



APLICANDO O RTQ-C EM UMA EDIFICAÇÃO COMERCIAL EM MACEIÓ-AL: ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DO SOMBREAMENTO DAS ABERTURAS NO NÍVEL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DA ENVOLTÓRIA

Kamila M. de Lima (1); Juliana O. Batista (2)

- (1) Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo
– Universidade Federal de Alagoas, Brasil – e-mail: kamila.arq.urb@gmail.com
(2) Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – Universidade Federal de Alagoas, Brasil – e-mail:
juliana82arq@gmail.com

RESUMO

O sombreamento de janelas, particularmente importante em regiões de clima quente e úmido, é um dos aspectos considerados para a avaliação do nível de eficiência energética da envoltória de edificações, segundo o Regulamento Técnico da Qualidade para a Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C). O presente trabalho identifica o impacto de dispositivos de proteção solar no nível de eficiência energética e no controle da radiação solar em uma edificação comercial, localizada em Maceió-AL. Para tal, foram realizados os seguintes procedimentos: a) construção de máscaras de sombra das aberturas existentes na edificação; b) construção de máscaras de sombra sob condições que proporcionassem sombreamento em períodos de temperaturas críticas; c) classificação do nível de eficiência energética da envoltória, segundo o método prescritivo do RTQ-C; d) análise paramétrica dos impactos do sombreamento na envoltória, de acordo com as possibilidades de inserção de dispositivos de proteção solar; e) análise comparativa, a fim de observar a relação entre as condições de sombreamento e o resultado do RTQ-C, nesse caso estudado. Foi constatado que, em todas as aberturas da edificação original (sem proteção solar), o sombreamento existente é insuficiente para protegê-las nos períodos em que a temperatura do ar externo é maior que 25°C. Assim, a inserção de dispositivos de sombreamento afetaria de forma positiva o controle da radiação solar. Quanto à classificação do nível de eficiência energética pelo RTQ-C, obteve-se nível “B” para a envoltória desprotegida, sendo que com a inserção de dispositivos de sombreamento, obter-se-ia uma boa classificação (nível “A” ou “B”) para todas as situações analisadas. Identificou-se, assim, uma discrepância entre a qualidade insatisfatória do sombreamento das aberturas e o nível, bom, de classificação da envoltória indicado pela avaliação com base no método prescritivo do RTQ-C. Pôde-se concluir que, para a envoltória avaliada, a etiqueta de eficiência energética não é um indicador que qualifica a eficiência de cada componente da edificação individualmente, no caso, as proteções solares. Tais constatações reforçam o fato de que, em projetos ou avaliações de arquitetura, devem-se compreender os diversos componentes da edificação como um conjunto, mas visando sempre o cumprimento eficaz das funções específicas de cada um deles, a fim de favorecer a qualidade do resultado final.

Palavras-chave: Brises, Eficiência energética, RTQ-C

1 INTRODUÇÃO

1.1 Eficiência energética e projeto bioclimático na arquitetura: o caso do clima quente e úmido

Diante do processo de esgotamento das fontes tradicionais de energia, o conceito de Eficiência Energética assume cada vez mais importância na construção civil. De acordo com Lamberts *et al.* (2000, p.14), a eficiência energética “pode ser entendida como a obtenção de um serviço com baixo dispêndio de energia”. Optar por estratégias passivas de condicionamento térmico do espaço construído é uma ação que demanda menor participação dos sistemas artificiais, na medida em que adapta a edificação às condições externas (MASCARÓ, 1991; GIVONI, 1994).

Esta ação relaciona-se diretamente com a concepção de projeto bioclimático. Segundo Corbella e Yannas (2003), o projeto bioclimático é aquele que associa as variáveis climáticas, de forma harmônica, às necessidades de conforto, salubridade e aprazibilidade do usuário. Maciel (2006) afirma que a manipulação das variáveis arquitetônicas, no sentido de controlar as trocas de calor entre exterior e interior, contribui para promover o conforto e diminuir o consumo de energia elétrica.

Diante desses pontos, observa-se que o arquiteto pode recorrer a estratégias para o projeto de uma arquitetura que incorpore a eficiência energética e princípios bioclimáticos. Maceió, a localidade tratada no estudo de caso abordado neste trabalho, é uma cidade de clima tropical quente e úmido (latitude 9°S 40°W), pertencente à Zona Bioclimática 8, de acordo com o Zoneamento Bioclimático Brasileiro proposto na NBR 15.220-3 (ABNT, 2005). Dentre as estratégias bioclimáticas recomendáveis para esse clima, destacam-se a proteção da radiação solar direta, para evitar ganhos de calor pela envoltória, e a ventilação natural, que permite dissipar o calor do interior (BITTENCOURT e CANDIDO, 2005; FROTA e SHIFFER, 2003).

