



XIENCAC
ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO
NO AMBIENTE CONSTRUÍDO

VIIELACAC
ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO
NO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Búzios - RJ - 2011

BIOCLIMATISMO E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM PROTÓTIPOS DE HABITAÇÃO SOCIAL NO BRASIL

Fernanda Maia Valoto (1); Isadora Bahiense Lutterbach Riker (2); Ana Paula da C. Esteves (3); Louise L. B. Lomardo (4)

(1) Arquiteta, Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, fvaloto@yahoo.com.br

(2) Graduanda do Curso de Arquitetura e Urbanismo, isadora.blr@gmail.com

(3) Arquiteta, Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, anapaulaesteves@gmail.com

(4) Dra., Professora Associada da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo e do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, louiselbl@gmail.com

Universidade Federal Fluminense, Programa de Pós-Graduação em, Arquitetura e Urbanismo, R. Passo da Pátria, no. 156 – bloco D / sala 541. São Domingos, Niterói – RJ, 24210-240, Tel.: (21) 2629 5490

RESUMO

O presente artigo refere-se ao resultado de pesquisa em que foram estudadas diferentes iniciativas de protótipos pró-eficiência energética em âmbito nacional, e selecionadas cinco para estudo de caso. Das unidades pesquisadas, três são apresentadas neste trabalho, onde são destacados os recursos, técnicas e materiais implantados em cada caso. As unidades selecionadas foram: Vila Ecológica (AM), Boca do Mamirauá (AM) e Casa Ecoeficiente (PB), todas pertencentes à Zona Bioclimática – ZB8 (NBR 15.220-3). O fator de interseção entre estas iniciativas em diferentes zonas geográficas, mas de mesma ZB, pode ser considerado a união dos conceitos de arquitetura local e bioclimatismo além da busca por um melhor desempenho energético. O objetivo deste artigo é comparar a forma com que estes conceitos foram aplicados nestas unidades, que possuem diversidade tanto geográfica, quanto climática e de disponibilidade de materiais. As especificidades de cada região estão também presentes de forma marcante nestes projetos.

Palavras-chave: bioclimatismo, projeto sustentável, eficiência energética, protótipos construtivos.

ABSTRACT

This paper refers to the results of an research. Interesting initiatives to improve energy efficiency of building prototypes in Brasil were searched and five of them were selected for the case of study. The three houses studied are presented in this article, they are adressed to the different human resources, construction techniques and building materials used. The houses are: Vila Ecológica (Amazonia), Boca do Mamirauá (Amazonia) e Casa Ecoeficiente (Paraiba), even so all they belong to the 8th Brazilian Bioclimatic Zone. The intersection factor between those initiatives in different geographic regions of Brazil can be considered the union of local architecture and bioclimatism concepts, also the search for improvement of energy and comfort performance. These concepts are interestingly presented in these prototypes and, as well, the specificities of each region are also strongly pronounced in these projects.

Keywords: bioclimatism, sustainable project, energy efficiency, prototypes.

1. INTRODUÇÃO

A geração, transmissão, distribuição e comercialização são, segundo Grala da Cunha (2006), as etapas constituintes de um sistema de oferta de energia elétrica, estas que envolvem grandes investimentos financeiros e provocam diversos tipos de impactos ambientais – por exemplo, a usina hidrelétrica pode causar desmatamento e alagamento de enormes áreas florestais, desequilibrando a fauna e flora local; e a termoelétrica gera poluição atmosférica devido à queima de combustíveis –, que ainda contribuem para o agravamento do aquecimento global.

Segundo o Balanço Energético Brasileiro – BEN (MME, 2009), do total de energia elétrica ofertada no Brasil em 2008 (463 TWh), 22,3% desta é utilizada em edificações residenciais. O consumo neste setor cresceu 5,2% apenas neste ano em relação ao anterior, sendo que o total de energia consumida no país quase dobrou nos últimos 20 anos. Com a continuidade de elevadas taxas de crescimento anuais do consumo, o vasto potencial hidroelétrico inventariado do Brasil será insuficiente para abastecer a alta demanda energética, o que tende a tornar viável a construção de novas represas, que serão acompanhadas de crescentes impactos ambientais e custos por potência gerada.

