

UNESP
Faculdade de Engenharia - Campus Guaratinguetá

Guaratinguetá
2012

UNESP  **UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
CAMPUS DE GUARATINGUETÁ

LISSANDRA DEADAME FIGUEIREDO

**BENEFÍCIOS NA EXECUÇÃO DE UMA OBRA SUSTENTÁVEL EM
CONTRAPARTIDA AOS MÉTODOS TRADICIONAIS DA CONSTRUÇÃO
CIVIL**

Guaratinguetá
2012

LISSANDRA DEADAME FIGUEIREDO

BENEFÍCIOS NA EXECUÇÃO DE UMA OBRA SUSTENTÁVEL EM
CONTRAPARTIDA AOS MÉTODOS TRADICIONAIS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Trabalho de Graduação
apresentado ao Conselho de Curso de
Graduação em Engenharia de Materiais
da Universidade Estadual Paulista,
campus Guaratinguetá, como parte dos
requisitos para obtenção do diploma de
Graduação em Engenharia de
Materiais.

Orientador: Prof. Dr. Enos Arneiro Nogueira Silva

Guaratinguetá
2012

F475b Figueiredo, Lissandra Deadame
Benefícios na execução de uma obra sustentável em contrapartida aos métodos tradicionais da construção civil / Lissandra Deadame Figueiredo – Guaratinguetá : [s.n], 2012.
89 f. : il.
Bibliografia: f. 87-89

Trabalho de Graduação em Engenharia de Materiais – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2012.
Orientador: Prof. Dr. Enos Arneiro Nogueira Silva

1. Indústria de construção civil – Aspectos ambientais
2. Desenvolvimento sustentável I. Título

CDU 69:504

**BENEFÍCIOS NA EXECUÇÃO DE UMA OBRA SUSTENTÁVEL EM
CONTRAPARTIDA AOS MÉTODOS TRADICIONAIS DA
CONSTRUÇÃO CIVIL**


LISSANDRA DEADAME FIGUIEREDO

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO
PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE
"GRADUADO EM ENGENHARIA DE MATERIAIS"

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE MATERIAIS

Prof. Dr. Marcos Valério Ribeiro
Coordenador

BANCA EXAMINADORA:


Prof. Dr. ENOS ARNEIRO NOGUEIRA SILVA
Orientador/UNESP-FEG


Prof.ª Dr.ª ANA PAULA ROSIFINI ALVES
UNESP-FEG


Prof.ª DENYSE MEIRELLES NOCITI DE FREITAS
UNESP-FEG

Novembro de 2012

Dedicatória

Dedico esse trabalho de graduação como símbolo de mais uma etapa vencida àqueles que me acompanharam, suportaram e apoiaram ao longo dessa e de todas as outras conquistas de minha vida: meus pais e amigos Helena e Francisco.

Agradecimentos

Em primeiro lugar, agradeço a Deus, por iluminar meu caminho de tal forma a fazer com que eu batalhasse e conquistasse tudo àquilo que desejei;

aos meus pais, Helena e Francisco, e minha querida avó, Benedita, por serem uma fonte insecável de amor e dedicação, que me moldaram com seus maravilhosos valores, sem os quais jamais seria possível chegar aonde cheguei;

à minha irmã, Larissa, e cunhado, Roberto, que, mesmo a distância, sempre foram exemplos nos quais me espelhei, pessoal e profissionalmente, e que me deram um presente pelo qual terei forças de sempre continuar caminhando, meu querido sobrinho Victor;

à minha alma gêmea, Eduardo, que ilumina os meus dias com amor e felicidade, além de ultrapassar todos os limites de companheirismo e me ajudar fundamentalmente neste trabalho e em tudo que faço, me impulsionando a ser sempre uma pessoa melhor;

às minhas queridas companheiras de república, Nathália e Marília, e amigas de faculdade Aline, Juliana e Talita, que compartilharam dos momentos inesquecivelmente bons e ruins de uma vida universitária;

aos meus amigos da Alemanha, que me sustentaram em um período difícil, fazendo com que um ano longe da habitual realidade se tornasse muito prazeroso;

às minhas amigas e parentes campineiros, que sempre me apoiaram e ajudaram, não me permitindo esquecer o quão bom era voltar para casa;

ao meus amigos e parentes do Guarujá, que me adotaram como parte da família, fazendo-me sentir em casa mesmo quando longe dela.

Epígrafe

“Cada um de nós compõe a sua história e cada ser em si carrega o dom de ser capaz e ser
feliz.”

Almir Sater e Renato Teixeira

FIGUEIREDO, L. D. **Benefícios na execução de uma obra sustentável em contrapartida aos métodos tradicionais da construção civil.** 2012. 89 f. Trabalho de Graduação (Graduação em Engenharia de Materiais) – Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2012.

RESUMO

O setor de construção civil no Brasil é, simultaneamente, uma necessidade que move a economia e um mal que degrada o meio ambiente. Simples escolhas adotadas em um empreendimento podem fazer grande diferença no mal causado pelas práticas construtivas, minimizando seu poder prejudicial ao meio ambiente e tornando-a sustentável. Essas escolhas, porém, envolvem a utilização de materiais e técnicas muitas vezes desconhecidos por parte dos construtores, uma vez que o ramo da construção civil é muito tradicional. Ainda pior, os materiais ecológicos e técnicas sustentáveis também deparam com outro empecilho para sua utilização: o preconceito. Construtores e clientes preferem métodos tradicionais aos sustentáveis por acreditarem que eles apresentam inferior qualidade e maior preço. O presente trabalho conscientiza da urgência com que os métodos tradicionais devem ser substituídos, mostrando maneiras práticas e simples para essa substituição, além de confirmar a qualidade igual ou até mesmo superior no emprego de materiais e técnicas alternativos, sem grande acréscimo no custo. Assim, os benefícios são gerados para todas as partes envolvidas, de construtores a moradores.

PALAVRAS-CHAVE: Materiais ecológicos; Sustentabilidade; Construção civil; Construção sustentável; Obra verde.

FIGUEIREDO, L. D. **Benefits of running a sustainable work in contrast to traditional methods of construction.** 2012. 89 p. Graduate Work (Graduate in Materials Engineering) – Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2012.

ABSTRACT

The civil construction sector in Brazil is, simultaneously, a necessity that drives the economy and an evil that degrades the environment. Simple choices adopted in an enterprise can make big difference in harm caused by constructive practices, minimizing its harmful to the environment and making it sustainable. These choices, however, involve the use of materials and techniques often unknown by the builders, since the construction industry is very traditional. Even worse, the eco-friendly materials and sustainable techniques also face another obstacle to its use: the prejudice. Builders and customers prefer traditional methods to sustain belief that they present lower quality and higher price. This work raises awareness of the urgency with traditional methods must be overridden, showing practical and simple ways for this replacement, as well as confirm the quality equal to or even higher in the use of alternative materials and techniques, without addition in cost. Thus, the benefits are generated for all parties involved, from builders to residents.

KEYWORDS: Ecological materials; Sustainability; Civil construction; Sustainable construction; Green Build.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Método Construtivo de uma oca.....	16
Figura 2 - Casa Grande da região de Minas Gerais.....	17
Figura 3 - Método construtivo de Taipa.....	17
Figura 4 - Sobrado da região de Minas Gerais.....	18
Figura 5 - Método construtivo de Pau-a-pique.....	18
Figura 6 - Casa de Porão Alto da região de Minas Gerais.....	19
Figura 7 - Edifício Rolim, construído em São Paulo no ano de 1928.....	20
Figura 8 - Palácio do Planalto, construído em 1958 na cidade de Brasília pelo arquiteto Oscar Niemeyer.....	21
Figura 9 - Construções atuais de São Paulo: Ponte Estaiada com o Centro Empresarial (CENU) ao fundo.....	21
Figura 10 - Relação da variação de temperatura com a emissão de gás carbônico ao longo dos anos.....	24
Figura 11 - Os pilares que compõe o conceito de Sustentabilidade.....	25
Figura 12 - Ciclo de vida do setor construtivo.....	26
Figura 13 - Logo do selo LEED.....	28
Figura 14 - Tipos de selos LEED disponíveis.....	29
Figura 15 - Categorias de crédito do certificado e correspondentes medidas a serem tomadas.....	30
Figura 16 - Tipos diferenciados do selo: tradicional, prata, ouro e platina.....	30
Figura 17 - Logo do selo AQUA.....	31
Figura 18 - Logo do selo Procel Edifica com níveis de eficiência de A (mais eficiente) até E (menos eficiente).....	32
Figura 19 - Logo do selo Sustentax.....	32
Figura 20 - Critérios de avaliação do selo SustentaX e de selos internacionais.....	34
Figura 21 - Logo do selo Casa Azul.....	34
Figura 22 - Critérios de avaliação do selo Casa Azul.....	35
Figura 23 - Logo do Instituto de Pesquisas Tecnológicas, responsável pela Referência Ambiental IPT.....	35
Figura 24 - Teoria X Prática de aplicações sustentáveis pelas empresas.....	37
Figura 25 - Planta da casa térrea escolhida para o estudo.....	39
Figura 26 – Esquema ilustrativo para divisão do estudo: Casa Cinza e Casa Verde.....	39
Figura 27 - Fundação do tipo Radier.....	42
Figura 28 - Formas e escoras de madeira.....	43
Figura 29 - Exemplo de alvenaria comum, em corte, com seus componentes: tijolo, argamassa e reboco.....	44
Figura 30 - Telas de aço galvanizado para alvenaria.....	44
Figura 31 - Conduites de PVC.....	45
Figura 32 - Caixinhas elétricas de PVC.....	45
Figura 33 - Boiler elétrico.....	46
Figura 34 - Tubulações hidráulicas de PVC e cobre, respectivamente.....	46
Figura 35 - Piso em taco de madeira Cumaru.....	47
Figura 36 - Piso cerâmico.....	47
Figura 37 – Estrutura de madeira de um telhado convencional.....	48
Figura 38 - Tinta acrílica.....	48
Figura 39 – Azulejo.....	48
Figura 40 - Detalhe para teto com forro e molduras de gesso.....	49
Figura 41 - Detalhes de soleiras e bancada de mármore.....	50

Figura 42 - Janela com caixilhos de alumínio e vidro temperado	50
Figura 43 - Diretrizes para o gerenciamento de resíduos	53
Figura 44 - Principais resíduos geradas durante as atividades de uma construção	55
Figura 45 - Sistema de captação de águas pluviais	56
Figura 46 - Tanque Slim utilizado para recolhimento de águas pluviais	57
Figura 47 - Tanque Slim com pintura personalizada.....	57
Figura 48 - Sistema de aquecimento solar.....	58
Figura 49 - Containers para retirada de resíduos de madeira, que serão levados para reciclagem.....	59
Figura 50 - Obra de arte sobre resíduos de madeira.....	60
Figura 51 - Placa a ser utilizada como forma, produzida a partir de tubos de pasta de dente..	61
Figura 52 - Tela soldada de aço.....	61
Figura 53 - Tipos de lajes pré-fabricadas	62
Figura 54 - Formas metálicas	62
Figura 55 - Simples aplicação de cola branca para fixação.....	64
Figura 56 – Exemplo, em corte, de alvenaria com tijolos ecológicos.....	64
Figura 57 - Acabamento de uma parede de tijolos ecológicos.....	65
Figura 58 - Instalações hidráulicas em paredes de tijolos ecológicos.....	65
Figura 59 - Instalações elétricas em paredes de tijolos ecológicos	66
Figura 60 - Colunas de sustentação	67
Figura 61 - Fios elétricos com isolamento em biopolietileno	68
Figura 62 - Tubulações hidráulicas de PPR (Polipropileno copolímero Random)	69
Figura 63 - Pisos de bambu	70
Figura 64 - Esquema estrutural do telhado TermoRoof.....	71
Figura 65 - Uso do telhado TermoRoof em uma residência.....	71
Figura 66 - Detalhe do acabamento interno proporcionado pelo telhado TermoRoof, que dispensa o uso de forros de gesso.....	72
Figura 67 - Tons oferecidos pelas tintas de terra: a) terracotas, b) marrons e c) grafites.....	73
Figura 68 - Descarte inapropriado de gesso	74
Figura 69 - Molduras em poliuretano injetado	74
Figura 70 - Bancada em nanoglass.....	75
Figura 71 - Bancadas de cozinhas e banheiros em porcelanato	76
Figura 72 - Portas corredeiras de vidro que permitem melhor luminosidade.....	77
Figura 73 - Tijolos de vidro utilizados no banheiro	78
Figura 74 - Porta de madeira de demolição: sustentável e muito bonita.....	78
Figura 75 - Torneira automática para banheiros.....	79
Figura 76 - Torneiras de cozinha com controlador de fluxo	80
Figura 77 - Válvula de descarga com duas opções de acionamento: parcial e total.....	80
Figura 78 - Grelha ecológica, confeccionada a partir do plástico verde	81
Figura 79 - Luminária de LED	81

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

RCD	Resíduo de Construção e Demolição
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
ONU	Organização das Nações Unidas
CERV	Civil Engineering Research Foundation
Secovi	Sindicato das Empresas de Compra, Venda, Locação e Administração de Imóveis Residenciais e Comerciais
PIB	Produto Interno Bruto
CO ₂	Gás Carbônico
GBC	Green Building Council Brasil
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design
USGBC	U.S. Green Building Council
ONG	Organização Não-Governamental
AQUA	U.S. Green Building Council
HQE	Haute Qualité Environnementale
Procel	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
CEF	Caixa Econômica Federal
USP	Universidade de São Paulo
Unicamp	Universidade Estadual de Campinas
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
TCA	Termo de Compensação Ambiental
VOCs	Volatile Organic Compounds
IBF	Instituto Brasileiro de Florestas
CTE	Centro de Tecnologia de Edificações
PVC	Cloreto de Polivinila
PPR	Polipropileno copolímero Random
PEAD	Polietileno de Alta Densidade
LED	Diodo Emissor de Luz

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	14
1.1.	CONSIDERAÇÕES INICIAIS	14
1.2.	ESTRUTURA	15
1.3.	OBJETIVOS	15
1.4.	METODOLOGIA	15
2.	CONSTRUÇÃO CIVIL	16
2.1.	A HISTÓRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL	16
2.2.	AS ETAPAS CONSTRUTIVAS DE UMA OBRA RESIDENCIAL	22
2.3.	A NECESSIDADE <i>VERSUS</i> O IMPACTO	23
3.	CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL	25
3.1.	O CONCEITO DE SUSTENTABILIDADE	25
3.2.	CARACTERÍSTICAS DE UMA OBRA SUSTENTÁVEL	25
3.3.	CERTIFICAÇÕES VERDES	27
3.3.1.	LEED	28
3.3.2.	AQUA	31
3.3.3.	Procel Edifica	32
3.3.4.	SustentaX	32
3.3.5.	Casa Azul	34
3.3.6.	Método IPT	35
3.4.	MATERIAIS ECOLÓGICOS	36
4.	ESTUDO DE CASO	38
4.1.	O ESTUDO	38
4.2.	“CASA CINZA”	40
4.2.1.	Terraplanagem	41
4.2.2.	Locação de obra	41
4.2.3.	Fundação	41
4.2.4.	Estrutura	42
4.2.5.	Impermeabilização	43
4.2.6.	Alvenaria e Revestimento Grosso	43
4.2.7.	Elétrica	45
4.2.8.	Hidráulica	45
4.2.9.	Contra piso e Pisos	46
4.2.10.	Telhado	47
4.2.11.	Revestimentos	48
4.2.12.	Forro e molduras	49

4.2.13.	Soleiras e bancadas	49
4.2.14.	Caixilhos, portas e janelas	50
4.2.15.	Itens de acabamento	51
4.3.	“CASA VERDE”	52
4.3.1.	Terraplanagem	59
4.3.2.	Locação de obra	59
4.3.3.	Fundação	60
4.3.4.	Estrutura	61
4.3.5.	Impermeabilização	63
4.3.6.	Alvenaria e Revestimento Grosso	63
4.3.7.	Elétrica	67
4.3.8.	Hidráulica	68
4.3.9.	Contra piso e Pisos	69
4.3.10.	Telhado	70
4.3.11.	Revestimentos	72
4.3.12.	Forro e molduras	73
4.3.13.	Soleiras e bancadas	75
4.3.14.	Caixilhos, portas e janelas	76
4.3.15.	Itens de acabamento	79
4.4.	COMPARAÇÃO DE CUSTOS OBRAS “CASA CINZA” E “CASA VERDE”	82
5.	CONCLUSÕES	86
	REFERÊNCIAS	87

1. INTRODUÇÃO

1.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Dentre todas as atividades humanas nocivas ao meio ambiente, o setor da construção civil pode ser considerado como a mais impactante delas. Isso porque, ao contrário do que muitos pensam, a degradação não ocorre apenas em função de corte de árvores para preparar o terreno, escavações (que acompanham o risco de erosão e poluição por sedimentos), desperdício de água e geração de resíduos de construção e demolição (RCD). Segundo pesquisas de consultoria ambiental, o impacto está bem aquém disso (CARREIRA, 2010).

A extração dos insumos necessários para a produção de materiais de construção desmata florestas, consome quantidades enormes de energia e água e emite grande quantidade de CO₂, fatores que contribuem para porcentagens preocupantes, como: consumo de 40% de toda energia, 30% dos materiais do meio natural (dentre eles cerca de 66% de madeira, sem o devido manejo das florestas) e 25% da água; geração de 25% dos resíduos sólidos e ocupação de 12% das terras (BENITE, 2011; CONSTRUÇÃO, 2008).

Em meio a tantas porcentagens, existe uma de caráter emergencial, que já se tornou discussão em tratados da ONU: a construção civil é em mais de 30% responsável pelo efeito estufa. Isso a torna o terceiro maior setor responsável por esse processo causador das surpresas climáticas que nos assombram. Enchentes, secas e recordes de temperaturas são apenas alguns exemplos de baixa magnitude que o aquecimento global pode vir a causar (BENITE, 2011; CONSTRUÇÃO, 2010).

As emissões dos gases causadores do efeito estufa são prioritariamente provenientes da energia gerada na etapa de uso e operação (aquecimento, ventilação, iluminação etc.) em grande parte dos países. Devido ao boom da construção civil, o IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), órgão ligado à ONU, afirma que as emissões de carbono associadas às edificações deverão passar das 9 bilhões de toneladas registradas em 2004 para quase 16 bilhões de toneladas em 2030 (ONU, 2008).

