



AVALIAÇÕES DE ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS PRESENTES NA ARQUITETURA HABITACIONAL UNIFAMILIAR DO TRÓPICO ÚMIDO: A CASA ALDEIA VERDE EM MACEIÓ – AL.

Wevila F. B. Correia (1); Gianna M. Barbirato (2)

(1) DEHA | Mestrado em Dinâmicas do Espaço Habitado – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – Universidade Federal de Alagoas, Brasil – e-mail: wevilafbc@hotmail.com

(2) DEHA | Mestrado em Dinâmicas do Espaço Habitado – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – Universidade Federal de Alagoas, Brasil – e-mail: giannamelobarb@hotmail.com

RESUMO

As estratégias bioclimáticas, quando presentes na edificação, podem suprir as necessidades humanas de comodidade, otimizando o conforto térmico e visual em seus ambientes internos, além de apresentarem grande potencial na conservação de energia elétrica. Sobre esse aspecto, sabe-se que boa parte do alto consumo de energia elétrica no Brasil deve-se principalmente à utilização de aparelhos elétricos relacionados à obtenção de conforto pelos usuários, além de que a precariedade da renda de uma boa parte dos brasileiros dificulta a aquisição desses bens duráveis. Diante disto, este trabalho avaliou as soluções projetuais e estratégias bioclimáticas adotadas na Casa Aldeia Verde, residência unifamiliar, localizada na cidade de Maceió – AL, Nordeste brasileiro, uma área de Reserva Particular do Patrimônio Natural, devido às grandes preocupações com sua integração ao entorno e ao clima local. Foram realizadas análises qualitativas da residência, além de avaliações com base nas normas vigentes relacionadas, para verificação do atendimento aos critérios e requisitos necessários ao bom desempenho térmico e ao bom desempenho lumínico de edificações residenciais. A preocupação com adequação climática, presente em toda a concepção projetual da Casa Aldeia Verde é expressa em um repertório de estratégias bioclimáticas que pode ser incorporado aos projetos de edificações residenciais localizadas em climas quentes e úmidos de baixa latitude. As avaliações do desempenho térmico e lumínico permitiram ainda levantar sugestões sobre possíveis correções das estratégias estudadas, com intuito de potencializar as condições internas de conforto. Os resultados obtidos mostram a importância de se acrescentar, ao projeto de edificações, estratégias mais apropriadas ao clima quente e úmido, sobretudo para projetos residenciais, com o intuito de traçar diretrizes para uma produção arquitetônica mais consciente e integrada ao meio ambiente.

Palavras-chave: estratégias bioclimáticas, desempenho térmico; desempenho lumínico; projeto de arquitetura.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil, considerado um país em desenvolvimento, apresenta hoje um crescimento do consumo de energia elétrica entre 3 a 5 % ao ano. A evolução dos gastos de eletricidade no país se dá principalmente através do setor residencial, segundo maior consumidor brasileiro da atualidade, com cerca de 25 %. Dentre os quatro maiores consumidores domésticos de eletricidade estão o ar condicionado, 20% e as lâmpadas, 14% (PROCEL, 2005). Estes aparelhos estão diretamente relacionados com a obtenção do conforto térmico e lumínico dos seus usuários, principalmente nas regiões quentes e úmidas que cobrem grande parte do território nacional.

Segundo Adam (2001) a arquitetura bioclimática tem como principal objetivo minimizar a quantidade de energia operante consumida pelo edifício. Isso se deve primeiramente, a investigação realizada sobre a relação entre o homem e as características climáticas do local, que são absorvidas, transformadas pelo edifício e refletidas pelo partido arquitetônico.

Apesar do grande potencial existente por trás da produção bioclimática, há uma leitura errônea, por muitos arquitetos, de que o termo *arquitetura bioclimática* refere-se somente a uma corrente arquitetônica, desprovida de intencionalidade plástica e formal. Contrariamente a essa visão, os conceitos bioclimáticos podem e devem estar presentes em toda e qualquer corrente arquitetônica (BITTENCOURT, 2003).

Deste modo, a exploração de estratégias bioclimáticas que priorizam o uso ventilação e iluminação natural pode não somente gerar grande potencial na conservação de energia, como também enriquecer plasticamente e formalmente as edificações, portanto devem fazer parte das diretrizes que norteiam a concepção dos projetos residenciais locados no clima quente úmido.

2 OBJETIVO

Este artigo teve como objetivo avaliar as soluções projetuais e estratégias bioclimáticas adotadas em uma edificação residencial unifamiliar locada em clima quente úmido, a Casa Aldeia Verde, de acordo com as principais exigências de habitabilidade propostas pelas normas técnicas vigentes, quanto aos aspectos relativos à iluminação natural, insolação, desempenho térmico e ventilação natural, com o intuito de disseminar informações, sobretudo para projetos residenciais, sobre estratégias adequadas ao clima quente úmido de baixa latitude.

