de informações dos projetos e memoriais. O método de avaliação utilizado para obtenção da classificação do nível de eficiência energética da envoltória foi o prescritivo, apresentado pelo RTQ-R (BRASIL, 2012), o qual descreve a metodologia que deverá ser adotada para a classificação do nível de eficiência da envoltória.

A classificação da envoltória foi elaborada em três etapas. Inicialmente foi verificado o atendimento aos pré-requisitos da envoltória, em seguida foram levantados os requisitos específicos do regulamento e, por fim, o nível de eficiência energética da envoltória foi obtido através dos cálculos, conforme as equações e as tabelas apresentadas no regulamento.

Para a análise comparativa do nível de eficiência energética de edificações residenciais no contexto da cidade de Brasília, foram escolhidas duas edificações, uma representativa do

período de 1960 até fins de 1970 e a outra representativa do período de 1980 até 2004, conforme a caracterização feita por Flores (2004) e Amorim e Flores (2005) em estudo abrangente envolvendo 117 quadras e um total de 1.392 edifícios.

As edificações representativas dos dois referidos períodos apresentaram em comum o formato regular, com um total de 8 (oito) pavimentos, sendo um subsolo, um térreo e seis pavimentos tipo, além da fachada principal voltada para o leste e a divisão interna de cada unidade habitacional com igual disposição, mas com áreas diferentes.

O edifício representativo dos anos 1960 até fins de 1970 está localizado na Superquadra 111 – Bloco I, do Setor Sul (SQS 111 I) apresentando 4 unidades habitacionais de 102,96m² por pavimento-tipo, enquanto que o edifício representativo do período subsequente está localizado na Superquadra 216 – Bloco CD do Setor Sul (SQS 216 CD) com 12 unidades habitacionais de 179,36m² por pavimento-tipo. Neste edifício as aberturas de todos os ambientes de permanência prolongada dispõem de proteção solar externa, enquanto que no edifício do período anterior esse sombreamento ocorre somente na suíte.

Cada unidade habitacional, de ambas as edificações, é constituída por uma sala, uma suíte, um closet, dois quartos, um WC social, uma copa-cozinha, uma área de serviço, um depósito e um WC de serviço, mas na última delas foi acrescentada uma varanda na sala.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

EDIFÍCIO REPRESENTATIVO DOS CONSTRUÍDOS NOS ANOS DE 1960 ATÉ FINS DE 1970

Conforme o resumido na Tabela 1, em todos os ambientes de permanência prolongada os pré-requisitos da envoltória foram atendidos, ou seja, os limites estabelecidos para a Zona Bioclimática 4 não foram ultrapassados.

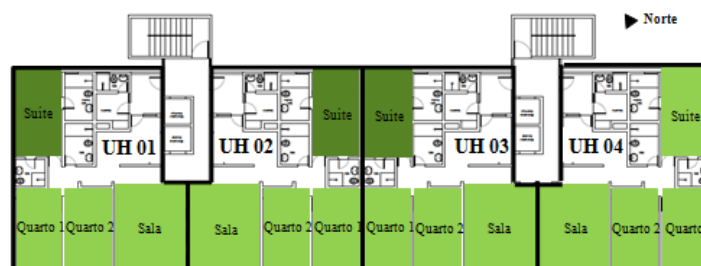
Tabela 1 – Resumo dos pré-requisitos quanto ao atendimento dos valores estabelecidos pelo RTQ-R, para o edifício situado na SQS 111 I

1. Pré-requisitos Transmitância térmica (U); em [W/(m²K)], Capacidade térmica (CT); em [kJ/(m²K)] e absorptância solar (α); adimensional							
	Calculado	Limite para ZB4	Atende ?		Calculado	Limite para ZB4	Atende ?
Paredes	α = 0,73	Para α > 0,60		Coberta	α = 0,40	Para α ≤ 0,60	
	U = 2,24	U ≤ 2,50	Sim		U = 1,99	U ≤ 2,30	Sim
	CT = 167	CT ≥ 130	Sim		CT = 451	CT = Sem exigência	Sim
2. Pré-requisito Ventilação natural - % área mínima de abertura para ventilação							
% área mínima de abertura para ventilação (A)				Ventilação cruzada			
	Calculado (%)	Limite para ZB4 (%)	Atende ?		Calculado (%)	Limite para ZB4 (%)	Atende ?
Quarto 1	A =16,94	A ≥ 8,00	Sim	Proporção das aberturas	A1/A2 = 0,62	A1/A2 ≥ 0,25	Sim
Quarto 2	A =16,94		Sim				
Suíte	A = 20,26		Sim				
Sala	A = 13,28		Sim				
3. Pré-requisito Iluminação natural							
	Calculado (m²)	Limite para ZB4 12,5% AU _{amb}		Atende ?			
Quarto 1	AI = 4,32	1,59		Sim			
Quarto 2	AI = 4,43	1,59		Sim			
Suíte	AI = 4,32	1,33		Sim			
Sala	AI = 6,56	3,09		Sim			