1.1.1 RTQ-C para edifícios comerciais, de serviços e públicos

A publicação da Portaria n.º 53, pelo INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial, em fevereiro de 2009, tornou vigente o Regulamento Técnico da Qualidade para Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C). Esse documento oferece as diretrizes para a certificação de edificações quanto à classificação do nível de eficiência energética e é válido para edifícios novos ou para edifícios existentes (BRASIL, 2009). Um dos itens avaliados é a eficiência energética da envoltória, ou seja, o conjunto das superfícies externas da edificação (fachadas, cobertura e demais fechamentos). A figura 1 ilustra a etiqueta parcial referente a esse sistema.

Ao considerar os elementos da envoltória, o RTQ-C reforça a importância do papel das estratégias de condicionamento passivo (como os dispositivos de proteção solar), incentivando seu emprego desde a concepção projetual. Já em projetos de reforma realizados com o intuito de melhorar o nível de eficiência energética, o arquiteto pode avaliar quais as modificações necessárias para melhorar a classificação previamente estimada do edifício.

1.2 Dispositivos de proteção solar em edificações comerciais

Os ganhos de calor provenientes da radiação solar são destacados como a principal parcela do somatório total de energia térmica absorvida por uma edificação localizada em regiões de clima quente (GIVONI, 1994) (CORBELLÀ; YANNAS, 2003). Tais ganhos são representados pela parcela que atravessa as janelas e é absorvida pelas superfícies internas e pela parcela que é absorvida pela envoltória.

Em edificações comerciais, a necessidade de visualização dos produtos pode exigir grandes percentuais de aberturas envidraçadas, as quais podem aumentar a carga térmica da edificação, principalmente se não forem sombreadas (MASCARÓ, 1991). Prever sistemas que possibilitem o mínimo de exposição direta do espaço interior ao sol, mantendo a visibilidade dos produtos onde for



Figura 1- Modelo da ENCE
(Etiqueta Nacional de Conservação de Energia) parcial, para envoltória. Fonte: LABEEE et al., 2009, p.141

necessário, é uma estratégia que pode ser usada para diminuir a carga térmica da edificação. Dessa forma, a proteção solar é uma estratégia importante a ser incorporada no projeto arquitetônico, inclusive para edificações comerciais. As cartas solares e máscaras de sombra são ferramentas que podem auxiliar o projeto desses dispositivos (BITTENCOURT, 2004) (FROTA, 2004).

Muitas vezes, porém, o sombreamento é um recurso negligenciado. Verifica-se que diversas edificações necessitariam de intervenções projetuais para se tornarem adequadas ao clima, as quais modificariam a proposta arquitetônica original das fachadas, tais como a alteração em sua forma, nas cores e nos materiais utilizados originalmente. O uso de dispositivos de proteção solar representa uma dessas intervenções. Em projetos de reforma, esse elemento dispensaria, na maioria dos casos, intervenções estruturais e obras complexas, na medida em que pode ser acrescentado sem grandes modificações nas paredes, coberturas ou revestimentos.

A edificação estudada neste artigo é um centro empresarial, com lojas no pavimento térreo e escritórios nos três pavimentos superiores. As figuras 2 (a) e 2 (b) ilustram, respectivamente, a fachada principal da edificação, orientada à oeste, e uma vista do interior de umas das lojas, observando-se o uso de cortinas para bloquear a incidência da insolação direta. A figura 3 ilustra a planta baixa do pavimento térreo e as condições de insolação para cada fachada.



Figura 3- Fachada principal (a), com exemplo de proteção solar alternativa (b).

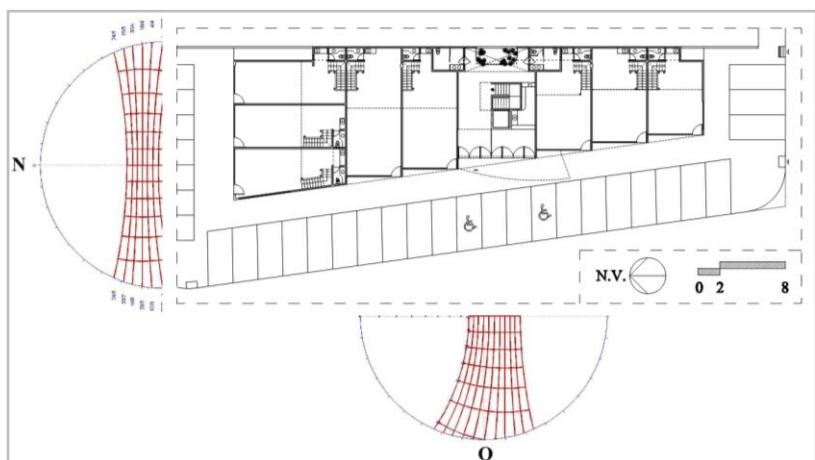


Figura 2 – Planta baixa do pavimento térreo com indicação da insolação das fachadas com vitrines.