3 METODOLOGIA

A Casa Aldeia Verde foi escolhida devido às suas características diferenciadas de projeto que mostram grandes preocupações com a sua interação ao meio ambiente, na qual foram utilizadas técnicas construtivas e materiais de grande valor cultural para a região, além da importância da sua localização, propícia à aplicação de conceitos bioclimáticos na arquitetura.

Para realização das avaliações foram utilizadas normas técnicas brasileiras elaboradas pela ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, as quais têm o intuito de contribuir para a produção de edifícios habitacionais mais eficientes. A norma brasileira NBR 15520-3 (ABNT, 2005) traz recomendações de diretrizes construtivas e propõe estratégias bioclimáticas de condicionamento térmico passivo para as edificações residenciais. Já a NBR 15575-1 (ABNT, 2008), tem como objetivo definir os princípios e critérios mínimos de desempenho de um edifício habitacional de até cinco pavimentos.

Assim, a Casa Aldeia Verde foi estudada quanto ao desempenho das condições de habitabilidade, através de avaliações das estratégias bioclimáticas presentes na mesma, considerando seu desempenho térmico e lumínico. Para tal, foram seguidas as seguintes etapas metodológicas:

3.1 Caracterização do objeto de estudo

- Foi identificada a localização da cidade de Maceió no *Zoneamento Bioclimático Brasileiro* indicado pela NBR 15520-3 (ABNT, 2008), a fim de levantar as principais diretrizes construtivas e estratégias bioclimáticas indicadas para sua zona;

- Foi realizada uma análise qualitativa do objeto de estudo, a Casa Aldeia Verde, quanto à sua localização, concepção plástico – espacial, e materiais e técnicas construtivas utilizadas.

3.2 Avaliações de desempenho térmico

Estas avaliações foram realizadas através do método denominado *Procedimento 01 (simplificado)* elaborado pela norma NBR 15575, *Edifícios Residenciais de Até Cinco Pavimentos – Desempenho, Parte 01 - Requisitos Gerais* (ABNT, 2008). Deste modo foram estabelecidos os critérios e requisitos para avaliações das vedações externas da edificação, fachadas e coberturas.

3.3 Avaliações de desempenho lumínico

Para desenvolvimento destas avaliações, primeiramente foram atendidas as considerações recomendadas pela NBR 15575-1 (ABNT, 2008). Além do já indicado pela norma, também foi estudado o nível de iluminação natural através de análises sobre iluminação lateral e em seguida, foram realizadas avaliações do nível de iluminância por cômodos, com base na NBR 5413 (1992).

4 ANÁLISE DE RESULTADOS

4.1 Caracterização do objeto de estudo

4.1.1. Estratégias para Maceió segundo o Zoneamento Bioclimático Brasileiro

De acordo com o Zoneamento Bioclimático Brasileiro estabelecido pela Norma *Desempenho Térmico das Edificações*, NBR 15220-3 (ABNT, 2005), Maceió está inserida na *Zona Bioclimática 8 (ZB 08)* (figura 01).



Figura 01 - Delimitação da ZB 08 e localização da cidade de Maceió.

Fonte – Adaptado da NBR 15220-3 (ABNT, 2005).

As diretrizes construtivas para esta zona devem atender de um modo geral, recomendações como a adoção de grandes aberturas para ventilação, as quais devem ser sombreadas, além de vedações externas (paredes e cobertura) confeccionadas com materiais leves refletores e coberturas com ático ventilado. Já em relação às estratégias bioclimáticas para o condicionamento passivo, são consideradas para cidade de Maceió as estratégias para obtenção da ventilação cruzada e da desumidificação dos ambientes.

4.1.2. A Casa Aldeia Verde

Concebida no ano de 1999 pelo arquiteto Maurício Cacho, a *Casa Aldeia Verde* está localizada no sítio Aldeia Verde, no bairro Benedito Bentes, no município de Maceió – AL (fig. 2).

