



## **TRANSFORMAR UMA EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL UNIFAMILIAR TÍPICA REQUALIFICANDO SEU PROJETO ARQUITETÔNICO E USANDO PAINÉIS FOTOVOLTAICOS: UM CASO EM BELÉM**

**Filomena Mata Vianna Longo (1); Larissa Gomes Anibal (2)**

(1) Arquiteta, Mestre em Arquitetura pela UFRJ, Professora da UNAMA – Universidade da Amazônia, membro do Conselho Nacional de Cultura – CNIC, do Minc, [menamata@gmail.com](mailto:menamata@gmail.com)

(2) Arquiteta, Mestrando em Arquitetura

UNAMA – Universidade da Amazônia, CECT – Centro de Ciências e Tecnologia, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Av. Alcindo Cacela 287 – Belém, Pará – CEP 66.060-902 Tel: 91-4009-3000

### **RESUMO**

É analisada uma edificação residencial unifamiliar típica da cidade de Belém, Pará nos aspectos de conforto ambiental, eficiência energética e sustentabilidade. Identificados pontos de melhoria, são propostas ações para requalificar a edificação por meio de seu projeto arquitetônico com modificações racionais e possíveis de serem executadas, como nos fechamentos, aberturas, disposição dos espaços internos e cômodos, áreas de circulação e entorno do terreno. É também proposta a utilização de energia solar fotovoltaica como forma de contribuir para um melhor balanço energético final. A utilização de painéis fotovoltaicos tem como objetivos específicos contribuir para melhorar o conforto térmico, assumir toda a carga de iluminação e desmistificar o uso da energia solar, incorporada ainda de forma incipiente pela comunidade do norte do Brasil em suas edificações de todos os portes. A solução apresentada, pretende também demonstrar que apesar da diminuta largura do lote de terreno, uma realidade típica da cidade, é possível buscar a autossuficiência da edificação em sua demanda por energia limitada pela quantidade de energia solar possível de ser captada exigindo grande criatividade do arquiteto em conseguir solução esteticamente adequada.

Palavras-chave: requalificação arquitetônica, arquitetura bioclimática, energia solar fotovoltaica.

### **ABSTRACT**

One residential building, typical at Belem city, Para state, Brazil is analysed. In these typical residential buildings, normally lives just one family. The main analysed issues are the environmental comfort, energy efficiency and sustainability. After identified the points to be improved the work purpose actions to give a new qualification to the building using as base the architectonic project with rational and with large possibilities to be implemented ideas, as in the openings and windows, envelope, new internal spaces arrangements, circulation areas and the surroundings of the analysed building. It is purpose to use to photovoltaic solar energy to get a positive final energy budget. The installation of photovoltaic panels has main goals aid to improve the thermal comfort, assume all the illumination energy demand and change minds about the use of solar energy in buildings, with very little application in civil engineering and architecture projects in the Brazilian north region, in all size buildings. The studied case has the purpose to demonstrate that the small width of the building site, that is typical at Belem city, is a challenge to architects but it is possible to get proper energy quantity generation enough to supply the building internal demand, too. This hard limitation require from the architects creativity and innovation to get a aesthetics adequate final project.

Keywords: new qualification, architectonic project, bioclimatic architecture, solar photovoltaic energy.

## **1. INTRODUÇÃO**

Atualmente, a questão ambiental gera discussões a nível global, especialmente em razão do impacto causado pelo consumo exagerado dos recursos naturais com grande prejuízo sobre a qualidade de vida e consequente necessidade de preservação ecológica. Neste contexto, é crescente a demanda por energia elétrica tendo como principal motivador a própria situação econômica do país ocasionado por uma melhor distribuição de renda. As concessionárias de energia elétrica não possuem infraestrutura suficiente para atender a demanda, há sobrecarga na rede elétrica e ocorrem prejuízos aos usuários e a própria atividade econômica. Entre os fatores que contribuem para essa situação está a construção de edificações nas quais o projeto arquitetônico não foi concebido com o olhar da eficiência energética. Dados da Empresa de Pesquisa Energética (2012) apontam que no Brasil o consumo de energia elétrica nas edificações residenciais, comerciais e serviços públicos correspondem a 45,2% da energia elétrica produzida, consumida na operação, manutenção e conforto térmico.

A arquitetura, por consequência, se enquadra de forma relevante no tema do uso racional da energia, sustentabilidade e eficiência energética, pois, grande parte do consumo de energia advém da necessidade do conforto térmico dos usuários dentro das edificações, ocasionado pelo modo de vida urbano em resposta as condições bioclimáticas das cidades.

Como então pensar os projetos arquitetônicos de reabilitação de edificações existentes, visando minimizar o consumo de energia, sem prejudicar o conforto térmico dos usuários e minimizar o impacto nos recursos naturais? Perante essa discussão é identificada a carência de trabalhos que norteiem a arquitetura sustentável na requalificação de edificações existentes, especialmente em Belém. Necessário então tratar da eficiência energética, critérios e requisitos para redução de consumo e utilização de fontes alternativas de energia.