2 OBJETIVO

O objetivo deste artigo é identificar o impacto de dispositivos de proteção solar na eficiência energética e no controle da radiação solar em uma edificação comercial em Maceió – AL.

3 METODOLOGIA

3.1 Análise da edificação quanto ao sombreamento das aberturas

A partir dos dados do levantamento, foram elaboradas as máscaras de sombra das aberturas da edificação selecionada, procedimento realizado com o auxílio do software SOL-AR 6.1.1 (LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES, 2010). Obteve-se uma máscara de sombra para cada abertura existente nas fachadas, as quais forneceram os valores dos ângulos de sombreamento que viriam a ser utilizados para a aplicação do RTQ-C.

Foi elaborado um segundo conjunto de máscaras de sombra, correspondente às situações em que a radiação solar direta seria obstruída em todos os períodos de temperaturas crítica. Foram consideradas temperaturas críticas aquelas maiores que 25°C. Esse procedimento buscou estabelecer limites para o dimensionamento de protetores solares, fornecendo os valores mínimos de ângulos de sombreamento desejáveis para todas as aberturas, de forma a garantir o sombreamento eficiente nos períodos mais quentes do ano.

3.2 Aplicação do RTQ-C

Esta análise foi realizada com base no Regulamento Técnico da Qualidade do nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C), para classificação do nível de eficiência energética da envoltória, segundo o método prescritivo (LABEEE et al., 2009).

A determinação desse nível é feita a partir do cálculo do Indicador de Consumo (IC_{env}), que considera o impacto da envoltória no consumo de energia. Esse cálculo foi feito a partir do levantamento de todas as variáveis indicadas no RTQ-C, conforme a eq. 1, válida para edifícios com área de projeção (Ape) inferior a 500m², pertencentes à Zona Bioclimática 8, onde está localizada a cidade de Maceió.

$$IC_{env} = 454,47 \cdot FA - 1641,37 \cdot FF + 33,47 \cdot PAF_T + 7,06 \cdot FS + 0,31 \cdot AVS - \\ 0,29 \cdot AHS - 1,27 \cdot PAF_T \cdot AVS + 0,33 \cdot PAF_T \cdot AHS + 718 \quad (\text{eq.1})$$

IC_{env} = Indicador de consumo da envoltória (adimensional);

AVS = Ângulo Vertical de Sombreamento (graus);

AHS = Ângulo Horizontal de Sombreamento (graus);

FF = Fator de Forma, (A_{env} / V_{tot} : área da envoltória/volume total);

FA = Fator Altura, (A_{pcob} / A_{tot} : área de projeção da cobertura/ área total de piso);

FS = Fator Solar dos vidros;

PAF_T = Percentual de Abertura na Fachada total (representa a relação entre a área total de abertura e a área total das fachadas).

3.3 Análise paramétrica

Esta análise foi feita a partir da combinação dos parâmetros envolvidos no cálculo do IC_{env} , variando-se aqueles que são diretamente relacionados com o projeto de dispositivos de proteção solar: AVS (Ângulo vertical de sombreamento), AHS (Ângulo horizontal de sombreamento) e o PAF_T (Percentual de aberturas da fachada). Os limites e intervalos tabelados para cada parâmetro foram os seguintes:

Tabela 1 - Intervalos de valores para cada parâmetro modificado

<i>AVS e AHS</i>	<i>De zero (sem proteção) a vinte e cinco graus</i>
<i>PAF_T</i>	<i>De zero (sem aberturas) ao valor obtido no levantamento da situação atual</i>
<i>Demais parâmetros</i>	<i>Fixos</i>

Segundo a tabela 1, temos que AVS e AHS variam de 0 a 25°, que é o limite máximo estabelecido pelo regulamento para a zona bioclimática 8, da qual Maceió faz parte. Para o percentual de abertura, foi definido um intervalo que vai de 0 ao valor real do projeto, utilizado para o cálculo do IC. Esse limite foi estabelecido considerando-se a hipótese de uma reforma realizada a partir do acréscimo de dispositivos de proteção solar, podendo ocorrer ou não a redução das áreas de abertura

Os parâmetros indicados na tabela 1 foram combinados de acordo com as situações indicadas na tabela 2, obtendo-se assim os dados indicativos da variação do Indicador de Consumo, em função de alterações no sombreamento. Finalmente, foram registrados os valores de AVS, AHS e PAF_T necessários para atingir a melhor classificação possível para o estudo de caso selecionado.