DETERMINAÇÃO DA EFICIÊNCIA DA ENVOLTÓRIA PELO MÉTODO PRESCRITIVO

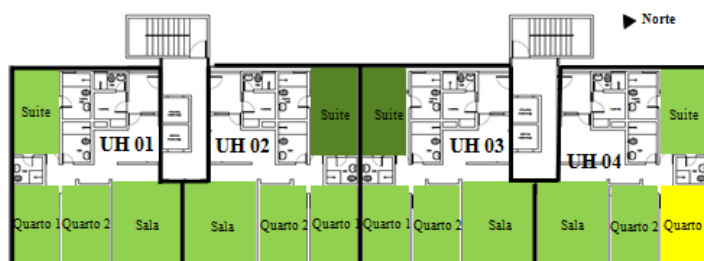
Conforme ilustrado na Figura 2, o Equivalente numérico da envoltória dos ambientes para resfriamento ($E_{qNumEnvAmb_{Resf}}$) foi predominantemente “4” (cor verde clara) nos ambientes de permanência prolongada das unidades habitacionais, com exceção das suítes das UH 01, 02 e 03, que foi “5” (cor verde escura).

Figura 2 – Equivalente numérico da envoltória de resfriamento para os ambientes das unidades habitacionais do 1º pavimento do Edifício 111 I da SQS



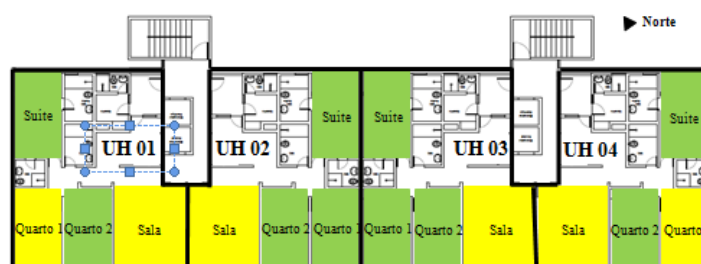
Do 2º ao 5º pavimento (Figura 3), o $E_{qNumEnvAmb_{Resf}}$ no quarto 1 da UH 04 foi “3” (cor amarela), nas suítes das UH 02 e 03 foi “5” (cor verde escura) e nos demais ambientes de permanência prolongada “4” (cor verde clara).

Figura 3 – Equivalente numérico da envoltória de resfriamento para os ambientes das unidades habitacionais do 2º ao 5º pavimento do Edifício 111 I da SQS



No 6º pavimento (Figura 4) as salas de todas as UH e os quartos 1 das UH 01 e 04 o $E_{qNumEnvAmb_{Resf}}$ foi “3” (cor amarela) e, nos demais ambientes o $E_{qNumEnvAmb_{Resf}}$ foi “4” (cor verde clara).

Figura 4 – Equivalente numérico da envoltória de resfriamento para os ambientes das unidades habitacionais do 6º pavimento do Edifício 111 I da SQS



Como pode ser observado, no 1º pavimento, foram verificados os melhores $E_{qNumEnvAmb_{Resf}}$ devido, provavelmente, a influência da circulação de ar no pilotis amenizando a carga térmica dos ambientes e no 6º pavimento, os $E_{qNumEnvAmb_{Resf}}$ foi o pior devido a influência da cobertura.

Já para o Equivalente numérico da envoltória dos ambientes para aquecimento ($E_{qNumEnvAmb_A}$) foi “5” em todos os ambientes de permanência prolongada de todos os pavimentos.

Em seguida foi calculados os equivalentes numéricos da envoltória para resfriamento e aquecimento ($E_{qNumEnv_{Resf}}$ e $E_{qNumEnv_A}$) de cada unidade habitacional através da ponderação dos equivalentes numéricos dos ambientes pela área útil dos mesmos.

Para obter o equivalente numérico da envoltória de cada unidade habitacional ($E_{qNumEnv}$) foi utilizada a equação específica para a Zona Bioclimática 4, descrita no RTQ-R.