Esse tema é especialmente desafiador para o arquiteto devido às características das edificações unifamiliar típicas da cidade de Belém. O ciclo da borracha vivido na Amazônia no final do século XIX – início do século XX, propiciou grande desenvolvimento a cidade, principal entreposto de comercialização e exportação do produto, à época, que se traduziu na arquitetura por edifícios com características de Belle Époque e no urbanismo pelo planejamento de ruas, praças, espaços e edificações públicas estrategicamente localizados, articulados e integrados que até a presente data – início do século XXI, não tiveram seus marcantes traços e características substituídos.

Belém é traçada a partir de um núcleo central (tendo a Baía do Guajará como pano de fundo) e crescimento desordenado a partir e funcionando como prolongamento de ruas abertas na cidade daquela época, todas em direção ao continente. Foi esquecido o planejamento dos lotes e, como consequência, as casas e edificações unifamiliares tem como características, em sua grande maioria, possuir 3 a 5 metros de frente, serem geminadas (não haver afastamento lateral entre edificações) e terem suas fachadas seguindo o alinhamento no limite das calçadas. As edificações unifamiliares típicas da cidade, salvo poucas exceções, são construídas sem o recuo obrigatório previsto na atual lei do uso do solo

## **2. OBJETIVO**

O objetivo deste artigo é relatar a análise de uma edificação unifamiliar típica da cidade de Belém face aos conceitos de arquitetura eficiente em energia e, a partir dessa análise, criar e propor diretrizes para adequação desse tipo de edificação aplicando conceitos de arquitetura bioclimática, sustentabilidade e conforto ambiental. Meios e conhecimentos sobre fechamentos, aberturas, ventilação, sombreamento, eficiência energética e energia solar fotovoltaica foram utilizados. Foi também considerada a localização geográfica de Belém, seu clima quente e úmido e elevada temperatura ambiente, com reflexos consideráveis no conforto dos moradores e consumo de energia.

## **3. MÉTODO**

O método adotado neste trabalho consistiu de quatro etapas:

1. Revisão bibliográfica com coleta de dados em obras de autores renomados na arquitetura, sustentabilidade e eficiência energética, além de fontes oficiais de dados. Foi estudada a Carta Bioclimática proposta por Givoni (1992 apud LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA; 1997), com objetivo de identificar estratégias indicadas para a cidade e períodos de maior e menor probabilidade de conforto e desconforto. Nesta etapa foi estabelecido o referencial teórico e fundamentação necessária à aplicação dos conceitos arquitetônicos, climatológicos e eficiência energética adequada ao clima e condições locais da cidade de Belém;

2. Definição da edificação para o estudo de caso que atendesse os seguintes fatores: (a) edificação residencial unifamiliar típica da cidade de Belém; (b) localização no centro da malha urbana; (c) moradores com renda familiar na faixa salarial de 5 a 10 salários mínimos; (d) tipologia do terreno e edificação compatível com a maioria das residências unifamiliares localizadas no centro da cidade; (f) fácil acesso ao proprietário, projetos arquitetônicos e informações relevantes necessárias ao estudo.
3. Análise da edificação em seu estado atual – denominada de situação atual, projeto arquitetônico, localização geográfica, carta de ventos, entorno e vizinhança, materiais utilizados em sua construção, tecnologias utilizadas, entrevistas e identificação das expectativas dos moradores com respeito a conforto ambiental e consumo de energia elétrica. Esta etapa foi realizada por meio de visitas, entrevistas e registro fotográfico;
4. Aplicação dos conceitos e fundamentos de arquitetura bioclimática, conforto ambiental, eficiência energética, sustentabilidade e energia solar, entre outros, planejando as ações de transformação e requalificação da edificação com a criação um novo projeto arquitetônico – denominada de situação proposta e um conjunto de diretrizes gerais, aplicáveis a edificações do tipo e similares.

### **3.1. Referencial teórico e fundamentação**

Para Patterson (1996, apud SERAFYN, 2010), eficiência energética e um termo genérico e não ha uma medida clara de sua quantificação. Ou seja, não há efetivamente uma construção eficiente, existem sim construções que são mais eficientes, entendendo assim que eficiência energética é algo que esta em constante evolução e, não uma definição estática como se acredita. Portanto a construção sempre poderá ser renovada ao incorporar novas tecnologias de sistemas mais eficientes do que os atuais, proporcionando a mesma qualidade ambiental, como afirmam Lamberts, Dutra e Pereira (1997, p. 14), “(...) a eficiência energética pode ser entendida como a obtenção de um serviço com baixo dispêndio de energia. Portanto um edifício e mais eficiente energeticamente do que outro quando proporciona as mesmas condições ambientais com menor consumo de energia”.

#### *3.1.1. Fatores para a Eficiência Energética*

Algumas ações que contribuem para obtenção da eficiência energética em edificações residenciais são conhecidas e devem ser adotadas no projeto arquitetônico. Entre estas estão: utilizar iluminação e ventilação naturais; utilizar materiais construtivos que proporcionem conforto ambiental no interior da edificação; utilizar sistemas que controlem, parcial ou totalmente, os processos internos da edificação a fim de evitar o desperdício de energia; utilizar a energia elétrica somente para complementar as condições ambientais internas para garantir o conforto ao usuário; utilizar sistemas alternativos para geração de energia elétrica para atender a demanda da edificação.

Assim, a utilização de fontes renováveis de energia para geração de energia em edificações em conjunto com os materiais e técnicas adequados de construção e arquitetura, são fatores de grande potencial para transformar edificações em edificações eficientes, reduzindo o de consumo e, conseqüentemente, minimizando impactos ao meio ambiente.