Já no Brasil, as etapas relacionadas à extração, processamento de matérias-primas, fabricação de produtos, construção e demolição se mostram ainda mais preocupantes do que o uso e operação. Isso porque o país possui uma matriz energética relativamente mais limpa (usinas hidroelétricas) quando comparada aos outros países (usinas termoelétricas) (BENITE, 2011). Estima-se que cerca de 5% de todo o CO₂ brasileiro despejado pelas atividades humanas na atmosfera provenha da fabricação de cimento (MARLAND, 2003) e que o

entulho de construção e demolição é duas vezes maior que o volume de lixo sólido urbano (CERF, 2009).

1.2. ESTRUTURA

A fim de abordar o tema de forma explicativa, porém sem perder a objetividade, dividiu-se o trabalho nos seguintes itens:

- Introdução: considerações iniciais, com motivação, objetivos, metodologia e estrutura;
- Construção Civil: evolução da construção civil, esquematização das atividades que envolvem esse setor e sua necessidade em nossas vidas;
- Construção Sustentável: abordagem do significado, emprego de sustentabilidade dentro da construção civil, tipos de certificações verdes e ecomateriais;
 - Estudo de caso: comparação entre os métodos sustentável e tradicional;
 - Conclusões.

1.3. OBJETIVOS

Com a ciência de todos os impactos causados pela construção civil, se torna óbvio que a prática da Construção Sustentável não é apenas uma tendência, mas sim uma questão primordial. Esse trabalho tem como objetivo não apenas salienta o óbvio, mas sim apresentar maneiras práticas para tornar uma obra sustentável, mostrando os benefícios desse novo tipo de atividade em pró aos métodos tradicionais da construção civil.

1.4. METODOLOGIA

Depois de apresentados os impactos provenientes de cada etapa da construção civil, as maneiras práticas de tornar uma obra sustentável abordarão todas essas diversas etapas envolvidas:

- Extração e processamento dos materiais: serão realizadas sugestões de uso de materiais alternativos, sem perder a qualidade, estética e funcionalidade;
- Canteiro de obras: serão apresentados diversos tipos de certificados verdes já existentes e como atingir esse reconhecimento, sem perda financeira ou de trabalhabilidade;
- Uso e operação: serão demonstradas maneiras fáceis para a mudança de hábitos que contribuem para a degradação do meio ambiente.

Para exemplificar todas as questões acima abordadas, foi feito um estudo de caso, utilizando uma planta de casa térrea e todos os custos e atividades envolvidos em sua execução, de duas maneiras distintas: com e sem o conceito de sustentabilidade envolvido.

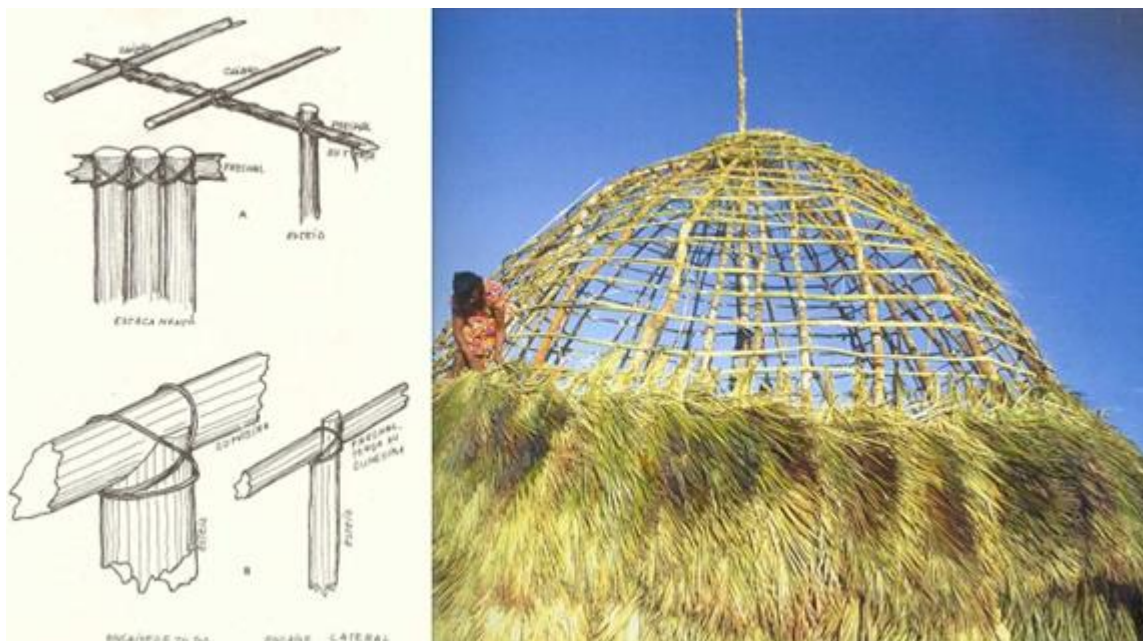
2. CONSTRUÇÃO CIVIL

2.1. A HISTÓRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Juntamente com o surgimento do homem veio a necessidade de abrigar-se. Os elementos da natureza ganharam nova serventia, formando as mais diferentes moradas, que caminharam lado a lado com a evolução humana, ditando o grau de tecnologia e cultural da Sociedade. Os abrigos sempre foram feitos de modo a atender as condições de clima, terreno, espaço, materiais e técnicas disponíveis e, portanto, as riquezas culturais com as quais são feitas as construções são um marco para caracterizar a evolução de um Povo, Nação ou Civilização.

De acordo com a história brasileira, as primeiras construções relevantes foram as indígenas, de formação predominantemente vegetal (estacas de madeira amarradas com cipó, cobertas de palha e folhagens – figura 1), denominadas ocas (ZORRAQUINO, 2006).

Figura 1- Método Construtivo de uma oca



Fonte: <http://arquitetofala.blogspot.com.br/2011/12/arquitetura-indigena-no-brasil.html>

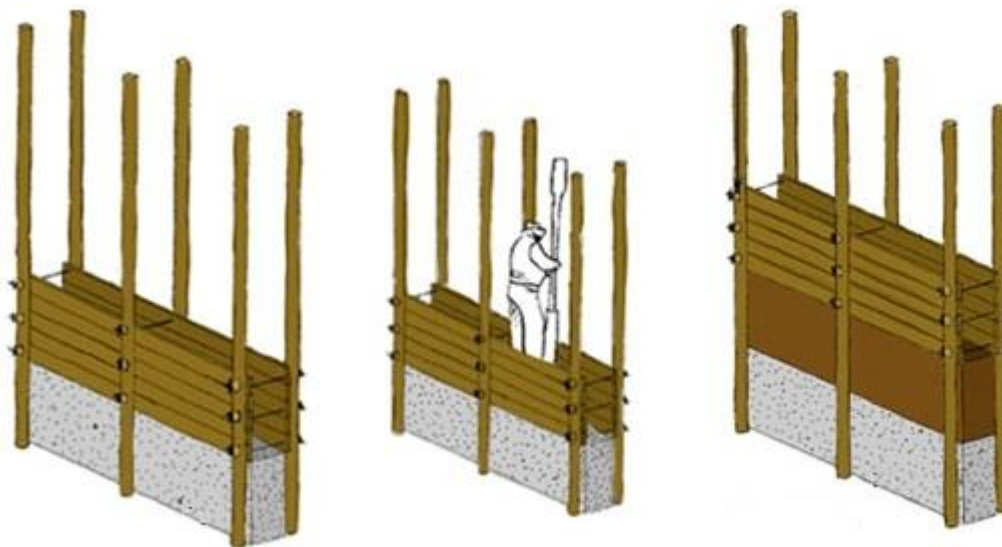
Com a colonização, iniciou-se de forma não regulamentada a engenharia civil no país, presente em construções sociais, como fortificações e igrejas. O conhecimento era baseado apenas na experiência passada por gerações, o que não impediu os Oficiais Engenheiros e Mestres Pedreiros (nomes aos conhecedores da técnica naquele período) de construírem o grande marco para a época: as Casas Grandes (figura 2). Essas já apresentavam alicerces profundos, técnica de taipa em suas paredes (barro prensado dentro de armadura de madeira removível – figura 3) e teto de telhas (TELLES, 1984).

Figura 2 - Casa Grande da região de Minas Gerais



Fonte: <http://www.valedoparaiba.com/terragente/artigos/santalidia.htm>

Figura 3 - Método construtivo de Taipa



Fonte: <http://kdc.wordpress.com>

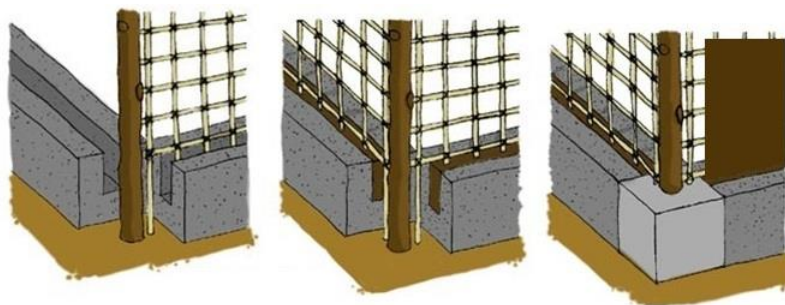
Passado o apogeu da era da cana-de-açúcar, começaram a se formar as primeiras vilas ao redor dos territórios da mineração, dando início à construção dos sobrados (figura 4). Como a técnica de taipa possuía pouca resistência, as casas com mais de um andar só foram possíveis com o surgimento do pau-a-pique, onde o barro continuou sendo utilizado, porém agora apenas para preencher os vazios em uma estrutura de madeira, como mostrado na figura 5 (ZORRAQUINO, 2006).

Figura 4 - Sobrado da região de Minas Gerais



Fonte: <http://www.ouropreto-ourtoeworld.jor.br/Cachcamp.htm>

Figura 5 - Método construtivo de Pau-a-pique



Fonte: <http://kdcs.wordpress.com/>

Nesse período surgiram as primeiras escolas do setor construtivo: a Real Academia de Artilharia, Fortificação e Desenho, precursora da engenharia, em 1792, e a Academia Real Militar do Rio de Janeiro, em 1810. Mas foi apenas no ano de 1858, já na era do café, que a então denominada Escola Politécnica do Rio de Janeiro (antiga Academia Real Militar) criou

o curso de engenharia civil ministrado não mais a apenas militares e sim a todos os civis (FLOR, 2010; TELLES, 1984).

Com o conhecimento em mãos, o início do trabalho remunerado e a grande influência dos imigrantes europeus recebidos nessa época, impõe-se no Brasil um novo modelo territorial, com rodovias, estradas de ferro, ruas, avenidas, redes de serviços de água potável, esgotos e iluminação. Nas moradias, surgem as “casas de porão alto” (figura 6), caracterizadas pela preocupação em se tornarem mais afastadas das residências vizinhas, com jardins laterais. Surgem as paredes de pedra e tijolos, instalações de banheiros e luminárias, colunas e escadarias (ZORRAQUINO, 2006).

Figura 6 - Casa de Porão Alto da região de Minas Gerais



Fonte: http://www.temporadanacional.com.br/todas_cidades.php?pgs=S%E3o%20Jo%E3o%20Del%20Rei&uf=MG

Com o avanço dos materiais, os velhos porões puderam desaparecer a partir do momento em que as residências podiam ter contato com o chão, graças ao uso de impermeabilizantes e tacos de madeira. Além disso, com a industrialização, houve a modernização dos meios de transporte, o que facilitou a expansão das cidades. Como as técnicas construtivas já se encontravam em um estágio bem avançado, com o aparecimento do concreto armado e elevadores, o surgimento de uma nova tipologia de construção vertical foi inevitável: os “arranha-céus” (figura 7) (ZORRAQUINO, 2006).

Figura 7 - Edifício Rolim, construído em São Paulo no ano de 1928



Fonte: <http://www.piratininga.org/rolim.htm>

O surgimento da técnica do concreto armado, já na Nova República, trouxe uma mudança nos conceitos das funções internas das residências. Isso porque graças a essa técnica surgiram as vigas, pilares, lajes, coberturas etc., o que permitiu a liberação das plantas. Mais para o final desse mesmo século, durante a ditadura e posterior democracia, houve um crescimento na execução de grande quantidade de moradia ao mesmo tempo, graças à produção industrializada, pré-fabricada e modulada. Nas obras de mais prestígio, grandes nomes já revolucionavam a arquitetura, como Oscar Niemayer (figura 8) (ZORRAQUINO, 2006).

Figura 8 - Palácio do Planalto, construído em 1958 na cidade de Brasília pelo arquiteto Oscar Niemeyer



Fonte: <http://www.niemeyer.org.br>

Atualmente, no Brasil, atingimos um elevado grau de inovação nos materiais disponíveis para construção civil juntamente com uma mão de obra de extrema qualificação. As técnicas se tornaram variáveis e adaptáveis aos desejos do consumidor, com uma rápida execução e um produto final de altíssima qualidade.

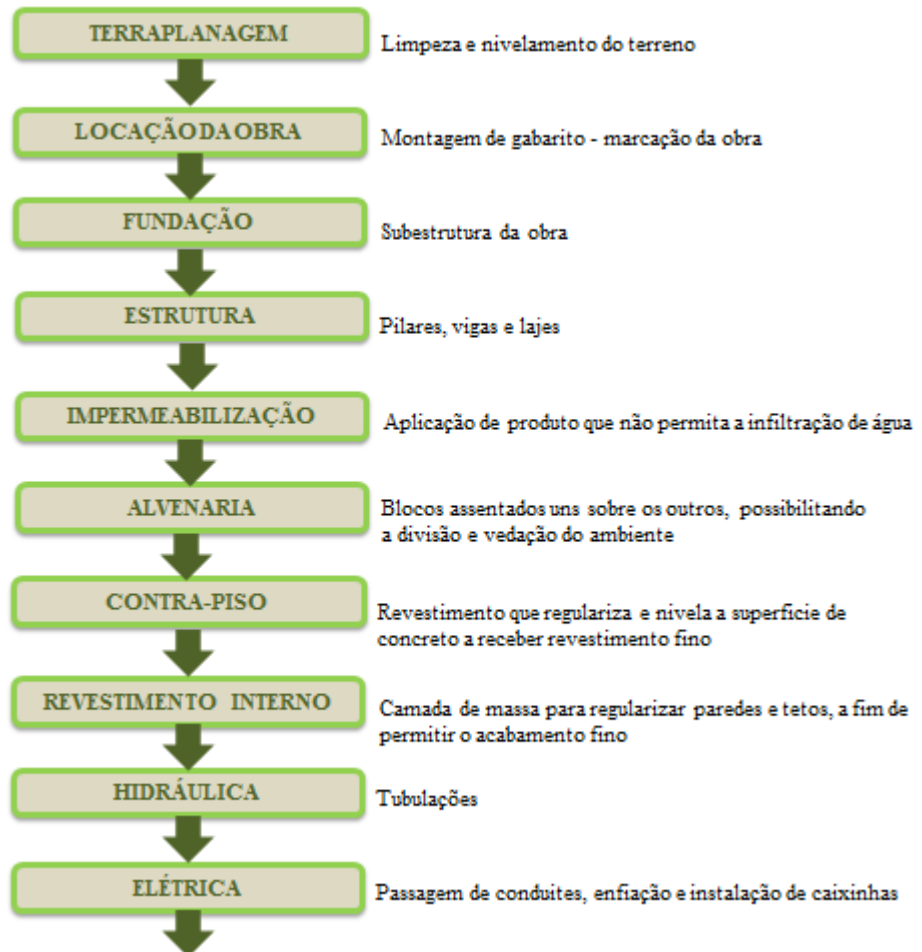
Figura 9 - Construções atuais de São Paulo: Ponte Estaiada com o Centro Empresarial (CENU) ao fundo

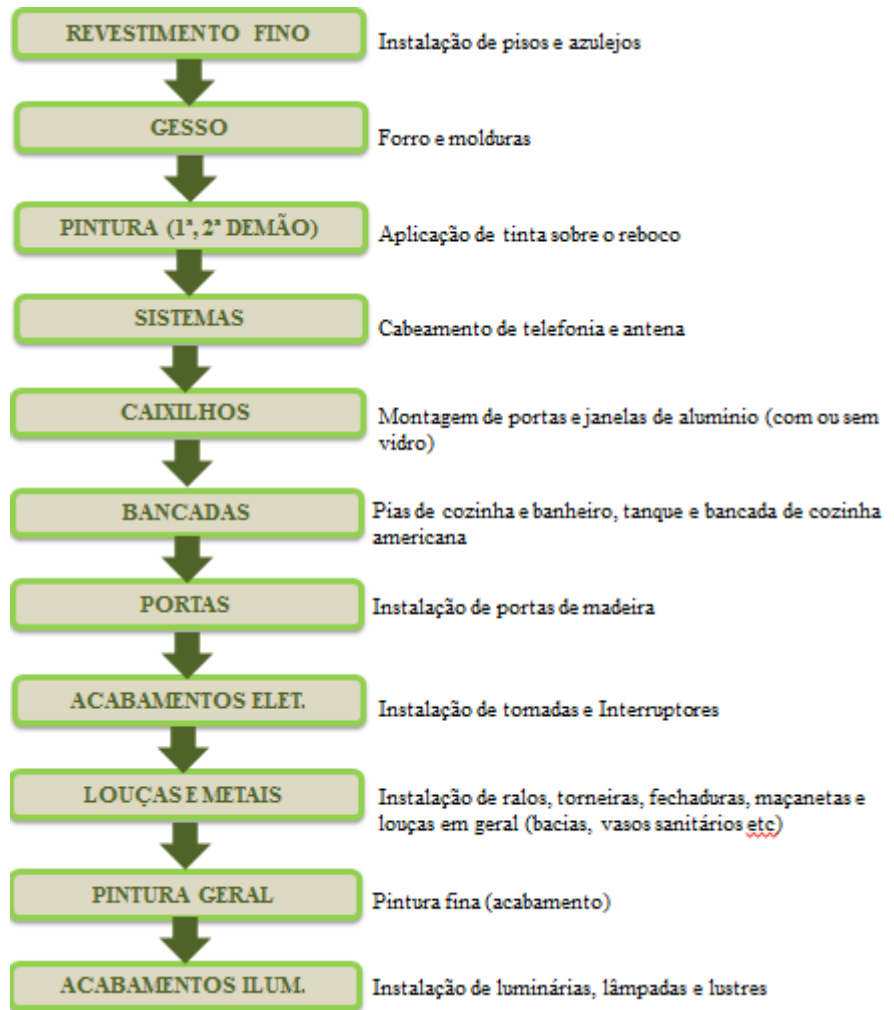


Fonte: <http://keystoneimages.com.br>

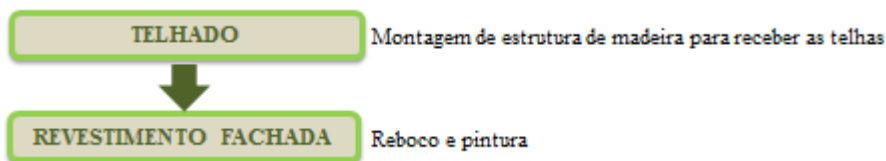
2.2. AS ETAPAS CONSTRUTIVAS DE UMA OBRA RESIDENCIAL

Para ser possível a observação dos pontos de melhoria de uma construção é necessário, primeiramente, conhecer as etapas envolvidas na obra. Elas podem ser classificadas em trabalhos preliminares, execução e acabamento e, no estudo apresentado neste trabalho, seguem a ordem apresentada no fluxograma abaixo:





Logo após a alvenaria, as atividades abaixo já podem ser realizadas na área externa:



2.3. A NECESSIDADE *VERSUS* O IMPACTO

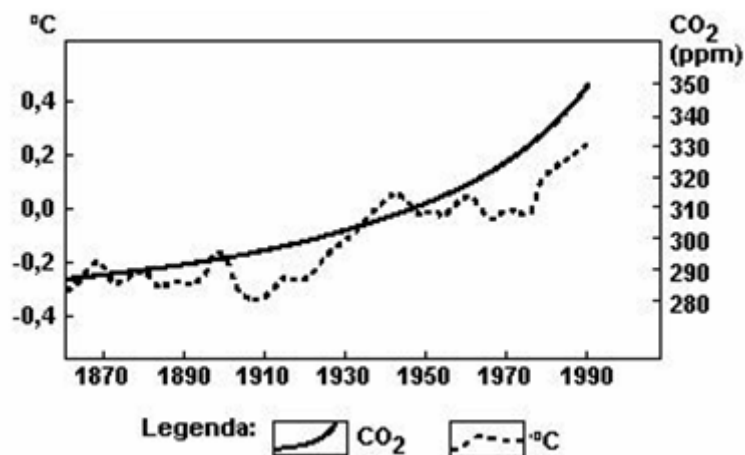
Como mostrado na introdução deste trabalho, as porcentagens apresentadas pelas Nações Unidas, em relação aos malefícios da construção civil são muito impactantes:

- Consumo de 40% de toda a energia;
- Extração de 30% dos materiais do meio natural (dentre eles 66% de madeira);
- Geração de 25% dos resíduos sólidos;
- Consumo de 25% de água;
- Ocupação de 12% das terras.