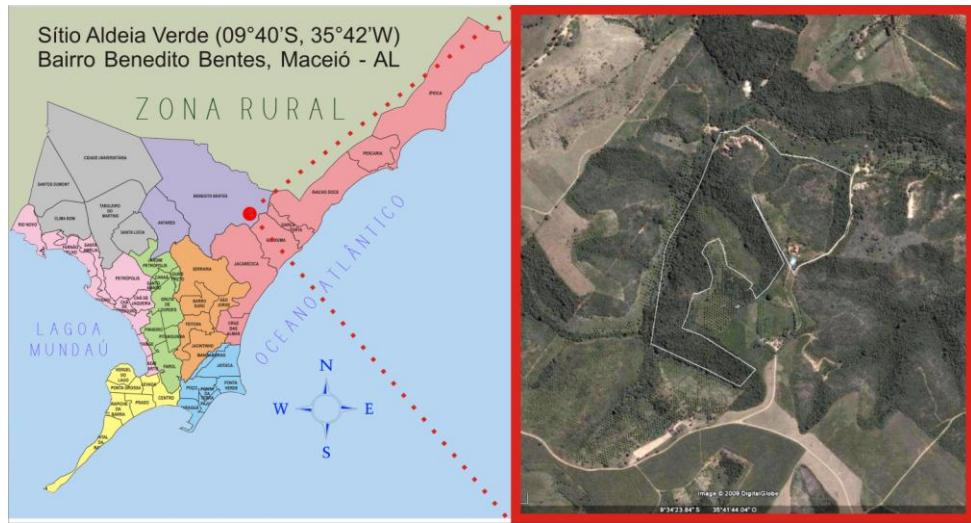


Figura 02 - Localização do sítio Aldeia Verde em Maceió, no bairro Benedito Bentes.

Fonte - Adaptado da Base Cartográfica Digital da Prefeitura Municipal de Maceió e GOOGLE EARTH, 2009.

A casa unifamiliar ocupa uma área construída de 315,06 m², distribuída em uma porção de 17,70m x 17,80 m do sítio, do total de uma área de 30,7 ha, na qual 11 ha foi nomeada Reserva Particular do Patrimônio Natural pelo IMA – Instituto do Meio Ambiente do Estado de Alagoas, devido a preservação de mata atlântica existente no terreno (fig.3).



(a)

(b)

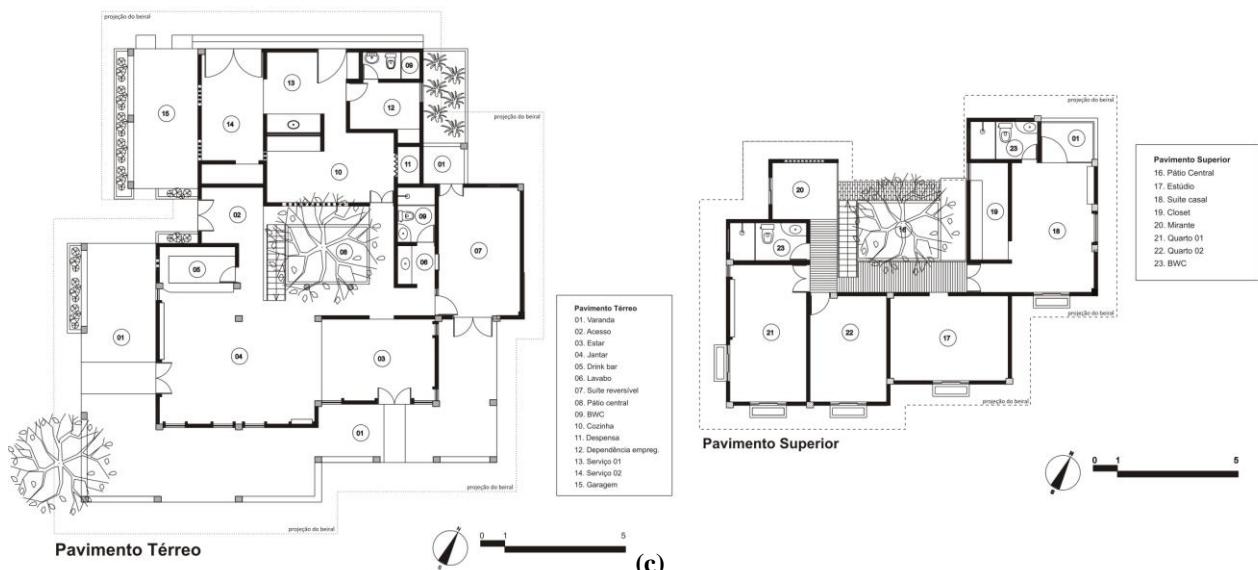


Figura 03 - Fachada Sudeste (a); fachada Noroeste (b) e Plantas baixas Pav. Térreo e Pav. Superior (c).

Fonte – Arquivo Pessoal, 2009.

A concepção do projeto arquitetônico da residência deu-se a partir do estudo de toda a extensão do sítio, havendo a preocupação inicial de situar a edificação na região mais privilegiada do terreno (área de maior elevação), a fim de tirar proveito das condições mais favoráveis do entorno, devido ao melhor posicionamento quanto à insolação e ventilação natural. O terreno apresentava ainda uma particularidade: a presença de uma muda que futuramente viria a se tornar uma árvore frondosa. A existência desta árvore foi o ponto crucial do projeto arquitetônico, onde a idéia principal era adaptar o projeto à sua presença, com o intuito de preservá-la.