Dessa forma, fica cada vez mais evidente a necessidade de buscar eficiência energética em todas as áreas que o consumo de energia está presente. No caso da arquitetura, esta procura estar relacionada à consideração das características bioclimáticas do local onde se pretende construir, e à busca de elementos que promovam conforto térmico e lumínico que possibilitem a redução dos gastos de energia com iluminação artificial e refrigeradores ou aquecedores. Como afirma Grala da Cunha (2006),

“construir com o clima (...) não é mais uma posição ecológica, idealista e contestatária. É uma necessidade quando se analisa o panorama mundial local da evolução do consumo em relação à disponibilidade de energia e à deterioração causada ao meio ambiente tanto na produção e distribuição como no uso, principalmente urbano, da energia elétrica.”

Portanto, a preocupação com a eficiência energética, já na fase projetual de uma edificação, é fundamental para poupar energia elétrica. “O projeto eficiente de uma residência e a escolha dos materiais utilizados podem reduzir, em até duas vezes, o consumo de energia em relação aos projetos convencionais” (HINRICHS et al, 2010). Essa eficiência pode ser alcançada através do emprego de tecnologias passivas que buscam aproveitar os recursos naturais para solucionar problemas de climatização, e também do uso de equipamentos eficientes de energia e a introdução de geradores não convencionais de energia, como a eólica e a solar. A menor energia embutida¹ dos materiais locais também merece uma apreciação, pois há uma economia de transporte dos mesmos.

Visando apresentar diretrizes para a concepção de projetos arquitetônicos que consideram estes aspectos, diversos protótipos de unidades de demonstração de eficiência energética e bioclimatismo adequadamente adotados tem sido estudados através de pesquisa em desenvolvimento através de convênio estabelecido entre LABCECA – UFF (Laboratório de Conservação de Energia e Conforto Ambiental da Universidade Federal Fluminense) e a Eletrobrás.

A pesquisa abrange as iniciativas em diferentes zonas bioclimáticas do Brasil. Estes projetos também podem ser considerados uma forma de divulgação de técnicas e materiais de construção, que buscam eficiência energética e conforto ambiental, em sintonia com o local em que a unidade foi implantada. Desta forma este artigo tem por objetivo comparar as opções projetuais nos três casos escolhidos, situados na mesma Zona Bioclimática, mas em locais com especificidades diferentes.

2. PROTÓTIPOS ESTUDADOS

São apresentados a seguir três iniciativas selecionadas entre as dezesseis pesquisadas: Vila Ecológica (AM), Boca do Mamirauá (AM) e Casa Ecoeficiente (PB).

2.1. Vila Ecológica

A Vila Ecológica (Figuras 1 e 2), localiza-se na sede da Reserva Florestal Adolpho Ducke, na cidade de Manaus, no estado do Amazonas. O projeto apresenta-se como uma alternativa de construção mista voltada para habitações populares multifamiliares, baseada nos conceitos de conforto ambiental e sustentabilidade.

¹ Total de requisitos energéticos, diretos e indiretos, para a geração de um bem ou serviço (TAVARES, 2011).

A vila é composta em dois blocos, cada um com quatro casas geminadas dotadas de captação e reuso de águas pluviais, além de estação de tratamento ecológico de esgoto (ETEE). Além disso, como foi projetada para se adequar ao estilo de vida do amazonense, ela apresenta materiais e técnicas locais.



Figura 1 – Um dos blocos da vila sendo construído (RIBEIRO; RIBEIRO, 2010)



Figura 2 – Um dos blocos da vila pronto (RIBEIRO; RIBEIRO, 2010)

O valor da obra foi otimizado para que fosse acessível à população de baixa renda. Segundo Ribeiro e Ribeiro (2008), cada casa, que conta com dois quartos, banheiro e sala/cozinha, possui 42,92m² e pode ser construída com recursos entre R\$10 mil e R\$12 mil. A construção de toda a vila custou R\$79 mil, com exceção da ETEE que foi implantada com o gasto de R\$30 mil.

2.1.1. A Implantação e o Projeto da Vila Ecológica

O projeto foi selecionado através de um edital do Programa de Tecnologia de Habitação (Habitaré), da Finep (Financiadora de Estudos e Projetos – Ministério da Ciência e Tecnologia). A construção foi concluída em 2007 com apoio financeiro destes grupos.

O desenvolvimento, gerenciamento e execução do projeto ficaram sob responsabilidade da arquiteta Marilene G. Sá Ribeiro e do engenheiro Ruy A. Sá Ribeiro, pesquisadores do INPA (Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia).

