

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO  
CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS  
CURSO DE ARQUITETURA E URBANISMO  
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**LANNA LARISSA RODRIGUES RÉGO DE OLIVEIRA**

**PROJETO DE HABITAÇÃO SOCIAL:  
Um protótipo unifamiliar baseado em bioarquitetura  
para a cidade de São Luis, Maranhão**

São Luis  
2012

**LANNA LARISSA RODRIGUES RÊGO DE OLIVEIRA**

**PROJETO DE HABITAÇÃO SOCIAL:  
Um protótipo unifamiliar baseado em bioarquitetura  
para a cidade de São Luis, Maranhão**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Maranhão – UEMA, para obtenção do grau de Bacharel em Arquitetura e Urbanismo.

Orientador: Prof. Dr. Alex Oliveira de Souza.

São Luis

**LANNA LARISSA RODRIGUES RÊGO DE OLIVEIRA**

**PROJETO DE HABITAÇÃO SOCIAL:  
Um protótipo unifamiliar baseado em Bioarquitetura  
para a cidade de São Luis, Maranhão**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Maranhão – UEMA, para obtenção do grau de Bacharel em Arquitetura e Urbanismo.

Aprovado em     /     /     .

**BANCA EXAMINADORA**

---

**Prof. Dr. Alex Oliveira de Souza** (Orientador)  
Universidade Estadual do Maranhão

---

**Prof. Dr. José Bello Salgado Neto** (1º Examinador)  
Universidade Estadual do Maranhão

---

**Arq. Iramaia Rabelo** (2º Examinador)  
Universidade Estadual do Maranhão

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais, que sempre tiveram a educação como o bem mais valioso que se pode proporcionar a um filho, e por terem desempenhado um papel importantíssimo em anos de dedicação à minha formação e à de meus irmãos.

Aos meus irmãos Eduardo e Polianna, por me apoiarem na distância, e me receberem com sorrisos nos feriados e folgas em Teresina.

Ao Dennis, por quase cinco anos completos de despedidas e chegadas, e mesmo assim ter cumprido comigo a promessa de que ia dar tudo certo.

Ao meu tio Walter e família por terem me recebido tão bem em sua casa logo ao início da missão desta monografia.

Aos meus colegas da turma 07132, e aos que se destacaram como amigos e verdadeiros incentivadores do que eu me propus fazer durante todo esse período acadêmico: Bárbara, Felipe e Hugo.

Ao Luciano, pela força na maquete eletrônica.

Aos arquitetos do escritório Rabelo e Vieira Arquitetura, Leonardo e Iramaia, pela força, compreensão e aprendizado na convivência diária.

Aos funcionários do CAU, em especial ao Zé Carlos, por resolver prontamente às minhas solicitações, com bom-humor e amizade.

Aos funcionários do Campus Paulo VI, aos quais eu também muitas vezes recorri.

Aos professores do Curso de Arquitetura e Urbanismo da UEMA, pelos ensinamentos, troca de experiências e vivências únicas proporcionadas nesses nove períodos de curso. Em especial, ao professor Alex Oliveira de Souza, pela orientação deste trabalho, bem como à confiança em me proporcionar o estágio na UFRJ durante a fase de pesquisa.

À Fundação de Amparo a Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão, FAPEMA, pelo apoio aos alunos do Curso de Arquitetura.

Aos funcionários do IVIG -UFRJ, pela simpatia e hospitalidade.

Às professoras e pesquisadoras Sylvia Meimaridou Rola e Lourdes Zunino Rosa pela atenção, orientações e fornecimento de material indispensáveis ao desenvolvimento deste trabalho.

## RESUMO

Partindo da premissa de responsabilidade social e ambiental, este trabalho se propôs a desenvolver um protótipo de habitação unifamiliar de interesse social, fundamentado nos princípios da bioarquitetura, contribuindo para elucidar tal vertente construtiva, e somando como bibliografia para posteriores trabalhos que possam tratar dessa temática. A priori, introduz o conceito de sustentabilidade e desenvolvimento sustentável no setor da construção civil destinado às Habitações de Interesse Social (HIS), e posteriormente apresenta o quadro atual das construções mais sustentáveis no Brasil e alguns dos mecanismos de classificação e avaliação disponíveis, a fim de investigar como essa temática vem sendo trabalhada em âmbito nacional, além de melhor relacionar com o conceito da proposta do modelo, que conta com a contextualização dos princípios da bioarquitetura, para enquadrá-la entre as diversas práticas construtivas sustentáveis existentes, revelando-a como uma alternativa a ser considerada viável e satisfatória. A proposta apresentada por fim, além de estar galgada em conceitos sustentáveis de bioconstrução, foi projetada também em função de um trabalho que contou com estudo de caso, entrevistas, estudo de adequação locacional e bioclimática, implicando em uma destinação que viabiliza o uso dos materiais e técnicas construtivas escolhidas, além de uma espacialização que está de acordo com as condições naturais do lugar, para que assim, o modelo atinja a máxima adequação ao uso e manutenção por parte dos usuários, vida útil prolongada, menor impacto ambiental, chegando a ganhos que contemplam as duas vertentes que deveriam ser inerentes a qualquer projeto de arquitetura: a social e a ambiental.

**Palavras-chave:** Habitação de Interesse Social; Bioarquitetura; Protótipo.

## **ABSTRACT**

Assuming social and environmental responsibility, this study proposes to develop a prototype single-family housing of social interest, based on the principles of Bioarchitecture. A priori, introduces the concept of sustainability and sustainable development in the construction industry aimed at Housing of Social Interest (HSI) then presents the classification and evaluation mechanisms as well as the current frame of more sustainable construction in Brazil in order to investigate as this theme has been worked nationwide, in addition to better relate to the concept of the proposed model, which has provided the context for the emergence and its principles to frame the Bioarchitecture between the various existing sustainable construction practices as an alternative to be considered workable and satisfactory. The presented proposal, finally, besides being climbed on concepts of sustainable bio construction, it was also designed on the basis of a work that relied on the case study, locational and bioclimatic feasibility study, resulting in a destination that enables the use of materials and construction techniques chosen, besides a specialization that conforms to the natural conditions of the place so that, thus, the model reaches the maximum adequacy for use and maintenance by users, long life, reduce environmental impact and this gains as reaching that address the two aspects that should be inherent in any project of architecture: the social and environmental.

**Keywords:** Housing of Social Interest, Bioarchitecture, Prototype.

## SUMÁRIO

RESUMO .....	5
ABSTRACT.....	6
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>9</b>
<b>1.1 Objetivos.....</b>	<b>11</b>
1.1.1 Objetivo Geral .....	11
1.1.2 Objetivos Específicos.....	11
<b>1.2 Metodologia Aplicada.....</b>	<b>12</b>
<b>2 CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA.....</b>	<b>13</b>
<b>2.1 Sustentabilidade e Desenvolvimento Sustentável.....</b>	<b>13</b>
2.1.1 A sustentabilidade nas construções .....	15
<b>3. DIRETRIZES PARA AS CONSTRUÇÕES COM QUALIDADE AMBIENTAL.....</b>	<b>18</b>
<b>3.1 Conceito de Construção com Qualidade Ambiental.....</b>	<b>18</b>
<b>3.2 Mecanismos de Classificação e Avaliação: Os Selos de Qualidade Ambiental.....</b>	<b>20</b>
3.2.1 O Selo Azul da Caixa: Possível parâmetro para Certificação de habitações de Interesse Social no Brasil .....	23
<b>3.3 O Panorama das Habitações Sociais mais Sustentáveis no Brasil .....</b>	<b>25</b>
<b>3.4 Os Órgãos Institutos Nacionais Atuantes no Processo de Validação das Construções mais Sustentáveis.....</b>	<b>29</b>
<b>4. BIOARQUITETURA COMO ALTERNATIVA MAIS SUSTENTÁVEL.....</b>	<b>31</b>
<b>4.1 Conceito.....</b>	<b>32</b>
<b>4.2 Surgimento e Retrospecto.....</b>	<b>33</b>
<b>4.3 Princípios .....</b>	<b>34</b>
<b>5. A PROPOSTA.....</b>	<b>35</b>
<b>5.1 Memorial Justificativo.....</b>	<b>35</b>
<b>5.2 Estudo de Caso.....</b>	<b>36</b>
5.2.1 CETS – Centro de Energia e Tecnologias Sustentáveis.....	37
5.2.2 A Casa Ecológica IVIG/CETS/UFRJ.....	38
5.2.3 Levantamento in loco.....	39
5.2.4 Catalogação e Análise dos Materiais Usados na Casa Ecológica Do CETS – IVIG.....	41

<b>5.3 Considerações e adaptações ao protótipo de HIS.....</b>	<b>49</b>
5.3.1 Partido Arquitetônico.....	49
5.3.2 Perfil Familiar.....	50
5.3.3 Estudo de viabilidade locacional do protótipo segundo a NBR 15220-3.....	50
5.3.3.1 Arranjos combinados segundo estudo da orientação solar e ventilação.....	55
5.3.3.1.1 A situação “Ótima”: Orientação Sul.....	61
5.3.4 Materiais e técnicas construtivas aplicadas.....	63
<b>5.4 Memorial Descritivo.....</b>	<b>69</b>
5.4.1 Protótipo.....	69
<b>5.5 O aproveitamento da água pluvial e do potencial natural de iluminação e ventilação.....</b>	<b>75</b>
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>80</b>
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	81
APÊNDICES.....	83

## 1 INTRODUÇÃO

Perspectivas ambientais e sociológicas ganhavam espaço e tomavam fôlego inicial na arquitetura e no urbanismo nos anos 60. Enquanto isso, o mundo regia-se por um modelo econômico que vinha gerando desequilíbrios sociais, visto o alto grau de industrialização e uso indiscriminado de recursos naturais. No Brasil, quando o presidente Juscelino Kubitschek apresentava à Nação o Plano de Metas, empreendendo uma forte política industrial, consolidava-se uma tentativa de acompanhar as aguçadas relações de força que se estabeleciam entre os países naquela década.

E, sendo a construção civil um dos principais responsáveis pelo acúmulo de resíduos e desperdícios de matéria-prima que muitas vezes possuem potencial renovável, a arquitetura foi diretamente atingida pela introdução dessa responsabilidade ambiental, que interfere em todas as fases do processo, desde a escolha do território de intervenção, concepção projetual, aplicação de técnicas construtivas, procedimentos de manejo e destinação dos materiais utilizados e até mesmo na manutenção do imóvel por parte dos seus usuários.

As avaliações das habitações sociais realizadas em várias partes do país, tanto das autoconstruídas quanto daquelas construídas através de programas habitacionais, mostram invariavelmente os mesmos problemas de habitabilidade (ROMERO e ORNSTEIN, 2003). As más condições de conforto térmico e luminoso ocorrem com mais frequência, aumentando desnecessariamente o gasto de energia, opondo-se portanto, ao objetivo primordial das políticas de habitação de interesse social, que é de oferecer um imóvel condizente com a renda de seus usuários, já que não adianta racionalizar no custo de execução e materiais do empreendimento, se sua manutenção se torna onerosa, visto a desconsideração da correta orientação ou o uso de materiais adequados ao clima.

Para fins de criar referenciais técnicos quanto à adequação e conformidade das edificações às metas de sustentabilidade, selos e certificados de eficiência energética ou de sustentabilidade emitidos por órgãos oficiais e extra-oficiais foram criados por diversos países, contendo itens que devem ser atendidos a fim de se obter a pontuação mínima para a Certificação. Dentre eles, identificam-se exigências

que podem variar de acordo com o Selo, mas que em geral levam em consideração o terreno de implantação da edificação e de seu entorno, o uso da água, o consumo de energia, a adoção de materiais, a qualidade do ambiente interno e inovações de projeto.

Não basta ser sustentável em seu potencial individual. Ao combinar-se materiais e técnicas, é necessário que se avalie o grau de impacto do conjunto com seu entorno, bem como a disponibilidade e viabilidade da utilização das matérias-primas escolhidas, seu custos de deslocamento, uso e manutenção.

## 1.1 Objetivos

### 1.1.1 Objetivo geral

Propor um protótipo de habitação social unifamiliar, fundamentado nos princípios da bioarquitetura; um imóvel com baixo impacto ambiental, custos operacionais reduzidos e com tempo de execução otimizado.

### 1.1.2 Objetivos específicos

A elaboração de um protótipo que atenda às inúmeras necessidades cabíveis às soluções propostas pela bioarquitetura, perpassa por fatores que têm de ser cuidadosamente avaliados, a fim de se atingir a eficiência proposta em sua essência, e melhor empregar no produto final, a partir de um diagnóstico conciso. Dentre eles identifica-se:

- a) Elaborar um panorama dos referenciais técnicos para construções sustentáveis, traduzidos em Selos de Qualidade Ambiental, identificando seus critérios e especificidades, e como eles se relacionam com a realidade construtiva da bioarquitetura;
- b) Comparar as técnicas utilizadas, a partir da análise das tecnologias e soluções disponíveis atualmente, em função de qual melhor se aplicaria às matérias-primas escolhidas;
- c) Desenvolver um protótipo baseado nos parâmetros da bioarquitetura, procurando melhorar a eficiência energética do imóvel, relacionada com as condições bioclimáticas que predominam no meio de inserção do projeto idealizado;

- d) Analisar os critérios de desempenho de produção construtiva, tornando o projeto o menos oneroso possível, e melhor relacionado e inserido em seu contexto ambiental e social.

## **1.2 Metodologia aplicada**

A fim de adequar a proposta e seu objetivo final ao período de trabalho disponível, foram desenvolvidas etapas para que o trabalho atingisse o seu propósito de forma integral.

Fez-se necessário, logo ao início do trabalho, o levantamento de uma bibliografia base, onde buscou-se conceitos no âmbito da sustentabilidade e do desenvolvimento sustentável, para diferir e situar a bioarquitetura nesse contexto, expondo as soluções que vêm sendo adotadas e mais difundidas atualmente, quais as diretrizes que caracterizam de fato o que vem a ser uma arquitetura que busca atender aos parâmetros de sustentabilidade, pautado nas exigências dos Selos de Qualidade Ambiental adotados no Brasil, além da catalogação e classificação de materiais e conseqüentemente das técnicas construtivas cabíveis à situação de intervenção, bem como o estudo comparativo das condições naturais oferecidas pela área de implantação sugerida ao protótipo, com os produtos que se pretende aplicar.

Para tal, na primeira fase do estudo, desenvolveu-se uma intensa pesquisa em caráter de estágio extra-curricular no Instituto Internacional de Mudanças Globais, o IVIG, que desenvolve estudos em três grandes áreas interligadas e relacionadas às transformações globais, e que tem como uma de suas principais linhas de pesquisa a “Sustentabilidade das Construções”. Nesta etapa, acumulou-se informações e documentação iconográfica sobre o que tem sido realizado nesse campo, quais as discussões em voga que permeiam o debate da bioarquitetura e suas implicações no campo da habitação social, e as mudanças proporcionadas na esfera da construção civil por esse “método de construir”, além do Estudo de Caso feito a partir da análise de materiais da Casa Ecológica do IVIG. Posteriormente realizou-se a análise dos recursos disponíveis na região escolhida para destinação do protótipo, visando a instrumentalização a partir das condições teóricas e

empíricas indispensáveis ao desenvolvimento de atividades de análise da realidade e produção de conhecimentos sobre ela.

Após essa primeira etapa, fundamentada basicamente na compilação de material e levantamento bibliográfico e de pesquisa in-loco, houve uma classificação de correlação entre os dados levantados e sua aplicabilidade prática, bem como o diagnóstico de viabilidade locacional, de acesso aos produtos escolhidos, com visita à fornecedores das matérias primas, entrevistas, além da posterior avaliação dos critérios de desempenho de produção construtiva e de como o imóvel se comportaria em sua vida útil, levando em consideração sua relação com o público e a região aos quais foi destinado.

Dessa forma, pôde-se desenvolver o protótipo, baseado nos preceitos da bioarquitetura, e, sobretudo, pautado nas diretrizes das políticas de habitação social, já que o trabalho contempla as duas áreas de interesse: a social e ambiental.

## **2. CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA**

### **2.1 Sustentabilidade e Desenvolvimento Sustentável**

Antes que a sustentabilidade e mais especificamente o desenvolvimento sustentável sejam tratados em níveis de satisfação e alcance de objetivos, têm de, *a priori*, passar pelo crivo do coletivo humano da percepção e unificação dos conceitos e valores enraizados nesse debate. O tão difundido e citado conceito do Relatório de Brundtland (1987) que imortalizou a frase “utilizar os recursos disponíveis no presente sem esgotá-los e comprometer o meio ambiente das gerações futuras”, acabou por multiplicar opiniões, interpretações e indagações, que colocaram em voga de uma vez por todas, a idealização da busca por um mundo holisticamente sustentável.

O conceito de sustentabilidade “surgiu” há quatro décadas como uma forma de equilibrar as atividades essenciais à qualidade de vida, e incluindo-se nos mais diversos âmbitos, fossem eles ambientais, espaciais, sociais, culturais, políticos ou econômicos (SACHS, 2000). Havia de se buscar o desenvolvimento, partindo,

porém, da premissa de que fosse um “Desenvolvimento Sustentável”, um modelo de práticas sustentáveis combinadas nas mais diversas esferas racionalizando a produção e preservando os recursos naturais, melhorando assim a qualidade de vida.

O insistente debate é, claro, de muita valia não só para os conceitos em si, mas para o aprofundamento de questões aí inseridas ainda não completamente sistematizadas, como também para o esforço de colocar o que se sabe “útil” em prática, ainda que isoladamente. Por outro lado, o “cartaz” feito do assunto, por vezes não passa de merchandising de segmentos com interesse de mercado, ou mesmo discursos sócio-políticos rasos, carentes de propostas efetivas.

Perante sua abrangência, o assunto passou a assumir os mais diversos significados dependendo da perspectiva de abordagem, continuando a levantar divergências ou ainda, pontos desconexos. Por vezes têm-se sustentabilidade apenas como uma expressão abrangente, facilmente encaixável em qualquer discurso, sem prioridades concretas, e com ações frequentemente expurgadas de encadeamentos, o que dificulta o consenso quanto às suas diretrizes, que deveria contemplar os seus três preceitos básicos, que em suma, partem da relação entre a justiça social, a proteção ambiental e a viabilidade econômica de tais práticas.

O mundo moderno e tecnológico do qual fazemos parte, evoluiu, concebeu problemáticas e alternativas, debateu, e hoje dispõe de dispositivos e condutas de sustentabilidade com o intuito da regulamentação de práticas mais sustentáveis que acabam por atingir toda e qualquer atividade, inclusive o setor da construção inerente à este trabalho. Shiller *et al* (2003) destaca que a produção do habitat construído requer uma grande proporção dos recursos energéticos e dos materiais em suas distintas fases, escalas e processos.