É necessário, porém, avaliar o outro lado da situação. O mercado da construção civil é exigente e consumista, porém muito dinâmico e capaz de empregar milhares de pessoas, do engenheiro ao servente ou do corretor ao decorador. Somente na cidade de São Paulo, se emprega diretamente cerca de 600.000 pessoas. Além disso, é um mercado muito rentável, no qual se vende, em média, 60 novos imóveis por dia na terra da garoa, segundo o Secovi São Paulo (Sindicato das Empresas de Compra, Venda, Locação e Administração de Imóveis Residenciais e Comerciais de São Paulo). Considerando a região metropolitana nos últimos doze anos, em torno de 437.000 unidades de casa e apartamentos foram construídas, o que gerou negócios de quase 34 bilhões de dólares (KOREHISA, 2008).

Se uma face nos indica o responsável pela emissão de 30% dos gases causadores do efeito estufa (principal causador do aquecimento global – figura 10), a outra soma 7,3% do PIB brasileiro. Se a construção civil se mostra, então, um mal necessário para o país, como faremos? A solução não está em derrubá-la e sim mudar seus alicerces. Nos últimos anos, muita discussão envolvendo o tema “sustentabilidade” tem surgido, em formato de tendência. Essa tendência, porém, deve se tornar necessidade e é neste ponto que o presente trabalho busca focar: provar que a construção civil pode modificar seus aspectos prejudiciais, sem alterar suas qualidades.

Figura 10 - Relação da variação de temperatura com a emissão de gás carbônico ao longo dos anos



Fonte: (GUERRA, 2007) Adaptado

3. CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL

3.1. O CONCEITO DE SUSTENTABILIDADE

O termo sustentabilidade anda muito presente no dia-a-dia de todos nós. O que esse termo carrega, entretanto, ainda é muito difuso na mente das pessoas e não poderia ser mais natural: a sustentabilidade é um conceito sistêmico, ou seja, engloba e correlaciona diversos parâmetros ao mesmo tempo, como mostrado na figura 11. A ideia que o conceito quer expor é a de continuidade, mantendo as vertentes em equilíbrio ao longo do tempo (CABRERA, 2009).

Resumidamente, podemos dizer que a sustentabilidade é a habilidade de manter ativas ações que suprem as necessidades humanas atuais, porém sem prejudicar as futuras gerações. Ou, nas palavras de MATTAR, 2007: “É a característica de um sistema que responde às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de responder às suas necessidades”.

Figura 11 - Os pilares que compõe o conceito de Sustentabilidade



Fonte: <http://maisustentavel.blogspot.com.br/p/consultoria-ambiental.html>

3.2. CARACTERÍSTICAS DE UMA OBRA SUSTENTÁVEL

As edificações sustentáveis ainda sofrem certo preconceito por parte dos brasileiros. Muitos consumidores ainda associam sustentabilidade com ecologia, baixa qualidade,

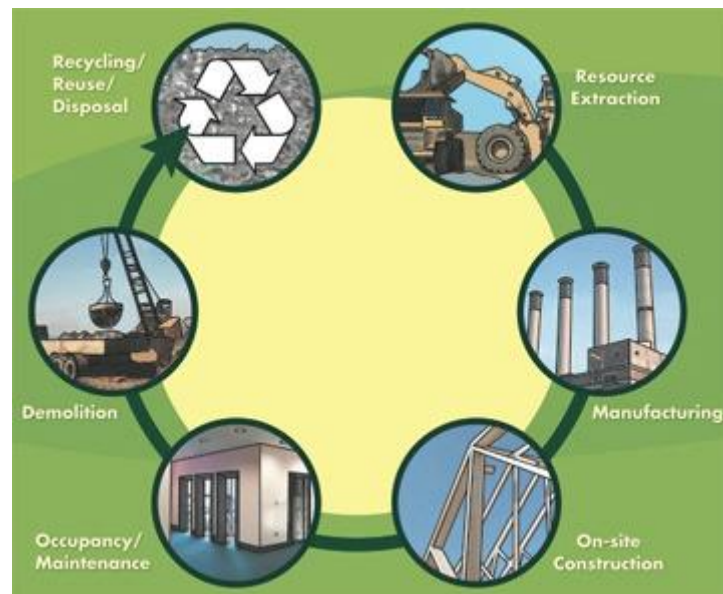
rusticidade etc., acreditando que os produtos sustentáveis são mais caros, inferiores e sem grandes ofertas no mercado.

Na realidade, dentro do atual cenário da construção civil, as obras sustentáveis surgiram como união do lucro ao bom senso. Elas são focadas em desenvolver edificações que continuem atendendo as necessidades de seus usuários, porém utilizando de alternativas que sejam soluções aos principais problemas ambientais de nossa época, sem renunciar à moderna tecnologia disponível (BIOCONSTRUÇÃO, 2010).

Para uma construção ser considerada sustentável, seu projeto deve atentar-se a diversos fatores preliminares, durante e pós-execução da obra:

- Atenção ao impacto no entorno da obra (fauna, flora, possibilidade de fontes de água natural no terreno, risco de erosão etc.);
- Uso de ecomateriais e técnicas ambientalmente corretas;
- Gestão sustentável da água;
- Gestão do canteiro de obras de baixo impacto ambiental;
- Conforto e qualidade interna dos ambientes (umidade, ventilação, acesso à luz natural, temperatura, qualidade do ar etc.);
- Eficiência energética;
- Reuso dos resíduos da construção, para criar um ciclo (figura 12).

Figura 12 - Ciclo de vida do setor construtivo



Fonte: <http://www.for.gov.bc.ca/heritage/sustainability/lifeCycle.htm>

Além das medidas acima, ações também podem ser tomadas pelo próprio governo, como o incentivo a pesquisas. A busca pelo desenvolvimento sustentável traz um grande desafio de se descobrir novos usos para os materiais e aperfeiçoar as avançadas técnicas já existentes.

Fora do canteiro de obras, por parte das empresas, também há algumas ações que ajudam diretamente na diminuição da emissão de CO₂, por compensação: a aquisição de créditos de carbono e o plantio de árvores e reflorestamento. Estas e muitas outras ações podem render certificações às empresas praticantes, que serão discutidas no próximo item.

3.3. CERTIFICAÇÕES VERDES

As certificações verdes surgiram a fim de promover a incorporação de tecnologias sustentáveis e o uso de ecomateriais nas construções, reduzindo os impactos ambientais sem diminuição do conforto, qualidade e segurança de seus usuários. Segundo o diretor-executivo da GBC Brasil (Green Building Council Brasil) Nelson Kawakami: "A ideia da certificação não é impor limites ao mercado da construção civil e, sim, convidar os profissionais deste setor a participar de projetos sustentáveis de forma adequada".

Os selos ecológicos são próprios de cada país ou podem ser selos estrangeiros adotados e regionalizados. Segundo a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), a escala de avaliação é comparativa, na qual diversos parâmetros são estudados a fim de provar que determinada edificação apresenta menor impacto ambiental em relação a outras "comparáveis" disponíveis no mercado.

Para comparar edificações e produzir resultados precisos, os sistemas precisam ser verificáveis, mensuráveis, quantificáveis e tecnicamente consistentes. Para isso, são submetidos a rígidos critérios e constantes avaliações, o que garante aos consumidores uma fonte segura de informação, com alto grau de credibilidade.

Os benefícios são percebidos por todas as partes envolvidas (PROCESSO, 2011):

Empreendedor

- Provar a existência da sustentabilidade em suas construções;
- Diferenciar seu portfólio no mercado;
- Aumentar a velocidade de vendas ou locação;
- Manter o valor do seu patrimônio ao longo do tempo;
- Associar a imagem da empresa à preocupação ambiental;
- Melhorar o relacionamento com órgãos ambientais e comunidades.

Comprador

- Economia direta de água e energia;
- Menores custos de condomínio - energia, água, conservação e manutenção;
- Melhores condições de conforto, saúde e estética;
- Maior valor patrimonial ao longo do tempo.

Socioambientais

- Menor consumo de energia;
- Menor consumo de água;
- Redução das emissões de Gases de Efeito Estufa;
- Redução da poluição;
- Melhores condições de saúde nas edificações;
- Melhor aproveitamento da infraestrutura local;
- Menor impacto na vizinhança;
- Melhores condições de trabalho;
- Redução da produção de resíduos.

A seguir, veremos os tipos de certificações disponíveis no Brasil.

3.3.1. LEED

Figura 13 - Logo do selo LEED



Fonte: www.gbcbrazil.org.br/?p=certificacao

O Leadership in Energy and Environmental Design é um sistema americano de certificação aplicado pelo USGBC (United States Green Building Council) que considera os impactos ao meio ambiente em consequência dos projetos do edifício (projeto, construção e operação). É o mais utilizado internacionalmente, inclusive no Brasil, onde foi disseminado

graças à organização não governamental (ONG) Green Building Council Brasil (GBCB) (GBC BRASIL, 2007).

Atualmente, são disponibilizados LEED para diferentes tipos de construção, como mostra a imagem abaixo:








Figura 14 - Tipos de selos LEED disponíveis

Tipologia	Abrangência
Novas construções (NC)	Destina-se a novas construções e grandes reformas de projetos comerciais e institucionais de alto desempenho, incluindo edifícios de escritórios, edifícios altos, hotéis, edifícios residenciais, edifícios governamentais, instalações recreativas, fábricas, bibliotecas, museus ou igrejas
Edifícios existentes: operações e manutenção (EB-O&M)	Destina-se a edifícios já existentes buscando a certificação pela primeira vez ou àqueles já certificados nas tipologias SCH, CN ou CS. Auxilia proprietários e operadores nas medições de operações com o objetivo de maximizar a eficiência operacional e estabelece caminhos para solucionar problemas relacionados a limpeza e manutenção (incluindo uso de produtos químicos), manutenção exterior e atualização de sistemas de reciclagem
Interiores comerciais (CI)	Certificação para interiores verdes de alto desempenho e abrange a qualidade ambiental para que os ambientes de trabalho sejam saudáveis e favoreçam a produtividade. Sua aplicação promove a redução do impacto ambiental, torna a operação dos espaços menos dispendiosa e de mais fácil operação. Ajuda designers e usuários, que nem sempre têm controle sobre todas as operações do edifício, a fazerem escolhas sustentáveis
Core & shell (CS) - núcleo e fechamentos	Abrange núcleo, fechamentos e considera também a tecnologia de conforto ambiental da edificação. Destina-se a projetos desenvolvidos para o mercado, nos quais os projetistas não têm o controle sobre as intervenções no ambiente que serão feitas pelos usuários, como, por exemplo, edifícios de pequenos escritórios ou consultórios. Se a previsão é de o proprietário ou locatário ocupar a maior parte do edifício, recomenda-se utilizar o Leed NC. Aplica-se também a shopping centers
Escolas (SCH)	Reconhece o caráter único da concepção e construção de escolas. É baseado no Leed NC e aborda questões como saúde infantil, acústica da sala de aulas, plano diretor e avaliação do ambiente local
Varejo	É composto por dois sistemas de classificação destinados a novas construções ou grandes reformas e aos ambientes internos. É o sistema de classificação indicado para bancos, restaurantes, grandes magazines e lojas em geral
Saúde (HC)	Orienta a concepção e a construção de grandes obras de renovação de edifícios destinados à saúde. Pode ser aplicado em instalações ambulatoriais, de internação, consultórios, laboratórios e centros de formação médica ou de pesquisa, entre outras possibilidades
Desenvolvimento de vizinhança (ND)	Sistema para o desenvolvimento horizontal ou vertical de bairros, condomínios ou loteamentos com mais de dois prédios residenciais. Abrange princípios de crescimento inteligente e aspectos urbanísticos em favor do crescimento local sustentável e ambientalmente responsável
Casas	Orienta o projeto e a construção de residências unifamiliares e multifamiliares de até 50 unidades habitacionais a fim de promover a difusão de moradias verdes de alto desempenho.

Fonte: <http://www.revistatechne.com.br/engenharia-civil/155/artigo162886-1.asp>

A pontuação é dada às soluções para os quesitos apresentados na figura 15e a partir de 40 pontos o projeto já recebe um certificado. Se atingir de 50 a 59, 60 a 79 ou mais de 80 pontos, os projetos podem ganhar a classificação de prata, ouro e platina, respectivamente (figura 16).

Figura 15 - Categorias de crédito do certificado e correspondentes medidas a serem tomadas

	Categoria de crédito	Descrição
categorias obrigatórias	 Desenvolvimento sustentável do local	Estratégias que minimizam o impacto sobre o ecossistema ou recursos hídricos.
	 Eficiência de água	Estratégias que promovam o uso mais inteligente da água, reduzindo o consumo de água potável.
	 Energia e Atmosfera	Estratégias que promovam melhor desempenho energético
	 Materiais e recursos	Estratégias de incentivo ao uso de materiais sustentáveis e redução de desperdícios
	 Qualidade ambiental interna	Estratégias que promovam uma melhor qualidade do ar interior (temperatura, luminosidade, ventilação etc).
créditos bonus	 Conscientização e educação	Estratégias que forneçam aos proprietários, inquilinos ou gestores de edifícios as ferramentas necessárias para o máximo aproveitamento dos recursos da construção verde de sua casa.
	 Inovação em Design ou Inovação nas operações de crédito	medidas não abrangidas no âmbito das 5 categorias de crédito do LEED.

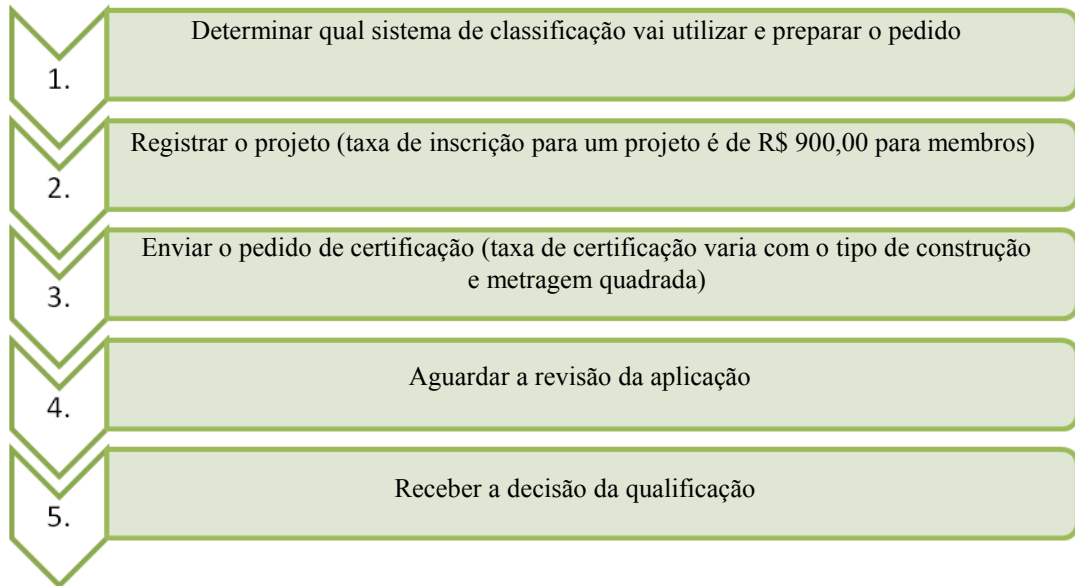
Fonte: <https://new.usgbc.org/leed/rating-systems>

Figura 16 - Tipos diferenciados do selo: tradicional, prata, ouro e platina



Fonte: <http://www.greendomus.com.br/servicos/?id=23>

Para receber a certificação, as empresas interessadas devem seguir os seguintes passos:



3.3.2. AQUA

Figura 17 - Logo do selo AQUA



Fonte: http://www.vanzolini.org.br/hotsite-104.asp?cod_site=104

A Alta Qualidade Ambiental é um certificado de gestão de projeto implantado pela Fundação Vanzolini com o objetivo de obter a qualidade ambiental de um empreendimento de construção ou reforma. É baseado no sistema francês HQE (Haute Qualité Environnementale). Consiste na avaliação de quatro etapas, em cada qual o empreendimento sofre uma auditoria, ganhando certificação da fase presente. São elas:

- Programa – definição das necessidades e desempenho do projeto;
- Concepção – sistema de gestão proposto é mantido e há correções de eventuais desvios;
- Realização – meta de alcançar o máximo de eficiência com a menor presença de desvios;

- Operação – obra até a sua conclusão.