Tabela 2 - Situações de combinação dos parâmetros modificados

<i>Situação</i>	<i>Itens a serem modificados</i>	<i>Demais parâmetros</i>
1	AVS	
2	AHS	
3	AVS e AHS	
4	PAF _T e AVS	
5	PAF _T e AHS	
6	PAF _T , AVS e AHS	
		Fixos, de acordo com a configuração original da edificação

3.4 Análise comparativa

Os dados resultantes da análise paramétrica foram confrontados com os dados resultantes do estudo do sombreamento. A partir dessa análise, buscou-se identificar sob quais aspectos a inserção dos

protetores solares nessa edificação é um procedimento vantajoso: apenas com relação ao sombreamento? Apenas com relação ao nível de eficiência da envoltória, de acordo com o RTQ-C? Ou ainda: é possível, no caso da edificação estudada, uma configuração que possibilite uma melhoria em ambos os aspectos, sombreamento e nível de eficiência energética?

4 ANÁLISE DE RESULTADOS

4.1 Estudo do sombreamento

A figura 4 ilustra o mascaramento relativo ao sombreamento existente na edificação original, em três aberturas, sendo cada uma delas localizada em uma fachada. Na fachada leste, todas as aberturas estão expostas à radiação solar direta, não havendo quaisquer elementos de proteção na edificação. Logo, não há máscaras de sombra correspondentes.

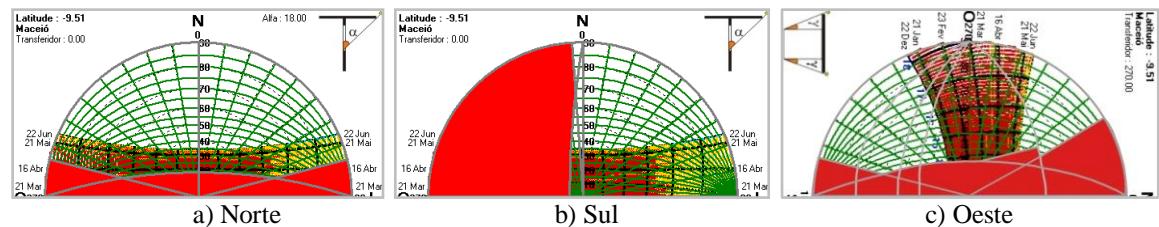


Figura 4 - Exemplos de máscaras de sombra obtidas para as aberturas em diversas fachadas

A tabela 3 traz o registro dos ângulos de sombreamento correspondentes ao mascaramento desejável, para as quatro fachadas. As máscaras correspondem a dispositivos de proteção solar de formato regular, no qual os ângulos registrados em relação à direção da extremidade do elemento de proteção sejam iguais para todos os pontos dessa extremidade. Tais ângulos indicam uma referência para o projeto de dispositivos de proteção solar, dentre as diversas possibilidades de se garantir o bloqueio da radiação solar que incidiria nas aberturas, em todos os períodos onde as temperaturas externas são maiores que 25°.

Tabela 3 – Ângulos de sombreamento desejáveis

Fachada	Horários	Ângulos de sombreamento					
		α	β_d	β_e	γ_d	γ_e	AVS
N	8h às 18h	40°	-	40°	60°	-	40°
S	8h às 18h	30°	24°	-	-	60°	30°
L	8h às 12h	60°	-	-	35°	45°	60°
O	12h às 18h	90°	-	-	-	-	90°

Nota: α , β_d , β_e , γ_d , γ_e correspondem, respectivamente, aos ângulos: vertical, horizontal direito, horizontal esquerdo, lateral direito e lateral esquerdo. AVS e AHS referem-se aos ângulos de sombreamento segundo a definição do RTQ-C.

Após a elaboração dos dois conjuntos de máscaras de sombra, observou-se que o sombreamento existente nas aberturas da edificação estudada não corresponde ao que seria necessário do ponto de vista do controle da radiação solar. Isto se deve, principalmente, à geometria dos elementos de proteção solar existentes nas fachadas sul e oeste, cujo mascaramento não corresponde aos períodos em que essas fachadas recebem sol (máscaras de sombra ilustradas nas figuras 4b e 4c). Desse modo, a solução adotada pode ter sido definida visando qualquer outro objetivo de projeto, por exemplo, em função da padronização das esquadrias, ou da composição plástica da fachada.

Quanto às áreas de abertura e os respectivos períodos de sombreamento, 34,5% da área total de aberturas da edificação não possuem nenhum sombreamento; 65,5% possuem sombreamento parcial e nenhuma abertura é sombreada durante todos os horários de temperaturas críticas. Isso quer dizer que, apesar da existência de elementos que poderiam conferir proteção solar em potencial, tais como recuos e escalonamento das fachadas, todas as aberturas estão parcial ou totalmente expostas à radiação solar. A situação crítica é a das lojas, que, sem as alternativas empregadas pelos proprietários (cortinas, persianas ou películas) receberiam sol durante quase a totalidade do período vespertino (na fachada oeste, durante o ano todo), e na totalidade desse período (na fachada norte, entre março e setembro).