#### *3.1.2. Arquitetura Bioclimática e eficiência energética em edificações*

A partir dos anos 70, apos a crise do petróleo, começaram a surgir as primeiras normas de eficiência energética em edificações, impulsionando a chamada “arquitetura solar” que se preocupava em utilizar os efeitos positivos do sol em prol do conforto e da redução de consumo de energia (CORBELLA; YANNAS, 2003, p.17). Roaf, Fuentes e Thomas (2006) ratificam que a preocupação fundamental era utilizar a energia solar passiva e o aquecimento solar de agua para a calefação em prol da diminuição do consumo de energias convencionais.

Nos anos seguintes, nas décadas 80 e 90, cada vez mais alertas quanto às mudanças climáticas foram emitidos, aumentando ainda mais as discussões sobre eficiência energética em edificações. Como evolução natural emergiu a arquitetura preocupada com a integração ambiental que objetivasse também o conforto dos usuários, que passou a ser denominada “Arquitetura Bioclimática”.

Lamberts, Dutra e Pereira (1997, p. 18) explicam esta evolução dizendo que para superar a crise, a produção de eletricidade teve que crescer muito desde então e essa alternativa trouxe como inconveniente o impacto ambiental consequência da construção de novas usinas e exigência de grandes investimentos do

governo, reduzindo sua capacidade de melhorar a saúde, educação e habitação, e se contrapondo a ideia de progresso. A alternativa que se apresenta mais adequada a esse quadro é buscar a eficiência energética.

A Arquitetura Bioclimática por sua vez surgiu acompanhada de grandes avanços técnicos e científicos, com pesquisas sobre novos materiais, dispositivos e serviços, todos ganhos em ao conforto ambiental para as edificações, preferencialmente de forma passiva, ou seja, sem demandar por energia convencional.

### 3.1.3. Arquitetura Sustentável

A evolução da Arquitetura Bioclimática para a Arquitetura Sustentável foi natural, pois, se passou a considerar os paradigmas sustentáveis de integração do edifício à totalidade do meio ambiente, com maior preocupação em reduzir os impactos gerados pela edificação sem, no entanto, causar prejuízo ao conforto dos usuários, estabelecendo com isso um equilíbrio entre todos os aspectos considerados (CORBELLA; YANNAS, 2003).

A eficiência energética é uma das soluções encontradas para estabelecer este equilíbrio, apesar de não contemplar a preocupação com a origem dos insumos e a geração de seus impactos ao ambiente, os quais são requisitos para a sustentabilidade. Sendo assim, uma edificação sustentável sempre será eficiente, mas nem sempre uma edificação eficiente será sustentável.

Neste atual contexto, a preocupação com o desenvolvimento sustentável, incluindo a eficiência energética, aumenta a medida que existem cada vez mais estudos, pesquisa e desenvolvimento de materiais e técnicas construtivas, incentivos de governo e conscientização das pessoas, conjunto de fatores que são subsídios para implantação prática dos conceitos de harmonia ambiental nas edificações, tanto nas que estiverem em fase de projeto quanto as já edificadas.

## 3.2. Escolha da edificação residencial unifamiliar típica

A edificação escolhida é residencial unifamiliar de dois pavimentos localizada no centro urbano de Belém, bairro de Nazaré com acesso a uma das principais avenidas da cidade. Seu projeto arquitetônico original não teve propósito de torná-la eficiente em energia.



Figura 1 – Localização da edificação (Fonte: Google Earth)

### 3.2.1. O terreno

O terreno possui forma irregular e a edificação não possui afastamento lateral com o limite do terreno, porém conta com áreas livres nos fundos e na frente. Está abraçado pelos altos muros e edificações vizinhas, que se utilizam completamente das áreas de seus respectivos terrenos. O terreno possui na sua maior transversal

6,80m e 30,50m, na dimensão longitudinal. A fachada frontal da edificação é voltada para oeste, assim como as principais áreas e cômodos da casa. As fachadas leste e, principalmente, sul são protegidas por árvores de grande porte. O terreno se encontra no centro do quarteirão. A lateral pelo lado norte é conjugada com outra residência e a área de fundo se encontra envolta de altos muros, de 10m de altura, correspondentes às edificações vizinhas, entre estas, edifício de cinco pavimentos que bloqueia o vento oriundo da direção nordeste. O acesso a principal via, a Avenida Governador José Malcher se processa por duas vilas, conforme mostra a Figura 1.

### 3.2.1. A edificação

A edificação é composta por dois pavimentos. A área íntima tem seus cômodos localizados no segundo pavimento e os demais no pavimento térreo. Os principais materiais construtivos são: parede de alvenaria em tijolos de cerâmica com seis furos revestidos com argamassa; cobertura da edificação em telha cerâmica tipo capa e canal; garagem e instalações de serviços localizadas na área externa coberta com telhas de fibrocimento; forro com laje de concreto no pavimento superior; piso revestido com cerâmica nas áreas interna e externa; pintura interna em cores claras; parede do envelope externo pintado na cor amarela. A Figura 2 mostra a entrada principal. A Figura 3 mostra a fachada principal da edificação.