Todo o processo conta com 14 categorias ou objetivos distribuídos em ecoconstrução, ecogestão, conforto e saúde, e o empreendedor pode pontuar em três níveis diferentes: bom, superior e excelente. Para ganhar a certificação é necessário ter, no mínimo, três níveis “excelente” e quatro “superior” (COELHO, 2011).

3.3.3. Procel Edifica

Figura 18 - Logo do selo Procel Edifica com níveis de eficiência de A (mais eficiente) até E (menos eficiente)



Fonte: <http://www.arcoweb.com.br/tecnologia/procel-edifica-etiqueta-de-11-12-2009.html>

É um subprograma do Procel (Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica) que tem como missão promover a eficiência energética nas edificações brasileiras. Não chega a ser considerado como certificação e sim uma etiquetagem, mas também possui critérios classificatórios que influenciam na qualidade do empreendimento.

São avaliados apenas edifícios comerciais, de serviço e públicos, em três sistemas diferenciados: envoltória, iluminação e condicionamento de ar. A avaliação é feita na etapa de projeto e obra concluída (já com o alvará de conclusão), podendo ter níveis de eficiência que variam de A (mais eficiente) até E (menos eficiente) (COELHO, 2011).

3.3.4. SustentaX

Figura 19 - Logo do selo SustentaX



Fonte: <http://www.gruposustentax.com.br/>

Trata-se de uma rotulagem de sustentabilidade em conformidade com a ISO 14.024:2004. Possui uma análise muito criteriosa, que considera:

- Diagnóstico do local de implantação do projeto;
- Critério para escolha de sistemas e componentes hidráulicos;
- Critério para armazenamento e coleta seletiva de resíduos;
- Critério para interferência na construção existente;
- Critério para reutilização de móveis e outros componentes;
- Critério para priorização de emprego de materiais reciclados;
- Critério para emprego de materiais regionais;
- Critério para emprego de materiais rapidamente renováveis;
- Critério para emprego de madeira certificada;
- Critério para seleção de tintas, vernizes, colas, selantes, carpetes, laminados e compensados;
- Critério para projeto de local para armazenamento de materiais poluentes;
- Critério para projeto de salas de impressão;
- Critério para proporcionar iluminação natural adequada para ocupantes;
- Critério para proporcionar visão externa para os ocupantes;
- Instruções para subcontratados e prestadores de serviços;
- Critérios para atendimento de questões de Acessibilidade;
- Critérios para atendimento de questões de Ergonomia;
- Critérios para atendimento de questões de Acústica;
- Ter compromisso com questões socioambientais (CRITÉRIO, 2011).

Devido a tantos critérios, o selo SustentaX analisa todos os atributos essenciais da sustentabilidade, algo não muito comum, mesmo para certificações internacionais muito bem conceituadas, como mostra a figura 20.

Figura 20 - Critérios de avaliação do selo SustentaX e de selos internacionais

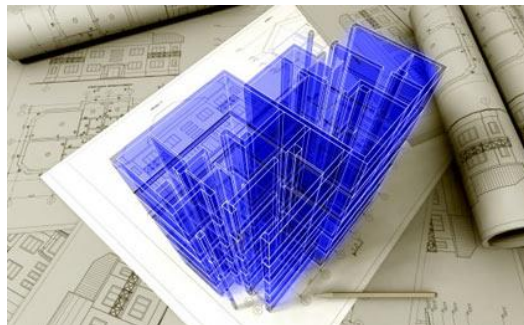
SELOS INTERNACIONAIS X SELO SUSTENTAX

Critérios de Avaliação	CRI	FloorScore	Okotex 100	Green Seal	Ecologo	Ecolabel	FSC	Selo SustentaX
Salubridade	●	●	●	●	●	●		●
Qualidade				●		●		●
Responsabilidade Ambiental					●	●	●	●
Responsabilidade Social		●					●	●
Comunicação Responsável							●	●

Fonte: <http://www.selosustentax.com.br/Arquitetura/analise.php?id=3>

3.3.5. Casa Azul

Figura 21 - Logo do selo Casa Azul



Fonte: http://www1.caixa.gov.br/popup/Generico/700x450_1.asp

O Selo Casa Azul é fornecido pela CEF (Caixa Econômica Federal) e trata-se de um instrumento voluntário de classificação socioambiental para projetos de empreendimentos habitacionais, podendo ser aplicável a projetos de financiamento ou repasse (MOTTA, 2010).

Foi elaborado por uma equipe técnica da Caixa, com apoio de professores multidisciplinares das universidades estaduais e federais USP, Unicamp e UFSC. É composto por 53 critérios, divididos em seis categorias, como mostra a figura 22:

Figura 22 - Critérios de avaliação do selo Casa Azul



Fonte:

http://www.cbcs.org.br/simposio/sbcs10/website/userFiles/PALESTRAS_SBCS_10/9_11_Cases_Empresariais/CAIXA/SBC_S10_Selo_Casa_Azul_Metodologia_1.pdf

As verificações são realizadas durante as medições da obra e posteriores vistorias específicas.

3.3.6. Método IPT

Figura 23 - Logo do Instituto de Pesquisas Tecnológicas, responsável pela Referência Ambiental IPT



Fonte: <http://www.ipt.br/>

Trata-se de uma avaliação adequada às condições brasileiras, que visa conceder uma Referência Ambiental-IPT às edificações inscritas que possuem resultado satisfatório. Seus critérios são semelhantes aos do LEED, sendo: características do terreno, de água, energia, materiais, resíduos e conforto ambiental. Além desses, porém, também considera aspectos mais abrangentes como acessibilidade e relação do edifício com o meio urbano.

Sua grande diferença está na importância dada a cada aspecto e na inserção de preocupações relativas à realidade brasileira (FURUWAKA, 2011).

3.4. MATERIAIS ECOLÓGICOS

Muitas pessoas associam os materiais ecológicos apenas aos artigos artesanais. Embora esteja correto, é errado excluir os produtos industrializados dessa classificação, pois ecoprodutos são todos os artigos que sejam não poluentes, atóxicos, benéficos ao meio ambiente e à saúde dos seres vivos, contribuindo para o desenvolvimento sustentável.

Para saber se o material é ou não sustentável, é necessário se atentar a alguns pontos:

- Matéria-prima – é virgem ou reciclada? Como é extraída? É um recurso renovável?
- Qual é o processo produtivo? Apresenta baixo consumo de energia? E de água? O processo é poluente? (ar, água, terra, som). Gera que tipo de resíduos?
- O produto é poluente?
- Sua instalação e manutenção geram resíduos?
- Como é a logística de distribuição do produto? Consome muita energia?
- Possui algum tipo de certificação (tipo ISO 14001) ou SELO? (MATERIAIS, 2009)

Além desses fatores diretamente relacionados à ORIGEM do produto, é preciso também preocupar-se com o FUTURO dele. A seleção de materiais deve ser feita de maneira holística, considerando o ciclo de vida não apenas do produto adquirido, mas sim da edificação como um todo. Por isso, o material deve ser durável e garantir a eficiência de custos durante a vida útil do prédio (KEELER, BURKE, 2010).

Apesar da disseminação da ideia de sustentabilidade estar bem presente no dia-a-dia de todos, uma real ação a seu favor ainda é pequena (figura 23). Isso se deve, principalmente, à desinformação e preconceito em relação à qualidade e custo dos materiais ecológicos, e é preocupante. Segundo a Sociedade de Pesquisa sobre Materiais Industriais Renováveis, a construção de 1,7 milhões de casas com estruturas tradicionais (madeira, aço e concreto) consome índice de energia equivalente ao que poderia aquecer e refrigerar 10 milhões de casa por um ano (GUIA, 2012).

Figura 24 - Teoria X Prática de aplicações sustentáveis pelas empresas



Fonte: http://www.istoedinheiro.com.br/blogs-e-colunas/coluna/8_SUSTENTABILIDADE/?month=6&year=2012

Apesar de lutando contra o tempo para criar a consciência necessária na atual situação, o setor de construção civil apresenta algo a seu favor: uma infinidade de produtos alternativos à sua disposição. Alguns exemplos simples são:

- Materiais que ajudam na economia de água – devido ao desperdício de água ocasionado por vasos sanitários e pias, como uma torneira pingando ou uma descarga desregulada, foram desenvolvidos equipamentos que regulam o consumo, tais quais torneiras com sensor de presença e vasos com duplo acionamento;
- Materiais que ajudam na economia de energia – existem diversos tipos de lâmpadas eficientes no mercado e entre as maiores promessas no setor de iluminação estão as LEDs, que desperdiçam pouca energia, além de não esquentar o ambiente;
- Materiais de acabamento – muitos dos materiais utilizados para acabamento, como tintas, seladores e colas, podem ser tóxicos e, portanto, nocivos à saúde humana e ao meio ambiente. Como solução já existem diversos produtos a base de água e óleos vegetais;
- Materiais para estrutura – Tijolos e cimento gastam muita energia em seu processo produtivo, com emissões de gases poluentes. Por isso, existem versões recicladas

desses materiais, que além de possuírem uma fabricação menos impactante ao meio ambiente, ainda utilizam materiais provenientes de resíduos e demolições de outras construções;

- Madeiras – material muito utilizado na construção civil, com um grande risco por trás de sua extração indevida. Pode ser substituída por madeiras de reflorestamento, devidamente certificadas, como também pela madeira plástica, que, além de sustentável, evita o surgimento de pragas (ECODESENVOLVIMENTO, 2012).

Os exemplos de produtos citados são apenas uma parte muito pequena da demanda existente no mercado. A fim de oferecer uma visão mais prática da aplicabilidade e benefícios desses materiais, eles foram comparados (em desempenho e custo) com os produtos mais tradicionalmente utilizados, no estudo de caso deste trabalho.

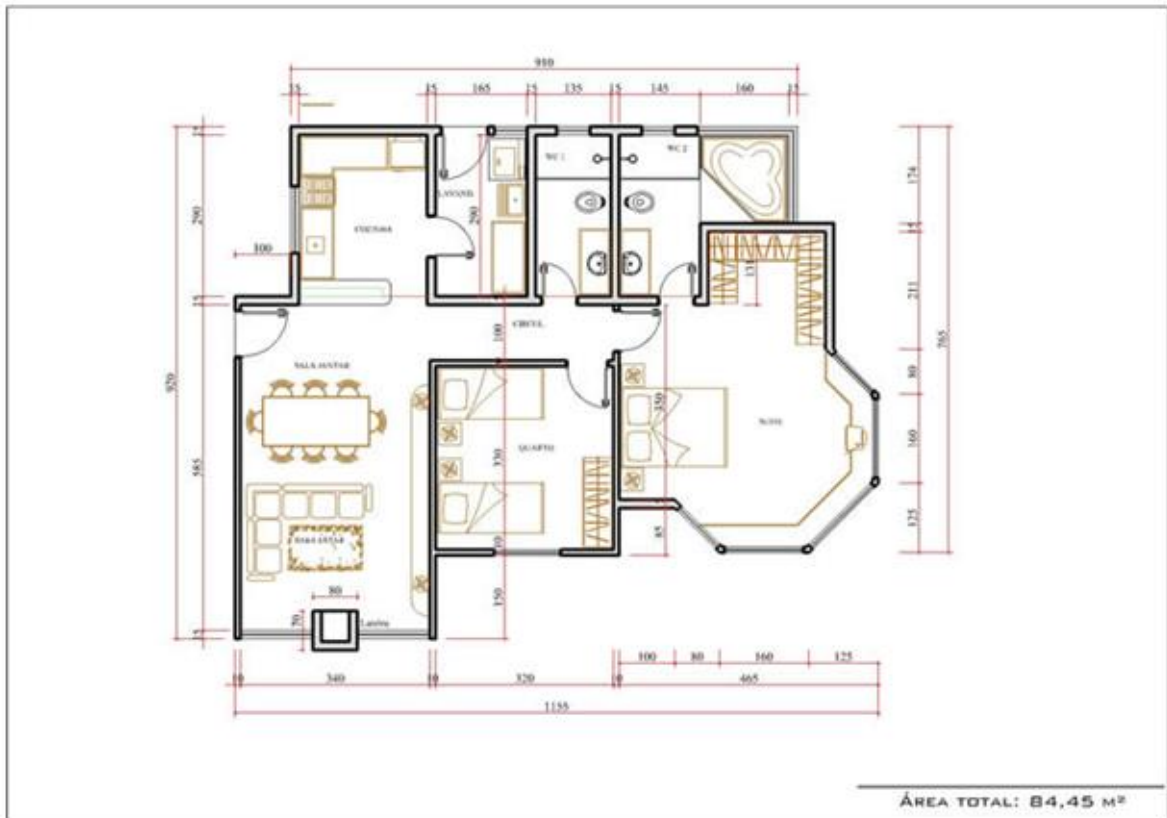
4. ESTUDO DE CASO

4.1. O ESTUDO

A fim de realmente demonstrar maneiras práticas da aplicabilidade de uma obra sustentável, foi considerada a planta de uma casa térrea (figura 25) e realizou-se um levantamento teórico de todos os materiais e atividades envolvidos para sua concepção. A seguir, repetiu-se a mesma tarefa, porém utilizando processos e materiais alternativos e sustentáveis. Os resultados foram denominados de “Casa Cinza” para a primeira obra e “Casa Verde” para a segunda (figura 26), e depois comparados entre si.

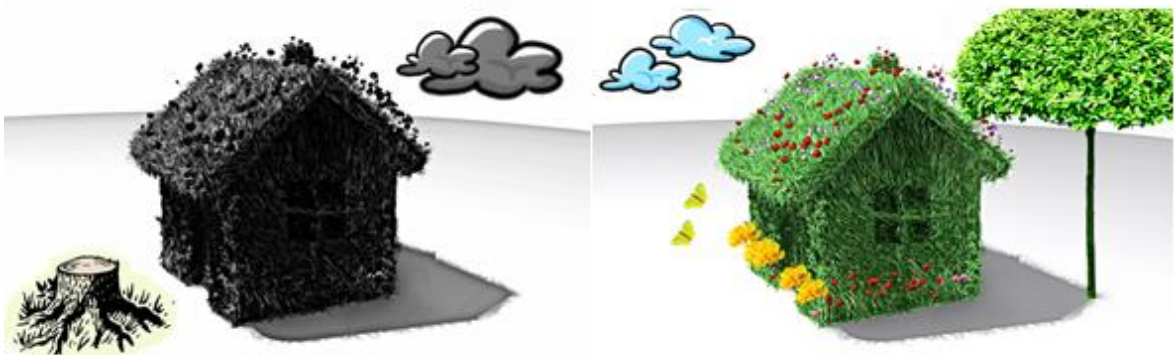
O estudo foi feito com base em casas fictícias, não tendo, portanto, cidade ou terreno definidos.

Figura 25 - Planta da casa térrea escolhida para o estudo



Fonte: do próprio autor

Figura 26 – Esquema ilustrativo para divisão do estudo: Casa Cinza e Casa Verde



Fonte: do próprio autor

4.2. “CASA CINZA”

4.2.1. Terraplanagem

É nesta etapa que são realizadas as retiradas de vegetação nativa e as movimentações de terra necessárias, nivelando o terreno para a construção, em um conjunto de operações de escavações, compactações e transporte de terras. Todo esse processo já pode ser considerado como uma agressão ao meio ambiente, pois muitas vezes a retirada da vegetação é realizada sem a devida autorização e sem o processo adequado.

Por isso, é muito comum que terrenos residenciais sejam adquiridos já com esta etapa concluída, a fim de minimizar os problemas burocráticos e, conseqüentemente, agregando um maior valor de compra. Porém, a falta de proteção superficial até o início efetivo da obra pode remeter a um processo erosivo, capaz de ultrapassar a área da construção, prejudicando solos vizinhos ou até contribuindo para a formação de enchentes, devido ao carregamento e deposição de terras.

4.2.2. Locação de obra

Nesta etapa ocorre a montagem dos gabaritos, a fim de delimitar a área de construção e seus componentes (pilares, paredes etc.). Todos os gabaritos utilizados são de madeira (cerca de 2.500 metros lineares) e, por ficarem expostos até a finalização da etapa de alvenaria, são descartados logo após o uso. O mesmo acontece com os pregos utilizados nessa etapa, em torno de 30 kg.

4.2.3. Fundação

É a subestrutura da obra, responsável pela transmissão de cargas entre ela e o solo. No estudo, considerou-se a fundação mais comum em residências: a Radier. Trata-se de uma fundação rasa que funciona como uma laje de concreto armado em toda a área de construção. Para isso, usam-se formas de madeira fixadas com pregos, dentro das quais são posicionadas as barras de aço (entrelaçadas e fixadas por arames) de acordo com o projeto de armação (figura 27). A seguir, essas formas são preenchidas por concreto.

Figura 27 - Fundação do tipo Radier



Fonte: <http://abds2.blogspot.com.br/2012/07/voce-sabe-o-que-e-fundacao.html>

4.2.4. Estrutura

Trata-se do conjunto de pilares, vigas e lajes:

- Lajes – placas que travam os pilares e distribuem as cargas permanentes e ações de uso para os apoios;
- Vigas – barras horizontais que suportam paredes e delimitam as lajes, recebendo suas ações e transmitindo para o apoio;
- Pilares – barras verticais que recebem as ações das vigas e lajes e as transmitem para a fundação.

Os materiais utilizados são os mesmos da fase de fundação, com adição de quase 1.000 toras de eucalipto, utilizadas para escoramento (figura 28).