O terreno de implantação foi cedido pelo INPA, em área de clareira da Reserva Florestal Adolpho Ducke. Desta maneira, a vila foi destinada a abrigar a comunidade científica que realiza estudos na Reserva. A orientação das casas seguiu o sentido Norte-Sul para aberturas de portas e janelas, evitando a incidência direta dos raios solares no interior e promovendo maior conforto ambiental (ver Figura 3).



Figura 3 – Implantação da Vila Eco (RIBEIRO; RIBEIRO, 2010)

O projeto buscou máximo aproveitamento de ventilação e iluminação natural, proporcionando economia de energia que seria gasta em refrigeração e iluminação artificial.

Quanto à escolha de materiais de construção, além dos convencionais (cimento, areia, barro, madeira e telhas cerâmicas) foi utilizado o bambu como componente de painéis de parede (ver Figura 4). A técnica empregada é um tipo de *Bajareque* modificado (taipa modificada), que consiste em paredes feitas a partir de painéis pré-fabricados de bambu preenchidos com mistura de barro com bambu triturado, que depois recebem reboco e pintura. As partículas de bambu usadas nesta mistura foram obtidas do resíduo de bambu gerado na fabricação dos painéis. A mistura produz um material de enchimento mais leve e mais estável do que apenas o solo argiloso abundante na região.

Esta técnica foi escolhida por ser compatível com as características físicas e mecânicas da espécie escolhida para o projeto, a *Bambusa vulgaris vittata*, vulgarmente conhecida como “bambu comum”, que é a mais encontrada na região de Manaus. Apesar de ser um material abundante e barato na região de Manaus, o bambu ainda é muito desvalorizado no mercado da construção civil amazônica, já que geralmente é associado às habitações de população de baixíssima renda. Desse modo, seu emprego no protótipo é uma iniciativa muito relevante, já que permite que uma técnica de construção que utiliza bambu seja difundida e assim estimulada na área.

Para a construção dos painéis pré-fabricados foi feita modulação arquitetônica, que concebeu nove tipos de painéis estruturados com ripas de bambu grampeadas em moldura de madeira. Eles foram projetados para que as paredes fossem mais baixas, gerando espaço para ventilação entre estas e a cobertura, o que aumenta o conforto térmico do ambiente interno.

Houve também um cuidado com os métodos de tratamento aplicados à madeira e ao bambu, para que não fossem agressivos ao meio ambiente. Desse modo, toda a madeira utilizada foi tratada com óleo diesel, que dentro de 24 horas é absorvido, protegendo-a contra a ação de cupins.

Quanto ao bambu, de acordo com Ribeiro e Ribeiro (2008), os colmos foram tratados pelo método de *Boucherie* modificado, onde uma solução preservativa à base de ácido bórico é aplicada sob pressão, substituindo a seiva. Este processo foi efetuado dentro de 24 horas a partir da coleta no campo, e os colmos foram cortados no tamanho definitivo para serem tratados (dez de cada vez, obedecendo ao limite da planta piloto). Já as ripas de bambu foram tratadas pelo método de imersão em solução preservativa atóxica com dissolução em água do produto (ácido bórico) na concentração de 5% e 10%.

Como pode-se observar na Figura 5, os painéis pré-fabricados foram instalados e fixados com chumbadores sobre as bases de parede feitas com blocos de concreto, para evitar o contato direto do bambu com a umidade do solo. Após preenchidos foram emboçados na parte interna e externa.

Para a cobertura foram escolhidas telhas cerâmicas e tesouras estruturais pré-fabricadas de madeira. A fim de facilitar o transporte, também foram feitas meia-tesouras para serem unidas na obra por meio de chapa metálica confeccionada a partir de refugo de obra. Quanto ao tipo de telha, a cerâmica foi escolhida devido à sua disponibilidade na região e ao fato desta contribuir para aumentar o conforto térmico no interior da casa.

Além disso, é importante comentar que toda a madeira utilizada foi adquirida localmente, originada de área de manejo florestal no Amazonas.