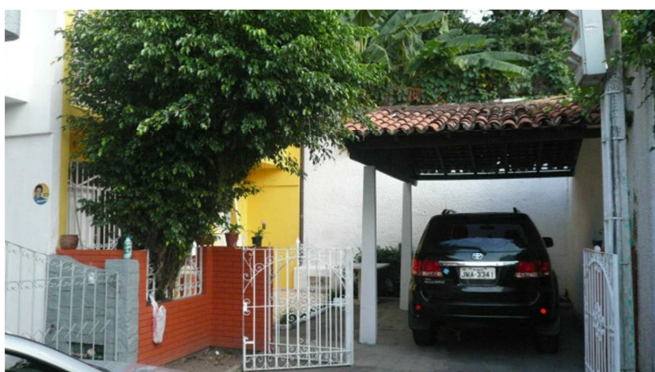


Figura 2 – Entrada principal (Fonte: Larissa Amaral)



Figura 3 – Fachada principal (Fonte: Larissa Amaral)

### 3.3. Análise da edificação em seu estado atual

A edificação está localizada em espaço urbano adensado, com poucas áreas verdes, porém com bastante vegetação frondosa no passeio público, as tradicionais mangueiras. A maioria das edificações vizinhas é de um ou dois pavimentos, com poucos edifícios com mais de três pavimentos. Excepcionalmente, um terreno vizinho possui extensão considerável de área gramada e arborizada, sem nenhuma edificação fato que contribui para que não haja aquecimento excessivo das áreas próximas. Ver Figura 1.

#### 3.3.1. Arquitetura e plantas baixa – Situação atual

O primeiro aspecto a ser considerado no projeto arquitetônico de uma edificação energeticamente eficiente é a total compreensão do clima onde a mesma está inserida. O clima está diretamente relacionado às necessidades dos usuários e aos potenciais aproveitamentos passivos do ambiente natural para suprir a demanda de conforto ambiental. Cada local possui uma tipologia arquitetônica relativa às suas características climáticas e geográficas que determina as necessidades específicas da edificação possibilitando que o projeto arquitetônico utilize os recursos naturais disponíveis (ventos, luz, calor) para melhorar sensivelmente as condições de conforto ambiental e assim contribuir para a eficiência energética da edificação.

O conforto ambiental, além do conforto térmico, também é determinado pelo conforto visual e conforto acústico. Para efeito de objetividade deste trabalho são analisadas apenas questões relativas ao projeto arquitetônico e sua contribuição à diminuição do consumo de energia elétrica. Neste contexto, o conforto ambiental no projeto arquitetônico é conceituado por Krause (2002, p. 12- 13), como: “(...) o atendimento de algumas das necessidades orgânicas basicamente acústicas, higrotérmicas (relativos a harmonia térmica entre o corpo e o ambiente externo), visuais e de qualidade do ar dos usuários previstos pelo Programa de Arquitetura em suas horas de ocupação, através da compreensão do clima externo e de decisões arquitetônicas compatíveis.”

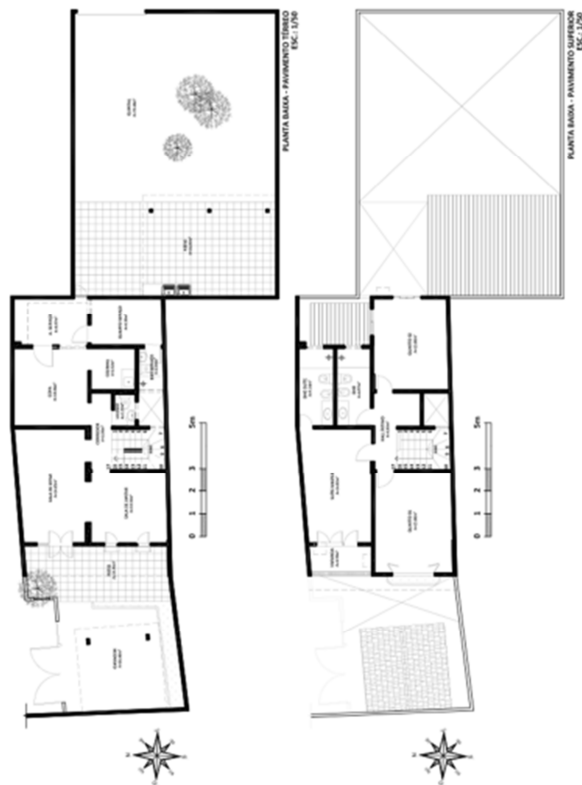


Figura 4 – Planta baixa da edificação – Situação atual  
(Fonte: Larissa Amaral).



Figura 5 – Fluxo do vento no interior da edificação – Situação atual (Fonte: Larissa Amaral)

### 3.3.2. Fluxo de vento – Situação atual

A ventilação na edificação em estudo vem exclusivamente da direção leste, fachada para a qual o projeto arquitetônico atual somente alocou um cômodo que recebe o vento adequadamente. Consequentemente, o vento não flui pelo interior da edificação que possui na situação atual aberturas localizadas dificultando a ventilação cruzada. O tipo de esquadria existente também torna as aberturas pouco eficientes para a ventilação por terem a maior parte de sua configuração composta por partes fixas. Sendo assim, como principal causa das altas temperaturas dentro da edificação é a deficiência no fluxo de vento contribuindo para haver acúmulo de ar quente. A Figura 5 demonstra o atual fluxo de vento no interior da edificação indicando na cor vermelha o acúmulo de ar quente e na cor azul o fluxo de vento.