Figura 28 - Formas e escoras de madeira



Fonte: <http://www.revistatechne.com.br/engenharia-civil/115/artigo32969-3.asp>

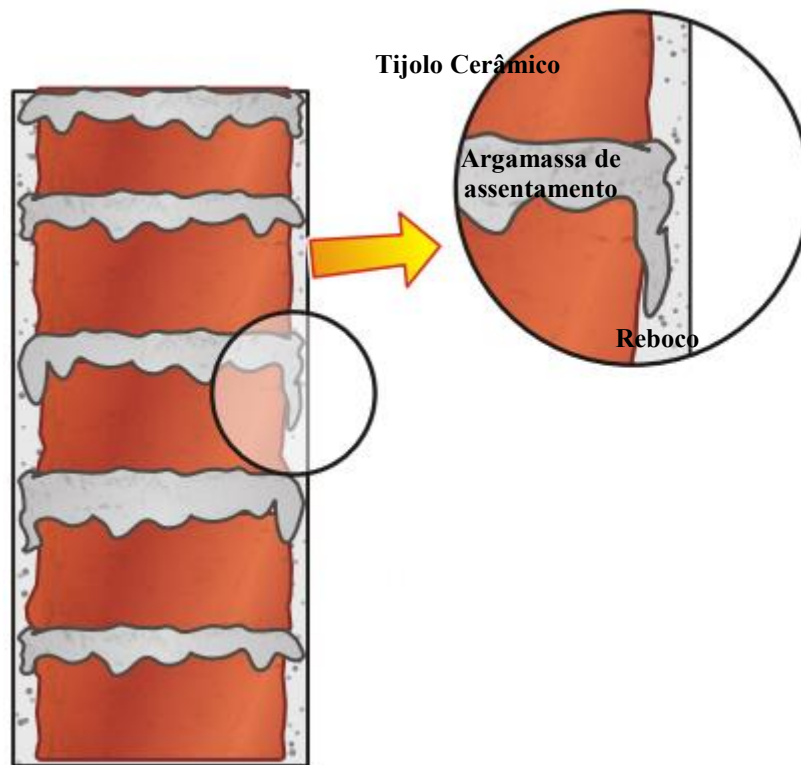
4.2.5. Impermeabilização

Na obra da Casa Cinza, considerou-se uma impermeabilização realizada em três locais: fundação, meia cana (faixa na parte inferior da alvenaria) e laje de cobertura. Para isso, o produto Viaplus 1000, feito à base de cimentos especiais, aditivos minerais e polímeros de excelentes características impermeabilizantes, é muito recomendado.

4.2.6. Alvenaria e Revestimento Grosso

A alvenaria engloba: blocos, massa de assentamento e telas. No estudo de caso, consideraram-se blocos de vedação cerâmicos, assentados com argamassa composta basicamente por cimento, areia e cal, mesma composição do revestimento grosso aplicado sobre a superfície de blocos (parede) após a sua confecção (figura 29).

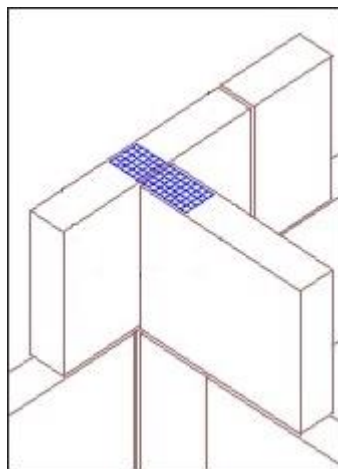
Figura 29 - Exemplo de alvenaria comum, em corte, com seus componentes: tijolo, argamassa e reboco



Fonte: <http://www.ecoproducao.com.br/downloads/cartilha-eco-producao.pdf>

As telas para alvenaria são de aço galvanizado, responsáveis por unir os elementos construtivos (figura 30) de forma que eles se movam juntos quando sujeitos às dilatações, evitando, assim, o surgimento de trincas. Já o chapisco é aplicado antes do reboco, para garantir uma melhor aderência entre o mesmo e a alvenaria.

Figura 30 - Telas de aço galvanizado para alvenaria



Fonte: <http://www.goldmetal.com.br/metalfix.html>

4.2.7. Elétrica

. As instalações elétricas consideradas são constituídas por conduites, fios e caixinhas para tomadas e interruptores, todos confeccionados em PVC (Poli Cloreto de Vinila), um material muito utilizado devido a sua resistência, durabilidade e disponibilidade em versões mais rígidas e flexíveis, associadas ao baixo custo. Além das instalações elétricas, deve ser providenciada a entrada de energia para casa, que tem custo fixo para ambas as obras (Casa Cinza e Casa Verde).

Figura 31 - Conduites de PVC



Fonte: http://www.tigraoderamos.com.br/Material-Eletrico/Conduites-e-Conduletes_32_190.html

Figura 32 - Caixinhas elétricas de PVC



Fonte: http://www.tigraoderamos.com.br/Material-Eletrico/Conduites-e-Conduletes_32_190.html

4.2.8. Hidráulica

Na obra “Casa Cinza” considerou-se um aquecimento elétrico, ainda muito utilizado em residências, através da utilização de um boiler que aquece a água através de uma

resistência. Nas tubulações, utilizou-se o PVC para a coleta de água pluvial, coleta de esgoto e alimentação de água fria, e o cobre, no caso de alimentação de água quente.

Figura 33 - Boiler elétrico



<http://www.solarmundi.com.br/aquecedor-solar-como-funciona.html>

Figura 34 - Tubulações hidráulicas de PVC e cobre, respectivamente



Fonte: http://www.soletrol.com.br/noticias/agua_e_sol/30/agua_e_sol_30_03.php

4.2.9. Contra piso e Pisos

O contra piso é o revestimento composto por cimento, areia e branco, que apresenta diversas funções, sendo as mais importantes:

- Servir de suporte para o revestimento de piso e seus componentes;
- Corrigir pequenos desníveis no piso;
- Resistir às cargas atuantes durante a utilização, sem apresentar rupturas;
- Incorporar sistemas de impermeabilização;
- Proporcionar os caimentos necessários para os diversos tipos de uso dos ambientes (essencial para banheiros, cozinhas e demais áreas que necessitem de escoamento de água).

Nos pisos da sala, corredor e dormitórios, considerou-se a utilização de tacos de madeira Cumaru, enquanto a cozinha, lavanderia e banheiros contaram com piso cerâmico (figura 33).

Figura 35 - Piso em taco de madeira Cumaru



Fontes: <http://www.pratikpiso.com.br/piso-madeira-assoalhos/taco.html>

Figura 36 - Piso cerâmico

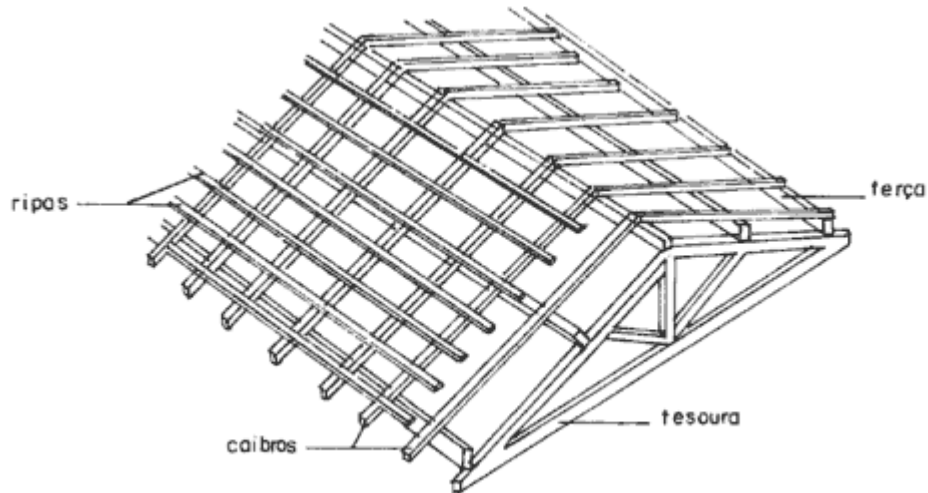


Fonte: <http://decoracaoecasa.com/pisos-ceramicos-contrapiso-ii.html>

4.2.10. Telhado

Para o telhado, considerou-se uma área 40% maior que a área total da casa, na qual uma estrutura com cerca de 460 metros lineares de caibros e ripas é montada sobre a terça, a fim de suportar as telhas (figura 34).

Figura 37 – Estrutura de madeira de um telhado convencional



Fonte: <http://www.infoescola.com/engenharia-civil/telhados/>

4.2.11. Revestimentos

Denomina-se revestimento fino o acabamento das paredes que vai sobre o reboco (revestimento grosso). Na Casa Cinza, considerou-se acabamento com tintas acrílicas para o revestimento dos ambientes internos e externos (sala, corredor, dormitórios e fachada), além de azulejos cerâmicos (cozinha, lavanderia e banheiros).

Figura 38 - Tinta acrílica



Fonte: <http://decoracaoecasa.com>

Figura 39 – Azulejo



Fonte: <http://decoracaoecasa.com>

4.2.12. Forro e molduras

O material utilizado para confecção do forro e molduras é, tradicionalmente, o gesso. Na Casa Cinza consideraram-se apenas os locais não abrangidos pela laje de cobertura (que foi colocada estrategicamente para abrigar as caixas d'água), totalizando 60m² de FGA (Forro de Gesso Acartonado), que é composto por painéis suspensos por arames galvanizados. Para as molduras, considerou-se 121 metros lineares de gesso. Esse material proporciona um melhor acabamento, sendo muito empregado como elemento decorativo.

Figura 40 - Detalhe para teto com forro e molduras de gesso



Fonte: <http://elegancegesso.webnode.pt/album/molduras-em-gesso/moldura-em-gesso-uberlandia-gesseiro-uberlanaida-gesso-uberlandia-forro-em-gesso-uberlandias-sancas-uberlandia-jpg1/>

4.2.13. Soleiras e bancadas

As soleiras são peças rochosas de forma tabular aplicadas sob as portas, a fim de separar os ambientes. Já as bancadas são consideradas as divisórias de cozinhas americanas e os suportes de pias e cubas. Na obra cinza, foram escolhidas as com o material mais comumente utilizado: o mármore (figura 41).

Figura 41 - Detalhes de soleiras e bancada de mármore



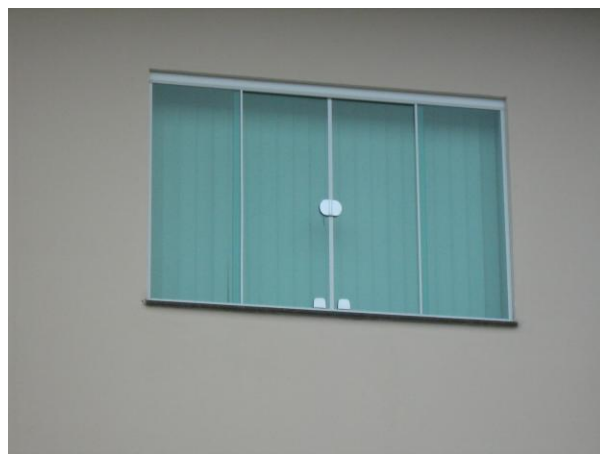
Fonte: http://brudecorcasa.blogspot.com.br/2012_02_01_archive.html

4.2.14. Caixilhos, portas e janelas

Os caixilhos são as esquadrias de portas e janelas, que atuam como componente de vedação, fixo ou móvel, controlando a passagem do ar, iluminação ou pessoas pelo vão onde são instalados (e onde posteriormente são alojados vidros, chapas, persianas etc.).

São confeccionados de alumínio, um material 100% reciclável e resistente à corrosão, pressões de vento e esforços decorrentes da utilização, o que torna seu ciclo de vida infinito. Combinando-se com os trilhos de alumínio, as janelas consideradas na Casa Cinza foram as de vidro temperado (figura 42), muito aconselhado para uso residencial devido a seu caráter mais seguro (possui maior resistência e tem a vantagem de se estilhaçar em pequenos fragmentos não pontiagudos e sem arestas cortantes, quando danificado).

Figura 42 - Janela com caixilhos de alumínio e vidro temperado



Fonte: <http://vilavelha.olx.com.br/sara-vidros-vidracaria-box-janelas-de-vidro-temperado-espelhos-e-decoracoes-iid-94605547>

Já para as portas, considerou-se novamente a madeira, por ter seu uso muito associado a este tipo de instalação.

4.2.15. Itens de acabamento

Na Casa Cinza, itens comuns de acabamento foram considerados, como: torneiras e descargas manuais, ralos e grelhas de PVC e lâmpadas fluorescentes.

4.3. "CASA VERDE"

Anteriormente às substituições pontuais realizadas pela obra da Casa Verde, consideraram-se algumas medidas antes não existentes na Casa Cinza, como:

- Conscientização da mão de obra – de nada adianta a preocupação com o impacto dos materiais utilizados sem uma mão de obra (pedreiros, serventes, carpinteiros etc.) devidamente orientada. O manuseio dos produtos, bem como seus descartes, são feitos por eles e são nessas etapas que ocorre grande desperdício. Por isso, é necessário explicar a parcela de responsabilidade ambiental que possuem e orientar para que sua obra seja sempre segura, limpa e com o mínimo de resíduos possível (figura 43);

Figura 43 - Diretrizes para o gerenciamento de resíduos



Fonte: <http://www.habitare.org.br/pdf/publicacoes/arquivos/20.pdf>

- Gestão de Resíduos – com a mão de obra conscientizada, esse item se torna mais fácil de executar. É preciso separar devidamente os resíduos produzidos e sempre se preocupar com o seu destino. Eles devem ser separados segundo seus riscos físicos, químicos, biológicos e potenciais de gerar acidentes, de acordo com a nomenclatura abaixo:

Resíduo Orgânico – alimentos consumidos durante a obra, matos, flores e folhas

Plásticos – Baldes, bacias, embalagens de produtos recebidos etc.

Papel/papelão

Vidros

Madeira

Metal – Pregos, parafusos, arames, vergalhões, tambores e latas etc.

Resíduos Perigosos (Contaminados) – baterias e pilhas, embalagens de impermeabilizantes, tintas e solventes etc.

Não recicláveis – Gesso

Caso se tenha em mente os principais resíduos associados às atividades que serão realizadas naquele momento, é possível já entrar em contato com empresas especializadas na reciclagem daquele tipo de material, para que ela possa retirá-lo.

Figura 44 - Principais resíduos geradas durante as atividades de uma construção

Atividades/Materiais	Principais Resíduos
Demolições retiradas e remoções	Areia, argamassa, azulejos, barras de ferro, blocos cerâmicos maciços ou furados, blocos de concreto, blocos de concreto celular, brita, cal, carpetes, cerâmica, concreto (simples, armado ou ciclópico), cortiça, esmalte, esquadrias metálicas, gesso, janelas, ladrilhos, lambris, madeiras, material asfáltico, material vinílico, óleo, paralelepípedos, peças de encaixe e metálicas, pedras, perfis metálicos, pisos poliméricos, portas, pré-moldados de concreto, tábuas, tacos, telhas cerâmicas, de fibrocimento, têmpera
Limpeza do terreno	Resíduos vegetais, solo, rocha.
Instalações provisórias	Argamassa, blocos, madeira, material rochoso, pranchões, pregos, solo, tábuas, telhas.
Movimento em terra e rocha	Material rochoso, solo.
Carga, descarga e transporte	Azulejos, blocos, ladrilhos, cimentos, materiais a granel, telhas.
Drenagem de terrenos	Areia, brita, concreto, juntas de tubos cerâmicos e de concreto, pranchas de madeira, rejeitos rochosos, solos.
Preparo de argamassa	Areia, cal, cimento, cimento branco, cimento colante, pedregulhos, pedrisco, pó de mármore, saibro.
Infra-estrutura	Areia, argamassa, brita, cal, cimento, concreto, pedras, pranchas de madeira, rocha, sobras de aço, solo, tijolos.
Superestrutura	Arame, areia, blocos cerâmicos, blocos sílico-calcários, brita, cal, chapas de madeira, chapas metálicas, cimento, concreto, laminados, blocos de vidro, saibro, sobras de aço, tábuas, tijolos cerâmicos furados, tijolos comuns e sílico-calcários, vermiculita.
Vedação	Elementos de juntamento, elementos vazados de concreto, painéis pré-fabricados, placas de granilite ou de mármore, vidro fixo.
Esquadrias de madeira	Aparas de madeira, argamassa, peças de fixação.
Esquadrias metálicas	Alumínio, aparas metálicas, argamassas, batentes de ferro, juntas, lascas de madeira, peças de fixação, pregos.
Cobertura de madeira	Aço, acrílico, aparas de chapas de aço e de madeira, aparas metálicas de alumínio, domos de fibra de vidro e de fibrocimento, peças de fixação, restos de telha cerâmica e de PVC.
Instalações hidráulicas	Aço galvanizado, alvenaria, aparas de tubulações (PVC e fibrocimento), argamassas de arremate, tubulação de concreto simples ou armado, de cobre e de ferro fundido, material de rejuntamento, material de vedação e tubulação, peças defeituosas, pedaços de concreto e de tubos cerâmicos.
Instalações elétricas	Aparas de eletrodutos (ferro e PVC), aparas de fios e cabos, argamassas de arremate, material de conexão, material de junção, peças defeituosas.
Forros	Argila expandida, cortiça, elastômeros, emulsões asfálticas, lajotas pré-moldadas de concreto, mantas de fibras de vidro, pedra britada solta, placas de concreto celular, poliestireno, PVC extrudado, tijolos cerâmicos furados.
Impermeabilização e isolamento térmico	Argila expandida, cortiça, elastômeros, emulsões asfálticas, lajotas pré-moldadas de concreto, mantas de fibras de vidro, pedra britada solta, placas de concreto celular, poliestireno, PVC extrudado, tijolos cerâmicos furados.
Pisos internos	Argamassa, caibros, concreto, lascas cerâmicas e de lajotões, lascas de peças empregadas, material de fixação, parquetes, pedaços de vigas, restos de tacos.
Revestimentos de forros e paredes	Areias quartzosas, arenito, argamassas ou colas, azulejos, borrachas, cerâmica, chapas vinílicas, cimentos, cortes de fibras de madeira e de papel de parede, fibrocimento, forração têxtil, granilite, granitos, lascas de alumínio, lascas de cerâmicas, lascas de mármore, lascas de vidro, pastilhas, pedra, tiras vinílicas.
Vidros	Gaxetas, lascas de vidros, massas de fixação.
Pinturas	Blocos de concreto, placas de concreto pré-fabricadas, sobras de material de pintura, tela de arame galvanizado.
Serviços complementares	Areia, britas, concreto, cortes vegetais, ladrilhos hidráulicos, paralelepípedos, placas de arenito.