As fibras naturais, abundantes na região não foram utilizadas na cobertura porque apresentam o problema de se deteriorarem mais rapidamente com a exposição ao tempo do que outros tipos de cobertura – a piaçava possui vida útil de 10 a 12 anos, o capim santa-fé, até 15 anos, e o sapê somente 3 anos (OLIVEIRA, 2011) - o que leva à necessidade de trocar a cobertura após período curto de tempo. Outra desvantagem é o fato de o material ser muito inflamável, o que pode ser amenizado com aplicação de produto contra a propagação de incêndios de dois em dois anos (OLIVEIRA, 2011). Além disso, ela também atrai animais, que se instalam entre as fibras, como morcegos, cujos dejetos causam mau cheiro.

Como também é o caso do bambu, a palha sofre preconceito por parte da maioria da população local, que a considera um material utilizado por pessoas com baixo poder aquisitivo. Esta visão já não é a mesma em empreendimentos turísticos, nos quais o mesmo material é visto como “rústico” e bastante aplicado.

Os outros materiais empregados na construção são todos provenientes de reaproveitamento de outras obras – o piso cerâmico e as pastilhas verdes do banheiro; a madeira das janelas; as portas externas; a madeira do esquadria de janela do banheiro; e o forro de PVC da varanda –, exceto o revestimento cerâmico aplicado nas paredes do banheiro e da cozinha, que foram comprados e as portas internas de madeira. Além disso, a pintura das paredes foi feita com tinta à base de resíduo industrial (Cal hidratada de Carbureto) e a das portas com tinta de baixo teor de componentes orgânicos voláteis (COV).



Figura 4 – Painel de bambu com janela (RIBEIRO; RIBEIRO, 2010)



Figura 5 – Painel assentado na base de concreto, sendo preenchido com a mistura de barro-bambu

(RIBEIRO; RIBEIRO, 2010)

O sistema de drenagem da água da chuva é instalado para captar, filtrar e armazenar a água que será utilizada em descargas sanitárias, torneiras, irrigação de jardim e lavagem de roupa, carros e pisos. Desse modo, existem duas caixas d'água para abastecer o Bloco 2, com quatro unidades: uma mais alta com capacidade de 1000l, e outra mais baixa de 5000l. Além do abastecimento de água pela chuva, existem também três caixas d'água, cada uma com 5000l, destinadas ao abastecimento geral das unidades.

A Estação de Tratamento Ecológico de Esgoto (ETEE), segundo Ribeiro e Ribeiro (2008), aproveita condições naturais de energia – como a gravidade (não há bombeamento de água), a solar e a bio-química – e de nutrientes, com a sequência de decomposição microbiológica pela repetida transição de condições físico-químicas e absorção de nutrientes por microorganismos e plantas semi-aquáticas. Além das raízes de plantas, as sobras dos bambus que foram empregados nos painéis também foram utilizadas como carvão nos filtros.

Cabe ressaltar que esta unidade possui tipologia diferenciada em relação às edificações de habitação social local, atendendo aos anseios dos usuários, onde também foi pensada a manutenibilidade ao longo do uso. O projeto abrangeu os recursos arquitetônicos possíveis em busca do atendimento dos conceitos de conforto ambiental e eficiência energética, porém ainda não foram realizadas avaliações pós-ocupacionais que permitam que sejam realizadas as medições comprobatória do desempenho esperado.

2.2. Casa Flutuante Boca do Mamirauá

A casa denominada Flutuante Boca do Mamirauá (Figura 6) localiza-se na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá, próxima à cidade de Tefé, no estado do Amazonas. É cogerida, por intermédio de convênio com o Governo do Estado do Amazonas, pelo Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá (IDSM), que é vinculado ao Ministério da Ciência e Tecnologia. O Instituto possui 16 bases flutuantes, que são utilizadas por pesquisadores para viabilizar as pesquisas de campo. A casa flutuante visitada foi a última base a ser construída, e é uma das duas casas construídas recentemente, que possuem características arquitetônicas mais sustentáveis.

Diante da necessidade de se construir um maior número de bases de apoio à pesquisa de campo, planejou-se a construção de flutuantes com melhores condições de uso e que funcionasse sem a necessidade de fornecimento externo de água e energia elétrica.

A casa conta com dois quartos, dois banheiros, uma área de serviços, despensa, varanda e uma sala de estar/ cozinha, totalizando uma área de 216m². Os custos para a execução do flutuante foram obtidos através de um financiamento da FINEP.

2.2.1. A Implantação e o Projeto do Flutuante Boca do Mamirauá

O desenvolvimento, administração e execução do projeto ficou sob a responsabilidade do coordenador de operações do Instituto Mamirauá, Josivaldo Modesto.