## 3.4. A edificação requalificada

Para a requalificação e *retrofit* da edificação são propostas alterações no projeto arquitetônico que visam proporcionar principalmente maior abertura na direção de maior captação do vento e melhorar a captação de luz natural nos ambientes internos, sem prejuízo térmico, como mostrado na Figura 6 – Planta baixa e Figura 7, Fluxo do vento.

### 3.4.1. Fechamento – Situação proposta

A cobertura de telha cerâmica será mantida, pois este material contribui para minimizar os ganhos térmicos por ser poroso utiliza parte da energia solar incidente para eliminar a umidade que absorve reduzindo assim a transferência de energia térmica para o forro de laje do segundo pavimento. Será também mantido o espaçamento atual existente entre o telhado e o forro para facilitar a ventilação entre esses elementos e minimizar os ganhos térmicos para o interior da residência. Será construído um lanternim para que o ar quente preso entre a cobertura e a laje de forro do segundo pavimento tenha um ponto de escape, conforme mostra a Figura 8.

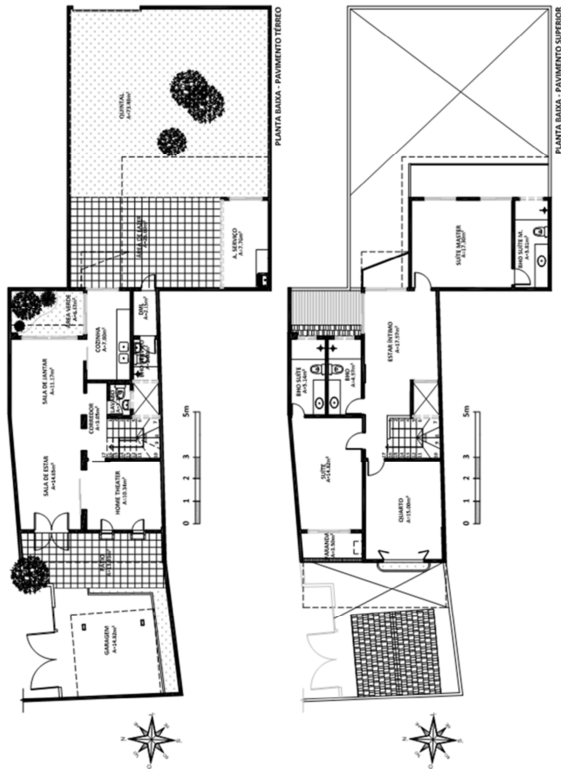


Figura 6 – Planta baixa da edificação – Situação proposta (Fonte: Larissa Amaral).

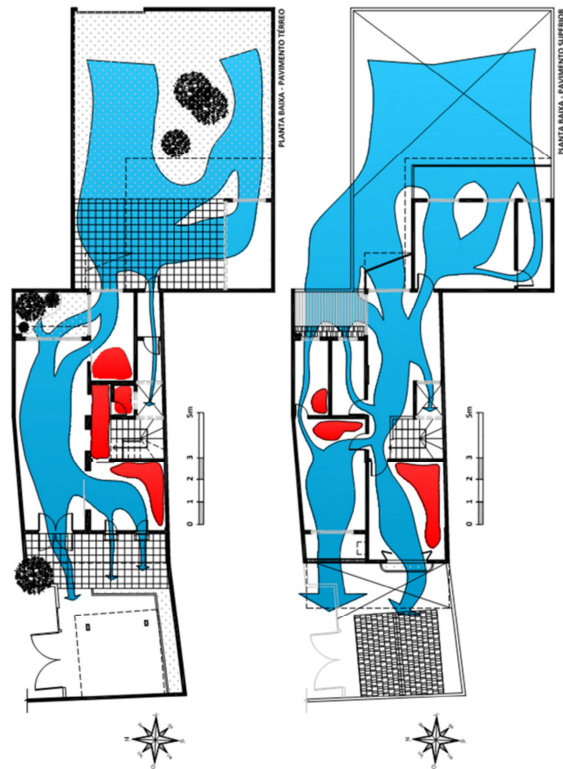


Figura 7 – Fluxo do vento no interior da edificação – Situação proposta (Fonte: Larissa Amaral)

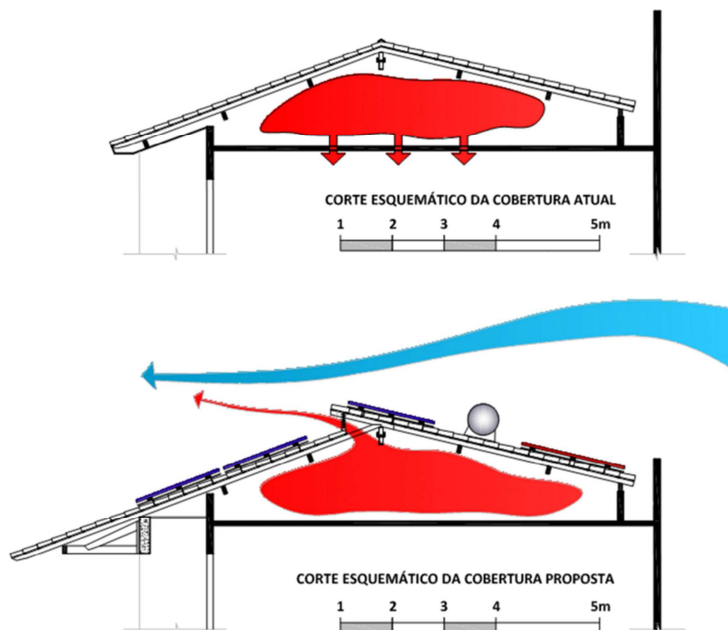


Figura 8 – Detalhe da cobertura em telha de cerâmica – Situação atual e Situação proposta (Fonte: Larissa Amaral)