Fonte: <http://www.habitare.org.br/pdf/publicacoes/arquivos/20.pdf>

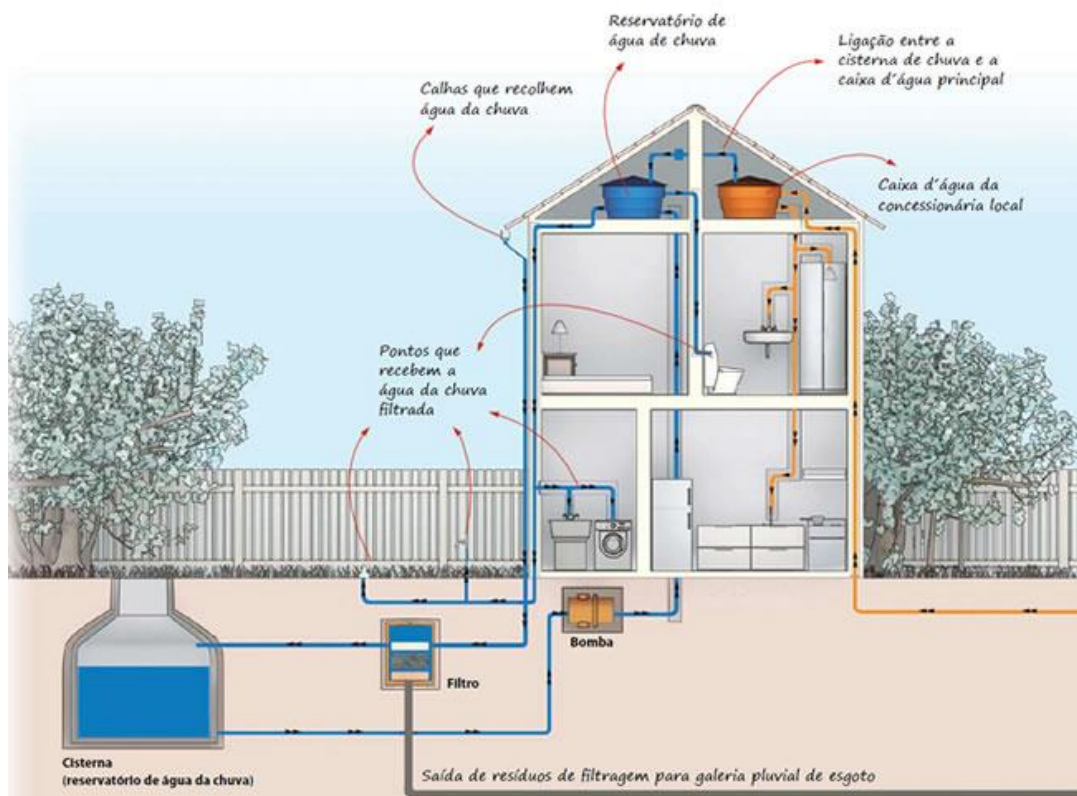
- Sistema de aquecimento solar e captação de águas pluviais – são muito importantes e, apesar de possuírem implantação ainda cara, geram um ganho financeiro futuro.

Captação de água pluvial

A captação e escoamento eficientes de águas da chuva em uma residência são considerados itens importantes e primordiais para uma construção residencial. Entretanto, o redirecionamento e reaproveitamento dessas águas ainda é uma prática incomum, apesar de apresentar uma grande economia de água potável, uma vez que serviços gerais como lavagem de quintal, carros, descargas em vasos sanitários podem ser feitos com a água armazenada não potável.

O investimento inicial varia muito, de R\$ 2 mil a R\$ 8 mil, porém o retorno é visto rapidamente pelos residentes, através das economias mensais de até 30% na conta. O alto investimento se dá devido às exigências principais envolvidas no sistema (figura 45): o telhado, que deve ter no mínimo 120 m² para uma boa captação; tubulação (incluindo calha) para coletar a água; filtro para retirar impurezas antes do armazenamento; reservatório e bomba para retirada da água e transferi-la para uma caixa d'água.

Figura 45 - Sistema de captação de águas pluviais



Fonte: <http://revistacasaconstrucao.uol.com.br/esc/Edicoes/55/artigo163240-1.asp>

Sem a necessidade da cisterna, existe outro método bastante eficaz e de instalação mais fácil, sem necessidade de enterrá-lo. Trata-se dos tanques slim, feitos de PVC, onde a água coletada pelas calhas flui por sistemas de vasos comunicantes, mantendo o peso da estrutura distribuído. É bastante durável, impede a entrada de luz, calor e animais e armazena 2.000 litros de água, podendo ser conectados em sequência, aumentando essa capacidade. Além disso, pode ter pintura personalizada (figura 47). Os componentes do sistema se encontram na figura 46.

Figura 46 - Tanque Slim utilizado para recolhimento de águas pluviais



Fonte: http://www.fortlev.com.br/externos/suporte/suporte_tanques_slim_05122011194344.pdf

Figura 47 - Tanque Slim com pintura personalizada



Fonte: <http://arquiteturaplus.blogspot.com.br/2011/08/voice-conhece-o-tanque-slim.html>

Aquecimento solar

A mesma energia solar que ilumina e aquece o planeta pode ser usada para esquentar a água dos nossos banhos, através de um sistema eficiente, de tecnologia simples, antiga e totalmente dominada por diversos fabricantes brasileiros. Sua implantação possui investimento inicial alto, pois se deve considerar a necessidade de um sistema de aquecimento convencional (gás ou elétrico) como segurança, para os dias nublados e chuvosos. O retorno, porém, é observado na conta de energia elétrica depois de apenas 24 meses após sua instalação e é suficiente para pagar o sistema.

Figura 48 - Sistema de aquecimento solar

1 – **PLACAS SOLARES (coletor solar)** - Instaladas nos telhados das casas, as **placas solares** devem ser posicionadas bem orientadas para o sol, evitando-se áreas de sombreamento. Cada placa solar absorve a energia do sol e aquece a água que circula em seu interior.

2 – **BOILER (Reservatório Térmico)**. Na maioria das instalações solares o boiler ou armazenador térmico é instalado dentro dos telhados, entre a caixa de água fria e o topo das placas dos coletores solares. Sua principal função é a de armazenar a água aquecida pelas placas conservando-a quente até o momento do consumo. Modelos e características dos [reservatórios SOLARMUNDI](http://www.solarmundi.com.br). Outros [tipos de instalação solar](#).

3 – **CAIXA D'ÁGUA** - Caixa de água fria. Normalmente, a mesma caixa de água abastece os pontos de consumo de água fria da residência e o próprio boiler. Geralmente, é uma caixa de água fria comum encontrada em qualquer residência.

4 – **APOIO ELÉTRICO** – É sistema composto por um sensor, termostato ou controlador de temperatura e resistência elétrica. Entra em ação, automaticamente, para aquecer a água usando a energia elétrica em períodos prolongados de mau tempo.

5 – **ABASTECIMENTO ÁGUA FRIA** - Tubulação que liga a caixa de água fria ao boiler, abastecendo-o de água fria.

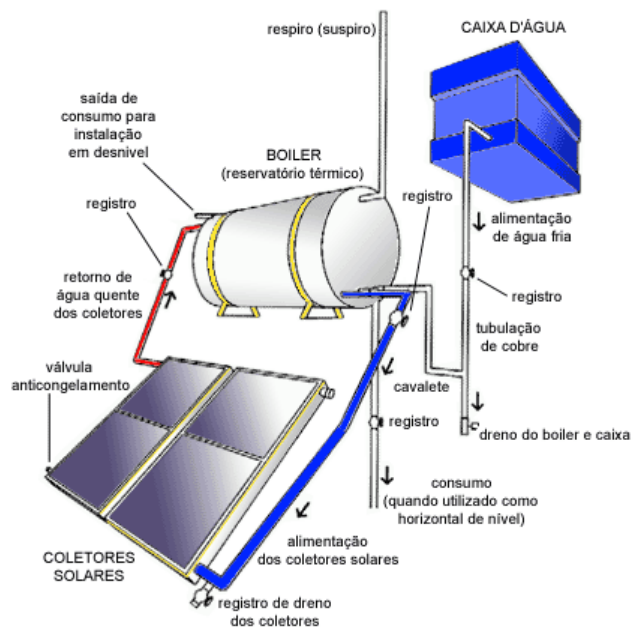
6 – **ABASTECIMENTO DAS PLACAS** - Tubulação que liga o boiler às placas, abastecendo-as de água fria.

7 – **RETORNO DAS PLACAS** - Tubulação que leva a água aquecida nas placas para o boiler.

8 – **ÁGUA PARA CONSUMO** – A água quente armazenada no boiler sai por aqui para os pontos de consumo.

9 – **SUSPIRO** – Funciona como suspiro e alivia a pressão do boiler no caso de superaquecimento.

10 – **O SOL** – Energia solar, natural e limpa que oferece conforto, economia e preserva outros recursos naturais.



Fonte: <http://www.solarmundi.com.br/aquecedor-solar-como-funciona.html>

A seguir, serão discutidos materiais e atividades alternativamente mais sustentáveis em relação àqueles adotados na Casa Cinza.

4.3.1. Terraplanagem

Uma alternativa para tornar essa etapa menos nociva ao meio ambiente é comprar o terreno já com o alvará de construção, porém sem prévio tratamento, e entrar junto à prefeitura com o pedido para receber o TCA (Termo de Compensação Ambiental), que dará a autorização e instruções necessárias para retirada correta da vegetação nativa. Além disso, deve-se movimentar o solo o menos possível e depois de concluída essa etapa, já inicializar a obra.

4.3.2. Locação de obra

O risco da extração excessiva e sem devido manejo de madeira é muito preocupante. Por isso, a melhor alternativa é sempre estar ciente da proveniência e futuro do material utilizado em sua obra. Nunca misturar a madeira com outros tipos de resíduo e contratar pessoas qualificadas para retirarem o material. Diversos grupos brasileiros como Salmeron, Eucatex e Souza Vaz são exemplos de empresas que investem na reciclagem de madeira, disponibilizando um container estacionário para retirada do resíduo (figura 49). Além disso, oferecem certificado da destinação, que será realizada pela própria empresa para produção de biomassa, uma fonte de energia alternativa, mais limpa e renovável.

Figura 49 - Containers para retirada de resíduos de madeira, que serão levados para reciclagem



Fonte: <http://gruposalmeron.com.br/reciclagem-de-madeira-grupo-salmeron.html>

Também é possível doar os resíduos de madeiras para artistas plásticos, que os tratam e os transformam em obras de arte, como as obras da Brenda Faria mostradas na figura 50.

Figura 50 - Obra de arte sobre resíduos de madeira



Fonte: <http://www.brendafaria.com/category/obras/>

Os pregos existentes nas madeiras devem ser separados previamente e enviados juntamente com outros resíduos metálicos para reciclagem. Caso esse processo seja inviável, as empresas coletoras também aceitam madeiras não limpas.

4.3.3. Fundação

Para evitar o uso excessivo de madeira, é possível optar por fôrmas diferenciadas: placas feitas de tubo de pasta de dente. Esses tubos são bastante prejudiciais ao meio ambiente, pois são difíceis de degradar e também de reciclar (devido a sua composição de 25% alumínio e 75% plásticos). A reciclagem é uma tarefa árdua, pois a separação desses materiais não ocorre facilmente, sendo, então, uma ótima alternativa a simples prensagem dos tubos. Essas placas formadas (figura 51) possuem baixo peso e são ótimas substitutas da madeira, pois possuem alta durabilidade, resistência e são à prova de umidade, podendo, portanto, serem reutilizadas para outras etapas da obra.

Figura 51 - Placa a ser utilizada como forma, produzida a partir de tubos de pasta de dente



Fonte: <http://www.ecotop.com.br/PlacasEcotopFichaTecnica2011.pdf>

Já o uso do aço é inevitável, pois é ele o responsável por absorver esforços específicos e pela aderência que permite o trabalho em conjunto entre as partes da estrutura. Em substituição às barras de aço, porém, pode-se usar a tela soldada (figura 52). Ela permite uma melhor aderência entre o concreto e o aço, além de reduzir o desperdício e a necessidade do uso de arames.

Figura 52 - Tela soldada de aço



Fonte: <http://portuguese.alibaba.com/product-gs/welded-wire-fabric-for-concrete-reinforcement-welded-steel-fabric-581466029.html>

Os 4 kg de prego utilizados nesta etapa devem ser devidamente descartados junto aos resíduos metálicos para posterior reciclagem.

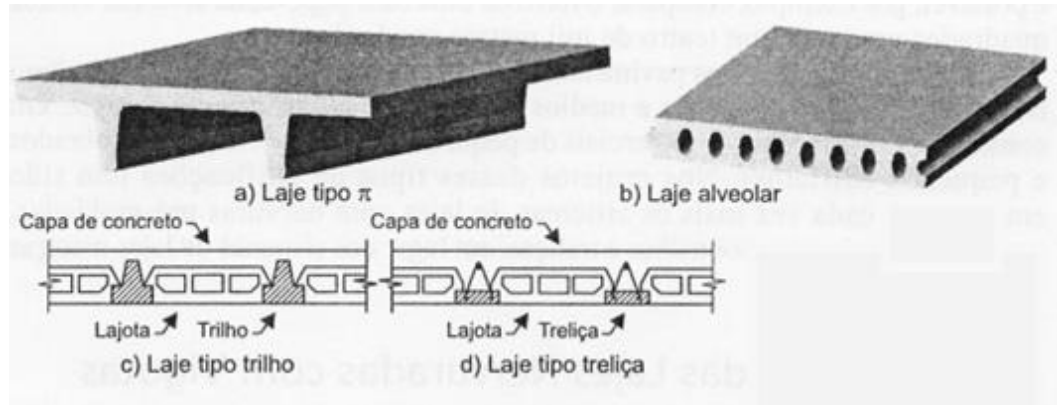
4.3.4. Estrutura

Como se pode notar, a estrutura não absorve todas as cargas e sim as repassa. Por isso, o uso do concreto, diferentemente da etapa de fundação, na qual ele não pode ser substituído, tem solução. Na etapa atual, é possível utilizar estruturas diferentes da maciça, normalmente empregada, sem perder a funcionalidade. Trata-se das lajes pré-fabricadas

(figura 53), que dispensam o uso de fôrmas, reduzem o tempo de construção e são mais leves, devido a sua estrutura de vigotas de concreto intercaladas com lajotas de cerâmica ou isopor.

Essa simples substituição faz com que o processo se torne indiretamente menos nocivo ao meio ambiente, pois minimiza o uso de cimento (componente do concreto) e aço, duas indústrias grandes emissoras de CO₂.

Figura 53 - Tipos de lajes pré-fabricadas



Fonte: (CARVALHO & FILHO, 2004)

Para escoramento, existe a opção de materiais metálicos (figura 54), que podem ser lavados e reutilizados infinitas vezes. Várias empresas realizam seu aluguel mensal, apresentando uma solução extremamente mais sustentável e, inclusive, mais barata.

Figura 54 - Formas metálicas



Fonte: <http://www.aecweb.com.br/aec-news/materia/827/escoramento-metalico-productividade-e-seguranca.html>

4.3.5. Impermeabilização

A impermeabilização em uma construção tem como objetivo não permitir a passagem de água, fluidos e vapores. Ela é de extrema importância, pois, quando mal executada, traz consequências futuras de alto custo de manutenção e recuperação, como empolamento e bolhas na tinta, degradação do concreto, curto circuitos etc.

Além disso, a falta de cuidado na aplicação do produto pode gerar a impermeabilização do solo, algo muito preocupante por impedir a absorção natural de água. Por isso, além do uso de um bom material, é necessária uma mão-de-obra treinada e consciente. Existem normas técnicas (ABNT NR-18) que especificam os procedimentos de preparação, manuseio e aplicação do produto.

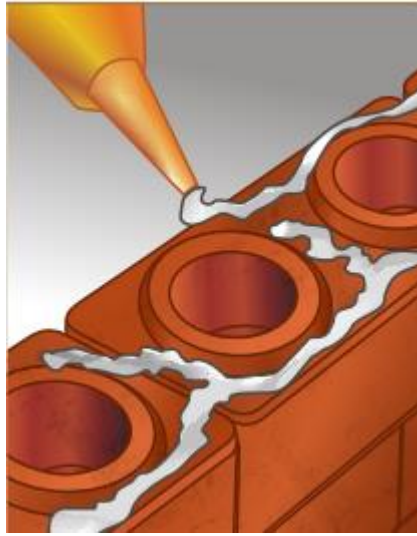
Os impermeabilizantes cimentícios são mais utilizados devido a seu maior tempo no mercado. No entanto, soluções de mesma qualidade já se encontram disponíveis. É o exemplo do Vitpoli ECO, a base de poliuretano vegetal. Isento de solventes e com baixíssimo teor de VOCs (Volatile Organic Compounds – Componentes Orgânicos Voláteis), se torna uma opção muito menos agressiva ao meio ambiente e aos seus aplicadores.

4.3.6. Alvenaria e Revestimento Grosso

Os tijolos cerâmicos considerados na construção da Casa Cinza passam por um processo de queima em sua produção, que emite poluentes gasosos e consome grande quantidade de madeira como combustível dos fornos de queima. Portanto, uma alternativa já disponível seriam os tijolos ecológicos, os quais são confeccionados através de prensagem hidráulica de até seis toneladas de pressão de solo + cimento, tornando-os muito resistentes. O solo é pré-selecionado e tratado para eventuais correções e o cimento pode ser proveniente de RCD.