É fato que muitos dos conceitos relacionados à sustentabilidade são, na verdade, óbvios, já que foram, ao longo da história do homem, a única ou a melhor opção disponível a orientar a maioria de suas intervenções sobre o planeta. Alguns desses conceitos, que serão aqui expostos e exemplificados no projeto final, dizem respeito às edificações e às comunidades, e à forma de o homem construir ou modificar o seu habitat, quando busca minimizar a adição de impactos àqueles já ocorrentes.

### 2.1.1 A sustentabilidade nas construções

O comprometimento ambiental no setor da construção civil, e, sobretudo, nos empreendimentos de caráter social, está cada vez mais enraizado nas políticas básicas de metodologia construtiva.

Segundo dados da Associação Nacional de Arquitetura Sustentável, ANAB, cerca de 50% dos recursos extraídos da natureza são destinados ao setor da construção civil; e, especificamente no caso do Brasil, é responsável pelo consumo de cerca de 40% dos recursos naturais e da energia produzida, 34% da água, 55% de madeira não certificada, além de responder pela produção de 67% da massa total de resíduos sólidos urbanos.

É perceptível, porém, em praticamente em todo o histórico mais recente de empreendimentos de habitação social, quer em âmbito nacional ou internacional, encontrar diretrizes de projeto pleiteadas por uma dimensão mais sustentável, ou pelo menos, na tentativa de fazê-la.

Nesse sentido, o projeto da habitação de interesse social está diretamente relacionado à sustentabilidade social, além das sustentabilidades ecológica e econômica. Projetos habitacionais sustentáveis implicariam a melhoria da qualidade de vida dos residentes mediante o uso adequado dos recursos naturais locais e uma abordagem de projeto contextual respeitando sítio, clima, características culturais e necessidades humanas (OKTAY, 1999).

E, para que tais construções tenham real sucesso, além de se considerarem aspectos projetuais e de execução enquanto no canteiro de obras, há de se prever como os imóveis irão se portar durante sua vida útil e como seus insumos serão descartados ou mesmo reaproveitados depois dela, a interrelação imóvel-usuário, preocupando-se em tornar compatível os aspectos no tocante à realidade social e econômica de quem fará uso.

Isso significa que as construções sustentáveis devem ser concebidas e planejadas a partir de várias premissas. Dentre elas, a escolha de materiais ambientalmente corretos, de origem certificada e com baixas emissões de CO<sub>2</sub>; com menor geração de resíduos durante a fase de obra; o cumprimento das normas,

principalmente as de desempenho; que suprimam menores áreas de vegetação; que demandem menos energia e água em todas as fases - construção e uso - e que possam ser amplamente reaproveitadas no fim de seu ciclo de vida.

O empreendimento sustentável traz uma série de benefícios nos três pilares que compõem a sustentabilidade (Cartilha Condutas de Sustentabilidade no Setor Imobiliário Residencial, CBCS / SCOVI-SP):

- a) **Benefícios sociais:** a sustentabilidade desenvolve a economia local através da geração de emprego e renda, gera benefícios através dos impostos pagos e promove a integração de ocupantes (do empreendimento) com sua vizinhança e uma adequação arquitetônica com seu entorno.
- b) **Benefícios ambientais:** observa-se que empreendimentos sustentáveis podem ser concebidos e planejados para que suprimam menores áreas de vegetação, otimizem o uso de materiais, gerem menos emissões de resíduos durante sua fase de construção; demandem menos energia e água durante sua fase de operação; sejam duráveis, flexíveis e passíveis de requalificação e possam ser amplamente reaproveitados e reciclados no fim de seu ciclo de vida. Muitos dos benefícios ambientais se traduzem em ganhos econômicos, com a redução de custos de construção, uso e operação e manutenção das edificações.
- c) **Benefícios econômicos:** aumento da eficiência no uso de recursos financeiros na construção, a oferta de um retorno financeiro justo aos empreendedores e acionistas, indução de aumento da produtividade de trabalhadores por encontrarem-se em um ambiente saudável e confortável.

A frequente e interminável discussão acerca dos conceitos da construção sustentável muitas vezes leva a certos julgamentos errôneos, tal como afirmar simplesmente que uma obra é ou não sustentável. A caracterização da sustentabilidade de uma construção vem do processo na qual esta foi projetada, executada e na somatória das técnicas usadas em relação ao entorno e lugar. Assim, apenas é possível afirmar de forma comparativa à outro projeto se uma construção é “mais sustentável que a outra”.

Pensar em um edifício isolado não faz sentido quando tratam-se de questões ambientais como a sustentabilidade dos espaços construídos pelo homem. Por ser sistêmica, a construção para ser mais sustentável deve ser elaborada em um contexto, considerando que a ambiência do meio externo é tão importante quanto o que ocorre nas dependências internas. Por isso, a comparação é a melhor forma de avaliar uma construção sustentável.

A auto-suficiência da edificação deve ser levada em consideração. Muitas vezes, alguma parcela da energia pode ser gerada no próprio lugar e a água pode ser reaproveitada, fazendo com que no longo prazo se obtenha uma economia considerável nas contas de luz e água. Geralmente a energia externa produz gases de efeito estufa em algum momento de sua produção. Em um contexto mais amplo, proporcionar a sua própria energia faz com que o edifício colabore com a redução destes gases. Entretanto, caso o empreendimento cumpra todos os pré-requisitos técnicos, respeite todas as normas éticas ambientais, apenas usando materiais adequados e mesmo assim fechar-se para seu potencial isolado, não condizendo com as necessidades do entorno, não se relacionando com o lugar na qual está inserido, abstraindo as outras construções e pessoas que convivem próximo, não estará atendendo às premissas de sustentabilidade.

Não existe, em verdade, nenhuma obrigatoriedade de se cumprir todos os requisitos técnicos para uma construção ser sustentável. As diretrizes são em suma, uma forma de orientar aqueles que pretendem construir de uma forma ambientalmente mais responsável. Uma obra sustentável leva em conta o processo na qual o projeto é concebido, quem vai usar os ambientes, quanto tempo terá sua vida útil e se, depois desse tempo todo, ela poderá servir para outros propósitos ou não. Tudo o que diz respeito aos materiais empregados nela devem levar em conta a necessidade, o desperdício, a energia gasta no processo até ser implantado na construção e, depois, se esses materiais podem ser reaproveitados.

Uma arquitetura sustentável deve, fundamentalmente, levar em conta o espaço na qual será implantada. Os aspectos naturais são de extrema importância para se projetar com estes fins. Se respeitadas, as condições geográficas, meteorológicas, topográficas, aliadas às questões sociais, econômicas e culturais do

lugar é que definirão o quão sustentável a construção será. Ainda segundo Shiller et al (2003),

A edificação sustentável promove diversos benefícios que se estendem além de sua participação no melhoramento das condições ambientais e mitigação do impacto ambiental, uma vez que representam o estabelecimento de uma nova ordem de princípios básicos de desenho em todas e cada uma de suas escalas. Tais princípios se fundamentam em sistemas e ciclos naturais, maior dependência de recursos locais, particularmente para a geração, distribuição e uso de energia e água, com dimensão social e projeção ao futuro.

Há necessidade de mudanças na lógica atual da indústria da construção. A redução de custos e de impactos socioambientais pensada nas fases de concepção e projeto com foco apenas na fase de construção é insuficiente para que o setor da construção e as edificações se tornem mais sustentáveis. É preciso que o planejamento do empreendimento e de seus projetos de construção contemple todos os impactos que possam ser gerados durante todo o ciclo de vida das edificações e busque formas de ativamente minimizá-los nas suas primeiras fases, geram melhorias significativas com baixo custo, trazendo maior retorno socioambiental.

### **3. DIRETRIZES PARA AS CONSTRUÇÕES COM QUALIDADE AMBIENTAL**

#### **3.1 Conceito de Construção com Qualidade Ambiental**

Um empreendimento, seja ele institucional, comercial, habitacional ou mesmo na escala urbana (bairros, por exemplo) pode ser considerado de alta qualidade ambiental quando a adequação ambiental, a viabilidade econômica e a equidade social são incorporadas em todas as etapas do seu ciclo de vida, ou seja, desde a fase de concepção, construção, uso e manutenção; até, possivelmente, em um processo de demolição. E para que se contemplem os quesitos necessários para que tal construção possa ser classificada como “mais sustentável”, foram criados selos e certificações como ferramentas de avaliação da eficiência energética, do uso

racional da água, conforto térmico, materiais e de outros critérios de sustentabilidade que servem como pré-requisitos básicos para agregar um potencial ambiental mais adequado à edificação. Essas metodologias de avaliação têm impulsionado práticas mais sustentáveis na construção civil, pois influenciam arquitetos e engenheiros a adotarem as melhores práticas nos projetos e na execução de edificações, além de nortear um movimento de mudança no posicionamento da sociedade civil em relação ao assunto, gerando uma transformação de mercado. As certificações são em sua maioria de caráter voluntário; havendo, atualmente, inúmeras certificações que avaliam edifícios comerciais, residências, escolas e até bairros.



Figura 1 - Loja de Niterói (RJ) da Leroy Merlin, certificado pelo Selo Aqua. Fonte: ICLEI.



Figura 2 – Prédio Bracor, Petrobrás. Cidade Nova (RJ). Certificado pelo Selo LEED. Fonte: ICLEI.

As certificações LEED (Leadership in Energy and Environmental Design), criada pela ONG americana USGBC (U.S. Green Building Council), e AQUA (adaptação do francês HQE – Haute Qualite Environnementale), aplicada pela Fundação Vanzolini, são as mais conhecidas no Brasil. Entretanto, elas só foram aplicadas no país para edifícios comerciais, não para residências.

Diante da evolução do crescimento da construção civil e do foco da sustentabilidade no setor, a Caixa Econômica Federal lançou o selo “Casa Azul”, que qualifica projetos de empreendimentos dentro de critérios socioambientais, agrupados em seis categorias: inserção urbana, projeto e conforto, eficiência energética, conservação de recursos materiais, uso racional da água e práticas sociais. Em relação à energia, a Eletrobrás criou o selo Procel – Edifica, em que avalia a eficiência energética dos edifícios (comerciais, de serviços e públicos) com área superior a 500 m<sup>2</sup> ou atendidos por alta tensão (grupo tarifário A).

Os edifícios são classificados em níveis A, B, C, D e E, de acordo com a eficiência energética: nível A – alta eficiência (baixo consumo de energia) e o nível E – baixa eficiência (alto consumo de energia). O custo para que uma edificação seja reconhecidamente sustentável, por meio de um processo de certificação, corresponde a algo em torno de 5 a 10% do custo da construção. Ocorre que a obtenção da certificação por parte dos investidores gera retornos na locação e venda de edificações comerciais e residenciais, ou seja, o valor agregado à edificação – uso de materiais sustentáveis, redução dos impactos ambientais, do consumo de água e energia etc – é superior aos investimentos.

### **3.2 Mecanismos de Classificação e Avaliação: Os Selos de Qualidade Ambiental**

O primeiro sinal da necessidade de se avaliar o desempenho ambiental de edifícios veio exatamente com a constatação de que, mesmo os países que acreditavam dominar os conceitos de projeto ecológico, não possuíam meios para verificar quão "verdes" eram de fato os seus edifícios. Como seria comprovado mais tarde, edifícios projetados para sintetizar os conceitos de construção ecológica freqüentemente consumiam ainda mais energia que aqueles resultantes de práticas comuns de projeto e construção.

O segundo grande impulso no crescimento de interesse pela avaliação ambiental de edifícios veio com o consenso entre pesquisadores e agências governamentais de que a classificação de desempenho atrelada aos sistemas de certificação seria um dos métodos mais eficientes para elevar o nível de desempenho ambiental, tanto do estoque construído quanto de novas edificações.

Atualmente, praticamente cada país europeu - além de Estados Unidos, Canadá, Austrália, Japão e Hong Kong - possui um sistema de avaliação e classificação de desempenho ambiental de edifícios. As circunstâncias contextuais que resultaram em sua criação variam, assim como as aplicações pretendidas para estes sistemas, que vão desde ferramentas de apoio ao projeto até ferramentas de avaliação pós-ocupação.

Embora não exista uma classificação formal neste sentido, os sistemas de avaliação ambiental disponíveis podem ser claramente distintos em duas categorias. De um lado, estão os sistemas que promovem a construção sustentável através de *mecanismos de mercado*, que é o caso do **Leadership in Energy and Environmental Design**, o **LEED** (USGBC, 1999; USGBC, 2001) e do sistema **NF Bâtiments Tertiaires Démarche HQE** (CSTB, 2005), que acabaram sendo adaptados para uso no Brasil, enquanto o outro grupo de sistemas caracteriza-se como “métodos orientados para pesquisa”, centrados essencialmente no desenvolvimento metodológico e fundamentação científica.

O primeiro grupo citado, onde incluem-se o **LEED** (Liderança em Energia e Qualidade Ambiental, em português) e o Selo **AQUA** (Alta Qualidade Ambiental), adaptado do Selo francês **HQE**, fazem parte dos sistemas que foram desenvolvidos para serem facilmente absorvidos por projetistas e pelo mercado em geral, e têm, portanto, uma estrutura mais simples, normalmente formatada como uma lista de verificação. Para divulgar o reconhecimento do mercado pelos esforços dispensados para melhorar a qualidade ambiental de projetos, execução e gestão operacional, todos eles são vinculados a algum tipo de certificação de desempenho.

Até o ano de 2010, no Brasil, haviam 23 empreendimentos com certificação do LEED, enquanto que o número de empreendimentos certificados pelo selo AQUA no território nacional, eram 9 (2009). Justifica-se a diferença quantitativa de certificações pelo fato de que o Selo AQUA foi instituído no país apenas no ano de 2008, sendo a certificação e a marca **Processo AQUA** concedidas pela Fundação Vanzolini, que inclui desde escritórios, escolas, hotéis, até empreendimentos habitacionais.



Figura 3 – Logos dos Selos AQUA e LEED, respectivamente.  
Fonte: Googleimagens.

A grande crítica envolvendo dos Selos de Qualidade Ambiental, pontuada sobretudo sobre o Selo LEED, está justamente na estrutura simplória, que chega a ser tão abrangente de forma que é baseada em especificação de desempenho em vez de critérios prescritivos, fazendo com que haja o questionamento da possibilidade deste, bem como os outros Selos certificadores estarem tratando apenas de marketing em detrimento da real defesa da sustentabilidade. Isso porque um Selo hoje é classificado como uma marca. Assim, edifícios e empreendimentos comerciais tornam-se mais ou menos valorizados dependendo do prestígio conseguido, ou seja, do tipo e da “marca” do Selo pelo qual foi certificado. O LEED toma por referência princípios ambientais e de uso de energia consolidados em normas e recomendações de organismos de terceira ordem, tornando a validação por vezes, em caráter desconexo com o contexto brasileiro de construção, o que acaba por abalar a confiabilidade desta e de outras certificações que se apresentam como sendo adaptadas ao contexto nacional e na prática não o são; ou ainda ao se considerar o fato de as certificações serem concedidas apenas com base em previsões de consumo, ou mesmo por deixarem pouco claro o real conteúdo do certificado que emitem.

Os Selos LEED e AQUA são os chamados “Selos de adesão voluntária”, ou seja, geram interesse junto às construtoras comerciais justamente por garantirem à instituição certo status, já que ao incorporar o Selo, ela automaticamente estará dotada de credibilidade perante o mercado, já que investiu em sustentabilidade (ecológica e econômica) do edifício, agregando-o valor de maneira palpável. Mas são sistemas da iniciativa privada, paga-se para obtê-los, o que gera controvérsias quanto aos critérios de avaliação por vezes considerados incipientes e duvidosos.

O que acontece, na verdade, é que ainda não foram instituídos parâmetros brasileiros para um processo de certificação do Selo, medidas estas que proveriam maior vivenciamento no processo de Certificação no tocante à realidade da construção civil nacional, buscando a preservação de nossos recursos naturais e adaptando nossas práticas de construção, que não são sustentáveis, à uma metodologia mais sustentável de fato.

### 3.2.1 O Selo Azul da Caixa: Possível parâmetro para certificação de habitações de interesse social no Brasil

Na realidade não há no Brasil um Selo para Certificação de Qualidade Ambiental que considere fatores específicos para empreendimentos habitacionais de interesse social, porém o que mais se adequaria ao processo desse tipo de Certificação, certamente seria o selo Casa Azul da Caixa, concebido e desenvolvido em âmbito exclusivamente nacional por uma parceria entre a equipe técnica da própria CEF (Caixa Econômica Federal) com experiência em projetos habitacionais e em gestão para a sustentabilidade, e um grupo multidisciplinar de professores da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP), da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), que formaram uma rede de pesquisa financiada pelo FINEP/HABITARE (programa de Tecnologia de Habitação, da Financiadora de Estudos e Projetos) e pela Caixa Econômica Federal.

O Selo Casa Azul CAIXA, lançado no ano de 2010, é um instrumento de classificação socioambiental de projetos habitacionais, que busca reconhecer os empreendimentos que adotam soluções mais eficientes aplicadas à construção, ao uso, à ocupação e à manutenção das edificações, objetivando incentivar o uso racional de recursos naturais e a melhoria da qualidade da habitação e de seu entorno.

O Selo se aplica a todos os tipos de projetos de empreendimentos habitacionais apresentados à CAIXA, com valor até R\$130 mil, para financiamento ou nos programas de repasse. Podem se candidatar ao Selo: as empresas construtoras, o Poder Público, empresas públicas de habitação, cooperativas, associações e entidades representantes de movimentos sociais (CARTILHA DA CAIXA, 2008), ou seja, os programas de habitação social que envolvam práticas mais sustentáveis podem ser facilmente incorporados e avaliados sob os critérios desse Selo.

Para obter o Selo, o proponente deverá manifestar o interesse de adesão ao Selo Casa Azul CAIXA e apresentar os projetos, a documentação e informações técnicas completas referentes aos critérios a serem atendidos pelo projeto, toda a

documentação necessária para análise, e, caso necessário, poderá haver por parte da Caixa, solicitação de correção e/ou complementação da documentação.

Durante a obra, o proponente deverá executar todos os itens previamente mencionados no projeto, de acordo com as especificações apresentadas e aprovadas pela CAIXA, implantar as práticas sociais previstas em projeto e divulgar aos usuários os itens incorporados ao projeto, assim como orientar os moradores sobre manutenção, reposição e uso dos dispositivos/equipamentos.

O atendimento aos itens propostos em projeto será verificado também no curso do acompanhamento da obra, durante as medições mensais ou em vistorias específicas. A verificação ao atendimento dos critérios do Selo será realizada concomitantemente à análise de viabilidade técnica da proposta.

Após aprovação do projeto, a CAIXA informará ao proponente a gradação alcançada pelo projeto. Na contratação da proposta, é emitido um certificado de concessão do Selo Casa Azul Caixa contendo o nível alcançado: bronze, prata ou ouro. Não há, segundo a CEF, despesas para o proponente na concessão do Selo, é cobrada apenas uma taxa de análise de projeto candidato ao Selo Casa Azul CAIXA, emitida na entrega da documentação para cobertura dos custos da análise técnica, sem custos de vistorias adicionais.