### 3.4.1. Rearranjo de cômodos – Climatização natural e ventilação

Para amenizar a radiação sobre a superfície dos fechamentos serão previstas a criação de áreas verdes com vegetação de baixo a médio porte, assim como a revitalização das áreas livres existentes para aumentar o albedo nas áreas próximas do entorno da casa.

Para a melhoria da ventilação a edificação deverá ter o pavimento superior ampliado para abrigar os cômodos distribuídos de uma forma mais adequada e ter áreas comuns abertas para o leste, de forma que os ventos consigam fluir para o resto da edificação mesmo quando alguns ambientes estiverem fechados. Melhor ventilação também será obtida com a integração dos espaços e direcionamento dos ventos nos espaços internos, como é caso no pavimento térreo onde as salas de estar e jantar serão integradas.

As aberturas nos ambientes terão área próxima ao valor de 40% da área do piso e devem ser distribuídas de forma a estimular a ventilação cruzada. O cálculo e relação de áreas estão descritas na Tabela 1, seguem o que preconiza a NBR 15220 (ABNT, 2005a; 2005b) e apresentam as áreas e cômodos conforme a situação atual e a situação proposta. A colocação de aberturas deve favorecer a diminuição da sensação das altas temperaturas externas e devem a medida do possível estar próximas às áreas verdes devidamente protegidas da insolação direta. As máscaras de sombra das aberturas da situação atual e situação proposta foram determinadas com o Programa Brise-br.

As modificações no volume arquitetônico e na planta baixa da edificação buscam, principalmente, maior aproveitamento do vento dominante para a ventilação natural dos ambientes e com mudança dos tipos de esquadrias há além da melhor captação e aproveitamento do vento e melhoria na iluminação natural no interior da edificação. A situação proposta prevê a utilização de esquadrias do tipo que aproveita completamente o vão de abertura.

Tabela 1– Características dos materiais utilizados na simulação computacional (Fonte: Larissa Anibal)

CÔMODO ATUAL	ÁREA PISO	40% ÁREA PISO	ÁREA ABERT. EXISTENTE	CÔMODO PROPOSTA	ÁREA PISO	40% ÁREA PISO	ÁREA ABERT. PROPOSTA
<b>PAVIMENTO TÉRREO</b>							
COZINHA	3,52	1,41	2,03	COZINHA	7,78	3,11	8,71
LAVABO	1,29	0,52	1,48	LAVABO	1,29	0,52	1,48
QUARTO DE SERVIÇO	6,38	2,55	3,09	DML	2,15	0,86	2,83
SALA DE ESTAR	14,65	5,86	7,85	SALA DE ESTAR/JANTAR	25,82	10,33	16,00
COPA	10,86	4,34	6,08	-	-	-	-
SALA DE JANTAR	10,34	4,14	6,60	HOME THEATER	10,34	4,14	6,60
BHO SERVIÇO	2,00	0,80	1,62	BHO SERVIÇO	2,00	0,80	1,90
-	-	-	-	ÁREA DE SERVIÇO	7,76	3,10	4,88
<b>PAVIMENTO SUPERIOR</b>							
HALL ÍNTIMO	4,83	1,93	5,88	ESTAR ÍNTIMO	17,97	7,19	10,34
-	-	-	-	SUÍTE MASTER	17,3	6,92	8,82
-	-	-	-	BHO MASTER	5,81	2,32	2,19
SUÍTE MASTER	14,82	5,93	5,43	SUÍTE	14,82	5,93	6,64
BHO S. MASTER	5,14	2,06	1,48	BHO SUÍTE	5,14	2,06	1,93
QUARTO 01	15,00	6,00	3,69	QUARTO	15,00	6,00	4,89
QUARTO 02	13,00	5,20	3,03	-	-	-	-
BHO	4,97	1,99	1,69	BHO	4,97	1,99	2,13

Total área de vãos > 40% área de piso	
Total área de vãos entre 30% e 40% área de piso	
Total área de vãos < 30% área de piso	

### 3.4.2. Sistema de captação de energia solar fotovoltaica

O sistema fotovoltaico foi proposto e projetado para atender, inicialmente, apenas a demanda de iluminação da edificação, sendo assim, os demais equipamentos elétricos serão acionados utilizando energia elétrica provida da rede pública. Tem por objetivo reduzir conta de energia da concessionária utilizando energia renovável e motivar a uso desse tipo de energia na cidade.