No projeto da casa flutuante Boca do Mamirauá não foi realizada uma implantação bioclimaticamente adequada, pois o projeto foi patrocinado por uma empresa de placas fotovoltaicas e por isso foi definido, a priori, que as mesmas ficariam localizadas na fachada frontal do flutuante para divulgar o patrocinador, ao mesmo tempo em que a orientação das placas para a melhor captação dos raios solares deveria ser Norte. Sendo assim, no posicionamento do flutuante no rio não foi considerada a localização que proporcionasse o melhor aproveitamento da circulação do ar e a incidência da radiação solar em cada ambiente.

Como os projetos (arquitetônico, estrutural e complementares) da casa flutuante Boca do Mamirauá não foram elaborados por arquitetos ou engenheiros, a concepção da planta baixa e dos demais aspectos da



Figura 6 – Vista frontal do flutuante (LABCECA, 2010)



Figura 7 – Processo de construção do flutuante (Josivaldo Modesto)

construção foram planejados de acordo com a sabedoria popular da região. Dessa forma, a madeira foi eleita o principal material construtivo da obra, tendo sido empregado na base, nos fechamentos e na estrutura da cobertura.

O sistema estrutural da base do flutuante foi feito de acordo com a metodologia local. Primeiro é montado uma malha de vigas, sobre-vigas e travessas, uma em cima da outra nesta ordem. Na figura 7, é mostrada uma foto da montagem desse sistema. As vigas foram dimensionadas com 30cm de altura e 20cm de largura.

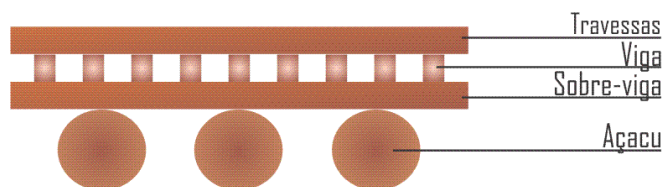


Figura 8 – Sistema estrutura da base (LABCECA, 2010)

A madeira utilizada na viga da base é a piranheira, que aumenta a sua resistência mecânica proporcionalmente ao seu contato com a água. Na figura 8 está esquematizado um desenho do sistema estrutural da base do flutuante. Para que o flutuante bóie, abaixo de toda a estrutura são posicionadas toras de açacu, que é uma madeira de baixa densidade (figura 9). Os troncos selecionados para exercerem esse papel possuem um diâmetro mínimo de 1,50m. Outras madeiras que também foram utilizadas são maçaranduba, angelim e macacaúba. A maioria das madeiras utilizadas na construção é certificada pelo IBAMA, através do Documento de Origem Florestal (DOF). Em outros casos, o IBAMA doa para o Instituto Mamirauá madeira ilegal que foi apreendida.

No banheiro não foram assentados azulejos, já que não é recomendado utilizar cimento em contato com a madeira. Para a impermeabilização desse ambiente foi usado um produto a base de fibra de vidro.

A cobertura da casa é de telhas produzidas a partir de garrafas de plástico PET moídas. Essas telhas são mais resistentes e possuem maior vida útil quando comparada a telhas de outros materiais. Além de possuir boa resistência mecânica, também possuem composto químico anti-chamas, pigmentação UV e pesam cerca de um sexto das telhas de barro, o que é uma característica fundamental para um flutuante.

Suas desvantagens são relativas ao conforto térmico, e ao custo. O primeiro problema acontece porque o material possui baixa inércia térmica, e no projeto da casa não foi previsto a adição de nenhum tipo de material isolante para aumentar o conforto térmico dos ambientes internos. O outro problema é que esta telha possui um preço mais elevado.



Figura 9 – Tora de açacu boiando no rio (Josivaldo Modesto)

A telha utilizada possui uma coloração que a assemelha com a telha convencional de barro, com exceção de algumas que são transparentes, que foram colocadas estrategicamente para se evitar que entre o telhado e o forro se torne um ambiente escuro propício ao esconderijo de morcegos. A fixação dessas telhas é feita com braçadeiras de nylon e arame galvanizado.