A própria Caixa em maio de 2010 lançou uma cartilha também disponível em documento virtual, onde são apresentados e discutidos os fundamentos de cada categoria e os critérios de análise, além de uma bibliografia complementar, fornecida ao final de cada capítulo, para embasar os critérios adotados pelo Sistema de avaliação, que incluem desde produção literária sobre o assunto até NBRs que envolvem critérios de práticas e adequações ambientais nas construções.



Figura 4 – Classificações concedidas pelo Selo Azul da Caixa. Ouro, Prata e Bronze, respectivamente. Fonte: Cartilha Caixa, 2008.

O Selo Casa Azul possui 53 critérios de avaliação, distribuídos em seis categorias que orientam a classificação de projeto. As principais categorias de critérios, e avaliação são as que seguem: Qualidade Urbana, Projeto e Conforto, Eficiência energética, Conservação de Recursos Materiais, Gestão da Água e Práticas Sociais. Estes seis principais itens, por sua vez, ainda possuem subitens de avaliação classificados como “obrigatórios” ou “não obrigatórios”. O projeto que apresentar o cumprimento dos pré-requisitos obrigatórios é classificado como Bronze. Caso obedeça além dos itens ditos obrigatórios, mais seis itens de livre escolha, o projeto é classificado na categoria Prata. E, se obedecer aos itens obrigatórios e a mais doze itens de livre escolha, o projeto torna-se da categoria Ouro. Vale ressaltar que o que a Cartilha da Caixa lista como os de “livre escolha” são os subitens previamente elencados nos seus critérios de avaliação, os ditos “não obrigatórios”.

### **3.3 O Panorama das habitações sociais mais sustentáveis no Brasil**

Visto a inexistência de um princípio avaliador exclusivamente direcionado às políticas habitacionais de interesse social e ambiental, não se encontra imóveis de HIS qualificados com selos verdes no Brasil.

Porém, por parte da iniciativa de governos, instituições e pelos próprios proponentes de empreendimentos desse viés, diretrizes normativas, pré-requisitos obrigatórios ou mesmo projetos de lei são instituídos para que se tenha um referencial de projetos que resultem em boas práticas no quesito “políticas de construções mais sustentáveis”.

Em 2010, o projeto CCPS, desenvolvido por iniciativa do ICLEI (Conselho Internacional para Iniciativas Ambientais Locais – atuante na América Latina e Caribe), que consistiu em um conjunto de 16 Cadernos Virtuais sobre as Teorias e Práticas em Construções Sustentáveis no Brasil, com uma coletânea dividida em 5 seções, tratando de vários temas relacionados aos impactos ambientais decorrentes das construções, desde a concepção até a sua habitação e uso. Os Cadernos Virtuais incluem considerações sobre elementos e materiais de construção, uma

avaliação das ferramentas disponíveis para apoiar os gestores e tomadores de decisão nos processos de construção e compras públicas sustentáveis e uma análise dos aspectos de ambiente construído e infra-estrutura urbana, seus sistemas e as interações relevantes para o poder público, com o intuito de que esse material seja usado como guia no estabelecimento dos critérios de sustentabilidade na especificação e na aquisição dos materiais.

Na seção IV – que trata do “Ambiente Construído” - encontra-se o caderno virtual produzido a partir da pesquisa realizada pelas arquitetas e professoras Lourdes Zunino Rosa e Celina Arczynska Lago, que consistiu em um retrospecto da evolução histórica do que inicialmente chamou-se favela até se chegar a expressão politicamente correta, Habitações de Interesse Social (HIS).

A pesquisa além de apresentar o seguimento cronológico que esse tipo de política social seguiu, exemplifica com as chamadas “boas práticas” verificadas tanto em âmbito internacional quanto nacional, ressaltando alternativas ambientalmente amigáveis que foram tomadas nos projetos, bem com suas carências e pontos fracos, além de divulgar protótipos de habitação social mais sustentáveis em fase de desenvolvimento e teste, a fim de elencar a gama de possibilidades e inovações propostas e futuramente disponíveis à produção em larga escala exigida por um programa de habitação social. Alguns dos exemplos citados no Caderno são expostos a seguir:

a) Casa Alvorada

Uma equipe de alunos e professores do Núcleo Orientado para a Inovação na Edificação (NORIE), a partir das idéias premiadas no Concurso Internacional sobre Idéias de Projeto, passou desenvolver um projeto de habitação de baixo custo e baixo impacto ambiental para a cidade de Alvorada, financiado pela FINEP – Programa de Tecnologia da Habitação – HABITARE.



Figuras 5 e 6 - Imagens da Casa Alvorada, tal como concebido para o município de Alvorada.  
Fonte: Coleção Habitare, 8.

O projeto teve por objetivo utilizar princípios e tecnologias sustentáveis como a utilização de materiais construtivos de baixo impacto ambiental, gerenciamento de resíduos líquidos e sólidos, a utilização de fontes energéticas sustentáveis, além de buscar por um projeto paisagístico produtivo conseguido através do cultivo de hortas domésticas. O Protótipo Casa Alvorada, desenvolvido inicialmente para a cidade de mesmo nome, só foi efetivamente implementado a partir de 1999, na cidade de Nova Hartz, Rio Grande do Sul. Como protótipo, é usado como elemento de teste, verificação de desempenho e divulgação de tecnologias não convencionais.

O protótipo com 48,5 m<sup>2</sup> foi desenvolvido para atender as necessidades básicas de uma habitação unifamiliar, com dois quartos, sala conjugada a cozinha, banheiro, área de serviço e construído entre outubro de 2001 e janeiro de 2003.

#### b) Habitação de Interesse Social Sustentável no Rio Grande do Norte

O trabalho “Habitação de interesse social e sustentabilidade em um assentamento rural do nordeste brasileiro”, desenvolvido por Medeiros, A.D. et al, 2010, teve como objetivo a identificação e formulação de uma proposta de Habitação de Interesse Social (HIS) com a prática de sustentabilidade para o projeto de assentamento José Coelho da Silva - Macaíba/RN.

A proposta de construção da edificação foi conceituada através de blocos cerâmicos de dimensões padronizadas e coerentes com o conceito de coordenação modular, tendo como princípio norteador, agregar a racionalização na execução da

construção dessas moradias, utilizando como matéria prima tijolos de blocos cerâmicos provenientes da região, mão-de-obra familiarizada com o processo de execução, minimizar os desperdícios, reduzir o tempo da construção, aumentar a qualidade e obter a satisfação do usuário.

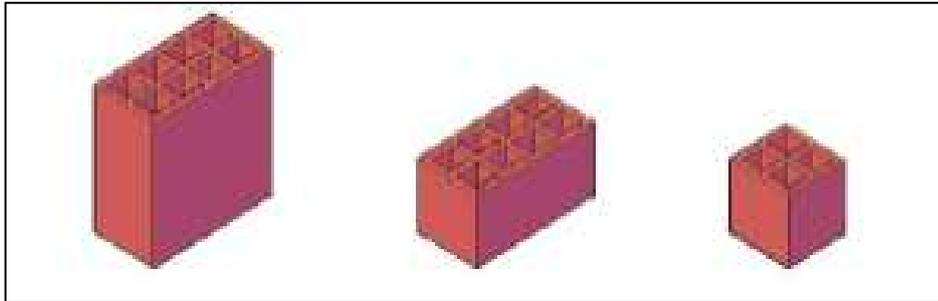


Figura 7 - 20 cm x 20 cm x 10 cm, 10 cm x 20 cm x 10 cm e 10 cm x 10 cm x 10 cm. Os tijolos serão denominados respectivamente de bloco, 1/2 bloco e 1/4 de bloco. Fonte: Medeiros, A. D. et al, 2010.

### c) Habitação de Interesse Social Sustentável no Piauí

O trabalho “Sustentabilidade nas construções: Habitação vernácula no sertão do Estado do Piauí” desenvolvido por Oliveira et Castelnou, 2010, procurou analisar as principais técnicas construtivas empregadas nas moradias populares da região rural dos Municípios de Floresta do Piauí e Isaías Coelho, no interior do Estado do Piauí, considerando tanto as técnicas autóctones, ou seja, as “nativas”, quanto aquelas trazidas dos centros urbanos, refletindo a respeito de sua sustentabilidade.

Foi observado que a maioria das residências no Piauí são construídas com materiais próprios da região, como: o barro, utilizado na confecção de telhas, tijolos de adobe e vedação em taipa; e a carnaúba, que aparece no madeiramento dos telhados e na estruturação das paredes.

Através de estudos e visitas ao local, constatou-se que, mesmo sem conhecimentos científicos, mas por experiência, os moradores da região souberam identificar os materiais de construção que melhor isolam suas casas do calor exaustivo. Observou-se também que tem havido descaracterização da arquitetura vernacular devido à importação de modelos estético semelhante àquele apresentado pelos meios de comunicação de massa.

### **3.4 Os Órgãos e Institutos Nacionais atuantes no processo de validação das construções mais sustentáveis**

Em paralelo aos selos de qualidade ambiental, há no Brasil, órgãos e institutos que têm por intuito fiscalizar os parâmetros de certificação adotados, como também promover novos recursos e inovações construtivas para que se chegue à uma consolidação de práticas que priorizem o uso de tecnologias e demais técnicas de menor impacto ambiental.

Na lista abaixo são apresentados alguns exemplos referenciais desses órgãos, traduzidos em institutos, empresas, programas e projetos de pesquisa, comitês, ONGs e demais organizações apresentados aqui em ordem cronológica crescente de criação:

#### **a) HABITARE:**

Com criação aprovada em 1994 pela Diretoria Executiva da FINEP (Financiadora de Estudos e Projetos), o Programa de Tecnologia de Habitação, HABITARE foi implementado com o objetivo de contribuir para o avanço do conhecimento no campo da tecnologia do ambiente construído, através do apoio de pesquisas científicas, tecnológicas e de inovação, visando o atendimento das necessidades de modernização do setor de habitação e contribuir para o atendimento das necessidades habitacionais do país.

O programa possui diversas linhas de ação que vão desde a Utilização de Resíduos na Construção até a de Avaliação Pós-Ocupação. Essas pesquisas deram origem à diversas publicações, em particular à uma coletânea, onde cada um de seus sete volumes aborda temáticas diferenciadas sobre a área de tecnologia da habitação, reunindo artigos elaborados pelos coordenadores dos projetos apoiados pelo HABITARE.

O HABITARE também apóia e financia projetos e propostas que atendam às necessidades básicas da habitação de interesse social, como por exemplo,

a construção de protótipos de moradias que empregam materiais alternativos e de baixo impacto ambiental.

b) IPEC:

O Instituto de Permacultura e Ecovilas do Cerrado é uma organização não governamental criada em 1998 e instituída na cidade de Pirenópolis, Goiás, criado com a finalidade de estabelecer soluções apropriadas para problemas na sociedade, promover a viabilidade de uma cultura sustentável.

Com embasamento referencial na permacultura e bioconstrução, o IPEC vem implementando uma infra-estrutura para uma escola de estudos sustentáveis e desenvolvendo tecnologias e soluções apropriadas para a realidade atual, além de promover cursos que envolvem estratégias de habitação ecológica, saneamento responsável, energia renovável, segurança alimentar, cuidado com a água e processos de educação para a sustentabilidade de forma vivenciada. O instituto também é responsável por diversas publicações, dentre elas o livro “Soluções Sustentáveis – Construção Natural”, que descreve materiais e técnicas construtivas alternativas e tradicionais disseminadas pela bioconstrução.

Além do IPEC, há vários outros Institutos também fundamentados na prática da Permacultura no Brasil, espalhados por pelo menos nove Estados, e que desenvolvem atividades semelhantes.

c) IDHEA:

O Instituto para o Desenvolvimento da Habitação Ecológica, IDHEA, surgiu em 1999 com a proposta inicial de ofertar no mercado os ecoprodutos, também chamados de produtos ecológicos, com menor índice de impacto ambiental, originados tanto de forma industrial (por meio do estabelecimento de parcerias com várias empresas fornecedoras) quanto artesanal (produtos elaborados a partir de trabalhos comunitários).

Além dos produtos, a empresa/entidade também presta consultoria para: Construção Sustentável e Reforma Ecológica; Construções Ecológicas e Naturais; Ecodesign e Desenvolvimento de Ecoprodutos, além de promover cursos e palestras com as mesmas abordagens em caráter teórico-prático.

d) CBCS:

Com o objetivo de induzir o setor da construção a utilizar práticas mais sustentáveis que venham melhorar a qualidade de vida dos usuários, dos trabalhadores e do ambiente que cerca as edificações, foi constituído, em agosto de 2007, o Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS), resultado da articulação entre lideranças empresariais, pesquisadores, consultores, profissionais atuantes e formadores de opinião.

Com foco no setor da construção civil, o conselho preocupa-se em garantir uma visão sistêmica desse processo de construção, entendendo que é necessário relacionar esse setor à cadeia industrial produtiva de materiais, como também às políticas governamentais, ao setor financeiro e à sociedade em geral.

Para promover suas idealizações sobre o setor da construção civil, o comitê estabelece parcerias com instituições nacionais e internacionais que se dedicam à ótica da sustentabilidade ambiental nas construções, além de organizar os chamados “comitês temáticos” que têm a função de levantar problemáticas, atualidades, inovações e soluções à diversos âmbitos, como as de Energia, Água, Materiais, Projetos e Avaliação de Sustentabilidade. Os resultados dessas discussões são traduzidos em palestras, ações e simpósios que abordam as áreas do setor imobiliário residencial, comercial e industrial.

#### **4. BIOARQUITETURA COMO ALTERNATIVA MAIS SUSTENTÁVEL**

Ao passo de que novas tecnologias sustentáveis estão ganhando espaço no setor da construção civil, materiais inovadores vêm sendo pesquisados, além da inserção de metodologias ambientalmente mais amigáveis que englobem toda a cadeia produtiva que a construção congrega, tem-se de se resgatar e dar atenção às técnicas construtivas tão antigas quanto a descoberta intuitiva humana de se construir um lar com as próprias mãos.

Hoje há de se planejar com pensamento além, frente às ameaças ambientais que se tornam cada dia mais reais e palpáveis, em um mundo onde “planejar com

responsabilidade ambiental” virou uma bandeira, ainda resistem técnicas que eram antes praticadas por serem simples, fáceis de conceber e manter, sem necessariamente galgarem ser símbolos de alternativas salvadoras para as problemáticas que um dia a humanidade precisaria tomar ciência que teria de enfrentar.

De fato, não há interferência construtiva que não cause impacto ambiental, seja qual for a matéria-prima ou o processo construtivo seguido, mas é importante que se criem e acima de tudo, se preservem técnicas que ajudem a amenizar tais malefícios.

Frente a essas ponderações, este trabalho procura defender a bioarquitetura como uma alternativa de conceito de construção mais sustentável, onde consegue-se erguer com a mesma qualidade construtiva da técnica tradicional qualquer edificação seja ela de cunho habitacional – como aqui exemplificado –, industrial ou comercial, com qualidade ambiental superior, garantindo menores custos de produção e de pós-ocupação, mais qualidade de vida e mais liberdade construtiva e criacional, uma vez que, quando uma pessoa é capaz de manusear os recursos do local onde vive e transformá-los em uma casa ou outra edificação, terá a liberdade de construir sem depender da oferta do mercado ou da indústria.

#### **4.1 Conceito**

A bioarquitetura é um tipo de arquitetura que utiliza técnicas ecológicas e sustentáveis na construção civil, além de matérias-primas naturais, recicláveis, de fontes renováveis, e típicas do local e do clima de implantação. Possui técnicas simples, com aproveitamento passivo de iluminação natural, ventilação e microclimas, junto com a obtenção da eficiência energética do lugar.

Considera não apenas aspectos técnicos, como também analisa toda a cadeia produtiva por onde perpassam os materiais, desde a extração da matéria-prima, até a distância percorrida em seu trajeto, seus processos de incorporação de substâncias, a durabilidade, degradação e reintegração à natureza.

## 4.2 Surgimento e retrospecto

No passado mais remoto, especulam os técnicos da Bioarquitetura, a imitação da arquitetura “animal” devia ser a regra. O homem, segundo eles, procurava reproduzir à sua maneira a natureza circundante. Naquele estágio de primitivismo absoluto, ele se limitava a resolver seus problemas de habitação adotando recursos do reino animal. O objetivo, antes de mais nada, era conseguir uma morada segura e, quando possível, confortável. Já o que o “homem arquiteto” fez não foi criação, mas manipulação daquilo que a natureza, os animais e suas habilidades e instintos ao construírem suas moradas ensinaram.

Nos anos 70, idealizada pelos ecologistas australianos Bill Mollison e David Holmgren, surge a Permacultura, conceito proveniente de *permanent agriculture* (agricultura permanente), e mais tarde se estendeu para significar *permanent culture* (cultura permanente), envolvendo aspectos éticos, socioeconômicos e ambientais.

A sustentabilidade ecológica, que era a idéia inicial da permacultura, estendeu-se para a sustentabilidade dos assentamentos humanos na sua generalidade, passando a conceber de forma holística os setores condizentes à vida humana, como alimentação, moradia, trabalho, transporte, saúde, educação e relações sociais. Tudo permeado pela relação instrínseca com a natureza, integrando plantas, animais, construções, e pessoas em um ambiente produtivo e com estética e harmonia.

Mais do que uma idealização de sustentabilidade, a Permacultura tornou-se um estilo de vida, que acabou por disseminar e gerar subáreas de interesse e otimizar a relação humana com o ambiente natural. Dentre elas, um dos pontos mais fundamentais ao bem estar humano se destacou, o da construção de ambientes para morar, somando as técnicas intuitivas inerentes à sobrevivência, e conhecimentos empíricos, à um trabalho científico com embasamento em experimentações, análises e diagnósticos.

Assim, a bioarquitetura surgiu como um ramo da arquitetura convencional, a fim de buscar a compilação e utilização dessas premissas de sustentabilidade projetual e construtiva, tendo como diferencial particular, a preocupação em não apenas aproveitar matérias-primas naturais e renováveis, mas a priorização das que sejam nativas da região escolhida, minimizando assim a necessidade de transporte, o que diminui o custo da produção e a emissão de poluentes. Adotando também mecanismos otimizadores dos sistemas de iluminação, ventilação, captação e reuso de água, bem como a preocupação em utilizar-se de mão-de-obra local, e de como o imóvel se comportará em sua vida útil e depois dela.

No Brasil, a Permacultura, Bioarquitetura e as práticas construtivas com terra, disseminaram-se em 1992, quando Bill Mollison ministrou um curso de Permacultura no Rio Grande do Sul e estabeleceu um marco inaugural do que seriam os oito institutos de Permacultura brasileiros espalhados por várias regiões do país.