O dimensionamento do sistema foi realizado seguindo a metodologia de COSTA (2007) com carga total de 295 Ah/dia e uma corrente máxima de 102 A. Foi utilizado fins de dimensionamento conjunto de painéis fotovoltaicos de 255W do fabricante ISOFOTON, com 7 módulos de aproximadamente 1,67m de comprimento, 1,00m de largura e 0,05 cm de profundidade, ocupando uma área de telhado de 11,70m<sup>2</sup>. Os painéis serão instalados na área norte do telhado, evitando sombra de árvores de grande porte do setor sul. As Figuras 9 e 10 mostram resultados do dimensionamento do sistema. Há possibilidade de em uma futura ampliação da captação de energia solar com a locação de mais módulos anexados aos projetados.

LEVANTAMENTO DO SISTEMA				CONSUMO DE CC NAS BATERIAS	
ITEM/EQUIPAMENTO	CÓDIGO	TENSÃO(V)	POTÊNCIA(W)	USO(Ano/dia)	CORRENTE (A)
<b>PAVIMENTO TÉRREO</b>					
1	LAMPADA	COZINHA	60	3	5,67
2	LAMPADA	LAVABO	15	1	1,50
3	LAMPADA	COFEEIRO	15	10	1,50
4	LAMPADA	ÁREA DE LASSER	100	1	3,02
5	LAMPADA	DML	15	0,5	1,00
6	LAMPADA	ESCALA	15	2	1,50
7	LAMPADA	SALA DE ESTAR	65	2	7,58
8	LAMPADA	SALA DE JANTAR	60	2	5,67
9	LAMPADA	HOME THEATER	51	1	4,25
10	LAMPADA	PÁTIO/FRONTAL	51	5	4,25
11	LAMPADA	BHO SERVIÇO	15	1	1,50
12	LAMPADA	ÁREA DE SERVIÇO	60	2	5,67
13	LAMPADA	SANITÁRI	15	1	1,50
<b>TOTAL</b>					
<b>PAVIMENTO SUPERIOR</b>					
14	LAMPADA	ESTAR ÍNTIMO	65	3	7,58
15	LAMPADA	SUÍTE MASTER	60	6	7,58
16	LAMPADA	BHO MASTER	34	6	2,83
17	LAMPADA	SACADA(SUÍTE)	34	0,5	2,83
18	LAMPADA	SUÍTE	65	6	7,58
19	LAMPADA	BHO(SUÍTE)	34	2	2,83
20	LAMPADA	QUARTO	60	4	5,67
21	LAMPADA	BHO	34	2	2,83
22	LAMPADA	SACADA(SUÍTE)	15	0,5	1,50
23	LAMPADA	ÁREA DE FRONTAL	15	0,5	1,50
<b>TOTAL</b>					
<b>CARGAS CC</b>					
CARGAS CC	-	100	-	-	267,81
PERDAS INVERSOR	-	100,9	-	-	26,27
<b>TOTAL</b>					
<b>294,43</b>					

Figura 9 – Dimensionamento da iluminação (Fonte: Larissa Amaral).

PARÂMETRO DO EQUIPAMENTO	VALOR CALCULADO
CAPACIDADE DA BATERIA	1472,15 Ah
POTÊNCIA MÍNIMA DO GERADOR	1600,96 Wp
CORRENTE DO CONTROLADOR DE CARGA	101,66 A
INVERSOR	1219,3 W

Figura 10 – Dimensionamento do sistema fotovoltaico (Fonte: Larissa Amaral)



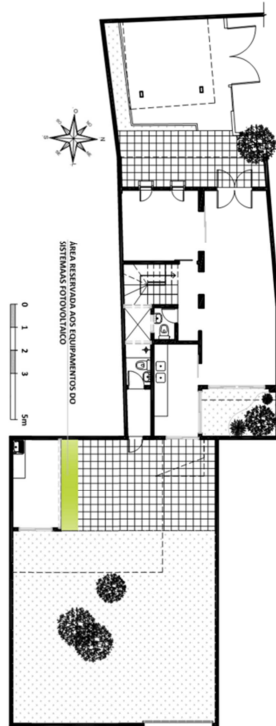


Figura 11 – Localização de inversor e baterias do sistema FV  
(Fonte: Larissa Anibal).

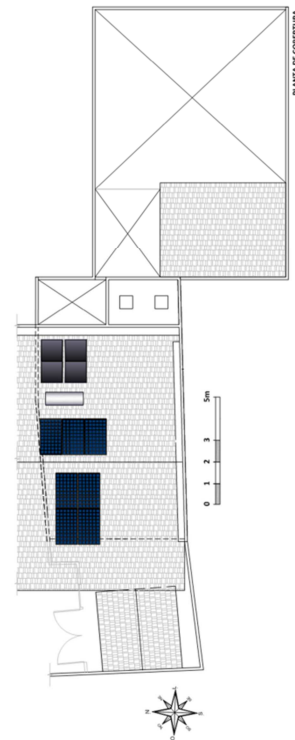


Figura 12 – Planta de cobertura com localização dos painéis solares (Fonte: Larissa Anibal).