Analisando a Tabela 2 verifica-se que em todas as unidades habitacionais o nível de eficiência energética foi “B” em todos os pavimentos.

Tabela 2 – Resultado do nível de eficiência das unidades habitacionais (UH) de todos os pavimentos (Pav) do edifício situado na SQS 111 I

Pav	UH	$0,68 \times E_{qNumEnv_{Resf}} + 0,32 \times E_{qNumEnv_A}$	$E_{qNumEnv}$	Nível de eficiência
1º	01	$0,68 \times 4,17 + 0,32 \times 5,00$	4,43	B
	02 a 03	$0,68 \times 4,17 + 0,32 \times 5,00$	4,43	B
	04	$0,68 \times 4,00 + 0,32 \times 5,00$	4,32	B
2º ao 5º	01	$0,68 \times 4,00 + 0,32 \times 5,00$	4,32	B
	02 a 03	$0,68 \times 4,17 + 0,32 \times 5,00$	4,43	B
	04	$0,68 \times 3,85 + 0,32 \times 5,00$	4,22	B
6º	01	$0,68 \times 3,32 + 0,32 \times 5,00$	3,86	B
	02 a 03	$0,68 \times 3,48 + 0,32 \times 5,00$	3,97	B
	04	$0,68 \times 3,32 + 0,32 \times 5,00$	3,86	B

Finalmente, ponderando o equivalente numérico de cada unidade habitacional pela sua respectiva área, foi verificado que o **edifício representativo dos construídos nos anos de 1960 até fins de 1970 atingiu o nível de eficiência “B”**.

EDIFÍCIO REPRESENTATIVO DOS CONSTRUIDOS NOS ANOS DE 1980 ATÉ 2004

Em todos os ambientes de permanência prolongada os pré-requisitos da envoltória foram atendidos, ou seja, os limites estabelecidos para a Zona Bioclimática 4 não foram ultrapassados (Tabela 3).

Tabela 3 – Resultado do nível de eficiência das unidades habitacionais (UH) de todos os pavimentos (Pav) do edifício situado na SQS 216CD

1. Pré-requisitos Transmitância térmica (U); em [W/(m²K)], Capacidade térmica (CT); em [kJ/(m²K)] e absorptância solar (α); adimensional							
	Calculado	Limite para ZB4	Atende ?		Calculado	Limite para ZB4	Atende ?
Paredes	α = 0,73	Para α > 0,60		Coberta	α = 0,40	Para α ≤ 0,60	
	U = 2,24	U ≤ 2,50	Sim		U = 1,99	U ≤ 2,30	Sim
	CT = 167	CT ≥ 130	Sim		CT = 451	CT = Sem exigência	Sim
2. Pré-requisito Ventilação natural - % área mínima de abertura para ventilação							
% área mínima de abertura para ventilação (A)				Ventilação cruzada			
	Calculado (%)	Limite para ZB4 (%)	Atende ?		Calculado (%)	Limite para ZB4 (%)	Atende ?
Quarto 1	A =11,80	A ≥ 8,00	Sim	Proporção das aberturas	A1/A2 = 0,28	A1/A2 ≥ 0,25	Sim
Quarto 2	A =11,80		Sim				
Suíte	A = 10,78		Sim				
Sala	A = 17,45		Sim				
3. Pré-requisito Iluminação natural							
	Calculado (m²)	Limite para ZB4 12,5% AU _{amb}			Atende ?		
Quarto 1	AI = 3,64	1,93			Sim		
Quarto 2	AI = 3,64	1,93			Sim		
Suíte	AI = 3,64	2,11			Sim		
Sala	AI = 18,34	6,57			Sim		

DETERMINAÇÃO DA EFICIÊNCIA DA ENVOLTÓRIA PELO MÉTODO PRESCRITIVO

Do 1º ao 5º o EqNumEnvAmb_{Resf} foi “5” (cor verde escura) na sala de todas as unidades habitacionais e “4” (cor verde clara) nos demais ambientes de permanência prolongada (Figuras 5).

Figura 5 – Equivalente numérico da envoltória de resfriamento para os ambientes das unidades habitacionais do 6º pavimento do Edifício 216 CD da SQS – 1º ao 5º Pavimento



Conforme ilustrado na Figura 6, o EqNumEnvAmb_{Resf} atingiu predominantemente “4” (cor verde clara) nos ambientes de permanência prolongada das unidades habitacionais, com exceção da suíte e do quarto 1 da UH 12, onde foi “3” (cor amarela).