Durante todo o processo de concepção do projeto, o conceito de *integração edifício – natureza* foi considerado. Questões como conhecimentos sobre as características climáticas locais, inspirações na arquitetura vernácula da região, preocupações com o conforto ambiental e o consumo eficiente de energia, forneceram as diretrizes norteadoras do processo projetual da residência.

As técnicas construtivas empregadas na residência foram buscadas na arquitetura regional. Na cobertura foi utilizada telha canal e estrutura em madeira. Para o fechamento dos ambientes foram aplicados tijolos de barro envernizados, sem nenhum tipo de reboco, exceto na cozinha. A maior parte das esquadrias é de madeira, sendo algumas fixas e confeccionadas no próprio local da obra. Já para o piso, foram utilizados três tipos: “cimento queimado” para as áreas externas, cerâmico para todo o pavimento térreo e madeira para o pavimento superior. Foi explorada a utilização de materiais recolhidos do próprio canteiro de obras da casa, como o barro para confecção dos tijolos, o revestimento interno de adobe e a madeira, para confecção de esquadrias fixas, para o piso da circulação do pavimento superior e a escada para o pavimento superior, talhada a partir do tronco de uma árvore do local.

4.2 Avaliação do desempenho térmico

A norma NBR 15575-1 (ABNT, 2008) indica que o desempenho térmico do edifício depende do comportamento interativo entre a fachada, o piso e a cobertura e ainda, que esta relação deve atender os requisitos estabelecidos pelo Zoneamento Bioclimático Brasileiro. Assim, foram estudadas a composição das paredes externas e cobertura e a adequação destes sistemas à NBR 15575-1 (ABNT, 2008).

4.2.1. Avaliação das paredes externas

Os critérios de avaliação da transmitância térmica, além de outras propriedades térmicas relevantes, são estabelecidos pela norma NBR 15220-3 (ABNT, 2005), segundo a qual as características das vedações externas que compõe edificações localizadas na ZB 08 (cidade de Maceió) devem ser **leves e refletoras**. Com auxílio do software *Transmitância 1.0* (LEE; LAMBERTS, 2009), foi possível a simulação da seção de uma das paredes da residência e a comparação dos valores das propriedades térmicas (ver tabela 01).

Tabela 01 - Comparação dos valores das propriedades térmicas das paredes externas.

Vedações externas		Transmitância térmica – U W/m ² .K	Atraso térmico (horas)	Fator solar-Fso (%)
Sistema de Paredes	NBR 15220-3 (Leve e refletora)	U≤ 3,60	≤ 4,3	FSo ≤ 4,0
	Sistema Aldeia Verde	3,20	3,8	3,8

Pela comparação dos valores entre si, notou-se que todas as propriedades térmicas do tipo de parede externa pertencente à residência atendem ao solicitado pela norma NBR 15220-3 (ABNT, 2008).

4.2.2. Avaliação da cobertura

Os valores máximos apontados para a transmitância térmica da cobertura, o atraso térmico e o fator solar, considerando o fluxo térmico descendente, são indicados pela norma NBR 15220-3 (ABNT, 2005). Foi simulada uma seção da cobertura, a fim de descobrir os valores das propriedades térmicas

da mesma e compará-los com a norma. Notou-se assim, que somente o valor referente ao atraso térmico atende o solicitado pela norma NBR 15220-3 (ABNT, 2008), conforme mostra a tabela 02.

Tabela 02 - Comparaçāo dos valores das propriedades térmicas da cobertura.

Vedações externas		Transmitância térmica – U W/m ² .K	Atraso térmico (horas)	Fator solar-Fso (%)
Sistema de Cobertura	NBR 15220-3 Leve e refletora	U≤ 2,3.FT	≤ 3,3	FSO ≤ 6,5
	Sistema Aldeia Verde	4,56.1 = 4,56	0,3	13,7

Apesar dos altos valores das propriedades térmicas comparados aos aconselhados pela norma, esta ressalta que para a ZB 08, são aceitas coberturas de telha de barro sem forro, desde que as telhas estejam em seu estado natural, que é o caso da cobertura em questão. Isso se deve em parte ao fato da telha de barro natural ser leve e porosa e permitir a absorção de água o que contribui para redução do fluxo de calor para o interior da edificação.

4.2.3. Análise dos vāos mínimos de janelas e aberturas para ventilação

A NBR 15575-4 (ABNT, 2008) estabelece que os valores mínimos admissíveis para as áreas de abertura para ventilação de ambientes localizados na ZB 08 devem ser igual ou maior a 15% do total da área de piso estudado. Deste modo, foi analisado o projeto arquitetônico, considerando a seguinte relação: **A = 100. (Ap/Aa) (%)**, onde: **Ap** = área do piso do ambiente e **Aa** = área efetiva de abertura de ventilação do ambiente. Para o cálculo desta área, somente são consideradas as aberturas que permitam a livre circulação do ar, devendo ser desconsiderado os obstáculos.