Para determinar o número de placas fotovoltaicas e de baterias necessárias para abastecer a casa, foi feito cálculo de demanda de energia elétrica a partir da potência de cada um dos equipamentos a serem utilizados e do tempo de uso de cada um deles. O sistema que foi dimensionado tem autonomia para funcionar por até dois dias e meio sem sol, com o funcionamento de lâmpadas, rádio de comunicação, computadores e geladeira para a conservação de alimentos.

A água das torneiras e chuveiros é captada da chuva e do próprio rio, sobre o qual a construção está instalada. Filtros garantem que a água esteja limpa para o consumo em tanques que permitem armazenar até 5.700l. A água da chuva cai em um reservatório e é bombeada para a caixa de água, e somente quando não chove é que se utiliza a água do rio. Outra iniciativa é o sistema de tratamento do esgoto, que ainda será instalado.

Embora o projeto não tenha partido dos conceitos da arquitetura bioclimaticamente mais adequada, foram implantados recursos, tais como as placas fotovoltaicas e reúso de águas pluviais auxiliam na independência do fornecimento externo destes recursos ao flutuante e viabilizaram que estas edificações não fossem construídas fora do rio e dentro da Mata, onde seria necessário o desmatamento, a criação de infra estrutura e da edificação que, após o período da pesquisa, acaba sendo abandonada.

O modelo de casa construído em Tefé está sendo replicado na África, Argentina e Suriname.

3.1. Casa Ecoeficiente

O Laboratório de Energias Renováveis – Casa Ecoeficiente - foi inaugurado em 2006 por iniciativa da Federação das Indústrias do Estado da Paraíba – FIEP, através do SENAI-PB, no Centro de Inovação e Tecnologia Industrial do SENAI, em Campina Grande, constituindo-se em um ambiente tecnológico e didático para visitação, palestras, cursos, pesquisas e estudo de inovações construtivas.

Com o objetivo de disseminar tecnologias de materiais alternativos na construção civil, gestão eficiente de águas e aplicações da energia solar fotovoltaica, solar térmica e eólica, a Casa Ecoeficiente está instalada em uma área de 350 m².

A Casa funciona como um centro de treinamento profissional, o que contribui com parte dos recursos para a sua manutenção. Ela também funciona como laboratório para novas tecnologias e materiais ecologicamente mais adequados, não só utilizada para pesquisa do SENAI, mas de Universidades e instituições parceiras.

Desde a sua inauguração, a Casa (Figura 10) foi visitada por um público superior a 10.000 pessoas, entre empresários, pesquisadores e alunos de Universidades, alunos das escolas técnicas e escolas do ensino fundamental médio, das redes, pública e privada.



Figura 10 – Casa Ecoeficiente (LABCECA, 2010)

3.1.1. A Implantação e o Projeto da Casa Ecoeficiente

Os projetos foram elaborados pelo CEFET-PB, que também participou ativamente em todas as etapas para definição dos sistemas construtivos e materiais a serem utilizados na execução da obra.

Durante o processo de desenvolvimento do projeto arquitetônico e execução da obra adotou-se os seguintes princípios norteadores (Ribeiro apud Araújo, 2006):

1. Gestão da obra: eficiência dos processos construtivos buscando a racionalização e redução de resíduos na obra;
2. Uso de ecoprodutos e tecnologias sustentáveis;
3. Aproveitamento passivo dos recursos naturais: iluminação e ventilação natural;
4. Eficiência energética: racionalização no uso de energia pública fornecida, uso de energias renováveis: eólica e solar;
5. Gestão e economia da água: reuso e recirculação da água utilizada, aproveitamento de água de chuva;
6. Gestão dos resíduos gerados pelos usuários: coleta seletiva do lixo.

A Casa Ecoeficiente está implantada em um terreno da Universidade Corporativa da Indústria da Paraíba em Campina Grande-PB.

Na implantação foi um objetivo o aproveitamento dos ventos dominantes (alísios de SE) e a minimização da insolação nos ambientes. O recurso de ventilação cruzada como elemento amenizador do clima e renovador do ar nos ambientes.

Segundo Ribeiro (2006), “A varanda presente nas fachadas leste e norte, resgata a arquitetura colonial praticada no Nordeste e se configura como um grande beiral para proteção solar do auditório e dos laboratórios”.

Os ambientes de maior permanência foram dispostos nas fachadas com menor insolação (Norte, Sul e Leste). A iluminação natural é garantida pelas aberturas, esquadrias e elementos vazados, presentes em todas as fachadas.