### **4.3 Princípios**

Os materiais convencionais da construção civil (cimento, aço, metal, cerâmica, tintas e vernizes, etc.), tornam-se cada vez mais caros e escassos, visto que sua extração e fabricação têm custos altos e, em sua maioria, consistem em recursos que não são renováveis. Em suma, o projeto de bioarquitetura abrange o projeto arquitetônico convencional de uma obra, acrescido de outros aspectos que são levados em conta desde o início de seu planejamento, priorizando o retorno às soluções mais simples combinadas ao conforto e à tecnologia, como por exemplo:

- a) Utilização materiais encontrados no local: terra, madeira, pedra, retirados com cautela para evitar danos ambientais;
- b) Preferência aos materiais produzidos na região de destinação da construção ao invés daqueles importados de milhares de quilômetros de distância;
- c) Preferência pelas técnicas tradicionais utilizadas há séculos, aliando a técnica antiga com tecnologia atual, garantindo boa execução e acabamento para uma conservação mais duradoura;

- d) Correta orientação e posicionamento da edificação dentro do lote, levando em consideração os elementos naturais (vegetação, sol, vento, chuva, água, inclinação, etc.). Esta ciência, conhecida como Bioclimática, garante maior eficiência energética da construção e economia de energia;
- e) Preocupação com o uso da água, desde sua chegada até sua saída, desenvolvendo mecanismos que aproveitem seu ciclo natural da melhor forma possível, através do tratamento e reaproveitamento que inclui as águas pluviais dentro da propriedade.

## **5. A PROPOSTA**

### **5.1 Memorial Justificativo**

A concepção do protótipo, além de estar fundamentada no conceito de bioarquitetura, e engajar-se em ser classificada como uma construção mais sustentável, também partiu de uma conjugação com aspectos sociais, que fossem condizentes com os usuários considerados ideais ao projeto. Para isso partiu-se das seguintes diretrizes básicas:

- a) Otimização da capacidade funcional da habitação;
- b) Especificação de materiais de construção alinhados com princípios de sustentabilidade, priorizando aqueles com o menor impacto ambiental possível, assim como aqueles disponíveis localmente;
- c) Inclusão, no projeto, de relações espaciais, levando em consideração as normas de desenho universal;
- d) Utilização de princípios da arquitetura bioclimática para produzir espaços com um grau de habitabilidade otimizado, com mínima dependência de sistemas ativos de condicionamento térmico (fosse ele de resfriamento ou aquecimento);

- e) Utilização de tecnologias (materiais e matérias-primas) que pudessem ser facilmente assimiladas pelos futuros usuários, de modo a possibilitar processos de autoconstrução;
- f) Projeto do protótipo considerando os condicionantes climáticos do local onde ele vier a ser construído, no caso, a cidade de São Luís.

## 5.2 Estudo de Caso

O Estudo de Caso deste trabalho tem como base uma habitação de interesse social de baixo custo, erguida na Universidade Federal do Rio de Janeiro, especificamente no Campus da Ilha do Fundão.

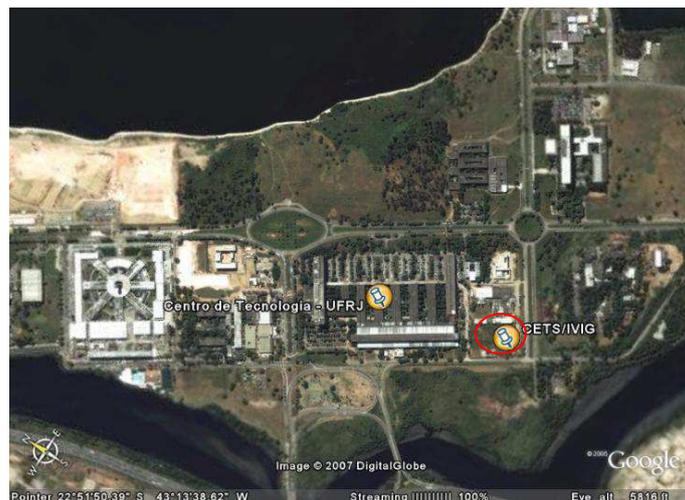


Figura 8 – Vista aérea de localização do IVIG dentro do Campus do Fundão, UFRJ. Fonte: STILPEN, 2007.

A residência unifamiliar usada como objeto de estudo é denominada “Casa Ecológica” e se baseia em conceitos de sustentabilidade e arquitetura bioclimática. Surgiu através de um convênio entre a UFRJ e o Procel-Edifica (vertente do programa governamental Procel que visa avaliar o potencial de conservação de eletricidade no setor residencial). (STILPEN, 2007)

Esta fase de pesquisa *in loco* foi realizada a fim de embasar e formar uma anterior análise crítica, através da catalogação dos materiais usados no modelo, da análise do comportamento destes no protótipo, bem como seu contexto de

concepção, implantação, uso, e como se relaciona com as características naturais da localidade na qual foi implantado.

É válido ressaltar que, apesar de o modelo usado para o Estudo de Caso não ter necessariamente todos os elementos construtivos e princípios fundamentados na bioarquitetura - à que este trabalho propõe embasar o produto final - julgou-se válido o estudo comparativo desses dois elementos (a Casa Ecológica do CETS, e o protótipo proposto) a fim de enquadrar e melhor discernir em que pontos a bioarquitetura difere de outro tipo de construção dita mais sustentável, qualificando-a assim, em um nível mais específico de arquitetura alternativa, discriminando os pontos cruciais para que uma construção possa ser classificada como tal.

### 5.2.1 CETS – Centro de Energia e Tecnologias Sustentáveis

Para melhor compreensão do contexto de implantação da Casa Ecológica, se faz necessária a contextualização do complexo atuante no Campus da Ilha do Fundão da UFRJ.

O Centro de Energia e Tecnologias Sustentáveis, CETS, faz parte do Instituto Virtual Internacional de Mudanças Globais (IVIG/COPPE/UFRJ), que por sua vez foi inaugurado no ano de 1999, e tem se destacado por realizar trabalhos de notória qualidade, em diversas áreas do conhecimento científico através da composição de grupos multidisciplinares que tratam desde os aspectos relativos às mudanças climáticas até a sustentabilidade nas construções, totalizando onze linhas de pesquisa.

O CETS foi inaugurado em junho de 2006, sendo fruto da consolidação e expansão das diversas linhas de pesquisas do instituto. O complexo arquitetônico em sua originalidade possuía três edificações:

- a) Industrial: Galpão com instalação industrial para a produção e pesquisa de biodiesel;
- b) Escritórios: Sede das equipes de trabalho do IVIG;

c) Residencial: Habitação de interesse social: a Casa Ecológica, hoje sede administrativa do IVIG.

Porém com o aumento da equipe que a princípio contava com 40 pesquisadores, e que hoje somam-se também pesquisadores convidados que ajudam a montar as linhas de pesquisa, foram adicionados mais dois módulos de trabalho, sendo um deles o laboratório de Georreferenciamento.

A fachada principal do CETS surge na **figura 9**. Nesta imagem, o Galpão Industrial de Biodiesel está à esquerda, a nova sede do IVIG está ao centro e a Casa Ecológica à direita (entre duas árvores, destacada por um círculo vermelho). (STILPEN, 2007)

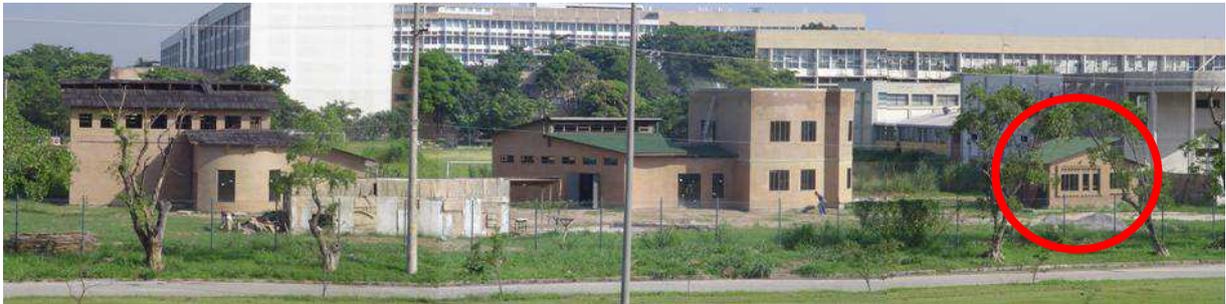


Figura 9 – Foto panorâmica da fachada frontal do CETS/IVIG/UFRJ em 2007. Fonte: STILPEN, 2007.

### 5.2.2 A Casa Ecológica do IVIG/CETS/UFRJ

O projeto da Casa Ecológica da UFRJ, que acabou erguida nas dependências da Coordenação de Programas de Pós-Graduação em Engenharia (COPPE), foi concebido por duas alunas de arquitetura da própria UFRJ, Andressa Martinez e Carolina Oliveira Lima, e conquistou o segundo lugar em concurso promovido pela UFRJ para projetos de casas populares.

Vale ressaltar, porém, que na concepção original, as paredes da casa popular eram em blocos de cimento (30 x 15 x 15 cm), já que o projeto inicialmente participou de um concurso promovido pela Associação Brasileira de Cimento Portland, tendo o material como um dos pré-requisitos para projeto.



Figura 10 – Foto da Casa Ecológica assim que ficou pronta, em 2006. Fonte: Jornal O Globo.



Figura 11 – Materiais usados na Casa Ecológica do IVIG. Tijolos de solo-cimento e telha de fibra vegetal. Fonte: [www.ivig.com.br](http://www.ivig.com.br)

A equipe coordenadora do Instituto Virtual de Mudanças Globais (IVIG) propôs então que o projeto fosse adaptado ao uso de materiais que consumissem pouca energia em sua produção, em detrimento dos materiais chamados “energo-intensivos”, que, por sua vez, dependem de grande quantidade de energia para sua produção, demandando queima e assim maior quantidade de emissões de CO<sub>2</sub>.

Tal iniciativa resultou em uma construção de 46 m<sup>2</sup> e 38 m<sup>2</sup> de área útil, a habitação possui um único pavimento, dividida em dois quartos, sala, cozinha americana e banheiro. No telhado foi usado fibra de coco enquanto que as paredes foram erguidas com estrutura em tijolos de solo-cimento, ficando pronta em 2006.

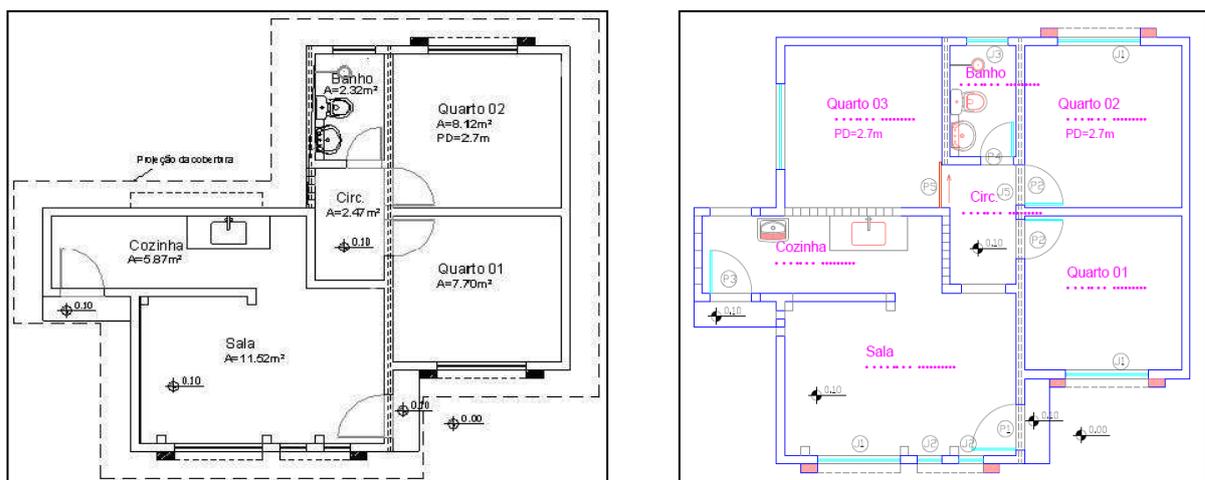
### 5.2.3 Levantamento in loco

O levantamento *in loco*, feito no mês de novembro de 2011 foi realizado a fim de comparar os dados originais contidos no projeto arquitetônico do modelo, além de demais dados iconográficos (matérias veiculadas em meio digital com descrição arquitetônica e fotos da Casa Ecológica, teses de mestrado que tinham o protótipo como objeto de estudo, etc.) mais próximos ao ano de implantação do projeto, verificando-se materiais presentes no modelo, disposição espacial, estado de conservação, uso, etc.

Apesar de não terem sido realizadas medições métricas, o reconhecimento presencial com ajuda de levantamento fotográfico permitiu que os dados necessários para comparação fossem facilmente percebidos, também pelo fato de ser uma construção simples e compacta.

Foi diagnosticada a substituição de alguns materiais da Casa Ecológica se comparados aos citados em bibliografias do ano de 2006/2007 (que serão listados e descritos no próximo item), além da adição de um cômodo na fachada lateral direita, já que em função do novo uso do modelo, que agora é a sede administrativa do IVIG, fez-se oportuna tal modificação. Além disso, acrescentou-se um avarandado coberto com sustentação feita por pilar em madeira em estado bruto (não polido/cortado).

O fato de agora ser a administração do Instituto, com mais pessoas trabalhando dentro do modelo em maior espaço de tempo, também resultou na implantação de condicionadores de ar do tipo “split”, cujas caixas de condensadores ficam aparentes, expostas sobre o chão na fachada posterior do modelo (o projeto originalmente não contava com recursos de ventilação artificial). Quanto às instalações elétricas e hidráulicas, todas ficaram aparentes, já que foram colocadas em etapa posterior à construção do protótipo, que leva tijolos em solo-cimento de dois furos (o que possibilita a passagem de tubulação vertical).



Figuras 12 e 13 – Planta-baixa do Projeto original da Casa Ecológica e Planta Baixa da configuração natural do IVIG. Fonte: IVIG / A autora, 2011.



Figura 14 – Condensador aparente instalado na fachada posterior do protótipo. Fonte: A autora, 2011.



Figura 15 – Detalhe do forro do banheiro com tubulação hidráulica aparente. Fonte: A autora, 2011.

#### 5.2.4 Catalogação e análise dos materiais usados na Casa Ecológica do CETS - IVIG

O estudo de caso da Casa Ecológica implantada no IVIG mostra-se pertinente pelo fato de o modelo deter algumas técnicas e materiais defendidos e praticados em bioarquitetura, além de ser uma ótima referência projetual bem-sucedida já implantada e que resiste ao tempo e ao uso constante, o que permite ponderações acerca do grau de satisfação por parte dos usuários que inclusive já foram considerados em outros trabalhos publicados (ver STILPEN, 2007).

Como já relatado anteriormente neste trabalho, fez-se uso de alguns materiais ditos não-convencionais em substituição parcial aos materiais convencionais. E, feito o reconhecimento da construção mediante levantamento *in loco*, pôde-se melhor identificar e posteriormente analisar e lançar considerações sobre o desempenho dos materiais – tanto em seu potencial já comprovado cientificamente, como também por seu comportamento e estado atual de vida útil, perante a observação de tais elementos implementados no modelo estudado.

Segundo STILPEN *et al* (2007), os materiais usados na construção civil estão classificados em materiais convencionais e não-convencionais. Dentre os convencionais cita-se o aço, o tijolo cozido, a telha de fibro-cimento e o alumínio. Exemplifica-se como não-convencionais o bambu, o tijolo de solo cimento, as telhas ecológicas e o cimento ecológico.

E, dentre os materiais não-convencionais (alternativos), usados na Casa Ecológica cita-se:

a) Tijolo Ecológico de Solo Cimento

Os tijolos utilizados no projeto do CETS foram produzidos pela fábrica Lapin, especializada na produção desse tipo de material. Foram produzidos tijolos nos formatos em L, meio tijolo e série canelada (utilizados para compor as vigas) nas dimensões de 12,5cm x 25,0cm x 6,5cm. No processo de fabricação desses tijolos utilizou-se prensas hidráulicas que processam a mistura de terra (retirada do solo do próprio local), cimento e água, resultando nessa modulação com três tipologias de tijolos anteriormente descritas. São fabricados com um sistema de encaixe tipo macho-fêmea, o que permite a dispensa do uso de argamassa no processo. Porém, no levantamento verificou-se que há uma fina camada de rejunte feito com uma espécie de “nata” de cimento magro para se evitar frestas entre os tijolos da Casa Ecológica.

Nas áreas molhadas (cozinha e banheiro), as paredes foram revestidas até meia-altura com cerâmica branca (20cm x 20cm) e arremate em roda-mão também cerâmico (com altura de 10cm), o que impede o contato direto da umidade gerada nesses cômodos com os tijolos ecológicos.

A Casa também apresenta partes estruturais (vigas e pilares), o que também poderia ser completamente dispensável, já que este tipo de material é autoportante suportando até quatro pavimentos sem requerer de elementos estruturais tais como sapatas, baldrames, colunas, vigas e cintas em concretos armado.



Figura 16 – Tipos de tijolos de solo-cimento usados no protótipo da Casa Ecológica di IVIG. Fonte: STILPEN, 2007.



Figura 17 – Parede da Casa Ecológica com os tijolos assentados com nata em cimento magro. Fonte: A autora, 2011.

É válido ressaltar que são materiais que além de não necessitarem de energia para queima, já que a técnica é de terra crua, também possuem características isolantes que propiciam um ótimo desempenho termo-acústico. A explicação do bom isolamento acústico está no fato de que os furos presentes na face interna dos tijolos funcionarem como “câmaras de ar” no âmago das alvenarias.

Claro que não se deve desconsiderar a energia consumida no processo de fabricação do cimento, que entra como um dos componentes para a fabricação dos tijolos de solo-cimento, porém ao se comparar com a energia despendida pela queima de tijolos cerâmicos, verifica-se que são em proporções bem menores no quesito emissões de gás carbônico (CO<sub>2</sub>) e metano (CH<sub>4</sub>) na atmosfera, já que o cimento no processo de fabricação dos tijolos ecológicos é usado em pequena escala em relação ao volume total de material produzido.

Além de apresentarem várias tipologias que permitem mais facilidade no assentamento, o que diminui o tempo de execução e a quantidade de argamassa empregada entre eles, essa flexibilidade elimina o desperdício já que pode-se modular a construção em função dos tamanhos e tipos de blocos, e, caso haja quebra nos blocos não há perda, já que podem ser triturados para serem re-fabricados na forma de outros blocos. Toda a fiação hidráulica e elétrica também passa por dentro dos furos dos tijolos, dispensando a quebra para passagem dos conduítes, como acontece em construções de alvenaria convencional, e o que também, como já mencionado anteriormente, verifica-se na Casa Ecológica, onde o sistema de fiação hidráulico e elétrico só foram pensados após o término do assentamento das paredes, o que impossibilitou o aproveitamento dessa vantagem oferecida por esse sistema construtivo.