4.2 Classificação do nível de eficiência energética da envoltória

A tabela 4 apresenta os parâmetros utilizados para a caracterização do edifício, realizada a partir do projeto arquitetônico.

Tabela 4 – Caracterização da edificação segundo os parâmetros do IC

A_{de} (área de projeção do edifício – m ²)	392,51
A_{pcob} (área de projeção da cobertura – m ²)	422,17
V_{tot} (volume total da edificação) – m ³)	4528,94
A_{tot} (área total de piso – m ²)	1962,57
A_{env} (área de envoltória – m ²)	1842,9
AVS (ângulo vertical de sombreamento – 0° a 25°)	18,45
AHS (ângulo horizontal de sombreamento – 0° a 25°)	3,30
FF (fator forma - A_{env}/V_{tot})	0,41
FA (A_{pcob}/A_{tot})	0,22
FS (fator solar)	0,64
PAF _T (percentual de abertura na fachada total)	0,272

O Indicador de Consumo encontrado para a envoltória foi igual a 160,95. Conforme apresentado na tabela 5, esse valor é menor que o limite máximo para o nível “B”, que é 163,96, e maior que o limite máximo para o nível “A”, que é 159,82. Portanto, o nível de eficiência energética da envoltória da edificação estudada é “B”.

Tabela 5 – Limites do IC_{env} para cada nível de eficiência possível

Eficiência	A	B	C	D	E
Min		159,83	163,97	168,12	172,26
Máx	159,82	163,96	168,11	172,25	

4.3 Mudanças no nível de eficiência energética em função de alterações no sombreamento

Os primeiros itens modificados foram os ângulos de sombreamento (AVS e AHS), isoladamente (figura 5). Modificando apenas o AVS, o que corresponde à inserção de dispositivos de proteção solar horizontais, observou-se que a edificação continua a receber a classificação “B”, para todos os valores de ângulos de sombreamento possíveis para a zona bioclimática na qual a edificação está localizada.

Modificando apenas o AHS, o que corresponde à inserção de dispositivos de proteção solar verticais, observou-se que a edificação continuaria a receber a classificação “B”, para todos os valores menores ou iguais a 8°. A partir desse valor, a classificação recebida passa a ser “A”. Como o AHS na configuração original da edificação é igual a 3,30, isso quer dizer que uma intervenção realizada no sentido de aumentar apenas esse ângulo de sombreamento seria suficiente para garantir a maior classificação possível para o regulamento: nível “A”.

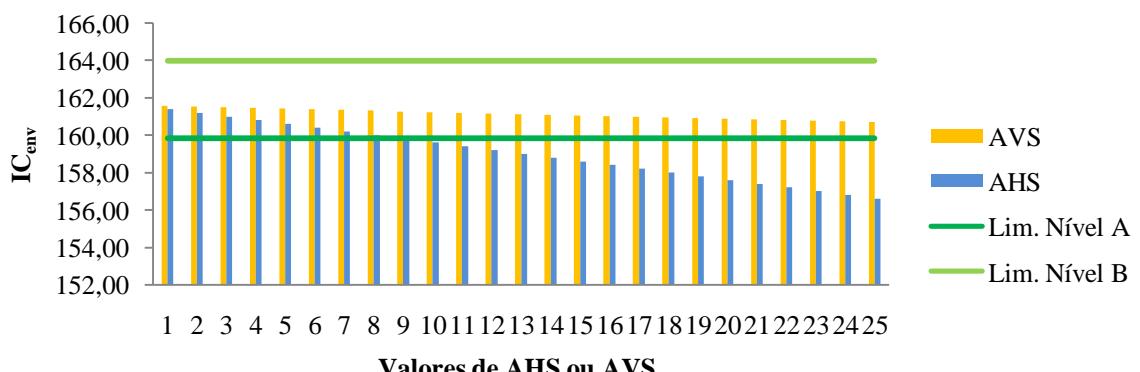


Figura 5 – Gráfico da variação do IC_{env} em função das alterações no AVS e AHS, isoladamente

De acordo com a figura 5, observa-se que todos os valores registrados, seja para AVS ou AHS, encontram-se abaixo do valor limite do IC_{env} para a classificação como nível “B”. Além disso, o aumento do AHS e do AVS resultam na diminuição do IC_{env} , o que é bom para a melhoria do nível de eficiência, que pode mudar de “B” para “A”. Constatou-se que o AHS possui maior influência sobre a variação do IC_{env} do que o AVS. Para cada alteração de 1° no AHS, há uma variação de 0,20 no IC_{env} , enquanto para cada 1° de alteração no AVS, há uma variação no IC_{env} inferior a 0,05.