A Casa possui um sistema híbrido de geração de energia, composto por um arranjo fotovoltaico e um gerador eólico atendem o sistema elétrico da Casa Ecoeficiente, sendo que outros elementos de geração de energia estão instalados, mas são utilizados com intuito didático, tais como um sistema de aquecimento solar e um gerador elétrico de menor potência.

Em sua concepção arquitetônica, a Casa Ecoeficiente possui uma tipologia de casas populares da região Nordeste e uma das características mais interessantes deste projeto, além de ser a disseminação de conhecimento sobre eficiência energética em um ambiente totalmente apropriado para tal, a casa em si fica

disponível para experiências de pesquisas das Universidades e órgãos ligados à pesquisa nesta área.

A Casa é mantida pela SENAI, pelos recursos dos cursos nela ministrados. A visitação é muito requisitada. Os cursos são periódicos e os sistemas elétricos estão sempre em transformação para testes laboratoriais.

4. CONCLUSÕES

As três casas selecionadas pertencem à mesma zona bioclimática que, segundo a norma NBR15.220-3, é a ZB8. Esta seleção de casas da mesma zona bioclimática é útil para mostrar que apesar de apresentarem as mesmas características bioclimáticas, segundo a citada norma, elas possuem diferenças quanto ao clima, vegetação, materiais regionais, cultura, arquitetura vernacular, tipologia das construções, etc.

Todas estas características devem ser consideradas ao se projetar uma construção baseada nos princípios de sustentabilidade, conforto ambiental e eficiência energética. E, como no caso destes protótipos, esses aspectos foram levados em conta, os três apresentam características muito diferentes e específicas, peculiares de cada local onde foram implantados. Portanto não podemos afirmar que somente uma das três casas pode servir de modelo para toda uma Zona Bioclimática. Desse modo, como aborda Grala da Cunha (2006), a arquitetura deve buscar eficiência energética baseando-se não somente em um modelo abstrato que possua todas as vantagens energéticas possíveis, mas buscando fazer com que o projeto seja compatível energeticamente com a realidade regional.

Além de selecionarmos casas na mesma Zona Bioclimática, escolhemos duas que são relativamente próximas – Vila Ecológica e Boca do Mamirauá, ambas localizadas no estado do Amazonas – e outra mais distante destas – Casa Ecoeficiente no estado da Paraíba. Esta escolha foi feita com o intuito de comparar as escolhas projetuais das duas casas mais próximas. É fácil deduzir que, por ser mais distante, a casa da Paraíba teria características divergentes das casas do Amazonas, mas a surpresa é que mesmo localizadas em cidades próximas do mesmo estado, a Vila Ecológica e a Boca do Mamirauá possuem diferenças básicas. Isso se deve principalmente aos diferentes locais em que foram implantadas. Enquanto a primeira situa-se em terra firme na Reserva Ducke, próxima a plantações de bambu, a última localiza-se no meio da Reserva Mamirauá, estando sujeita ao regime de cheias e vazantes do rio em que se encontra. Desta maneira, as tipologias de ambas as casas são totalmente diferentes: a construção em Manaus procurou aproveitar a grande oferta de bambu, enquanto a de Tefé teve a preocupação de escolher materiais leves para formar um flutuante que pudesse se adaptar aos dois períodos em que o nível do rio se altera.

Este exemplo deixa claro que divergências como estas podem ser encontradas em intervalos pequenos de distância, por isso a importância da preocupação com o microclima e as demais características do local em que será implantada uma edificação.

Abaixo, o artigo apresenta uma tabela comparativa a respeito das unidades pesquisadas:

Casa/ Características	Vila Ecológica	Boca do Mamirauá	Casa Ecoeficiente
Localização	Manaus - AM	Tefé - AM	Campina Grande - PB
Zona Bioclimática	8	8	8
Materiais da cobertura	Telhas cerâmicas e estrutura em madeira	Telhas de garrafas plásticas e estrutura em madeira	Telhas orgânicas e estrutura em madeira
Fechamento	<i>Bajareque</i> modificado (painéis de bambu preenchidos com barro e emboçados)	Madeira	Paredes monolíticas de solo-cimento, polipainéis e alvenaria de bloco cerâmico vermelho vazado
Estratégia para aumentar a ventilação	Vão entre a parede e a cobertura	Não foi prevista	Aproveitamento do vento dominante e ventilação cruzada nos ambientes
Fontes de energia	Rede pública	Solar	Eólica e solar, além da rede pública

Uso e/ou reaproveitamento de água	Rede pública e aproveitamento da água de chuva	Aproveitamento da água de chuva e do rio	Aproveitamento da água de chuva, captação de água subterrânea, reuso e recirculação da água utilizada
Tratamento de esgoto	ETEE que aproveita condições naturais de energia e de nutrientes	Ainda não possui, mas pretende-se instalar	Mini-estação com filtragem das águas cinzas

Tabela 1– Características das casas estudadas.