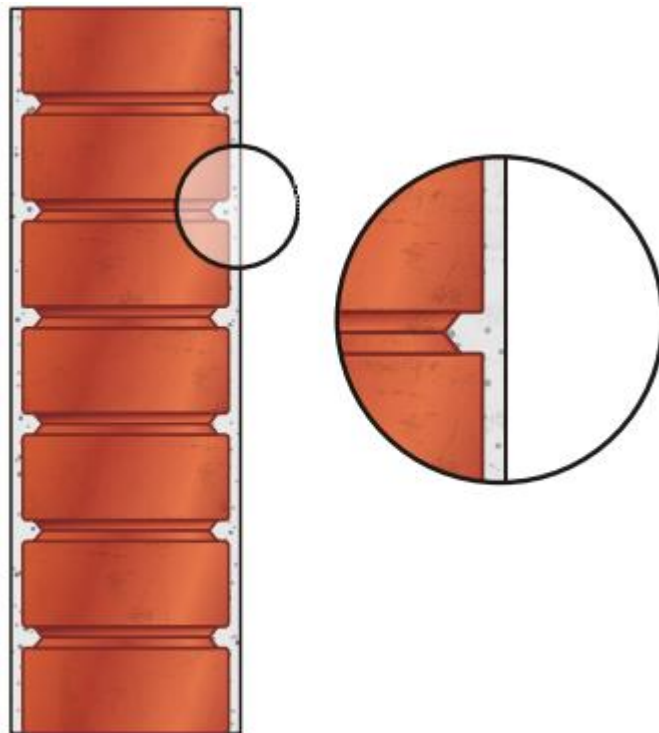
Além disso, os tijolos ecológicos possuem saliências e rebaixos, permitindo um perfeito encaixe, no qual é necessária apenas a utilização de um filete de cola branca, cimento ou mistura de ambos com terra para a fixação (figura 55), o que minimiza tempo e mão-de-obra. O uso de argamassa de assentamento também é diminuído e, conseqüentemente, a quantidade de reboco necessária para nivelar irregularidades (figura 56). Para áreas externas e áreas internas de banheiros e cozinhas, o revestimento grosso nem se torna necessário, uma vez que, devido a seus encaixes, o tijolo ecológico já oferece um melhor acabamento (figura 57) ou pode ter azulejos aplicados diretamente sobre ele.

Figura 55 - Simples aplicação de cola branca para fixação



Fonte: <http://www.ecoproducao.com.br/downloads/cartilha-eco-producao.pdf>

Figura 56 – Exemplo, em corte, de alvenaria com tijolos ecológicos



Fonte: <http://www.ecoproducao.com.br/downloads/cartilha-eco-producao.pdf>

Figura 57 - Acabamento de uma parede de tijolos ecológicos



Fonte: <http://sesituando.com/destaque/tijolos-ecologicos-construa-com-economia.html>

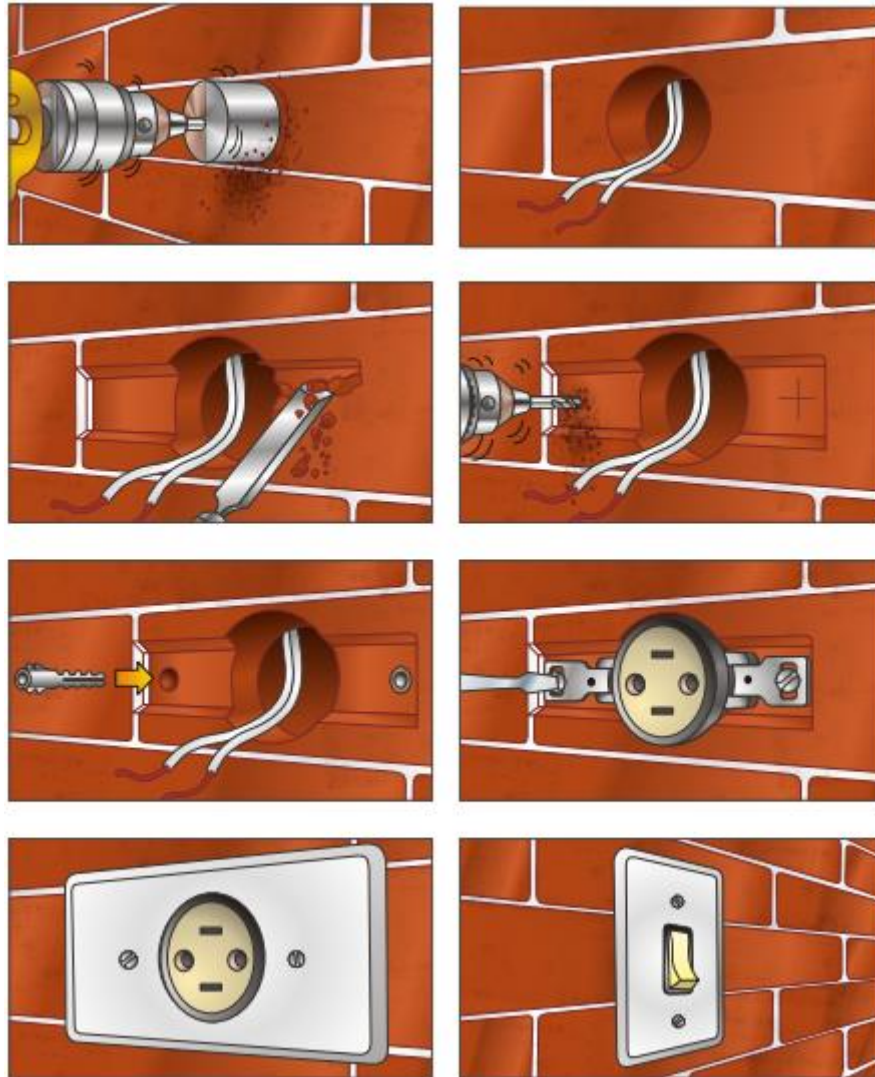
Os tijolos ecológicos possuem ainda furos, o que facilita as instalações hidráulicas (figura 58) e elétricas. No último caso, pode-se ainda optar por furos diretos nos módulos e descartar o uso de conduites e caixinhas para tomadas e interruptores (figura 59).

Figura 58 - Instalações hidráulicas em paredes de tijolos ecológicos



Fonte: <http://www.ecoproducao.com.br/downloads/cartilha-eco-producao.pdf>

Figura 59 - Instalações elétricas em paredes de tijolos ecológicos



Fonte: <http://www.ecoproducao.com.br/downloads/cartilha-eco-producao.pdf>

Outro benefício dos furos dos tijolos ecológicos são as câmaras termo acústicas formadas por eles, que ajudam a isolar ruídos e controlam a temperatura no interior da construção, minimizando uso de aquecedores ou refrigeradores de ar, ambos emissores de grande quantidade de gases poluentes.

Além disso, o uso desse material ultrapassa a simples função de vedação dos blocos tradicionais. Ao invés da utilização de madeira para as formas de colunas e vigas, os vãos do próprio tijolo ecológico permitem a formação de pilares, minimizando o uso de vergalhões e cimento.

Figura 60 - Colunas de sustentação



Fonte: <http://portalartigos.com/com-tijolos-ecologicos-obras-mais-economicas-e-ecologicas/>

4.3.7. Elétrica

O uso do PVC deve ser evitado sempre que possível, pois ele é um material com um problema, muitas vezes desconhecido, relacionado ao risco à saúde humana e ambiental, em todo o seu ciclo de vida (fabricação, uso e deposição final). Isso porque é um organoclorado que gera subprodutos bioacumulativos (lipossolúvel, que consegue se misturar no tecido humano), persistentes (resistente à degradação natural) e tóxicos (causam lesões à saúde), podendo causar: câncer, disfunção do sistema endócrino, lesões no aparelho reprodutivo, lesões no desenvolvimento infantil e defeitos de nascença, neurotoxicidade (lesões ao cérebro ou em suas funções) e supressão do sistema imunológico.

Com a escolha dos tijolos ecológicos, já se tornam dispensáveis o uso de conduites e caixinhas de PVC. Para os fios, que também possuem isolamento feito com este material, uma solução é optar pelos fios ecológicos. Eles são produtos pioneiros na utilização de biopolietileno (plástico vegetal proveniente da cana-de-açúcar) como isolante e são fabricados pela Pyrsman, sendo nomeados de Afumex Green. Podem ser utilizados em todos os tipos de instalações, apresentado 20% mais resistência à temperatura (figura 61).

Figura 61 - Fios elétricos com isolamento em biopolietileno



Fonte: <http://www.afumexgreen.com/>

4.3.8. Hidráulica

Como mostrado anteriormente, o uso de PVC pode ser extremamente prejudicial. Além disso, o cobre, também utilizado nas instalações da “Casa Verde”, é um contaminante dos solos (próximos a sua mineração), impedindo o crescimento de vegetação, e das águas, ameaçando a saúde humana. No Brasil, entretanto, a mineração de cobre possui estrutura industrial recente, gerenciando adequadamente as questões ambientais direta e indiretamente ligadas a esta extração. Por isso, temos como desvantagem do uso de tubulações de cobres apenas o alto custo.

Como alternativa para ambas as tubulações originalmente utilizadas, temos o PPR (Polipropileno copolímero Random). Além de mais resistentes, são atóxicos e podem ser utilizados tanto para água fria como quente, pois suportam temperaturas de até 110°C. Suas conexões são realizadas pelo processo de termofusão, o que evita o risco de vazamentos em suas juntas.

Figura 62 - Tubulações hidráulicas de PPR (Polipropileno copolímero Random)



Fonte: <http://www.engenhariaarquitectura.com.br/noticias/impressao/Default.aspx?noticia=139>

4.3.9. Contra piso e Pisos

Somando as áreas dos cômodos em que foi considerado o revestimento de taco de madeira na Casa Cinza, temos mais de 60m². Como já alertado, a extração indevida e em larga escala de madeira é muito prejudicial ao meio ambiente. Por isso, evitar o uso de madeiras virgens e dar preferência àquelas provenientes de demolição e reflorestamento torna-se uma atitude ecologicamente mais correta.

Uma ótima alternativa, com igual resultado aos tacos convencionais de madeira, está o piso de bambu, que é durável e de fácil aplicação e manutenção, pois vem pronto para instalar e dispensa o uso de ceras. O bambu é considerado uma espécie gramínea e, diferentemente dos demais ciclos de vida da madeira, pode ser colhido anualmente. Um cuidado a se tomar é em relação à proveniência do material adquirido; deve-se observar se foi extraído de reservas de reflorestamento e se em seus conservantes e tratamentos não há substâncias que resultem em VOCs.

Figura 63 - Pisos de bambu



Fonte: <http://www.ecocasa.com.br/>

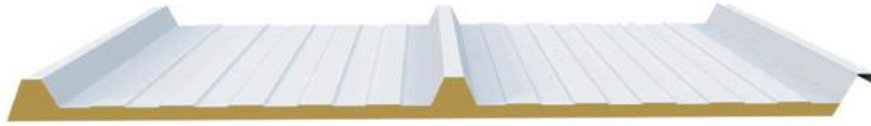
4.3.10. Telhado

É muito comum ver o uso exagerado de madeira habitual, porém desnecessário, nas estruturas dos telhados. A fim de excluir a utilização dos caibros e ripas, é possível empregar na obra “Casa Verde” telhas térmicas 100% ecológicas, que não emitem gases do efeito estufa, utilizam menor quantidade de recursos naturais durante a fabricação e 100% dos materiais utilizados são recicláveis. Tratam-se das telhas TermoRoof PUR, produzidas pela Dânica, que possuem diversos benefícios:

- Conforto térmico e economia de energia elétrica - possuem núcleo de poliuretano isolante que bloqueia 95% do calor ou do frio (contra os apenas 38% das telhas convencionais), contribuindo para um ambiente mais confortável e economizando energia com resfriadores ou aquecedores de ar;
- Economia de tempo e material – possuem leveza e resistência estrutural, o que contribui para uma fácil e rápida instalação, além da não necessidade do uso da estrutura de madeira de caibros e ripas;
- Dispensam o uso do forro interno – são produzidas com acabamento de aço pintado em diversas opções de cores ou filme polietileno de alta densidade (PEAD), o que já proporciona uma bonita aparência interna;
- Assistência técnica desde o projeto até a conclusão da obra;
- Excelente estanqueidade sem riscos de goteira ou vazamentos.

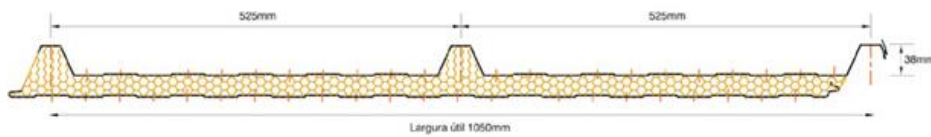
Figura 64 - Esquema estrutural do telhado TermoRoof

Face Superior em Aço Galvalume



Obs: Telhas com acabamento em aço pintado com até 8 cores ou aço natural

Perfil da Telha Térmica Dânica



Obs.: Espessuras da camada termoisolante da telha: 20mm, 30mm e 50mm

Face Inferior em Filme Polietileno



Fonte: <http://www.danicacorporation.com/sfDanica2/web/index.php/produto/index/id/105#fotos>

Figura 65 - Uso do telhado TermoRoof em uma residência



Fonte: http://www.gotadagua.com.br/produtos_int.php?CdProduto=77&CdCategoria=21&CdSubCategoria=48

Figura 66 - Detalhe do acabamento interno proporcionado pelo telhado TermoRoof, que dispensa o uso de forros de gesso



Fonte: <http://www.lupertelhas.com.br/danica.htm>

4.3.11. Revestimentos

As tintas acrílicas, assim como explicado anteriormente no uso de impermeabilizantes, também possuem VOCs (Compostos Orgânicos Voláteis) em sua composição, que agredem a camada de ozônio e prejudicam a saúde de quem as manipula e o ambiente onde são aplicadas. Já existem, porém, as tintas ecológicas, que são livres desses compostos, além de produzidas com matérias-primas naturais, sem utilização de insumos derivados do petróleo. Essas tintas têm como principal componente a terra crua, também não apresentando pigmentos à base de metais pesados e fungicidas sintéticos em sua composição e sendo, portanto, totalmente atóxicas.

Sua matéria-prima é retirada de jazidas certificadas e durante a transformação do produto não há emissões de gases poluentes, além de ser um processo físico com baixo uso de energia. Devido ao pigmento mineral, não sofre riscos de desbotamento e permite um melhor conforto térmico, pois não fecha os poros da superfície por não possuir plastificantes.

As tonalidades disponíveis variam do branco presente nos tons de terracotas aos marrons e grafites, até o preto (figura 56).

Figura 67 - Tons oferecidos pelas tintas de terra: a) terracotas, b) marrons e c) grafites



Fonte: <http://tintasolum.com/>

4.3.12. Forro e molduras

O gesso é um material que produz impacto ambiental considerável em seu local de produção (nordeste brasileiro), tanto para o meio quanto para a população que inala a sua poeira. Além disso, é uma substância de difícil descarte, devido a seu entulho tóxico e sem processos de reciclagem ainda conhecidos, o que o torna muito vulnerável ao descarte inapropriado (figura 68).

Figura 68 - Descarte inapropriado de gesso



Fonte: <http://juniormascote.com.br/2011/11/17/>

Na casa verde, o uso do forro será extinto, pois a utilização das telhas TermoRoof PUR já garante uma boa estética para alguns ambientes da casa. No caso dos banheiros, lavanderia e cozinha, há uma laje de concreto sobre eles, que pode apenas receber o revestimento, sem necessidade de forro. Como substituição para as molduras de gesso nesses ambientes, a empresa GartArstyl oferece materiais produzidos em poliuretano injetado com cobertura de filme sintético (figura 69). Esse material pode ser colado sobre azulejos e pintado com qualquer tipo de tinta e cor, podendo se adequar aos tons de revestimentos cerâmicos escolhidos nesses cômodos. Além disso, são impermeáveis, o que os torna ótimos para aplicações nesses ambientes expostos ao uso de água.

Figura 69 - Molduras em poliuretano injetado



Fonte: http://www.defacciodecoracoes.com.br/produtos.html?page=shop.browse&category_id=6

4.3.13. Soleiras e bancadas

Devido a grande procura por rochas ornamentais na construção civil, sua extração aumentou expressivamente nos últimos anos. Entretanto, não se pode esquecer que as pedras são recursos naturais finitos e que grande energia é consumida nas etapas de mineração, fabricação e transporte desses materiais. Além disso, os rejeitos oriundos do corte de mármore, por possuírem pouco valor comercial, são depositados na natureza, em lixões e aterros, podendo gerar, por exemplo, o assoreamento dos rios.

Em substituição ao mármore convencional há o sintético. Ele pode ser fabricado em qualquer formato, dimensão, tonalidade ou desenho, possui baixo custo, boa resistência ao impacto e abrasão, insensibilidade a manchas e, claro, menos agressivo ao meio ambiente. Suas matérias-primas são a resina poliéster insaturada misturada com enchimentos minerais de diferentes granulometrias. Porém, o mármore sintético ainda é muito associado a uma imitação barata e realmente não condiz com a beleza do mármore tradicional.

Por isso, outra alternativa, mais sustentável por não utilizar pedras naturais, é o Nanoglass. É produzido com pó de mármore e vidro, usando a nanotecnologia em seu processo de fabricação, a fim de reduzir a formação de bolhas, aumentando a resistência do material. Ele é resistente a altas temperaturas, choque térmico, absorção de líquidos e riscos, se tornando de manutenção mais fácil que o próprio mármore.

Figura 70 - Bancada em nanoglass



Fonte: <http://marmorariaparaissodaspedras.com/galeria-pag-2.html>

Já os porcelanatos também podem ser utilizados, pois, além de um acabamento comparável aos nanoglass, ainda são mais baratos. Trata-se de um material cerâmico e é muito utilizado em pisos, sendo ainda desconhecida a sua também aplicação em bancadas. Também é resistente a altas temperaturas e não poroso, o que faz de sua manutenção fácil como as do nanoglass. Possui a grande vantagem de estar disponível sob diversos acabamentos e cores.

Figura 71 - Bancadas de cozinhas e banheiros em porcelanato



Fonte: <http://www.cliquearquitectura.com.br/portal/ambientes/view/bancadas-em-porcelanato-di-pietra/49>

4.3.14. Caixilhos, portas e janelas

A Casa Cinza considerou escolhas inteligentes de caixilhos e janelas, porém poderia ter explorado um pouco mais os benefícios que esses materiais trazem à obra. Além de esses materiais possuírem um ciclo de vida infinito, também podem ser utilizados para resultar em

uma melhor iluminação natural nos espaços, contribuindo para a economia de energia elétrica. Substituindo algumas paredes de alvenaria da Casa Cinza por portas corredeiras de vidro temperado, é possível aproveitar ao máximo os benefícios desse material, gerando uma ventilação cruzada e conforto térmico para a casa. As paredes hexagonais da suíte seriam perfeitas para esse fim, pois agregariam uma ótima estética, além de estarem posicionadas no sentido do sol nascente.

Figura 72 - Portas corredeiras de vidro que permitem melhor luminosidade



Fonte: <http://decoracao.vidrado.com/noticias/quartos-e-closets/page/3/>

Outro melhor aproveitamento seria no grande banheiro da suíte. A parede que abriga a banheira também poderia ser facilmente substituída por tijolos de vidro, tornando-a elegante, sofisticada e capaz de aproveitar a claridade natural.