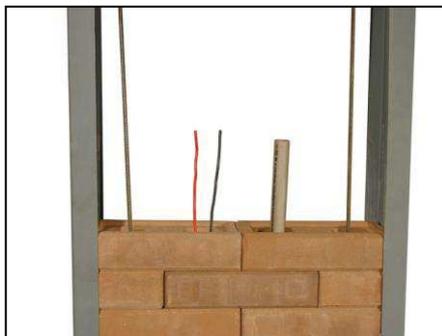


Figura 18 – Fios condutores por dentro das paredes. Fonte: Googleimagens.

Outra vantagem está no fato de serem mais leves, diminuindo o peso total final das alvenarias, e por sua vez, os elementos de sustentação (quando necessários), inclusive das fundações.

Podem ser produzidos por meio de prensas manuais ou motorizadas, existindo vários tipos que se diferenciam por tamanho, quantidade de produção/dia, podendo ser escolhidas de acordo com as características específicas da obra (se de pequeno, grande ou médio porte), o que otimiza sua utilização devido a facilidade na preparação da mão-de-obra, e o pouco espaço exigido no canteiro de obras.

Os blocos de solo-cimento foram utilizados ainda para propiciar ventilação cruzada, sombreamento e melhoramento estético do projeto.

Para garantir a passagem de ventilação natural, os blocos foram assentados de forma que os furos ficassem aparentes, formando paredões com blocos vazados. Porém quando instalados os aparelhos de ar-condicionado, os furos dos blocos tiveram de ser vedados com vidro.

Na janela da fachada frontal, foram colocados tijolos virados, formando barreiras contra a incidência direta de insolação em algumas horas do dia, além de deixar a fachada esteticamente mais agradável.



Figura 19 – Moldura em tijolos ecológicos na janela frontal da Casa Ecológica. Fonte: A autora, 2011.



Figura 20 – Tijolos assentados na vertical a fim de garantir passagem de iluminação natural par ao interior da Casa. Fonte: A autora, 2011.

## b) Telha de Fibra Vegetal

Também adotada na Casa ecológica, a telha de fibra de coco é produzida por métodos manuais, onde faz-se a separação das fibras, que são dispostas sobre telas onde já foram colocados os compósitos de celulose reciclados (que juntamente com as fibras serão impregnados com resina), asfalto ou líquido da castanha de caju que sejam prensados.

Sua instalação e fixação à edificação são semelhantes à telha tipo onduline. Mas apresenta mais vantagens sobre esta, justamente pelo fato de reaproveitar resíduos para a confecção das fibras, além de apresentar maior resistência e durabilidade.



Figura 21 – Telha de fibra de coco produzida no IVIG. Fonte: STILPEN, 2007.



Figura 22 – Telha Tetrapack. Fonte: Googleimagens.

Porém, com o tempo verificou-se certo desgaste e presença de patologias devido à exposição às intempéries, principalmente após o período de chuvas abundantes. O que fez que as telhas fossem substituídas por telhas tipo Tetrapak®, fabricadas com resíduos sólidos (embalagem longa vida, como as de leite, tubos de pastas de dente), possuindo em sua composição predominante papel, plástico e metal, com as respectivas proporções de composição: 75%, 20% e 5%. Além do que esse tipo de telha reciclada não é afetada pela exposição à luz solar (raios U.V.), é isolante térmica (30% menos calor que as telhas de amianto), é inodora, leve, além de favorecer o uso de estruturas de sustentação mais leves e econômicas, sendo também altamente resistente à umidade e a agentes químicos, de fácil fixação, sem trincar sob a penetração de pregos e parafusos.

Em relação à leveza, a telha reciclada de tetrapak chega a pesar a metade (12 kg) do modelo convencional de fibrocimento. Isso acaba gerando mais uma série de facilidades, principalmente em relação ao transporte. No canteiro de obras, essa mistura também é um ponto a favor: se alguma telha cair durante sua colocação no telhado, ela não vai quebrar (ARAÚJO, 2008).

#### c) Cimento Ecológico

Usado nos rejuntas das paredes da Casa, bem como no piso, a utilização desse material resulta na diminuição dos níveis de emissão de CO<sub>2</sub>, bem como o consumo de energia, primando pelo uso de matérias-primas naturais.

No caso da Casa Ecológica do IVIG, no processo de fabricação do cimento ecológico foram usados os resíduos cerâmicos dos próprios tijolos de dois furos produzidos para as alvenarias, que foram moídos até atingirem a granulometria necessária para a mistura, que levou ainda concreto de baixo impacto ambiental, com uma substituição de cerca de 30% a 40% de cimento Portland comum pelo resíduo cerâmico produzido.

Segundo os benefícios listados por STILPEN *et al* (2007), estão os ganhos energéticos e ambientais, visto que a única demanda energética para o uso do resíduo é a sua própria moagem e mistura com o cimento gerando um produto com baixo impacto ambiental, além de resultar em maior resistência mecânica, se comparada à obtida com o cimento que leva o concreto convencional.

O piso levou ainda uma camada de tinta para piso na cor cinza claro. E, segundo constatação por meio do levantamento, verificou-se que em muitos pontos o piso sofreu bastante desgaste, principalmente em áreas com grande quantidade de mobiliário ou mesmo em áreas molhadas (especialmente o banheiro), que demandam maior manutenção e uso de materiais abrasivos que acabaram por deslocar a camada de tinta, deixando o piso em cimento ecológico aparente (na cor preta).



Figuras 23 e 24 – Piso da Sala e banheiro com arranhões e desgaste. Fonte: A autora, 2011.

#### d) Bambu

Segundo verificou-se no projeto arquitetônico original, toda a estrutura de vedações (portas e janelas) além da base estrutural do telhado, seriam feitas em bambu. Porém, na execução do projeto, o bambu foi substituído por uma base e fechamento em madeira que contorna todo o beiral da Casa. O material da porta que dá para a área externa é de metal com revestimento em tinta azul, e as internas são em madeira, e todas as janelas são compostas por alumínio com revestimento em tinta e vidro.

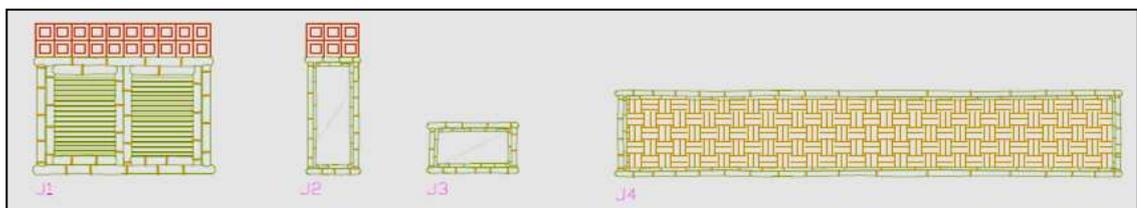
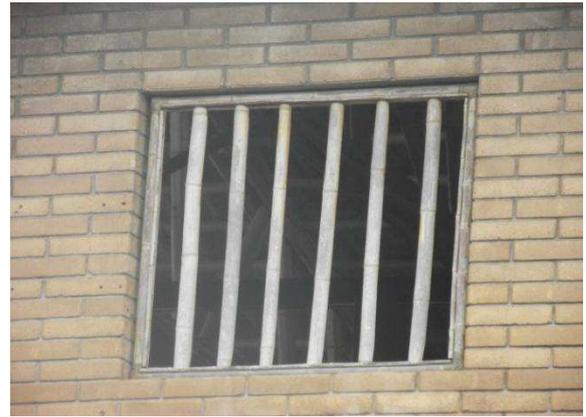


Figura 25 – Imagem em 2D do projeto de esquadrias original, em bambu. Fonte: ROLA, 2011.

Ainda encontra-se, porém, no Galpão Industrial de Produção de Biodiesel, o bambu na estrutura externa-aparente do telhado, bem como em sua estrutura interna, verificando-se diferença na sua tonalidade e estado de conservação se comparadas as duas áreas. Exposto às intempéries, nessa edificação o material tem se mostrado afetado em um tempo de implantação não tão longo (5 anos), considerada a vida útil da edificação.



Figuras 26 e 27 – Bambu presente na estrutura do telhado e na vedação de esquadrias no Galpão de Biodiesel. Fonte: A autora, 2011.

Apesar de muito resistente, flexível, e perfeitamente usável em estruturas, é necessário que se tome algumas precauções em seu uso, já que o bambu nacional não é tão flexível e resistente quanto os bambus de espécies asiáticas, o que demanda um tratamento prévio para que ele responda ao desempenho esperado na edificação, e não se danifique tão facilmente quando exposto à fatores propícios ao aparecimento de patologias, como o sol, a ação dos ventos, chuva, microorganismos, etc.



Figura 28 – Detalhe das esquadrias do protótipo atual: vidro e alumínio na composição. Fonte: A autora, 2011.

Talvez por esta razão tenha o uso do bambu tenha sido reconsiderado no modelo do IVIG, em favorecimento de outros tipos de materiais que não apresentam tantos ganhos energéticos e ambientais, mas que possibilitam maior desempenho no quesito “durabilidade” no conjunto.

### **5.3 Considerações e Adaptações ao protótipo de HIS**

#### **5.3.1 Partido Arquitetônico**

O protótipo proposto consiste em uma habitação nos padrões dos programas habitacionais de baixa renda do governo federal, com a diferenciação da proposta nas técnicas e materiais que irão compor a edificação.

A residência será unifamiliar, com 52,53 m<sup>2</sup> de área total, e 46,92 m<sup>2</sup> de área útil consistindo em varanda, sala, cozinha e sala de jantar conjugadas, banheiro, área de serviço e dois quartos. Todo o projeto será embasado nos princípios da bioarquitetura expostos ao longo deste trabalho, com pouca utilização de materiais da construção civil tradicional, e, quando for o caso, de forma que cause o menor impacto possível.

O modelo dispõe de maior aproveitamento de ventilação e iluminação passivas, conseguidas através de um sistema que propiciará ventilação cruzada e disposição de esquadrias que possibilitem otimizar a incidência de iluminação natural, o que torna o modelo menos oneroso, visto que fará o maior proveito possível das condições naturais predominantes na região de implantação.

A área escolhida para destinação da proposta foi a cidade de São Luis, no Maranhão. Para tal, fez-se necessário investigar suas condições bioclimáticas e demais características que pudessem somar ao projeto, como também os fatores limitadores que por ventura pudessem vetar algum ponto proposto. Assim, todo o projeto é pautado segundo as diretrizes construtivas presentes na NBR 15220-3, que situa a cidade de São Luis na zona bioclimática 8, estabelecendo parâmetros construtivos que muito ajudaram a elucidar e definir a proposta final.

#### **5.3.2 Perfil Familiar**

Segundo dados do Sindicato das Indústrias da Construção Civil do Maranhão SIDUSCON –MA, o déficit habitacional em São Luis ultrapassa 100 mil unidades. Atualmente, pode-se definir a população para a qual se destina a Habitação de

Interesse Social seja pela tipologia do empreendimento, renda da população que irá habitar ou o valor máximo do imóvel.

O principal programa de financiamento de Habitações de Interesse Social brasileiro, o Programa Minha Casa Minha Vida, disponibiliza financiamentos para famílias de 0 a 3, até 6, e de 6 a 10 salários mínimos. E, para o Estado do Maranhão, o valor máximo do imóvel na modalidade de 0 a 3 salários mínimos que o programa considera chega ao valor de 37.000 reais, enquanto que na modalidade de 3 a 10 salários mínimos, no caso município de São Luís, por ser uma capital estadual e abranger um contingente superior a 500 mil habitantes, é garantido pelo programa a cobertura do valor máximo do imóvel, chegando ao valor de 100 mil reais.

E, para efeitos dos parâmetros considerados neste trabalho, será considerada a destinação do protótipo para usuários com perfil familiar de até quatro pessoas, com renda familiar que pode variar de 0 a 3 salários mínimos.

### **5.3.3 Estudo de viabilidade locacional do protótipo segundo a NBR 15220-3**

Para que o protótipo atendesse a premissa da bioarquitetura de projetar em função das condições naturais do local de implantação, fez-se necessário analisar e classificar as variantes climáticas presentes no território nacional, a fim de melhor adequar o modelo e suas características construtivas à sua destinação locacional, obtendo assim, um resultado condizente com o conceito proposto, garantindo um bom desempenho ambiental e social.

A pretensão inicial era de que o protótipo fosse concebido a fim de atingir a máxima abrangência de implantação possível, tornando-o assim, perfeitamente equiparável aos programas habitacionais implementados em todo o país, no que diz respeito à implantação em larga escala, visto o objetivo prioritário dessas políticas de HIS, que está justamente fundamentado na diminuição do déficit habitacional brasileiro através de uma produção construtiva em série.

Ao longo das investigações de viabilidade e coerência projetual entre as características arquitetônicas e as características bioclimáticas das regiões analisadas, chegou-se à conclusão de que, projetar em larga escala para um território de dimensões continentais como o Brasil é mais que arriscado, é algo errôneo e falho.

A política social consiste em estratégia governamental e normalmente se exhibe em forma de relações jurídicas e políticas, não podendo se compreendida por si mesma. [...] a política social é uma maneira de expressar as relações sociais, cujas raízes se localizam no mundo da produção. Portanto, os planos, os projetos, os programas, os documentos referentes em certo momento à educação, à habitação popular, às condições de trabalho e de lazer, à saúde pública, à Previdência Social e até à Assistência Social não se colocam como totalidades absolutas. (VIEIRA, 2004, p.142).

Não se pode isolar condicionantes de projeto, ainda mais quando as cidades comparadas são as de clima tipicamente “sulistas” e “nordestinas”, por exemplo. O que acontece hoje nos programas de habitação é justamente a máxima da “repetição e encaixe”, onde um projeto é idealizado para determinada região, porém, por uma questão de custos, tempo, e outras tantas políticas invisíveis que dificilmente chegam ao debate popular, o projeto chega com os mesmos parâmetros construtivos e de execução à um local com clima, relevo e realidade social completamente diferentes às do núcleo de criação para onde ele foi inicialmente destinado. Este método nada ágil e ineficaz torna-se, na verdade, muito mais dispendioso e oneroso tanto em âmbito econômico como social e também ambiental.

O que se “ganha” em tempo de execução, perde-se em qualidade construtiva, já que o modelo é inadequado, perde-se em adequação à realidade de renda dos usuários, já que a manutenção acaba sempre por ser mais cara, visto a desconsideração das condicionantes naturais que tornam o espaço habitacional mais confortável e barato, uma vez que não aproveita luz e ventilação naturais, por exemplo, com também perde-se em eficiência ambiental, com a falta de um planejamento direcionado que leve em conta toda a cadeia produtiva que dará origem à construção, preocupando-se com os materiais e técnicas construtivas a

serem usados, sua origem e sua posterior destinação e eliminação, otimizando sua vida útil.

A correta implantação do edifício, vislumbrando todas as variáveis do projeto arquitetônico, assim como a análise do entorno e do impacto na região pode garantir um resultado positivo na direção de uma edificação sustentável (SERRADOR, 2008).

Para tal, este trabalho foi norteado com base na análise das recomendações presentes na NBR 15220-3, que trata do Zoneamento Bioclimático Brasileiro. Norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas desde 2005, a NBR traz um conjunto de diretrizes construtivas para habitações unifamiliares e de interesse social, dividindo o território em 8 zonas bioclimáticas.

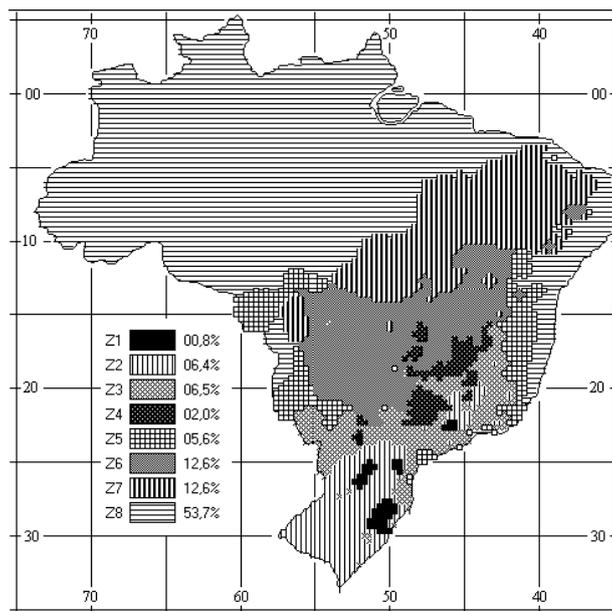


Figura 29 – Zoneamento Bioclimático Brasileiro segundo a ABNT. Fonte: NBR 15220 -3, 2005.

A zona inicialmente escolhida para abranger a implantação do protótipo foi a Z8, visto que congrega as principais cidades do Norte, Nordeste e Sudeste – as regiões mais afetadas pelo déficit habitacional, segundo dados do PNUD. Verificou-se, porém, que das 330 cidades cujos climas foram classificados pela NBR, 99 pertenciam à Z8, que abrange 53,7% do território nacional.

A Zona Bioclimática 8 congrega 16 Estados brasileiros, distribuídos entre as 5 Regiões. Tal alcance territorial revelou-se limitador de algumas diretrizes de projeto, pois, apesar de a NBR estabelecer iguais recomendações às cidades como Teresina, no Piauí e Cabo Frio, pertencente ao Estado do Rio de Janeiro, percebe-se que ainda assim seria inconveniente adotar parâmetros espaciais que obedecessem as condições naturais dessas cidades em um mesmo nível satisfatório. Pois, mesmo que se considere que as características bioclimáticas gerais sejam semelhantes, é impossível conceber que todas as 99 cidades possuam o mesmo tipo de microclima, o mesmo tipo de solo, as mesmas condições naturais para oferta de matérias-primas para construção, o mesmo direcionamento dos ventos, etc., o que torna falha a ideologia de um mesmo protótipo com as mesmas características espaciais, de materiais e aplicação de técnicas construtivas para todo o território pertencente à Zona Bioclimática 8.

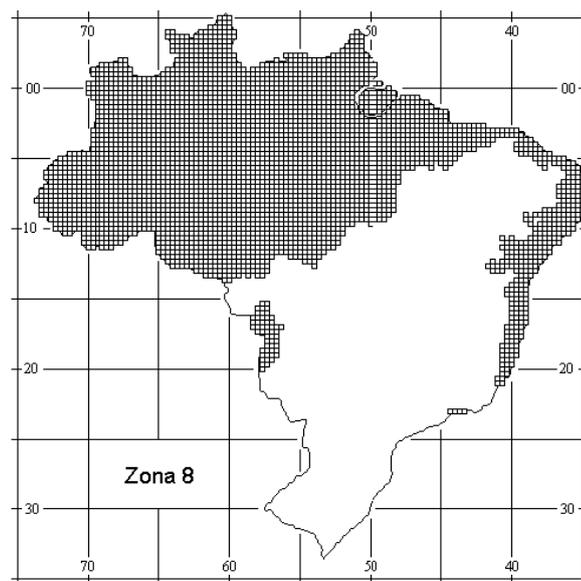


Figura 30 – Zona Bioclimática 8, segundo ABNT.  
Fonte: NBR 15220-3, 2005.