#### 4. DIRETRIZES PARA REQUALIFICAÇÃO

A partir do trabalho realizado um conjunto de diretrizes foram estabelecidos com o objetivo de aprimorar o conforto térmico aos moradores das edificações, racionalizar o uso da energia elétrica e disseminar a utilização da energia solar fotovoltaica na região norte do Brasil. Cada um dos aspectos com suas particularidades técnicas e interpretativas exigindo criatividade e inovação contínua por parte dos arquitetos e engenheiros projetistas de sistemas, que entre outras atitudes está a de sensibilizar usuários às novas tendências de Arquitetura Bioclimática e sustentabilidade.

Tabela 2– Conjunto de fatores determinantes de diretrizes para projetos arquitetônico sustentáveis

Características de entorno e edificação	Características da demanda e consumo de energia elétrica	O projeto arquitetônico situação atual e situação proposta
Fechamentos: paredes, janelas, aberturas e cobertura	Climatização natural e uso de vegetação	Ventilação
Insolação e proteção solar	Iluminação natural (passiva) e artificial (ativa)	Automação predial e equipamentos eficientes
Sistema solar para uso térmico e aquecimento de água	Sistema solar fotovoltaico para geração de energia elétrica	Climatização artificial (ativa)

#### 5. CONCLUSÕES

O objetivo deste trabalho foi demonstrar a importância da utilização da Arquitetura Bioclimática associada a eficiência energética no conforto dos usuários de edificações, mesmo aquelas que, em um primeiro momento se apresentam como um grande desafio para arquitetos e engenheiros civis. Foi evidenciado que alterações

realizadas no projeto arquitetônico de uma edificação construída – situação atual, sem considerar esses conceitos, quando transformada os incorporando pode propiciar melhorias significativas contribuindo para o conforto aos usuários sem implicar em aumento e mesmo contribuindo para a diminuição da demanda por energia elétrica.

Atenção especial, como determinam as diretrizes emanadas do trabalho, deve ser dada no novo projeto arquitetônico – situação proposta à análise das características do terreno e entorno da edificação, fechamentos, aberturas e envelopes, fluxo de vento, insolação e iluminação natural. Foi evidenciada também a disponibilidade de softwares de acesso gratuito de auxílio ao arquiteto que possibilita estudo sobre os diferentes fatores que contribuem para a melhora do conforto ambiental e eficiência energética da edificação e, utilizados, facilitam a identificação de soluções adequadas e praticas na modificação do projeto arquitetônico.

Mesmo limitado pela largura do terreno da edificação residencial unifamiliar típica estudada foi demonstrado à possibilidade de utilização de energia solar fotovoltaica. No caso, assumindo em sua totalidade a carga elétrica de iluminação da edificação depois de modificada – situação proposta. Foi também estudada a energia solar térmica, apesar de pouco interesse de utilização na cidade, em razão da elevada temperatura ambiente. Fica assim demonstrada a possibilidade do uso da energia solar em Belém, e condições de reverter o incipiente estágio atual de sua utilização.

Qualquer que seja a linha seguida no projeto arquitetônico de transformação de uma edificação o arquiteto deve ter comprometimento com a eficiência energética, garantindo um ambiente confortável aos usuários, observar as limitações do clima onde está inserido, e vencer desafios com criatividade e inovação. A eficiência energética, a utilização de fontes alternativas de energia e, especialmente, a energia solar fotovoltaica são realidades a serem utilizadas mas requerem do arquiteto não só conhecimento, mas, responsabilidade e determinação pois requer mudança inclusive no estilo de vida dos usuários no consumo de energia

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-2**: Desempenho térmico de edificações – Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro, 2005a.
- \_\_\_\_\_. **NBR 15220-3**: Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e estratégias de condicionamento térmico passivo para habitações de interesse social. Rio de Janeiro, 2005b.
- COSTA, Soraya Pires. **Eficiência Energética em Edificações e o Uso de Fontes Alternativas de Energia em Projetos Residenciais Urbanos – Estudo de Casos**. 2007. 112f. Monografia (Pós-Graduação Lato Sensu em Formas Alternativas de Energi) - Pós-Graduação do Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.
- CORBELLA, Oscar; YANNAS, Simos. **Em Busca de uma Arquitetura Sustentável para os Trópicos**. Rio de Janeiro: Revan, 2003.
- ELETROBRÁS; PROCEL. KRAUSE, Cláudia Barroso; et al. **Guia Técnico: Manual de Prédios Eficientes em Energia Elétrica**. Rio de Janeiro: IBAM/ELETROBRÁS/PROCEL, 2002.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balanco energético nacional; Resultados Preliminares, Ano Base 2011**. 2012. Disponível em: < [https://ben.epe.gov.br/downloads/Resultados\\_Pre\\_BEN\\_2012.pdf](https://ben.epe.gov.br/downloads/Resultados_Pre_BEN_2012.pdf) >. Acesso em 18.dez.2012.
- LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. 2ª edição. São Paulo: ProLivros, 2004.
- ROAF, Susan; FUENTES, Manuel; THOMAS, Stephanie. **Ecohouse: A Casa Ambientalmente Sustentável**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.
- SERAFYN, Raquel May. **Avaliação da Redução do Consumo de Energia Elétrica em Função do Retrofit no Edifício Sede da Eletrosul**. 2010. 139f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal De Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

## AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi realizado no contexto do projeto de P&D “Formulação de diretrizes para a captação de energia solar fotovoltaica a partir de grandes edifícios na região amazônica.”, financiado com recursos do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico da Eletrobras Eletronorte.