Embora não se tenha informações sobre as avaliações pós-ocupacionais para a confirmação do desempenho, pode ser confirmada que a preocupação com as reduções de consumo de recursos naturais está presente em todas estas iniciativas (redução do consumo energético, seja pelo uso de placas fotovoltaicas, seja por ideal implantação ou aplicação de técnicas passivas; reuso de águas pluviais; uso de materiais reciclados e/ ou abundantes no local).

O estímulo à criação de protótipos como estes se mostra cada vez mais necessário, tendo em vista a enorme biodiversidade brasileira e a necessidade de adaptar as construções às peculiaridades de todos estes locais, buscando maior eficiência energética e uma arquitetura adequada do ponto de vista do bioclimatismo. Aponta-se, portanto, a expansão do foco da análise deste trabalho, pois não apenas é necessário focar a eficiência energética e conforto ambiental, mas todos os aspectos da sustentabilidade, salientando-se aspectos tais como o *ambiental* quando refletimos a respeito da disponibilidade de recursos, e o *cultural* quando observamos as diferentes tecnologias de construção e a eleição de tipologias construtivas regionais, muito além do estritamente econômico.

Os três casas selecionadas pertencem à mesma zona bioclimática que, segundo a norma NBR15.220-3, é a ZB8. Esta seleção de casas da mesma zona bioclimática é útil para mostrar que, apesar da norma recomendar as mesmas soluções para estes casos, elas possuem diferenças quanto ao microclima, vegetação, materiais regionais, cultura, arquitetura vernacular, tipologia das construções, dentre outras particularidades que precisam ser respeitadas e o foram nestes referenciais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.220-3**: Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e estratégias de condicionamento térmico passivo para habitações de interesse social. Rio de Janeiro, 2005b.
- MME/Brasil – **Balanco Energético Nacional**. Brasília, 2009. Disponível em: <<https://ben.epe.gov.br/BENRelatorioFinal2009.aspx>>. Acesso em: 02 mar. 2011.
- ANA/Brasil - **Potencial hidrelétrico brasileiro**. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br/pnrh/DOCUMENTOS/5textos/6-2energia.pdf>>. Acesso em: 02 mar. 2011.
- GRALA DA CUNHA, E. (Organizador). **Elementos de Arquitetura de Climatização Natural** – Método projetual buscando a eficiência energética nas edificações. 2ª edição. Porto Alegre: Masquatro, 2006.
- A. HENRICHS, R.; KLEINBACH, M.; BELICO DOS REIS, L. **Energia e meio ambiente**. São Paulo: Cengage Learning, 2010.
- OLIVEIRA, F. **Apostila sobre Coberturas**. Apostila da disciplina Construção Civil I, UFBA, Salvador. Disponível em: <http://www.dptoce.ufba.br/construcao1_arquivos/Apostila%20Cobertura.pdf>. Acesso em: 24 fev. 2011.
- RIBEIRO FILHO, J. N.; SILVA, G.C., LUCENA, K.F.M. Projeto e Execução de casa ecoeficiente em Campina Grande - PB. **I Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica**, Natal, 2006.
- RIBEIRO, M.; RIBEIRO, R. **Projeto casa eco: cartilha da obra da Vila Ecológica**, Manaus, 2008. Disponível em: <<http://www.habitare.org.br/pdf/relatorios/121.pdf>>. Acesso em: 13 set. 2010.
- TAVARES, S. F. **Conteúdo Energético e Emissões de Carbono em Edificações Residenciais Brasileiras**. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFPR, Curitiba. Disponível em: <http://grupothac.weebly.com/uploads/6/8/3/8/6838251/apres0309_sergio_tavares.pdf>. Acesso em: 30 mai. 2011.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao PROCEL/EDIFIC/ ELETROBRAS/MME pelo apoio à execução desta pesquisa.