A cidade de São Luis, no Maranhão, também pertencente à z8, foi escolhida para ser o local que estabeleceria as diretrizes de projeto do protótipo, decisão esta, justificada pela capital maranhense ter sido a área de atuação projetual predominante durante todo o período de graduação do Curso de Arquitetura e Urbanismo da UEMA, o que implica em um maior envolvimento e embasamento das condições naturais da região e seus fatores estruturadores do projeto. Além de justificar-se por mais facilitada investigação quanto ao acesso de materiais

escolhidos para uso no protótipo que satisfaçam os preceitos de construção sustentável destinada à bioarquitetura. Como recomendações e diretrizes projetuais para a z8, a NBR 15220-3 estabelece:

- Grandes aberturas para ventilação;
- Sombreamento das aberturas;
- Nas paredes e cobertura, vedação externa leve e refletora;
- Ventilação cruzada permanente.

A cidade de São Luís está localizada ao norte do Estado do Maranhão, com clima tropical quente e úmido. Isso se deve ao fato da cidade estar localizada próxima a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). A direção dos ventos predominante na cidade é no sentido Nordeste (NE), com período chuvoso de janeiro a julho.

Unindo-se as características climáticas inerentes à cidade, com as diretrizes projetuais indicadas pela Norma, pôde-se estabelecer algumas estratégias que propiciassem uma arquitetura mais adequada do ponto de vista social e ambiental, traduzida no uso dos materiais, disposição espacial dos ambientes, dimensionamento das aberturas e elementos de sombreamento, e escolha de orientação da implantação mais adequada ao modelo idealizado, que serão expostos nos tópicos a seguir. Garantindo assim, o objetivo do projeto de arquitetura bioclimática, que é promover um ambiente construído com conforto físico, sadio e agradável, adaptado ao clima local, que minimize o consumo de energia convencional e precise da instalação da menor potência elétrica possível, o que também leva à mínima produção de poluição. (CORBELLA; YANNAS, 2009, p. 37)

### 5.3.3.1 Arranjos combinados segundo o estudo da orientação solar e ventilação

Um dos grandes problemas que envolvem a temática da habitação social brasileira é a carência de políticas de planejamento e gestão urbana que garantam a correta localização e implantação das unidades habitacionais.

E, sob a justificativa de diminuir custos para permitir o acesso à casa própria, a habitação popular produzida pelo poder público, historicamente foi erguida fora dos centros urbanos, geralmente em terrenos desprovidos de infraestrutura e equipamentos públicos, e quase sempre implantados de uma forma sistemática que leva em consideração apenas ganhos em quantidade de unidades habitacionais, desconsiderando as condições mais favoráveis à implantação, como orientação em função da disposição espacial da unidade e das condições naturais do entorno do terreno na qual foram implantados.

Não basta que esteja previsto nos Planos Diretores e nas Legislações dos municípios a delimitação e regulamentação de Zonas Especiais de Interesse Social (ZEIS). Para a população, além da garantia de acesso aos serviços urbanos, à infraestrutura e à oferta de emprego e serviços, é também necessário a garantia do bem-estar no espaço intra-residencial, tão indispensável à qualidade de vida humana, que pode ser assegurada através de medidas simples, que, apesar de contrárias às tradicionais práticas do poder público, são menos onerosas e mais proveitosas do ponto de vista do bem-estar social, ambiental e também político-econômico, já que propiciam maior vida útil e maior grau de satisfação dos usuários em relação às suas moradias.

Partindo do pressuposto de que a implantação do protótipo na cidade de São Luis assumiria as mais diversas orientações e arranjos dependendo da destinação escolhida, visto a burocracia política sobre a concessão de terras para estes fins, considerou-se algumas orientações solares que seriam assumidas com as diferentes implantações hipotéticas em terrenos.

Tem-se assim, as principais orientações solares contempladas neste estudo, totalizando oito possibilidades de implantação nos seguintes sentidos, considerando

como referência a fachada frontal das unidades: Norte, Nordeste, Leste, Sudoeste, Sul, Sudeste, Oeste e Noroeste. Cada uma dessas orientações assumiu um comportamento reacional às características naturais da cidade de São Luís, o que implicaria na adoção de diferentes estratégias para atingir um grau satisfatório de conforto térmico. Ainda segundo CORBELLA, YANNAS, 2009, p. 37:

As estratégias de projeto para se controlar os ganhos de calor no clima tropical úmido, são:

- Controlar os ganhos de calor;
- Dissipar a energia térmica no interior do edifício;
- Remover a umidade em excesso e promover o movimento de ar;
- Promover o uso da iluminação natural;
- Controlar o ruído.

Foram realizados diagnósticos sobre os possíveis comportamentos para as diferentes orientações investigadas. A orientação que desempenharia melhor aproveitamento das condicionantes naturais sobre a unidade residencial seria a orientação com fachada frontal voltada para o Sul, que será descrita posteriormente.

#### a) A orientação Norte

A fachada frontal voltada para o Norte propiciaria que o Sol poente incidisse diretamente sobre a fachada lateral esquerda da unidade residencial, originando desconforto sobre os cômodos da área social (sala de estar e quarto 01, principalmente).

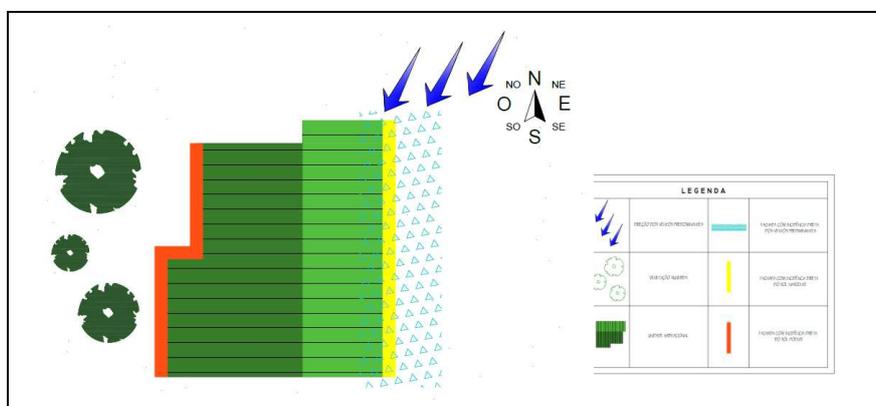


Figura 31 – Estudo do arranjo da Unidade Habitacional com fachada frontal voltada para o Norte. Fonte: A autora, 2012.

O sol nascente incidiria diretamente sobre a fachada lateral esquerda, que também receberia os ventos predominantes. Os cômodos mais privilegiados nessa configuração seriam os do setor social, bem como o quarto 02, com a mudança de abertura da fachada posterior, para a fachada lateral, aproveitando melhor as condições de ventilação.

O esquema de ventilação cruzada através da empena seria prejudicado nesta configuração por estar no sentido contrário ao dos ventos NE, aconselhando-se então, que o sentido da empena fosse invertido, melhorando o desempenho de aproveitamento de ventilação natural da unidade.

Outra estratégia para amenizar o desconforto gerado sobre a lateral esquerda seria a locação de árvores de médio porte paralelas à esta fachada, a fim de servir de barreiras naturais ao sol poente, e/ou a relocação da abertura do quarto 01 para a fachada posterior.

Aqui, os pergolados adotados na fachada frontal, seriam de grande utilidade, pela razão da incidência do sol poente, proporcionando sombreamento e amenidade térmica.

#### b) A orientação Nordeste

Nesta orientação, o setor de serviço, bem como a parede lateral do quarto 02 receberiam incidência direta do sol nascente, enquanto que, semelhante à situação Norte, o setor social (principalmente as paredes da sala de estar e quarto 01 da lateral esquerda), receberia forte incidência de raios solares do período da tarde.

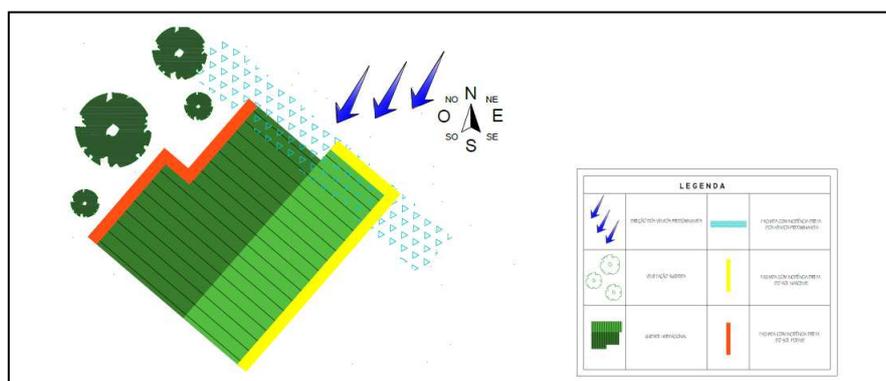


Figura 30 - Estudo do arranjo da Unidade Habitacional com fachada frontal voltada para o Nordeste. Fonte: A autora, 2012.

Como recomendações para melhorar o conforto térmico na unidade, tem-se a adoção de vegetação ao longo da fachada lateral esquerda, bem como a relocação das aberturas do quarto 01 da lateral para a fachada posterior do modelo.

### c) A orientação Leste

Nesta configuração os ventos predominantes incidirão diretamente sobre a fachada lateral esquerda do modelo, proporcionando conforto sobre o setor social. O sistema de ventilação pela empena estaria garantido, já que com essa orientação, os ventos predominantes estariam nesse alinhamento.

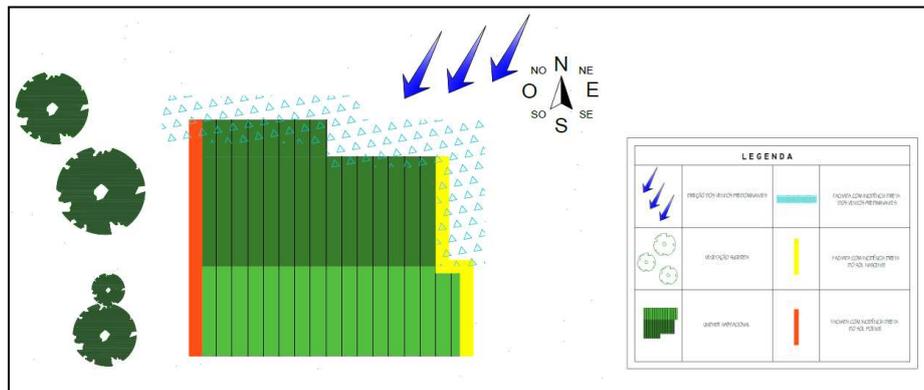


Figura 31 - Estudo do arranjo da Unidade Habitacional com fachada frontal voltada para o Leste. Fonte: A autora, 2012.

A fachada posterior seria a mais afetada pelo sol poente. O desconforto pela incidência direta poderia ser amenizado pela adoção de vegetação ao longo desta fachada, além da relocação da abertura do quarto 02 para a fachada lateral direita.

Os pergolados, neste caso, teriam um apelo mais estético do que funcional já que incidiria apenas o sol nascente sobre a fachada frontal.

### d) A orientação Sudoeste

Nesta configuração, as fachadas posterior e lateral esquerda receberiam o sol da manhã gerando certo conforto sobre o setor social (sala de estar, quarto 01 e quarto 02). O sol poente atingiria toda a fachada lateral direita, o que seria aceitável já que

neste alinhamento predomina o setor de serviços com apenas uma das paredes do quarto 02 voltados para este sentido o que não seria tão desvantajoso já que sua abertura está orientada para a fachada posterior que receberá incidência direta dos ventos predominantes. Por esta razão também recomenda-se a relocação da abertura do quarto 01 para a fachada posterior para o aproveitamento do potencial de ventilação natural.

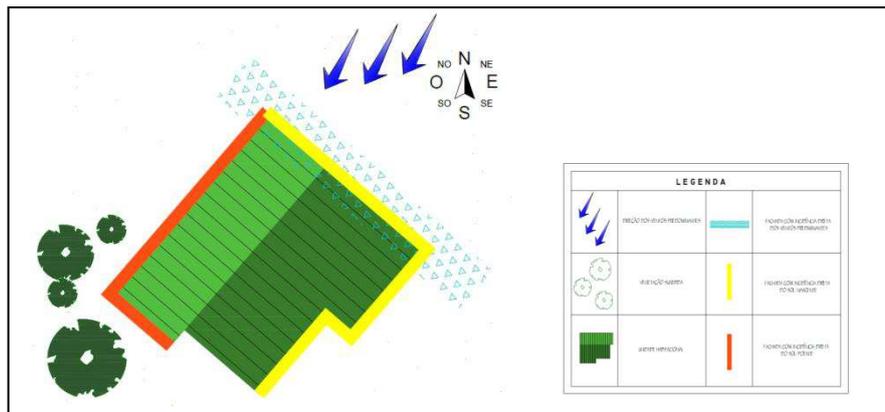


Figura 32 - Estudo do arranjo da Unidade Habitacional com fachada frontal voltada para o Sudoeste. Fonte: A autora, 2012.

Nesta orientação o esquema de ventilação cruzada seria praticamente nulo visto a incompatibilidade de sentido dos ventos predominantes e das aberturas de ventilação de boca de entrada e saída.

#### e) A Orientação Sudeste

O sol poente incidiria sobre duas fachadas: a posterior e lateral direita; o que é bastante desvantajoso para os quartos, principalmente para o 01, já que não há possibilidade de relocação das aberturas eliminando-se completamente a incidência do sol poente. A parede lateral do quarto 01, porém, receberia o sol da manhã, bem como toda a fachada lateral esquerda que também seria detentora da ventilação natural predominante. Fator este que otimizaria o esquema de ventilação cruzada proporcionado pela espacialização do modelo.

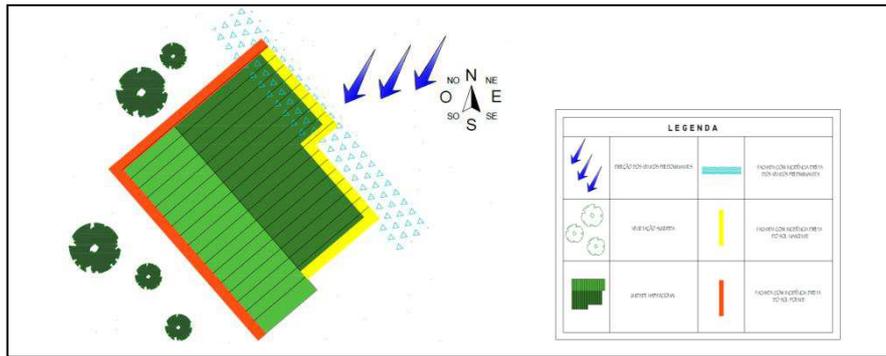


Figura 33 - Estudo do arranjo da Unidade Habitacional com fachada frontal voltada para o Sudeste. Fonte: A autora, 2012.

Como estratégia para amenizar o desconforto térmico recomenda-se a adoção de vegetação ao longo das fachadas posterior e lateral direita, que poderiam também receber “molduras” em tijolos ecológicos, que funcionariam como brises, impedindo a total penetração dos raios solares no interior da residência.

#### f) A orientação Oeste

Nesta configuração constata-se ineficiência da espacialização original do modelo no quesito do aproveitamento da ventilação natural predominante, já que esta incidiria sobre a fachada ocupada pelo setor de serviço no sentido contrário da abertura de ventilação cruzada.

Considerando-se que a fachada frontal receberá todo o sol poente, os pergolados neste caso, mostram-se eficientes ao retardamento e bloqueio do sol da tarde.

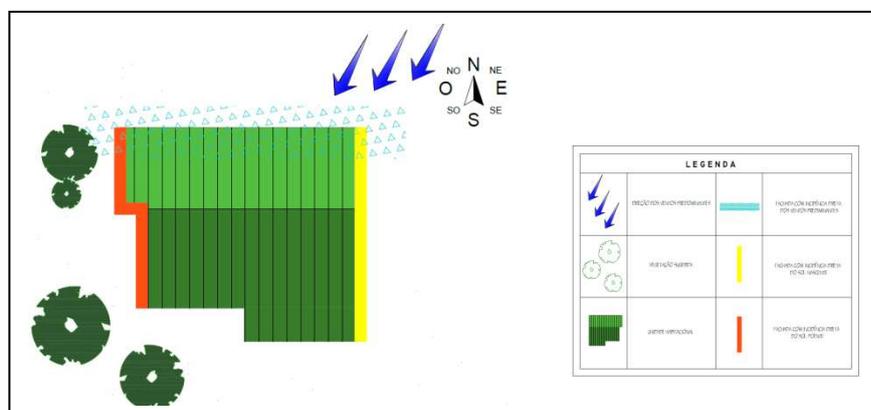


Figura 34 - Estudo do arranjo da Unidade Habitacional com fachada frontal voltada para o Oeste. Fonte: A autora, 2012.

A fachada posterior estará voltada para o leste, o que proporcionará mais conforto aos quartos 01 e 02. A abertura do quarto 02, porém, poderia ser relocada à fachada lateral direita afim de melhor aproveitar os ventos predominantes.

g) A orientação Noroeste

Constata-se nesta configuração o perfeito aproveitamento da incidência de ventilação natural sobre todo o setor social, que também estará voltado para o sol nascente.

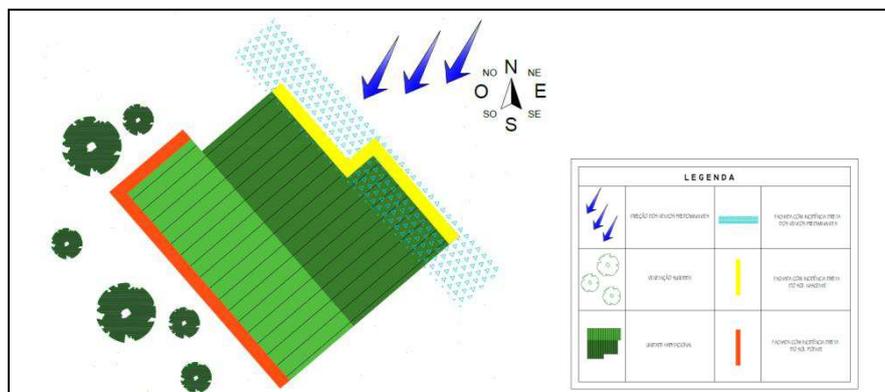


Figura 35 - Estudo do arranjo da Unidade Habitacional com fachada frontal voltada para o Noroeste. Fonte: A autora, 2012.