Figura 6 – Equivalente numérico da envoltória de resfriamento para os ambientes das unidades habitacionais do 6º pavimento do Edifício 216 CD da SQS – 6º Pavimento



Por outro lado, o $E_{qNumEnvAmb_A}$ foi “5” em todos os ambientes de permanência prolongada de todos os pavimentos.

Pela ponderação dos $E_{qNumEnvAmb_{Resf}}$ e $E_{qNumEnvAmb_A}$ de cada UH pela respectiva área foram determinados os $E_{qNumEnv_{Resf}}$ e $E_{qNumEnv_A}$ e, utilizado a equação específica para a Zona Bioclimática 4, foi determinado o equivalente numérico da envoltória para a cada UH (Tabela 4).

Tabela 4 – Resultado do nível de eficiência das unidades habitacionais (UH) de todos os pavimentos (Pav) do edifício SQS 216 CD.

Pav	UH	$0,68 \times E_{qNumEnv_{Resf}} + 0,32 \times E_{qNumEnv_A}$	$E_{qNumEnv}$	Nível de eficiência
1º	01	$0,68 \times 4,52 + 0,32 \times 5,00$	4,68	A
	02 a 11	$0,68 \times 4,52 + 0,32 \times 5,00$	4,68	A
	12	$0,68 \times 4,52 + 0,32 \times 5,00$	4,68	A
2º ao 5º	01	$0,68 \times 4,52 + 0,32 \times 5,00$	4,68	A
	02 a 11	$0,68 \times 4,52 + 0,32 \times 5,00$	4,68	A
	12	$0,68 \times 4,52 + 0,32 \times 5,00$	4,68	A
6º	01	$0,68 \times 4,00 + 0,32 \times 5,00$	4,32	B
	02 a 11	$0,68 \times 4,00 + 0,32 \times 5,00$	4,32	B
	12	$0,68 \times 3,68 + 0,32 \times 5,00$	4,10	B

Como pode ser observado, das 72 unidades habitacionais, apenas as unidades habitacionais localizadas no 6º pavimento atingiu o nível de eficiência “B” (12 das 72 UH), enquanto nas demais o nível de eficiência foi “A” (60 das 72 UH).

Finalmente, ponderando o equivalente numérico de cada unidade habitacional pela sua área o **edifício representativo dos construídos nos anos de 1980 até 2004 atingiu nível de eficiência “A”**.

A Tabela 5 apresenta os valores de Graus Hora (GHR) e respectivos equivalentes numéricos da envoltória do ambiente para resfriamento ($E_{qNumEnvAmb_{Resf}}$), bem como o nível de eficiência energética de cada unidade habitacional, nos diferentes pavimentos das duas edificações estudadas.

Tabela 5 – Indicador de Graus hora para resfriamento (GHR), Equivalente numérico da envoltória dos ambientes ($E_{qNumEnvAmb_{Resf}}$) e Nível de eficiência energética da unidade habitacional (Nível) das edificações estudadas

	Edifício SQS 111I					Edifício SQS 216CD				
	Quarto1	Quarto2	Suíte	Sala	Nível	Quarto1	Quarto2	Suíte	Sala	Nível
1º Pavimento - UH 01										
GHR (°C.h)	1120	968	606	858	B	926	752	928	200	A
EqNumEnvAmb _{Resf}	4	4	5	4		4	4	4	5	
1º Pavimento - UH 02-05										
1º Pavimento - UH 02-11										
GHR (°C.h)	968	968	473	858	B	752	752	749	200	A
EqNumEnvAmb _{Resf}	4	4	5	4		4	4	4	5	
1º Pavimento - UH 06										
1º Pavimento - UH 12										
GHR (°C.h)	1370	968	890	858	B	1166	752	1161	200	A
EqNumEnvAmb _{Resf}	4	4	4	4		4	4	4	5	
2º ao 5º Pavimento - UH 01										
2º ao 5º Pavimento - UH 01										
GHR (°C.h)	1313	1160	800	1052	B	1119	946	1122	394	A
EqNumEnvAmb _{Resf}	4	4	4	4		4	4	4	5	