Já com relação às combinações de parâmetros em que apenas o percentual de abertura foi modificado (tabela 6), nota-se que com valores de PAF_T inferiores a 0,15, a edificação passaria a receber a classificação “A”.

Tabela 6 - Variação do IC_{env} e da classificação da envoltória em função das alterações no PAF_T

PAF_T	0,01	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25
IC_{env}	157,25	157,70	158,26	158,81	159,37	159,92
Nível	A	A	A	B	B	B

Os resultados da tabela 7 indicam os resultados correspondentes à variação combinada dos ângulos AVS e AHS. Observa-se que os melhores resultados para a classificação do nível de eficiência energética são obtidos com proteções solares verticais maiores, cujo AHS é igual ou superior a 10° . De forma semelhante ao que ocorre modificando os ângulos de sombreamento isoladamente, quando estes são combinados, a influência do AHS no resultado é maior, pois a diminuição do Indicador de Consumo coincide, predominantemente, com o aumento dos valores desse parâmetro.

Tabela 7 - Variação da classificação da envoltória em função das alterações em AVS e AHS, simultaneamente

		AVS					
		1	5	10	15	20	25
AHS	1	B	B	B	B	B	B
	5	B	B	B	B	B	B
	10	B	B	B	A	A	A
	15	A	A	A	A	A	A
	20	A	A	A	A	A	A
	25	A	A	A	A	A	A

A tabela 8 apresenta os resultados para os casos em que foram realizadas alterações simultâneas no AVS e PAF_T . Observa-se que grandes percentuais de abertura (maiores valores de PAF_T) combinados com grandes proteções horizontais (maiores valores de AVS), resultam no aumento do Indicador de Consumo. Para a edificação estudada, isto implica na mudança no nível de classificação, de “A” para “B”. Apresenta-se aqui uma aparente incoerência, pois o aumento da proteção solar implicaria, em princípio, na diminuição do período no qual a abertura fica exposta à radiação solar (diminuindo, portanto a carga térmica a ser removida pelos sistemas artificiais de condicionamento). Por outro lado, o aumento do sombreamento reduziria os níveis de iluminação internos, podendo haver necessidade de complemento com lâmpadas elétricas. A análise desses aspectos, segundo o método prescritivo, é limitada. Apenas a medição ou simulação do desempenho termo-energético indicaria se o aumento da proteção solar de fato reduziria a eficiência energética da envoltória.

Tabela 8 - Variação da classificação da envoltória em função das alterações em AVS e PAF_T , simultaneamente

		AVS					
		1	5	10	15	20	25
PAF_T	0,05	A	A	A	A	B	
	0,10	A	A	A	A	A	B
	0,15	A	A	A	A	A	B
	0,20	A	A	A	B	B	B
	0,25	B	B	B	B	B	B

A tabela 9 apresenta os resultados para os casos em que foram realizadas alterações simultâneas no AHS e PAFT. Observa-se que, para garantir o nível “A”, modificando as proteções verticais e o percentual de aberturas, basta que o valor do ângulo de sombreamento (AHS) seja maior que 5°, independente do valor do PAFT.

Tabela 9 - Variação da classificação da envoltória em função das alterações em AHS e PAFT, simultaneamente

		AHS					
		1	5	10	15	20	25
PAFT	0,05	A	A	A	A	A	A
	0,10	A	A	A	A	A	A
	0,15	B	A	A	A	A	A
	0,20	B	A	A	A	A	A
	0,25	B	B	A	A	A	A

A figura 6 indica as classificações obtidas quando todos os parâmetros relacionados ao sombreamento são modificados simultaneamente (PAFT, AVS e AHS). Observa-se que quanto maior o percentual de aberturas na fachada, maior a influência dos ângulos de sombreamento na variação do IC_{env}, especialmente com maiores ângulos verticais de sombreamento. Nesses casos, a combinação entre os parâmetros resultou na queda do nível “A” para o nível “B”.

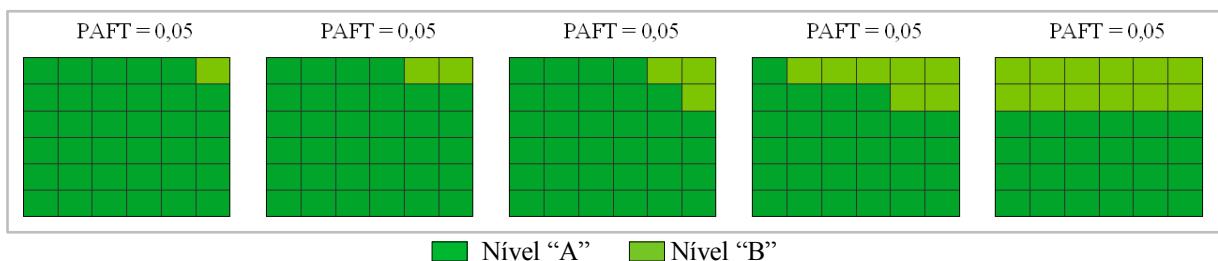


Figura 6 - Variação da classificação da envoltória em função das alterações em AHS e AVS e PAFT, simultaneamente. Nota: Para a construção da imagem, os parâmetros AVS e AHS foram representados nos mesmos eixos e com os mesmos intervalos da tabela 7.