Através desse método de análise foram submetidos a este estudo os ambientes considerados de maior permanência na residência: **sala jantar, sala estar, cozinha, serviço 01, serviço 02, quarto serviço, quarto 01, quarto 02 e suíte casal**.

Os resultados obtidos foram: **Sala de jantar: A = 7,52%**; **Sala de estar: A = 13,90%**; **Cozinha: A = 21,34%**; **Serviço 01: A = 21,36%**; **Serviço 02: A = 22,16%**; **Quarto serviço: A = 18,36%**; **Quarto 01: A = 12,63%**; **Quarto 02: A = 6,58%**; e **Suíte casal: A = 17,30%**.

Constatou-se, portanto, que a maior parte destes atinge valores superiores a 15% do total da área de piso estudado, sobretudo os ambientes pertencentes à zona de serviço. Isso se deve ao fato da existência de empenas ventiladas, ou seja, os espaços entre as paredes e cobertura não são preenchidos de alvenaria, e sim de estruturas vazadas de madeira. Este sistema funciona como uma espécie de venezianas fixas, otimizando o conforto térmico nos ambientes de serviço. Já a sala de jantar e estar, bem como os quartos 01 e 02, não atendem ao solicitado pela norma NBR 15575-4 (ABNT, 2008), pois a área efetiva de ventilação (venezianas horizontais fixas de madeira, no caso das salas e poucas janelas, no caso dos quartos) é pequena se comparada ao tamanho desses cômodos.

4.2.4. Sombreamento dos vāos das janelas dos dormitórios

De acordo com a NBR 15575-4 (ABNT, 2008) as janelas dos dormitórios para qualquer região climática, devem possuir dispositivos de sombreamento, de forma a permitir o controle do escurecimento e sombreamento, a critério do usuário. Assim, através do estudo da insolação nas fachadas, foram determinados os horários em que os dispositivos de proteção solar tornam-se barreiras eficientes contra a incidência da radiação solar direta nas aberturas dos dormitórios.

A residência Aldeia Verde possui sua fachada principal orientada para o Sudeste (SE), onde se localiza a zona íntima, e para qual estão voltadas as principais aberturas dos dormitórios (exceto duas aberturas, voltadas para SO e NE). As janelas voltadas para SE são idênticas, possuem dispositivos de

proteção solar, estruturas de telha canal e madeira tipo *mão-francesa* de 1,00 m de comprimento, enquanto que as demais aberturas não possuem protetor solar próprio, e contam somente com o prolongamento da cobertura, um beiral de 0,80 m (ver figura 04).

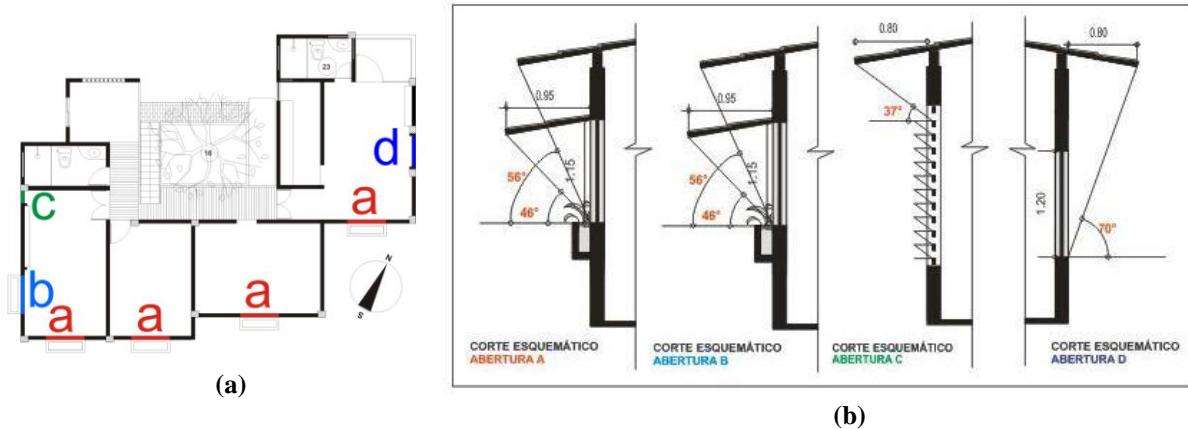


Figura 04 – Localização das aberturas estudadas – aberturas *tipo a* são idênticas e possuem protetor solar (a). Cortes esquemáticos das aberturas *tipo a b c e d* e seus respectivos ângulos solares de proteção (b).