	2º ao 5º Pavimento - UH 02-05					2º ao 5º Pavimento - UH 02-11				
GHR (°C.h)	1160	1160	667	1052	B	948	948	943	394	A
EqNumEnvAmb _{Resf}	4	4	5	4		4	4	4	5	
	2º ao 5º Pavimento - UH 06					2º ao 5º Pavimento - UH 12				
GHR (°C.h)	1564	1180	1084	1052	B	1380	946	1354	394	A
EqNumEnvAmb _{Resf}	3	4	4	4		4	4	4	5	
	6º Pavimento - UH 01					6º Pavimento - UH 01				
GHR (°C.h)	1602	1448	1068	1459	B	1434	1261	1452	1079	B
EqNumEnvAmb _{Resf}	3	4	4	3		4	4	4	4	
	6º Pavimento - UH 02-05					6º Pavimento - UH 02-11				
GHR (°C.h)	1448	1448	935	1459	B	1261	1261	1273	1079	B
EqNumEnvAmb _{Resf}	4	4	4	3		4	4	4	4	
	6º Pavimento - UH 06					6º Pavimento - UH 12				
GHR (°C.h)	1853	1448	1351	1459	B	1675	1261	1684	1079	B
EqNumEnvAmb _{Resf}	3	4	4	3		3	4	3	4	

6 CONCLUSÕES

Na aplicação do RTQ-R foi observado que a classificação da envoltória é sensível às variáveis área e orientação das paredes externas, área e sobreamento de aberturas e localização do pavimento-tipo em relação ao pilotis e à cobertura.

A melhoria no nível de eficiência energética alcançada pelas edificações construídas no período de 1980 até 2004 pode ser atribuída ao aumento de elementos de proteção solar externa das aberturas dos ambientes de permanência prolongada destacando-se a introdução de varanda na sala.

REFERÊNCIAS

- AMORIM, C. A.; FLORES, A. L. Edifícios residenciais das superquadras do Plano Piloto, Brasília: aspectos de preservação e conforto ambiental. In: Encontro Nacional sobre conforto no ambiente Construído, 8 e Conferência Latino-americana sobre conforto e desempenho energético de edificações, 4, 2005, Maceió/AL. *Anais dos Encontros Nacionais sobre Conforto no Ambiente Construído*. Maceió: ANTAC, 2005, p.37-46.
- BRASIL. Presidência da República. *Lei n. 10.295, de 17 de outubro de 2001*. Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia. Brasília, DF, 2001a.
- 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. Brasília, DF, 2001b.
- BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Eletrobrás. Procel Edifica. *Gestão Energética*. 2011. Disponível em: <http://www.procelinfo.com.br/main.asp?>. Acesso em: 25 out. 2012.
- BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normatização e Qualidade Industrial (INMETRO). *Portaria nº 18, de 16 de janeiro de 2012*. Aprova revisão do Regulamento Técnico da Qualidade - RTQ para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais. Rio de Janeiro, 2012.
- CABRAL, L. M. M. (Coord.). *Procel: 20 anos*. Rio de Janeiro: Centro da Memória da Eletricidade no Brasil, 2006.
- COSTA, L. *Brasília Revisitada*. Anexo I do Decreto nº 10.829/1987 – GDF e da Portaria nº 314/1992 – Iphan. Brasília, 1987.
- EPE – Empresa de Pesquisa Energética. *Balanço Energético Nacional 2013: Ano base 2012*. Rio de Janeiro: EPE, 2013. 288p.



FISCHER, S.; BATISTA, G. *GuiArquitetura Brasília*. São Paulo, Editora Abril, 2000

FLORES, A. L. Conforto Ambiental e Eficiência Energética em Edifícios Residenciais: preservação da arquitetura nas superquadras do Plano Piloto – Brasília. *Relatório* (Relatório de Pesquisa Convênio Procel/UNB). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, 2004. 25p.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. de A. *Fundamentos de Metodologia Científica*. 6 ed. São Paulo: Atlas, 2007. 315p.

LEITÃO, F. (Org.). *Brasília 1960-2010: passado, presente e futuro*. Brasília: Secretaria de Estado de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente, 2009. 272p.

LIU, F.; MEYER, A. S.; HOGAN, J. F. *Mainstreaming Buildings Energy Efficiency Codes in Developing Countries: Gold Experiences and Lessons from Early Adopters*. Washington, D.C.: The World Bank, 2010 (World Bank Working Paper nº 204).

NUNES, L. *Portal do Arquiteto*, 2010. Disponível em: < Texto 05:
<http://www.portaldoarquiteto.com/destaques/urbanismo/4283-entenda-o-plano-piloto-de-brasilia>>. Acesso em 20 fev. 2011.