Após as avaliações realizadas, observou-se que a inserção de dispositivos de proteção na classificação do nível de eficiência energética pelo RTQ-C para a edificação estudada resulta em duas situações de interferência possíveis. Na primeira, o impacto é positivo, quando a certificação passa do nível “B” para o nível “A”. Na segunda, não há impacto, pois o nível obtido antes e depois da inserção desses dispositivos permanece igual a “B”. Assim, em todas as situações analisadas, a envoltória da edificação receberia uma boa classificação do nível de eficiência energética.

Quanto à participação individual de cada parâmetro na classificação, constatou-se que o aumento dos ângulos de sombreamento horizontais (AHS) foi o que resultou na maior diminuição do Indicador de Consumo, por unidade. Dessa forma, no caso de ser necessário modificar AVS, AHS ou PAFT isoladamente, com vistas à melhoria do nível obtido pela classificação do RTQ-C, o AHS seria a modificação que necessitaria de menores alterações, em relação aos outros dois itens. Em termos de projeto, isso quer dizer que no caso de uma reforma do edifício (inserção de protetores horizontais, verticais ou alterações no tamanho das aberturas), os protetores verticais seriam a alternativa mais eficaz.

Por fim, quanto às combinações entre os parâmetros, os menores valores obtidos para Indicador de Consumo foram encontrados quando foram combinados valores de PAFT e AVS baixos com valores de AHS altos. Ou seja, do ponto de vista do RTQ-C para essa edificação, aberturas menores sombreadas por elementos verticais são melhores para a eficiência da envoltória do que aberturas grandes sombreadas com elementos horizontais. Os resultados confirmam as constatações de Carlo (2008, p.147), sobre o fato de haver uma inter-relação entre os parâmetros ângulo de sombreamento e percentual de aberturas.

4.4 Correspondência entre sombreamento e resultado do RTQ-C

Comparando-se o bom desempenho da envoltória, quanto à avaliação pelo RTQ-C, com o desempenho das aberturas quanto ao sombreamento, observou-se que a classificação do nível de eficiência energética, para esse sistema, e segundo o método prescritivo, não reflete as condições desfavoráveis de insolação da edificação.

A tabela 10 contém os valores de ângulos de sombreamento e o nível de eficiência energética obtidos para as três situações de análise propostas. Nota-se que não foi necessário, para a edificação estudada, que as condições de sombreamento fossem totalmente favoráveis para que fosse obtido um bom nível de eficiência energética. Ainda que uma quantidade de aberturas correspondente a 1/3 do total não possua nenhuma proteção solar, o nível obtido para a envoltória foi “B”.

Ao atender às condições de sombreamento eficiente nos horários de temperaturas críticas, o melhor nível de eficiência energética segundo o RTQ-C (nível “A”) poderia ser garantido. Inserindo os dados de proteção solar relativos ao sombreamento desejável (valores dos ângulos verticais e horizontais), pode-se garantir a classificação “A”, ou permanecer na classificação “B”. O nível “A” pode ser obtido se o mascaramento necessário para a fachada oeste for obtido por meio de protetores verticais.

Tabela 10 - Comparação entre o sombreamento e o nível de eficiência energética da envoltória

Configurações da envoltória	Percentual de aberturas sombreadas ¹	EE da envoltória
Atual (projeto original)	Nenhum (34,5%) e Parcial (65,5%)	“B”
Com sombreamento eficiente nos horários de temperaturas críticas ($> 25^{\circ}\text{C}$)	Total (100%)	“A” ou “B”
Que obtém o melhor nível de EE	Diversos	“A”

¹ Relação entre a área de aberturas sombreadas em relação a área total de aberturas existentes nas fachadas.

Assim sendo, a inserção de dispositivos de proteção solar na edificação poderia ser um procedimento vantajoso com relação a ambos os aspectos analisados, desde que fossem observadas quais situações, com mesmo mascaramento, corresponderiam a melhores resultados quanto à eficiência energética.