Por contar apenas com protetores solares horizontais do tipo *mão – francesa*, há uma maior proteção das aberturas *tipo a* nos períodos diários com grandes alturas solares, neste caso, entre 9h00min e 15h00min. Estes protetores mostram-se eficientes a maior parte do ano (redução de 3 horas de exposição das aberturas à radiação solar direta). Porém, durante o período que corresponde ao solstício de inverno, há redução da exposição destas aberturas de no máximo 1 hora e meia, o que diminui a eficiência destes.

Já as aberturas *tipo b, c e d*, voltadas para o SO e NE respectivamente, necessitariam também desse tipo de protetor horizontal, pois recebem alta incidência de radiação direta, principalmente nos períodos dos solstícios, pois não há nenhuma redução da radiação antes das 15h00m (as aberturas tipo *b e c* recebem incidência direta durante o verão e a abertura *d* durante o inverno).

4.3 Avaliação do desempenho lumínico

A norma NBR 15575-1 (ABNT, 2008) estabelece que durante o dia, todas as dependências da edificação devem receber conveniente iluminação natural seja ela direta do exterior ou indireta, através de recintos adjacentes. São importantes a correta orientação geográfica da edificação, o dimensionamento e posição das aberturas, os tipos de janelas e de envidraçamentos, além da inserção de poços de ventilação-iluminação.

4.3.1. Orientação geográfica e influência do entorno

A casa Aldeia Verde apresenta somente vegetação em seu entorno e esta não proporciona nenhum tipo de obstrução que possa impedir a entrada da luz natural no recinto, não prejudicando assim, o nível de iluminamento dos ambientes. Pela orientação das fachadas da residência é possível identificar os valores de iluminância da região, considerando as características do céu de Maceió. Sabe-se que a fachada principal está voltada para o sudeste, ressaltando os valores que correspondem aos horários de 10h00min e 15h00min, mostrados na tabela 03:

Tabela 03 – Valores de Iluminância (KLux) incidentes nos planos verticais para Maceió – Condição de céu parcialmente encoberto.

Hora	VERÃO				EQUINÓCIO				INVERNO			
	NE	SE	SW	NW	NE	SE	SW	NW	NE	SE	SW	NW
10h00min	35,3	49,3	12,8	11,3	53,8	22,3	10,2	14,1	53,1	22,7	9,8	13,6
15h00min	11,9	13,5	48,9	35,0	12,9	9,3	23,8	52,5	13,4	9,6	22,9	52,9

Fonte - Adaptado de VIANNA; GONÇALVES, 2001.

Para Pilotto (1980), os cálculos de iluminação com luz solar, de modo a permitir que nos locais estudados haja claridade suficiente em qualquer hora do dia, consideram o valor mínimo de iluminamento vertical igual a 3000 Lux. O céu desta região possui o menor valor de iluminamento vertical de 9600 Lux (fachada sudeste no período do inverno), ou seja, pode-se contar com a luz proveniente do céu durante o turno diurno.

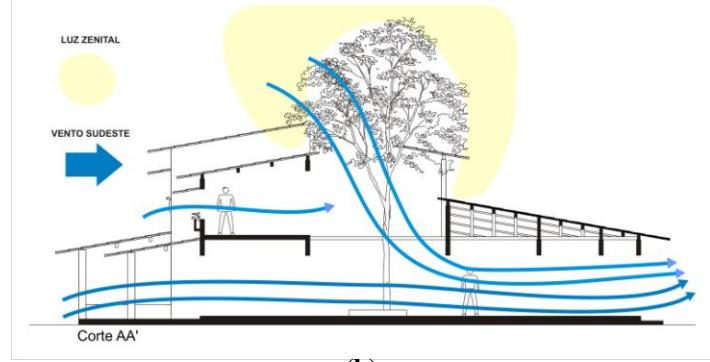
4.3.2. Pátio central: poço de iluminação e ventilação natural

O pátio interno, um dos principais elementos arquitetônicos que definem o partido da residência, é responsável pela obtenção de maiores níveis internos de iluminância, através da iluminação zenital. A importância da presença da iluminação zenital se deve ao fato de que esta possui o dobro de área iluminante de céu em relação às aberturas laterais (VIANNA; GONÇALVES, 2001).

Já quanto à ventilação natural, o pátio central associado à vegetação cria um ambiente agradável para o clima quente e úmido. A adaptação da cobertura para o acolhimento da árvore se dá por uma grande abertura tipo *shed*, que funciona como captador de vento. Este efeito da coberta auxilia na melhoria da ventilação no interior da residência, beneficiando assim, os ambientes da zona de serviço (fig. 05).



(a)



(b)

Figura 05 – Adaptação da cobertura à árvore (a). Corte longitudinal esquemático - Contribuição do pátio central como captador de ventos e poço de luz zenital (b).