Os ventos predominantes também estarão no sentido da abertura da empena proporcionando a eficiência da ventilação cruzada.

Sobre a fachada lateral esquerda incidirá o sol poente, o que não é tão indesejável já que neste sentido concentra-se todo o setor de serviço. Caso o desconforto ultrapasse do grau do suportável, recomenda-se a adoção de vegetação ao longo desta fachada.

#### 5.3.3.1.1 A situação “Ótima”: Orientação Sul

De todas as possibilidades de implantação consideradas, a situação considerada ideal, aqui chamada de “ótima” para o posicionamento das unidades habitacionais seria a que as fachadas frontais fossem voltadas para o Sul.

Tal orientação permitiria a melhor correspondência entre a orientação solar e da ventilação predominante, com a espacialização do modelo, onde as áreas social e íntima (sala e quarto 01) além da varanda estariam diretamente voltados para o Nordeste – o sentido predominante dos ventos na cidade de São Luís.

Esta configuração permitiria ainda, que a ventilação cruzada fosse propiciada por meio da entrada dos ventos pelas aberturas com venezianas na empena que ocupa toda a extensão da sala de estar, com boca de saída pelas aberturas opostas nas áreas de serviço (cozinha/sala de jantar), o que amenizaria o desconforto nessas zonas nos horários de calor mais intenso até o pôr-do-sol, já que, assim como o banheiro, cozinha e sala de jantar, seriam atingidas de maneira direta pelo sol da tarde.

O quarto 02, por sua vez, tem uma das paredes pertencentes à fachada lateral direita da unidade, que teria incidência direta do sol da tarde. Por esta razão, a esquadria do quarto foi posicionada na parede posterior do protótipo, contando com moldura em tijolos de solo-cimento posicionados de forma a impedir que o sol da tarde incida para dentro do cômodo, que conta com certo conforto obtido através da incidência de ventos provenientes do Nordeste.



Figura 36 – Setorização do protótipo. Fonte: A autora, 2012.

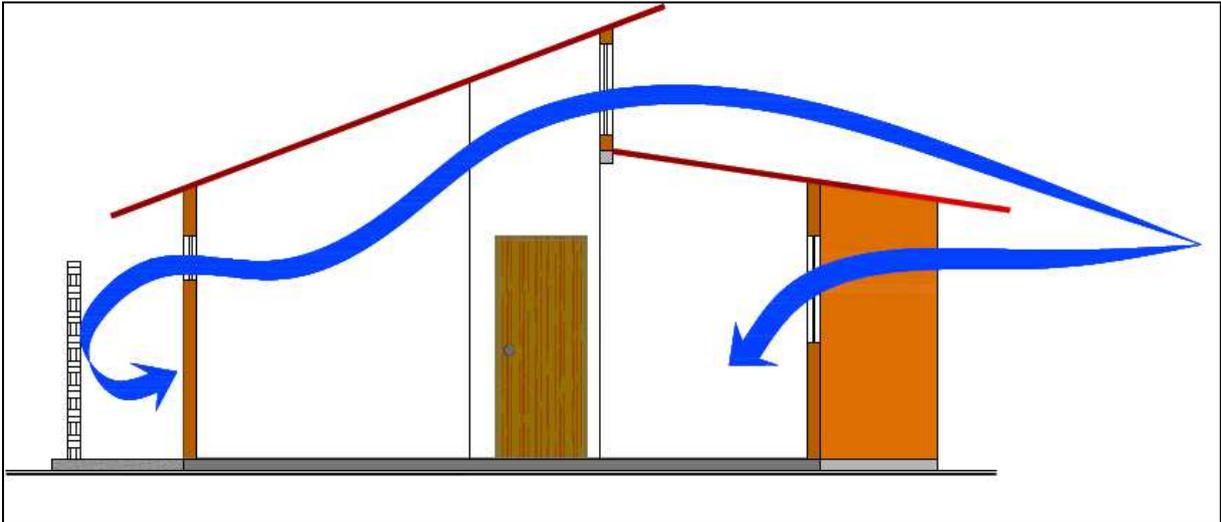


Figura 37 – Corte esquemático com demonstração da ventilação cruzada. Fonte: A autora, 2012.

Para otimizar o conforto térmico no interior da residência, é aconselhável a implantação de vegetação nas fachadas laterais direitas e nas fachadas posteriores das unidades, já que a permeabilização do entorno ajudará a amenizar sensação de desconforto causado pelo calor incidido pelo sol da tarde.

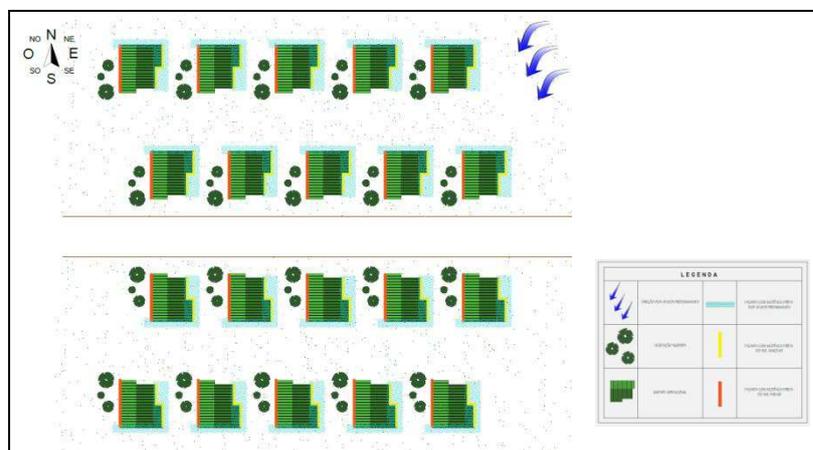


Figura 38 – implantação das unidades e estudo de conforto térmico. Fonte: A autora, 2012.

#### 5.3.4 Materiais e técnicas construtivas aplicadas

Os princípios que nortearam a escolha dos materiais, a priori, partiram da visão conceitual da bioconstrução, para posteriormente considerar-se uma pesquisa à

nível teórico-comparativo da eficiência energética dos materiais tradicionalmente usados nessa técnica construtiva, sua correlação com o tipo de clima trabalhado, como também seu desempenho relacionado ao tipo de construção ao qual foi destinado (habitação de interesse social para famílias de baixo poder aquisitivo), assim como sua disponibilidade e viabilidade de uso na região. Enfim, procurou-se reunir a maior gama de critérios de escolha para que os ganhos no uso dos materiais fossem o fator preponderante para o êxito do produto final.

Grande parte da estrutura do modelo tem como matéria-prima a mistura de solo-cimento (usada nas paredes, fundações, pilares e piso), o que implicou na pesquisa de disponibilidade dessa matéria-prima. Para tal, realizou-se uma visita e entrevista na fábrica Novibricks, de tijolos ecológicos, localizada no município de São José de Ribamar, na Estrada da Maioba.

Segundo o dono, Hannyery Maciel, a fábrica foi idealizada há quatro anos, porém, seu funcionamento efetivo apenas em outubro de 2011, quando os tijolos começaram a ser produzidos.

A matéria-prima da fabricação provém de barreiras do município de Paço do Lumiar, bem como da região do Quebra-Pote. Na fábrica são produzidos três tipos de tijolos (tijolos com dois furos e encaixes,  $\frac{1}{2}$  tijolos, e tijolos tipo canaleta).



Figura 39 – Os três tipos de tijolos produzidos na fábrica Novibricks. Fonte: A autora, 2012.

Logo no início do processo de testes do barro, os tijolos não responderam bem ao resultado esperado, já que o solo que serviu de matéria-prima tinha mais areia do

que barro, que resulta em tijolos não tão resistentes, e passíveis às trincas frequentes. Segundo Hannery, o solo ideal para a mistura são os chamados solos arenosos, ou seja, que têm de 70% a 80% de areia e 20% a 30% de silte (barro) e de argila.

A empresa conta atualmente com dois funcionários, que participam de todas as etapas da confecção dos tijolos operam a única prensa manual da fábrica, produzindo por dia uma média de 500 tijolos. Ambos não tinham sequer experiência no setor da construção, porém com um treinamento de uma semana, já estavam aptos a operar em todas as fases de fabricação sem maiores dificuldades.

O processo tem início com o peneiramento do solo (nesta etapa é usada uma peneira ABNT 4,8 mm), que depois é levado no carrinho-de-mão para a fase de mistura, onde será adicionado ao cimento e à água com uma pá, e um regador, para que se umedeça aos poucos, atingindo o estado homogêneo ideal. O traço recomendado para o tipo de solo encontrado em Paço do Lumiar é de 90% de barro, pra 10% de cimento.

Depois disso, a mistura é depositada na prensa, de onde o tijolo sai úmido e cru, para a fase de pré-secagem, onde os tijolos são depositados lado a lado sobre um compensado de madeira, onde descansam para adquirirem melhor consistência e só então serem levados e empilhados sobre paletes de madeira para a fase de secagem que dura sete dias. Nesse intervalo os tijolos são umedecidos, para que fiquem mais resistentes à compressão. Ao contrário do que se pensa, quanto mais recebem umidade, maior será o grau de dureza e resistência dos tijolos ecológicos.



Figura 40 – Peneiramento do silte bruto.  
Fonte:A autora, 2012.



Figura 41 – Preparação da mistura de barro, cimento e água. Fonte: A autora, 2012.



Figura 42 – Prensa manual de onde sai o tijolo cru. Fonte: A autora, 2012.



Figura 43 – Fase de pré-secagem dos tijolos pós-prensa. Fonte: A autora, 2012.



Figura 44 – Tijolos na fase de secagem, sobre as paletes. Fonte: A autora, 2012.



Figura 45 – Tijolos produzidos pela Fábrica Novibricks. Fonte: A autora, 2012.

Para o protótipo, foi previsto, além dos três tipos de tijolos convencionais, similares aos produzidos pela fábrica Novibricks, outros três tipos de tijolos para os chamados “bricks habitats”, parede onde serão colocados tijolos acoplados à formas semi-circulares, também em solo-cimento, que abrigarão animais e plantas temporariamente ou não.

Por ser um processo de fácil assimilação por qualquer pessoa, permitindo a autoconstrução facilitada, utilizando somente materiais, que, como constatado, estão presentes a nível regional, não necessitando de energia de qualquer natureza para sua produção, nem mesmo animal, a tecnologia do solo-cimento certamente se constitui no processo que permitirá uso em larga escala, como se pretende no protótipo.

Outra medida tomada para um prática ambientalmente correta, consistiu no reaproveitamento das paletes de madeira da espécie *Pinus*, usadas na base de secagem dos tijolos de solo-cimento, que agora, servirão como pérgolas para garantir maior conforto na fachada frontal, bem como servirá de estrutura para a jardineira da janela, e para a horta vertical, além de ser usada na base da minicisterna de água pluvial.

Já na cobertura será usada uma telha de fibra de coco verde (*Cocos Nucifera*), semelhante a que foi usada na Casa Ecológica do IVIG. Na etapa de investigação de viabilidade não se encontrou nenhuma fábrica desse tipo de telha no Maranhão. Porém no Bairro Pedra Mole, no próprio município de São Luis, foi localizada uma Usina de Compostagem e Processamento da Prefeitura, onde é realizado o processo de reciclagem de matéria orgânica proveniente das 28 feiras livres da cidade, que antes iam para os aterros sanitários, sem reaproveitamento. Ainda segundo dados da COHORTIFRUT, o coco verde está entre as frutas mais vendidas nos supermercados e frutarias ludovicenses, que recebem as frutas produzidas também fora da cidade como os da comunidade de Iguaiá, em Paço do Lumiar.

A Usina conta com quatro máquinas, sendo uma picotadeira de galhos com capacidade para 10 toneladas/hora, um triturador de coco verde com capacidade para 15 mil cocos/dia, uma prensa rotativa para retirar água do bagaço de coco, com a mesma capacidade do triturador, e uma classificadora que separa o pó da fibra do coco. Cada coco verde tem 80% de chorume, 15% de pó e 5% de fibra.



Figura 46 – Trituradora de coco verde da Usina de Compostagem de São Luís. Fonte: Semcom, 2007.



Figura 47 – Fibra do coco verde (*Cocos Nucifera*). Fonte: Googleimagens.

A despeito da inexistência de uma fábrica de telhas de fibra natural de coco verde, já é um grande passo que se tenha um local no município que já disponha de maquinário para que a fibra do coco, que é a principal matéria-prima da telha, seja separada em um volume diário tão intenso, o que corresponderia à viabilidade de fabricação e uso desse tipo de material mais sustentável com economia em custos e tempo de execução.

A madeira de todas as esquadrias internas e externas (portas e janelas), bem o como o madeiramento de apoio do telhado , serão confeccionados a partir de uma madeira de reflorestamento da espécie Paricá (*Shizolobium Amazonicum*), que é a espécie florestal nativa mais cultivada do país, com produção em madeireiras da região norte e nordeste do país, principalmente nos Estados do Pará e Maranhão. Ele pode ser cortado com cinco anos de idade. Uma grande produção de Paricá foi identificada no município de governador Nunes Freire, que fica à 181 km da cidade de São Luís, o que significam por volta de 3 horas de viagem. A proximidade facilitaria o transporte, além dos custos que ficariam bem menos dispendiosos, já que essa madeira tem um peso 50% inferior ao do eucalipto, por exemplo, o que ajuda a baratear o traslado.



Figuras 48 e 49 – Madeira da espécie *Shizolobium Amazonicum*, Paricá, serrada e *in natura*. Fonte: Googleimagens.

O único cômodo que levará forro será o banheiro, por conta da instalação da caixa d'água acima do seu pé-direito. O forro será em cascaje, uma laje com estrutura abobadada em ferrocimento, ou seja, concreto estruturado com tela de galinheiro ou telas de feira do tipo furadas em teia. A mistura é feita com o traço de 2:1 de areia e cimento, respectivamente, com adição de água. As cascajes são feitas uma a uma, em uma forma feita com dois caibros, ripas, compensado para as lâminas transversais e uma folha de zinco ou alumínio para forrar a superfície. Serão

produzidas em comprimento pela dimensão padrão dos banheiros, com largura de 50 cm, cada. A laje então, ficará com uma espessura de 1cm com as bordas em 3cm para melhor impermeabilização e fixação às paredes. Só são retiradas das formas após três dias de cura à sombra, mantendo úmidas aos sete primeiros dias para evitar rachaduras.



Figura 50 e 51 – Casacaje ainda na forma, e pronta, com revestimento em tinta, funcionando como laje. Fonte: Tibá, 2012.

## 5.4 Memorial Descritivo

### 5.4.1 Protótipo

Protótipo residencial unifamiliar, com 52,53 m<sup>2</sup> de área total, e 46,92 m<sup>2</sup> de área útil consistindo em varanda coberta, sala, cozinha e sala de jantar conjugadas, banheiro, área de serviço, dois quartos jardim e horta vertical. Com pé direito variável.



Figura 52 – Perspectiva do protótipo. Fonte: A autora, 2012.

a) Paredes internas e externas

As paredes internas e externas serão constituídas de tijolos ecológicos em solo-cimento, composto por água cimento e silte (barro), com proporção de 40% de barro para 10% de cimento (recomendado para o barro retirado das Barragens em São José de Ribamar) com produzidas em caráter de mutirão, com uso de prensa manual operada por até três pessoas, produzindo as seguintes tipologias:

TIPO	DIMENSÕES	CARACTERÍSTICAS
Tijolos com dois furos e encaixes	6,5 x 12,5 x 25 cm	Assentamento a seco, com cola branca ou nata do próprio barro
½ tijolo com furo e encaixe	6,5 x 12,5 x 25 cm	Elemento produzido para acertar os aparelhos, sem a necessidade de quebras, encaixados nos cantos da edificação
Canaletas	6,5 x 12,5 x 25 cm	Elemento empregado para execução das vergas nos cruzamentos e cantos de paredes e nas passagens de tubulações verticais

Tabela 1 – Tabela com tipos e dimensões de tijolos de solo-cimento produzidos para o protótipo. Fonte: A autora, 2012.

Na face interna da residência, os tijolos não terão qualquer revestimento, contando apenas com uma demão de tinta ecológica à base base de terra, pigmento mineral, óleo de linhaça e água, e outra demão de resina à base de água dando uma aparência brilhosa e uma coloração terrosa avermelhada na face externa das paredes, para evitar que a umidade atravessasse as paredes e deixe uma sensação desconfortável no interior da residência.

Para as áreas molhadas, as paredes serão revestidas com cerâmica na cor branca 15x x 15 cm, para garantir maior durabilidade dos tijolos, evitando seu contato direto com a água. Na área da cozinha, as cerâmicas serão assentadas até

uma altura de 1.20 m, enquanto que no banheiro revestimento cerâmico chegará à uma altura de 1.80 m.

A parede externa à unidade habitacional, que contorna a área de serviço, terá altura de 1.92 m, composta por tijolos de dois furos e ½ tijolos, assentados com nata com a mistura para a confecção dos tijolos. Servirá de apoio para a horta vertical e para a parede de “bricks habitats”.



Figura 53 – Esquema em 3D da utilidade dos Bricks Habitats. Fonte: <http://www.re-burbia.com/2009/07/31/brick-habitats/>

Para evitar passagens de luz indesejadas entre os tijolos (podem ocorrer devido a irregularidade das formas), recomenda-se a adição entre as fiadas de uma nata feita com a própria mistura usada na fabricação dos tijolos, evitando o uso de materiais industrializados e custo adicionais.

Os cantos e encontros de paredes levarão vergalhões, com a adição de cimento no interior dos furos dos tijolos. Caso este que acontecerá também nos pilares de tijolos ecológicos (25 x 25 cm) presentes na sustentação do pergolado e na laje da caixa d' água.

As fundações também serão em solo-cimento, com camada de concreto impermeabilizante para estabilização da estrutura.



Figura 54 – Primeira fiada de tijolos com a passagem dos vergalhões e instalação elétrica e passagem de tubulação hidráulica pelos tijolos. Fonte: Googleimagens.

## b) Cobertura

A cobertura consistirá em duas águas, com quedas voltadas para as fachadas laterais, com previsão de calhas e tubos de queda para compor o sistema de reaproveitamento de águas pluviais.

O material da cobertura será em telha de fibra de coco verde, com estrutura do madeiramento em Paricá (madeira de reflorestamento plantada no Maranhão).

Sobre a cobertura, será colocada a caixa d'água de 1000L, com base em palete de Pinus, reaproveitada da fase de secagem dos tijolos ecológicos, que, por sua vez, será sustentada por quatro pilares em tijolos de solo-cimento (25 x 25 cm).

Toda a cobertura será aparente ao interior da casa, com exceção do banheiro, que contará com laje de cascaje (estrutura abobadada em ferrocimento, ou seja, concreto estruturado com tela de galinheiro) e produzida in loco, com demão de ecotinta branca à base de água na face interna do cômodo.