Os ângulos de sombreamento registrados para a situação atual da edificação ($18,45^{\circ}$ para o AHS e $3,3^{\circ}$ para o AVS) estão distantes dos valores obtidos a partir das máscaras de sombra equivalentes a todos os horários de temperaturas críticas. Como a edificação não possui protetores solares externos ou outros componentes que se configurariam como formas de condicionamento passivo nesses períodos, poder-se-ia supor que o desempenho da sua envoltória quanto à eficiência energética não seria satisfatório, admitindo-se que a edificação dependeria apenas de mecanismos artificiais de condicionamento térmico.

Além disso, é necessário lembrar que não é apenas o sombreamento que influencia o nível de eficiência energética obtido. Ainda assim, destaca-se aqui o fato de que uma edificação com problemas evidentes quanto à adequação climática pode receber uma classificação boa segundo a certificação do RTQ-C.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao fim das análises aqui sintetizadas, identificou-se uma discrepância entre a qualidade insuficiente do sombreamento das aberturas e o nível, bom, de classificação da envoltória indicado pela avaliação com base no método prescritivo do RTQ-C. Pôde-se concluir que, para a envoltória avaliada, a etiqueta de eficiência energética não é um indicador que qualifica a eficiência de cada componente da edificação individualmente, no caso, as proteções solares.

Contudo, apenas avaliações pelo método de simulação termo-energética computacional ou medições *in loco* permitiriam quantificar o consumo/desempenho energético dos componentes analisados. É possível testar a sensibilidade dos métodos em relação aos dados inseridos, bem como ampliar os parâmetros para comparação dos resultados. Trabalhos futuros podem ser realizados nesse sentido.

O método prescritivo se baseia na comparação com um índice (o Indicador de Consumo da envoltória), e não constitui uma medição do desempenho termo-energético da edificação. Tendo sido elaborado a partir de comparações com situações hipotéticas, nas quais se verificou a participação das

características do edifício e de *medidas de conservação de energia* no consumo de energia (CARLO, 2008), há possibilidades de haver diferenças entre o resultado da avaliação por simulação e pelo método prescritivo.

O projeto de protetores solares envolve diversos aspectos, presentes na concepção projetual. O presente artigo discutiu o desempenho dos dispositivos de sombreamento enfatizando a sua função principal: proteger as janelas da insolação. Desta forma, os procedimentos e análises realizados fornecem dados suficientes para fundamentar a escolha de uma configuração arquitetônica dentre as opções possíveis para obter uma boa classificação de eficiência da envoltória.

As constatações apresentadas reforçam o fato de que, em projetos ou avaliações de arquitetura, devem-se compreender os diversos componentes da edificação como um conjunto, mas visando sempre o cumprimento eficaz das funções específicas de cada um deles, a fim de favorecer a qualidade do resultado final.

6 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 15220**: Desempenho térmico de edificações - Parte 3: Zoneamento bioclimático Brasileiro e estratégias de condicionamento térmico passivo para habitações de interesse social. Rio de Janeiro, 2005.

BITTENCOURT, L.S. **Uso das cartas solares**: diretrizes para arquitetos. 4.ed. rev. e ampl. Maceió: EDUFAL, 2004.

BITTENCOURT, L. S.; CANDIDO, C. M. **Introdução à ventilação natural**. 2.ed. Maceió: EDUFAL, 2005.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional De Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - INMETRO. **Portaria n.º 53, de 27 de fevereiro de 2009**. Rio de janeiro: [S.ed], 2009.

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 – PPGEC, Universidade Federal de Santa Catarina, 2008.

CORBELLA, O.; YANNAS, S. **Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos**: Conforto Ambiental. São Paulo: Editora Revan, 2003

FROTA, A. B. **Geometria da Insolação**. São Paulo: Geros, 2004.

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. **Manual de Conforto Térmico**. 6.ed. São Paulo: Studio Nobel, 2003.

GIVONI, B. **Passive and low energy cooling of buildings**. Hoboken: John Wiley & Sons Inc., 1994.

LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES - LabEEE. **Analysis SOLAR**. Disponível em <<http://www.labeee.ufsc.br/software/analysisSOLAR.htm>> Acesso em 20jul.2010

LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES - LabEEE *et al.* **Manual para aplicação dos Regulamentos: RTQ-C e RAC-C**. Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br/eletrobras/etiquetagem/downloads.php>> Acesso em: 07ago.2009.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L. e PEREIRA, F. O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. 2.ed.rev. São Paulo: ProLivros, 2004.

MACIEL, A. A. O projeto bioclimático no processo de projeto. In: _____. **Integração de conceitos bioclimáticos ao projeto arquitetônico**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – PPGEC, Universidade Federal de Santa Catarina, 2006.

MASCARÓ, L.R. **Energia na Edificação**: estratégia para minimizar seu consumo. 2.ed. São Paulo: Projeto Editores Associados Ltda, 1991.