4.3.3. Estudo da proporção e disposição das aberturas

Foram analisados ambientes com aberturas em somente uma das paredes e ambientes com duas ou mais aberturas em uma mesma parede em ambientes considerados de maior permanência na residência: **sala jantar, sala estar, serviço 02, quarto 02 e estúdio**.

a. Ambientes com abertura somente uma das paredes

Quando um ambiente for iluminado por abertura numa só de suas paredes, o pano cego de parede não deverá ter largura maior que duas vezes e meia (2,5) a largura da abertura ou soma de aberturas (PILLOTO, 1980). O quadro 01 mostra a análise efetuada quanto a esse aspecto:

Cômodo	Largura da abertura (L)	Largura da parede (pano cego)	Proporção Parede/abertura	Proporção Adequada (PILLOTO, 1980)
Quarto serviço	0,85 m	1,75 m	2,05 L	
Quarto 02	1,55m	3,25m	2,09 L	≤ 2,5L
Estúdio	1,55m	3,25m	2,09 L	

Quadro 01 – Relação das dimensões das aberturas e das paredes.

Assim, dos três cômodos que possuem somente uma abertura, todos apresentam resultados satisfatórios quanto à iluminação natural.

b. Ambientes com duas ou mais aberturas numa mesma parede

No caso de haver mais de uma abertura numa mesma parede, a distância recomendável que deve existir entre elas deve ser no máximo igual a $\frac{1}{4}$ (0,25) da largura da abertura, para permitir maior uniformidade da iluminação (PILLOTO, 1980).

O quadro abaixo mostra que quase todos os valores encontrados estão muito acima do indicado, o que pode gerar situações desconfortáveis na iluminação natural destes ambientes. Seria necessária a inserção de novas aberturas entre as outras, já que a distância entre elas chega a ser quase ou/e maior que o dobro da largura das mesmas.

Cômodo	Largura das aberturas (L)	Distância entre as aberturas	Proporção distância/abertura	Proporção adequada (PILLOTO, 1980)
Sala estar	0,85m	3,05m	3,65 L	$\leq 0,25L$
	0,50 m	2,35m	4,06 L	
Sala jantar	0,85m	1,20m	1,41 L	$\leq 0,25L$
	0,85m	0,50m	0,28 L	
Serviço 02	0,90m	1,50m	1,61 L	

Quadro 02 – Relação da distância entre as aberturas.

4.3.4. Avaliação dos níveis de iluminâncias por cômodo (FLD - fator luz do dia)

Os níveis gerais de iluminação nas diferentes dependências do edifício habitacional devem atender ao disposto para iluminação pela NBR 5413, *Iluminância de Interiores* (ABNT, 1992). Através do auxílio do software *LUX 2.0* (ALUCI, 2009) foi estudado o FLD (Fator luz do dia) de cada ambiente, onde foram gerados gráficos e seus resultados foram comparados as recomendações da norma.

A freqüência de ocorrência (Eh) considerada foi de 87%, ou seja, foi considerado que o índice de luz presente no céu de Maceió é de aproximadamente 10.030 Lux. Foram necessários dados como índices de refletância e características das aberturas. Foram levantadas as características do teto e piso dos cômodos, o que determinou o *Índice de Refletância* de cada superfície, além disso, também foi exposto o levantamento das características das aberturas de cada cômodo.

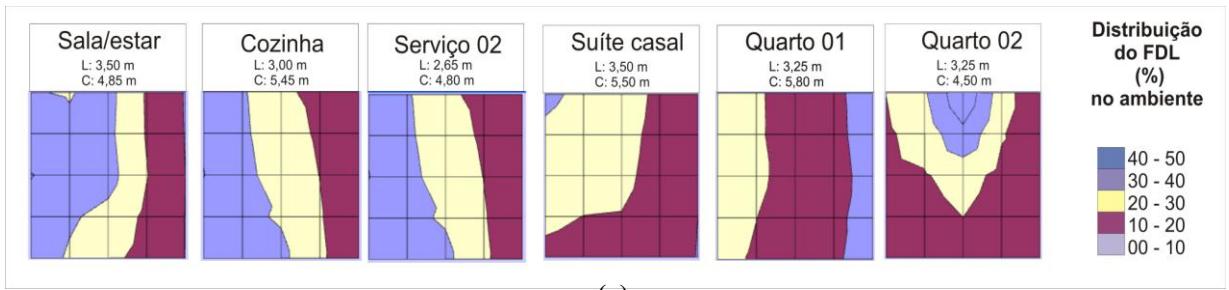


Figura 06 – Distribuição FLD nos cômodos. Gráficos gerados a partir do software *LUX 2.0* (a).