## b) Piso

O piso na área interna será todo em solo -cimento compactado, com espessura de 8 cm, e levará uma demão de Resina Ecopiso Linha Residencial, à base de óleos vegetais, atóxico e sem cheiro, que forma uma película (membrana) sobre a

superfície aplicada, de alta resistência ao tráfego de pessoas e objetos (abrasão), bem como à ação de agentes químicos em geral, podendo assim, ser aplicada no piso do banheiro sem maiores problemas.

O piso da área externa terá uma parte permeável, com piso-grama de solo cimento, confeccionado com os  $\frac{1}{2}$  tijolos semi-enterrados ao nível do solo, e superfície em grama. Os acessos das áreas social e de serviço serão demarcados pela colocação de tijolos de solo-cimento maciços sobre uma camada impermeabilizante.



Figura 55 – Piso grama em solo-cimento. Fonte: [http://www.verdesaine.net/piso\\_grama\\_de\\_solo\\_cimento](http://www.verdesaine.net/piso_grama_de_solo_cimento)

Na área de serviço será feita uma plataforma de cimento (altura de 10 cm em relação ao nível do solo).

### c) Esquadrias

Todas as esquadrias são em madeira de reflorestamento da espécie Paricá, com tratamento natural, plantada no Maranhão. As janelas dos quartos, sala de estar e sala de jantar são de duas folhas de abrir, compostas por venezianas e folhas de vidro para permitir a passagem de iluminação natural. Todas têm o mesmo vão para facilitar o processo de produção (1.50 x 1.00/1.10 m).

As esquadrias da cozinha e banheiro são do tipo basculante maxi-ar, e possuem o mesmo vão (0.40 x 0.75 x 1.74 m), com moldura em madeira de reflorestamento da espécie Paricá e folha de vidro para passagem de iluminação e ventilação naturais.

A esquadria localizada na empena é responsável pela ventilação cruzada no protótipo, tem dimensões de 3,34 x 0,88 m, do tipo veneziana fixa com as tablitas inclinadas, de forma a permitir a passagem dos ventos.

Todas as portas, com exceção à do banheiro (60 cm), têm 80 cm de abertura. São portas lisas, com tratamento natural com folhas de abrir.

#### d) Pergolados

Na fachada frontal, será instalado um pergolado confeccionado com madeira reaproveitada das paletes de Pinus usadas na base da secagem dos tijolos ecológicos. Os filetes de madeira levarão tratamento em ecoverniz. A peça de apoio das pérgolas será de madeira de reflorestamento da espécie Paricá (12 x 8 cm).

Os pergolados serão sustentados por dois pilares em tijolos ecológicos (25 x 25 cm).

#### e) Horta Vertical

Para o projeto foi prevista uma horta vertical, para que os usuários tenham ao seu alcance, hortaliças e pequenos vegetais mais simples e de primeira necessidade, além de deixar a fachada frontal mais interessante esteticamente.

A horta será instalada na parede que contorna a área de serviço, com estrutura em madeira reaproveitada das paletes de Pinus, com tratamento natural, onde serão depositados os jarros das mudas.

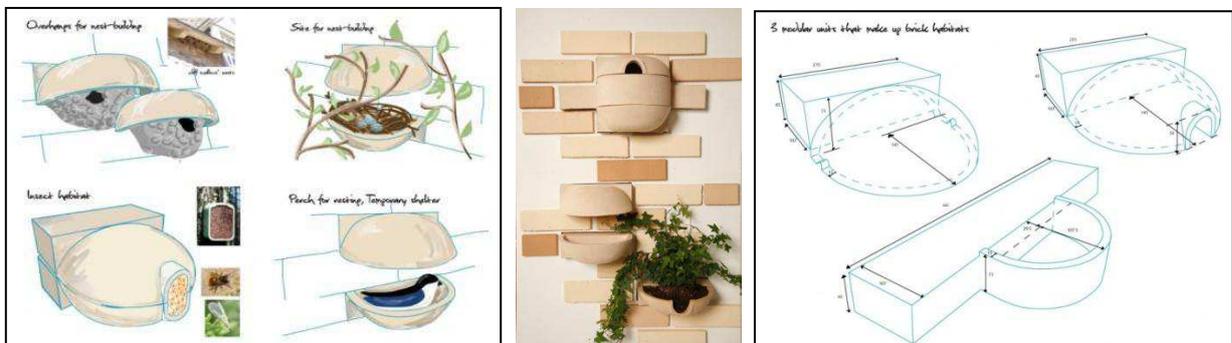


Figura 56 – Imagem referencial de uma horta vertical com estrutura em filetes de madeira. Fonte: Google imagens.

## f) Bricks Habitats

Os chamados “Brick Habitats”, os “Habitats de tijolos” são nichos, também criados em solo-cimento, que ocupariam a parede que contorna a área de serviço no sentido da fachada lateral direita. Os nichos consistem em três tipos de micro-ecossistemas, que podem ser ocupador por plantas, como também servem de abrigo temporário, de descanso ou visita de pássaros ou insetos, deixando a casa mais próxima de seu propósito em coexistir de forma natural e amigável com o meio circundante.

As três unidades modulares são padrões, construídas com formas pré-fabricadas in loco, com o mesmo traço usado nos tijolos ecológicos. Têm uma base de fixação que será encaixada na parede com as mesmas dimensões dos tijolos de dois furos convencionais, e parte frontal saliente semi-circular, criando os “bio-espços”.



Figuras 57, 58 e 59 – Módulos dos Bricks habitats e suas possíveis utilidades.

Fonte: [www.re-burbia.com/2009/07/31/brick-habitats/](http://www.re-burbia.com/2009/07/31/brick-habitats/)

## 5.5 O aproveitamento de água pluvial e do potencial natural de iluminação e ventilação

### a) Aproveitamento das Águas Pluviais

Até os anos 30 muitas cidades brasileiras tiveram casas com sistemas de estocagem de água de chuva em cisternas individuais. Essa prática, porém, caiu em

desuso com o advento das redes de abastecimento. Hoje, porém, a implantação, operação e manutenção dessas grandes redes sanitárias tornam-se cada vez mais complexas e onerosas, e municípios e Estados se vêem diante de grandes dificuldades de financiamento do saneamento básico. Diante desse novo paradigma, a gestão sustentável das águas pluviais oferece a chance de baixar custos, economizar água tratada e energia elétrica e restaurar o ciclo hidrológico das cidades. A problemática da insuficiência do fornecimento de água tratada na cidade de São Luís é algo que faz parte da realidade de muitos bairros. A capital possui com um padrão de abastecimento de água deficitário, que apresenta elevada perda de água mesmo durante o processo de abastecimento.

Apresentando um período chuvoso que vai de janeiro a junho, e índices pluviométricos anuais satisfatórios (média de 2.265 mm/ano), torna-se perfeitamente cabível o aproveitamento da água das chuvas.

À nível de projeto, além da caixa d'água de 1000L implantada sobre a laje do banheiro que recebe a água da concessionária, foi prevista ainda uma minicisterna fabricada in loco pelos próprios usuários, a ser colocada acima do nível do solo, na lateral direita da unidade residencial, que receberá águas pluviais provenientes das calhas.



Figura 60 – Vista da minicisterna de águas pluviais da unidade residencial. Fonte: A autora, 2012.

A água armazenada na minicisterna pode ser facilmente filtrada no local de uso com medidas baratas (uso de cloro de origem orgânica) e poderá ser destinada ao

banho, descarga do banheiro, lavagem das roupas e louças, abastecimento da horta vertical e do jardim.

E vale lembrar que cada m<sup>3</sup> de água que não precisa vir dos reservatórios, é uma tonelada de água a menos a ser bombeada, daí a economia de energia.

Para dimensioná-la, e determinar qual o diâmetro das tubulações de captação, foi necessário considerar a área do telhado onde será instalada a calha, que totaliza 50,51 m<sup>2</sup>, o que permite a instalação de uma tubulação de 75 mm, que será o Filtro de Água de Chuva Auto-limpante de Baixo Custo, desenvolvido para ser instalado na tubulação de descida de água da calha do telhado. A montagem desse Filtro é feita com dois pedaços de tubo de PVC, um encaixado dentro do outro, com uma tela (tela mosquiteiro) entre os dois tubos, inclinada (+/- 45°) e uma abertura (lateral) para o descarte das sujeiras. Esse Filtro além de ser auto-limpante, também vai descartar uma parte da água de chuva fraca e uma pequena porção das chuvas fortes para fazer a limpeza da tela.



Figura 61 – Modelo de minicisterna para residência urbana de baixo custo. Fonte: [www.sempresustentavel.com.br](http://www.sempresustentavel.com.br)

Após esse Filtro, é necessário ter um Separador, que neste caso é um modelo de Baixo Custo auto-limpante com fundo rosqueável, que por sua vez é instalado no condutor de descida de água da calha do telhado e tem a função de descartar as primeiras águas de chuva e descarte das águas de chuvas fracas, para depois enviar a água de chuva forte (que vai estar bem mais limpa) para a cisterna, pois recomenda-se o descarte da água das primeiras chuvas, devido à concentração de poluentes tóxicos dispersos na atmosfera de áreas urbanas como o Dióxido de

enxofre (SO<sub>2</sub>) e o Óxido de Nitrogênio (NO), além da poeira e da fuligem acumulada nas superfícies de coberturas e calhas.



Figura 62 – Esquema em corte do funcionamento estrutural da minicisterna.  
Fonte: [www.sempresustentavel.com.br](http://www.sempresustentavel.com.br)

O Separador de Águas de Chuva de Baixo Custo - modelo com fundo rosqueável, tem de ser instalado depois do Filtro de Água de Chuva modelo auto-limpante, que por sua vez é instalado no condutor de descida de água da calha do telhado.

A base da minicisterna terá uma altura de 45 cm, em madeira reaproveitada dos paletes usados na secagem dos tijolos ecológicos. Esta altura será suficiente para caber um balde abaixo da torneira localizada na parte inferior da minicisterna (ver **figuras 63 e 64.**)



Figuras 63 e 64 – Minicisterna sobre apoio em madeira, para permitir a retirada da água coletada. Fonte: [www.sempresustentavel.com.br](http://www.sempresustentavel.com.br)

## b) Aproveitamento do potencial natural de iluminação e ventilação

Visto que as temperaturas médias anuais na cidade de São Luís atinjam a mínima entre 20 e 25 graus e máximas de 30 graus, com clima tropical quente e úmido, julgou-se desnecessária a instalação de chuveiro elétrico, capacitores solares, ou qualquer outro dispositivo para obtenção de água quente, já que, também avaliando-se em função do custo para uma construção destinada à baixa renda, tal medida tornaria-se não só onerosa como também dispensável, dadas as condicionantes naturais de temperatura da capital ludovicense anteriormente citadas.

O protótipo foi projetado em função de uma orientação específica (fachada frontal voltada para o Sul), com dispositivos espaciais (setorização e disposição dos ambientes) e técnicos (materiais usados) que propiciassem o máximo aproveitamento da ventilação natural predominante (sentido Nordeste), aliada à espacialização, o que permitiu o uso da ventilação cruzada e orientação solar que gerasse conforto térmico no interior da unidade residencial, com as áreas social e íntima aproveitando irradiação do sol nascente, que também gera conforto luminoso natural, uma vez que com esta orientação, consegue-se aproveitar ao máximo a iluminação natural, permitida pelas aberturas das esquadrias que levam folhas de vidro em composição com a madeira de reflorestamento, permitindo a passagem dos raios solares, o que implicaria em uma enorme economia energética da edificação.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base em todo o retrospecto em nível de recolhimento teórico de dados neste trabalho, pôde-se constatar que os procedimentos convencionais da construção civil no país não consideram, em sua grande maioria, os impactos sobre ambiente natural ou construído, e, ainda que o déficit habitacional brasileiro esteja na casa dos milhões, há disparates à essa realidade, ao passo em que os programas de habitação social vigentes despedem de onerosas quantias que envolvem custos político-burocráticos, que por sua vez implicam em altos custos de execução, que acaba por tornar-se quase sempre falha e dissonante à realidade social ao qual foi destinada.

Não há, no Brasil, parâmetros para indicadores de sustentabilidade e qualidade de vida no setor das habitações de interesse social, e isso foi traduzido na inexistência de um Selo de Qualidade Ambiental ou em qualquer mecanismo detentor de diretrizes ou critérios que possam nortear práticas que partam de uma perspectiva integrada e sustentável, para resultar em projetos de edificações de melhor qualidade, com racionalização do uso de recursos naturais e a diminuição do desperdício de recursos humanos e de insumos durante e após a construção.

Esse tipo de resultado é particularmente importante no caso da habitação de interesse social, tendo em vista que as muitas avaliações já realizadas apontam falhas em todos esses quesitos no tocante à esfera da construção civil brasileira destinada a esse tipo de programa de habitação.

A bioarquitetura apresentou-se com uma alternativa barata e inteligente à construção padrão, pois não depende da produção industrializada e contribui para diminuir a poluição e o uso indiscriminado de energia. E, apesar de o real entendimento sobre o que é sustentabilidade ainda não estar devidamente consolidado se tratando de setor imobiliário residencial, este trabalho se empenhou em uma proposta que ofereça o maior conjunto de parâmetros usados na bioarquitetura, considerando-se as condições estabelecidas pelo meio de destinação, o público alvo, o tempo e o custo de execução e seus eventuais impactos, adequando ao máximo à realidade proposta.

## 6 REFERÊNCIAS

\_\_\_\_\_. **NBR 15220-3**: Desempenho Térmico de Edificações. Parte 3: zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. ABNT: Rio de Janeiro, 2003.

CORBELLA, Oscar; YANNAS, Simos. **Em busca de uma arquitetura saudável para os trópicos**: Conforto ambiental, 2ª Ed. Rio de Janeiro: Revan, 2009.

DURANS, Joana. **Habitação social com Qualidade Ambiental**. Monografia. São Luis: CAU-UEMA, 2011.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. Centro de estatística e Informações. **Déficit habitacional no Brasil** – Municípios selecionados e Microrregiões geográficas. Disponível em : <<http://www.fjp.gov.br/index.php/serviços/81-serviços-cei/70deficit-habitacional-no-brasil>> Acesso em: 12 jan. 2012.

HABITARE – **Habitações de baixo custo sustentáveis**. Porto Alegre: ANTAC, 2007. Disponível em: <[http://www.habitare.org.br/publicacao\\_colecao9.aspx](http://www.habitare.org.br/publicacao_colecao9.aspx)> Acesso em: 16 set. 2011.

IDHEA – **Instituto para o Desenvolvimento da Habitação Ecológica**. Construção Sustentável. Disponível em <<http://www.idhea.com.br/agua.asp>> Acesso em: 17 set. 2011.

IVIG. **Instituto Virtual Internacional de Mudanças Globais**. Disponível em: <<http://www.ivig.coppe.ufrj.br>> Acesso em: 16 set. 2011.

LAMBERTS, R; DUTRA, L; PEREIRA F. **Eficiência energética na Arquitetura**. São Paulo: Editora PW, 1997. Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br>> Acesso em: 20 nov. 2011.

LAMBERTS, R; TRIANA, M. **Levantamento do Estado da Arte: Energia**. 2007. Projeto Tecnologias para Construção Habitacional mais Sustentável. Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br>> Acesso em: 20 nov. 2011.

LENGEN, J.V. **Manual do Arquiteto Descalço**. Porto Alegre: Livraria do Arquiteto & Tiba Editoria, 2004.

MARTINS, R. **Novas tecnologias construtivas com vista à sustentabilidade da construção** - Tecnologias construtivas com Terra. Capítulo 4, Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, São Paulo, 2007.

ROMERO, M. A.; ORNSTEIN, S. W. (2003) **Avaliação Pós- Ocupação: métodos e técnicas aplicados à habitação social**. Porto Alegre: ANTAC (Coleção HABITARE), 294 p.

SACHS, Ignacy. **Caminhos para o desenvolvimento sustentável**. 3ª edição. Rio de Janeiro: Garamond, 2000.

SCHILLER, S; SILVA V.G, GOIGBERG, N.TREVIÑO, C. **Edificación Sustentable; consideraciones para la calificación del hábitat construído en el contexto regional latinoamericano**, 2003.

SELO CASA AZUL CAIXA. **Boas práticas para habitação mais sustentável**. São Paulo: Páginas & Letras - Editora e Gráfica, 2010.

SERRADOR, M. E. **Sustentabilidade em arquitetura: referências para Projeto**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Departamento de Arquitetura e Urbanismo da Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 2008.

STILPEN, Daniel. **Eficiência Energética e Arquitetura Bioclimática – o Caso do Centro de Energia e Tecnologias Sustentáveis**. Dissertação - Universidade Federal Do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2007.

## APÊNDICES

## APÊNDICE 1 - QUESTIONÁRIO APLICADO NA FÁBRICA DE TIJOLOS NOVIBRICKS DE TIJOLOS ECOLÓGICOS EM SÃO JOSÉ DE RIBAMAR

Entrevistado: Hannyery Maciel (dono da fábrica)

Nome da Fábrica: NOVIBRICKS

Data: 05 de janeiro de 2012

1. Quantos tempo de atuação tem a fábrica no mercado ludovicense?
2. Como surgiu a idéia de implementar uma fábrica dessa vertente no Estado?
3. Existe alguma outra fábrica desse ramo no mercado ludovicense ou mesmo maranhense?
4. Quais as dificuldades iniciais?
5. De onde é retirado o solo propício à fabricação dos tijolos?
6. Quais as características diferenciais que fazem deste solo , em específico, ser propício para fabricação dos tijolos?
7. A demanda na cidade por projetos que utilizem os tijolos de solo-cimento é grande? O que poderia ser feito para otimizar a procura?
8. Quais são os tipos de empreendimentos que mais solicitam os tijolos ecológicos da fábrica?  
(existe algum em especial que possa ser citado e exemplificado?)
9. Toda a matéria-prima usada na fabricação dos tijolos é proveniente de São Luis e/ou de alguma cidade do interior do Maranhão?
10. Qual a quantidade de tijolos produzidas/dia na fábrica?
11. Quantas prensas a fábrica dispõe? É/São manuais ou motorizadas?

12. Qual a porcentagem média da diferença final entre um orçamento feito em uma residência construída com alvenaria convencional e uma mesma construída com tijolos ecológicos?
13. Quais os tipos de tijolos de solo-cimento que a fábrica produz?
14. Seria viável, perante a demanda de habitação de interesse social em São Luís, a substituição da alvenaria convencional nas residências unifamiliares por paredes unicamente construídas com tijolos ecológicos?

**APÊNDICE 2**  
Lay Out e Planta Baixa

### **APÊNDICE 3**

Paginação / Setorização

**APÊNDICE 4**  
Planta de Cobertura

## **APÊNDICE 5**

Cortes

## **APÊNDICE 6**

Fachadas

## **APÊNDICE 7**

Detalhes de Esquadrias

## **APÊNDICE 8**

### Perspectivas

## **APÊNDICE 9**

Estudos dos arranjos segundo as orientações