Para a norma NBR 5413 (ABNT, 1992) os valores médios de iluminância aceitáveis para todos os ambientes da residência é 300 Lux, porém foi considerado o valor de 500 Lux para sala/estar devido às atividades que requerem maior esforço da visão, como a leitura por exemplo. Os gráficos mostram que todos os ambientes possuem níveis adequados de iluminamento natural, 5.0 a 2.0 %, ou seja, 500 a 200 Lux; porém, no quarto 01 há um trecho no qual a iluminação chega ao máximo a 1.0 %, ou 100 Lux, bem abaixo do indicado pela norma.

5 CONCLUSÕES

Em consequência da preocupação com sua adaptação ao entorno e clima local, a Casa Aldeia Verde possui um repertório de estratégias bioclimáticas interessantes que pode ser incorporado aos projetos de edificações residenciais locadas no clima quente úmido.

Para um desempenho térmico adequado foram identificadas as seguintes soluções: sistema de tijolo de barro aparente (0,15m) devido às propriedades térmicas leves e refletoras, compatíveis com os valores estabelecidos pelas normas seguidas; sistema de cobertura de telho de barro natural sem forno interno devido à porosidade da telha exposta internamente que auxilia na refrigeração dos ambientes; esquadrias fixas e empenas ventiladas favorecem a ventilação natural permanente para melhor dissipação do calor interno, pois permitem o fluxo contínuo do ar; os protetores solares horizontais diminuem o tempo de exposição das aberturas dos dormitórios à incidência da radiação solar direta; o captador de vento (neste caso, shed) que promove o fluxo interno de vento e consequente melhoria do desempenho térmico dos ambientes.

Já quanto ao desempenho lumínico, as soluções adotadas pela Casa Aldeia Verdes e adequadas ao clima local são: aproveitamento da luz zenital, que complementa o nível de luz fornecido pelas aberturas laterais e preocupação com a proporção do tamanho da abertura em relação ao pano cego (parede), para melhor distribuição de luz natural no interior dos ambientes.

A avaliação da residência, baseada em recomendações das normas técnicas brasileiras de desempenho de habitações, permitiu traçar algumas sugestões sobre possíveis correções das estratégias utilizadas, com vista à melhoria das condições de conforto internas. Quanto ao desempenho térmico recomenda-se: inserção de novas aberturas para melhor circulação do ar nos dormitórios que não possuem ventilação cruzada; utilização de esquadrias fixas com maiores áreas efetivas de aberturas para ventilação natural, sobretudo na sala estar/jantar; melhor aproveitamento dos ventos vindos do nordeste (NE) através da inserção de aberturas sombreadas, voltadas para esta direção e utilização da estrutura mão-francesa nas janelas dos dormitórios que não possuem. Indica-se para o melhor desempenho lumínico: inserção de novas aberturas para iluminação natural, entre as existentes (diminuição do espaçamento entre as aberturas) e utilização de cores claras e superfícies lisas (maiores índices de refletância, a partir de 0,7) em ambientes nos quais se desenvolvam atividades que exijam maior acuidade visual, como a leitura, por exemplo.

6 REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Norma *Desempenho térmico de edificações* (partes 1 e 3). **NBR 15220 (ABNT, 2005)**. Norma *Iluminância de Interiores*. **NBR 5413 (ABNT, 1992)**. Norma *Edifícios Habitacionais de até 05 Pavimentos – Desempenho* (partes 1,4, e 5). **NBR 15575 (ABNT, 2008)**.

ADAM, Roberto S. **Princípios do Ecoedifício** - Interação entre ecologia, consciência, e edifício. São Paulo: Aquariana, 2001.

ALUCI, Márcia P. **Lux 2.0 – v.2.0**. Labaut, 2005. Disponível em: <<http://www.usp.br/fau/pesquisa/laboratorios/labaut/conforto/index.html>>. Acessado em: Setembro/2009.

BITTENCOURT, Leonardo S. Clima e Repertório Arquitônico. In: **Projetar 2003 – I Seminário Nacional sobre Ensino e Pesquisa em Projeto de Arquitetura, 2003**, Natal, Rio Grande do Norte, Brasil, 2003.

LEE, A. S.; LAMBERTS, R. **Transmitância - v.1.0**. LabEEE, 2009. Disponível em:<<http://www.labeee.ufsc.br/software/transmitancia.html>>. Acesso em: setembro/2009.

PILLOTO N. E. **Cor e iluminação nos ambientes de trabalho**. São Paulo: Livraria Ciência e Tecnologia Editora, 1980.

PROCEL. Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. **Parâmetros para atualização e ampliação do PROCEL EDUCAÇÃO na Educação Básica “PROCEL nas Escolas”**. 2005.

VIANNA, Nelson; GONÇALVES, Joana. **Iluminação e Arquitetura**. São Paulo: Virtus s/c Ltda, 2001.