Figura 73 - Tijolos de vidro utilizados no banheiro



Fonte: <http://projetosdecasagratis.com.br/fotos-de-banheiros-com-blocos-de-vidro/banheiro-com-bloco-de-vidro-lindo/>

Em relação às portas de madeira, mais uma vez deve-se considerar produtos provenientes de reflorestamento ou demolição, quebrando os preconceitos em relação à qualidade inferior e sempre se preocupando em averiguar sua procedência.

Figura 74 - Porta de madeira de demolição: sustentável e muito bonita



Fonte: <http://accmarcenaria.com.br/produtos.php?caCodigo=%207>

4.3.15. Itens de acabamento

Nos itens de acabamento, por serem escolhidos na reta final da obra, normalmente apenas o preço tem parcela importante. No entanto, apesar de se apresentarem em uma quantidade muito inferior aos outros materiais utilizados, pequenas mudanças podem fazer a diferença.

Embora incomum, as torneiras automáticas também podem e devem ser utilizadas em projetos residenciais. Elas são produzidas em diversos acabamentos, o que não causaria perda estética, além de economizarem muita quantidade de água. Uma torneira pingando pode desperdiçar em um único dia 46 litros de água, assim como uma torneira deixada aberta na hora de se escovar os dentes. Com os sensores das torneiras automáticas, esses problemas chegariam ao fim, pois elas só são ativadas quando detectam a presença de alguma pessoa e possuem fechamento automático em tempo pré-determinado. Chegam a economizar 55% de água, se comparadas aos produtos convencionais.

Figura 75 - Torneira automática para banheiros



Fonte: <http://www.torneiras-solidez.com.br/torneira-automatica-com-sensor.html>

Nas cozinhas, devido à necessidade de utilização contínua de água na lavagem de louça ou alimentos, a solução apresentada anteriormente não se torna viável. Mas já existem outros tipos de torneiras sustentáveis disponíveis, produzidas pela Gaya. Tratam-se de torneiras visivelmente comuns, porém que possuem um anel controlador de fluxo de água que oferece até 12% de economia.

Figura 76 - Torneiras de cozinha com controlador de fluxo



Fonte: <http://www.gaya.com.br/torneiras.html>

Para as descargas, é melhor optar por válvulas de duplo acionamento, que economizam até 30% em relação a outros modelos, graças a seus dois tipos de fluxos: parcial, para limpeza de líquidos, e total, para limpeza de sólidos.

Figura 77 - Válvula de descarga com duas opções de acionamento: parcial e total



Fonte: <http://www.amoedo.com.br/acabamento-para-valvula-de-descarga-classica-salvaguarda-docol>

As grelhas de PVC já possuem uma versão ecológica, fabricada pela Braskem. Ela é fabricada a partir do plástico verde, onde a principal matéria-prima é a cana-de-açúcar e não o petróleo. Seu produto final é 100% reciclável e se encontra disponível nos formatos quadrado e redondo e nas cores branco e areia.

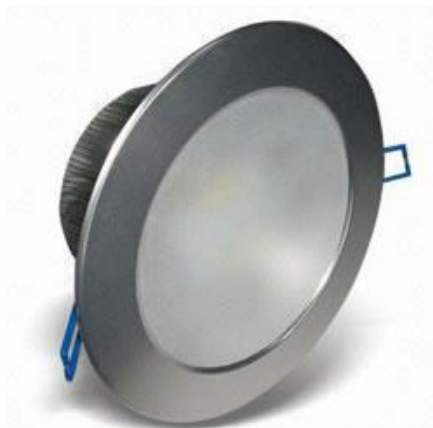
Figura 78 - Grelha ecológica, confeccionada a partir do plástico verde



http://www.braskemnews.com.br/Home/permalink.aspx?id_noticia=402

Em relação à iluminação, grande parte do consumo diário já foi minimizado devido às instalações de portas e janelas maiores de vidro. Para se tornar ainda mais sustentável, deve-se substituir o uso de lâmpadas comuns por LED (Diodo Emissor de Luz). Essas lâmpadas consomem apenas quatro watts e são muito mais eficientes, economizando até 50% de energia. Apesar de mais caras, sua vida útil é até 10 vezes maior que as lâmpadas anteriormente utilizadas (50.000 horas trabalhadas contra apenas 6.000 das fluorescentes) e também esquentam menos o ambiente, proporcionando melhor conforto térmico. Além disso, são 99% recicláveis e não necessitam de enxofre em sua produção.


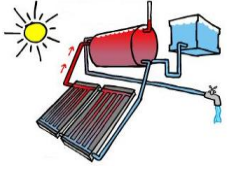



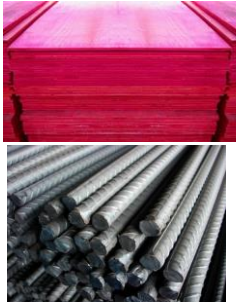
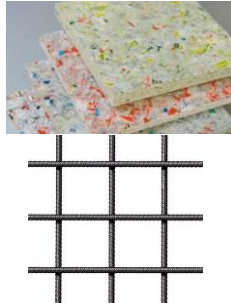
Figura 79 - Luminária de LED











Fonte: <http://www.ngxled.com.pt/8-ceiling-light-3.html>





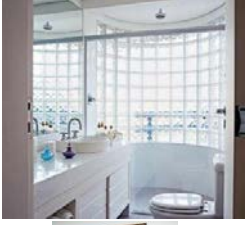









4.4. COMPARAÇÃO DE CUSTOS OBRAS “CASA CINZA” E “CASA VERDE”

O estudo considerou semelhantes e, portanto, desconsideráveis, os custos de mão-de-obra envolvidos nas construções das casas Cinza e Verde.

	CASA CINZA	CASA VERDE	✓
Reaproveitamento de água	- R\$ 0,00	 1 Sistema de Captação de chuva (Tanque Slim) R\$ 3.000	- 30% gasto com energia elétrica/mês; Economia de até 30 litros de água potável/mês
Aquecimento de água	- R\$ 0,00	 1 Sistema de aquecimento solar R\$ 2.000	- 30% gasto com energia elétrica/mês
Locação da obra	 1.700 ml de Sarrafo + 800 ml de Pontalete R\$ 3.243	 1.700 ml de Sarrafo + 800 ml de Pontalete R\$ 2,55/ml - sarrafo R\$ 3,98/ml - pontalete R\$ 3.243	
	-	 Venda de 2.500 ml para empresas de reciclagem de madeira R\$ 500	Ganho extra de R\$500,00
Fundação	 R\$ 66,80/m ² - madeirite R\$ 2,55/ml - sarrafo R\$ 3,90/kg - vergalhão R\$ 320,00/m ³ - concreto R\$ 4,07/kg - prego R\$ 14.986,70 21m ² de madeirite + 160 ml de sarrafos + 1.200kg de vergalhões + 25m ³ de concreto + 64kg de arame + 4kg de prego	 R\$ 58,00/unid - ecoplaca R\$ 21,00/m ² - tela de aço R\$ 320,00/m ³ - concreto R\$ 4,07/kg - prego R\$ 13.540, 50 19 unid. de ecoplas (feitas a partir de tubos de creme dental) + 204m ² de tela de aço + 25m ³ de concreto + 4kg de prego	- 2m3 de madeira; Reciclagem de tubos de creme dental

Estrutura	 <p>R\$ 1,50/unid - tora de eucalipto R\$ 21,00/m² - tela de aço R\$ 320,00/m³ - concreto R\$ 4,07/kg - prego</p> <p>928 toras de eucalipto para escoramento + laje tipo Radier (55m² de tela de aço e 3,34m³ de concreto)</p>	R\$ 3.614,50	 <p>R\$ 225,00/mês - escoramento R\$ 65,00/m² - laje tipo treliça</p> <p>Escoramento metálico alugado por 2 meses + 23m² de laje pré-fabricada</p>	R\$ 1.945,00	- 21m ³ de madeira;
	 <p>R\$ 320,00/m³ - concreto R\$ 3,90/kg - vergalhão</p> <p>5,57 m³ de concreto para pilares e vigas + 800kg de vergalhões</p>	R\$ 4.903,30	 <p>R\$ 320,00/m³ - concreto R\$ 3,90/kg - vergalhão</p> <p>4,46 m³ de concreto para preenchimento das colunas de sustentação, contra-vergas e vergas + 650kg de vergalhões</p>	R\$ 3.962,20	- 20% de concreto; - 20% aço (vergalhões)
Impermeabilização	 <p>R\$ 45,00/m²</p> <p>Impermeabilização de 226m² com Viaplus 1000</p>	R\$ 10.170,00	 <p>R\$ 52,00/m²</p> <p>Impermeabilização de 226m² com Vitpoli ECO</p>	R\$ 11.752,00	- emissão de VOCs
	 <p>R\$ 1,36/unid - bloco cerâmico R\$ 15,00/saco - massa de assentamento R\$ 78,00/caixa - telas para alvenaria</p> <p>2.500 blocos cerâmicos + 82 sacos de massa de assentamento + 3 caixas de telas para alvenaria</p>  <p>R\$ 22/saco - cimento R\$ 84,00/m³ - areia R\$ 10/saco - cal R\$ 225/rolo - tela para reboco</p> <p>Reboco interno, externo e de teto: 34 sacos de cimento + 13m³ de areia + 108 sacos de cal + 1 rolo de tela para reboco</p>	R\$ 6.888,30	 <p>R\$ 0,50/unid - tijolo ecológico R\$ 15,00/saco - massa de assentamento R\$ 78,00/caixa - telas para alvenaria</p> <p>4.000 tijolos ecológicos + 24 sacos de massa de assentamento + 3 caixas de telas para alvenaria</p>  <p>R\$ 22/saco - cimento R\$ 84,00/m³ - areia R\$ 10/saco - cal R\$ 225/rolo - tela para reboco</p> <p>Reboco interno e de teto: 22 sacos de cimento + 8,1 m³ de areia + 72 sacos de cal + 1 rolo de tela para reboco</p>	R\$ 3.299,00	- 70% massa de assentamento; - 100% tijolos cerâmicos; - 50% reboco interno; - 100% reboco externo
Elétrica	 <p>R\$ 1.583,00</p> <p>Caixinhas, conduítes e fiação comum para 85m² de construção Quadro de energia, disjuntores e entrada de energia</p>	R\$ 1.645,00	 <p>R\$ 1.645,00</p> <p>Fiação AfumexGreen para 85m² de construção Quadro de energia, disjuntores e entrada de energia</p>	R\$ 1.645,00	- 100% itens de PVC
	 <p>R\$ 2.200,00</p> <p>Tubos de PVC e cobre</p>	R\$ 1.776,50	 <p>R\$ 1.776,50</p> <p>Tubos de PPR</p>	R\$ 1.776,50	- 65% PVC; - 100% cobre

Pisos	 <p>R\$ 119,00/m² - madeira Cumaru R\$ 35,90/m² - piso cerâmico</p> <p>R\$ 8.322,70</p> <p>63m² de piso em madeira Cumaru + 23m² de piso cerâmico</p>	 <p>R\$ 78,00/m² - bambu R\$ 35,90/m² - piso cerâmico</p> <p>R\$ 5.739,70</p> <p>63m² de piso em bambu + 23m² de piso cerâmico</p>	- 2m3 de madeira
Telhado	 <p>R\$ 12,00/ml - terça R\$ 19,00/ml - caibro R\$ 9,00/ml - ripas R\$ 17,00/m² - telha</p> <p>R\$ 12.699,43</p> <p>345ml de terças 12x6 + 240ml de caibros 15 + 220ml de ripas + 118,79m² de telhas cerâmicas</p>	 <p>R\$ 12,00/ml - terça R\$ 52,00/m² - telha</p> <p>R\$ 8.661,08</p> <p>207ml de terças 12x6 + 118,79m² de telhado térmico TermoRoof</p>	- 4m3 de madeira; - 100% telhas cerâmicas
Revestimento fino de paredes	 <p>R\$ 225,00/lata 18l - tinta acrílica Suvinil R\$ 33/m² - azulejo</p> <p>R\$ 4.750,00</p> <p>361,64 m² de revestimento com tinta acrílica + 102,76m² de revestimento com azulejos</p>	 <p>R\$ 220/lata 18l - tinta ecológica Solum R\$ 33/m² - azulejo</p> <p>R\$ 4.500,00</p> <p>361,64 m2 de revestimento com tinta ecológica + 102,76m2 de revestimento com azulejos</p>	- emissão de VOCs; - 100% derivados do petróleo
Forro e Molduras	 <p>R\$ 54,00/m² - forro R\$ 35,00/m - moldura</p> <p>R\$ 11.660,20</p> <p>58,30m² de forro de gesso e 243,20m de moldura de gesso</p>	 <p>R\$ 60,00/m - moldura</p> <p>R\$ 14.592,00</p> <p>243,20m de moldura de poliuretano</p>	- 100% gesso
Soleira e Bancadas	 <p>R\$ 25,90/ml - soleira R\$ 360,00/m² - bancada</p> <p>R\$ 1.559,14</p> <p>4m² de bancadas em mármore + 4,6ml de soleiras em mármore</p>	 <p>R\$ 25,90/ml - soleira R\$ 432,00/m² - bancada</p> <p>R\$ 1.847,14</p> <p>4m² de bancadas em mármore + 4,6ml de soleiras em mármore</p>	- 85% mármore

<p>Janelas e portas</p>	   <p>R\$ 51,61/m² - parede R\$ 240,00/m² - caixilhos e vidros R\$ 200,00/unid - portas internas R\$ 500,00/unid - porta de entrada</p> <p>R\$ 9.793,30</p> <p>26,61m² de parede (alvenaria, reboco interno e externo das paredes da banheira e sextavadas do quarto) + 28m² de caixilhos e vidros da casa + 7 portas de madeira</p>	   <p>R\$ 41,48/m² - parede R\$ 240,00/m² - caixilhos e vidros R\$ 320,00/unid - portas internas R\$ 715,00/unid - porta de entrada</p> <p>R\$ 14.515,00</p> <p>2m² de parede (alvenaria e reboco interno das paredes da banheira e sextavadas do quarto) + 45,5m² de caixilhos e vidros da casa + 185 tijolos de vidro + 7 portas de madeira</p>	<p>- 92% alvenaria; + 150% m² para entrada de luz; - 100% madeira virgem</p>
<p>Itens de acabamento</p>	    <p>R\$ 100/unid - torneira banheiro R\$ 420/unid - torneira cozinha R\$ 95/unid - válvula de descarga R\$ 5/unid - grelha R\$ 10/unid - lâmpada</p> <p>R\$ 1.025,00</p> <p>2 torneiras de banheiro + 1 torneira para cozinha com mangueira flexível + 2 válvulas de descarga + 3 grelhas de PVC + 20 lâmpadas fluorescentes 15W</p>	    <p>R\$ 200/unid - torneira banheiro R\$ 600/unid - torneira cozinha R\$ 130/unid - válvula de descarga R\$ 14/unid - grelha R\$ 40/unid - lâmpada</p> <p>R\$ 1.702,00</p> <p>2 torneiras de banheiro com sensor + 1 torneira para cozinha com mangueira flexível e controlador de fluxo embutido + 2 válvulas de descarga com duplo acionamento + 3 grelhas ecológicas + 10 lâmpadas LED 6W</p>	<p>- 30% consumo de água; - 50% gasto com energia elétrica/mês; - 100% PVC; + 10X vida útil da lâmpada</p>
<p>TT</p>	<p>R\$ 97.398,57</p>	<p>R\$ 84.179,62</p>	<p>R\$ 13.218,95</p>

5. CONCLUSÕES

A partir do estudo de caso, foi possível concluir que utilizar os materiais sustentáveis apresentados é uma alternativa viável, por possuírem vantagens iguais ou superiores aos materiais convencionais. A qualidade e as propriedades de ambos os tipos de materiais são equivalentes, além do custo dos ecomateriais ser viável. Com isso, percebeu-se que o setor de construção civil e a população, ainda hoje, exploram pouco de materiais alternativos disponíveis no mercado, por desconhecimento e preconceito.

Mudanças realizadas em um simples projeto residencial de 84,45m² trouxeram grandes vantagens aos proprietários e foram capazes de evitar o uso de diversos recursos naturais, como cerca de 30m³ de sua madeira, quantidade suficiente para construção de aproximadamente seis portas maciças. Além disso, economizou mais de 150 kg de aço, minimizou em quase 100% a emissão de VOCs ao ar e o uso de PVC, um material extremamente tóxico, além de extinguir a utilização do gesso, que causa grande poluição ambiental devido a seu caráter 0% reciclável.

Dentre os inúmeros benefícios observados na comparação dos materiais utilizados por ambas as obras, a Casa Verde ainda apresentou economia de 13,6% no custo da construção e diminuições mensais de até 30% e 50% nas contas de água e luz, respectivamente.

REFERÊNCIAS

- BENITE, A. Emissões de Carbono e a Construção Civil. **CTE — Centro de Tecnologia de Edificações**, São Paulo, fev. 2011. Disponível em: <http://www.cte.com.br/site/artigos_ler.php?id_artigo=3541>. Acesso em: 15 set. 2012.
- BIOCONSTRUÇÃO. **Ecocasa Tecnologias Ambientais**, Limeira, out. 2010. Disponível em: <<http://www.ecocasa.com.br/bioconstrucao.asp>>. Acesso em: 05 ago. 2012.
- BURKE, B. E KEELER, M. **Fundamentos de Projeto de Edificações Sustentáveis**. 1. ed. Rio Grande do Sul: Bookman, 2010. 362 p.
- CABRERA, L.C. Afinal, o que é sustentabilidade?. **Planeta Sustentável**, São Paulo, mai. 2009. Disponível em: <http://planetasustentavel.abril.com.br/noticia/desenvolvimento/conteudo_474382.shtml>. Acesso em: 10 set. 2012.
- CARREIRA, F. Construção civil busca soluções para reduzir o impacto ambiental. **IBF – Instituto Brasileiro de Florestas**, São Paulo, fev. 2010. Disponível em <<http://www.ibflorestas.org.br/pt/ultimas-noticias/25-noticias/247-construcao-civil-busca-solucoes-para-reduzir-o-impacto-ambiental.html>>. Acesso em: 18 out. 2012.
- CIVIL ENGINEERING RESEARCH FOUNDATION. **Construction Waste**. Encinitas, 2009. Disponível em <<http://cerf.org/cerf/>>. Acesso em: 15 ago. 2012.
- COELHO, L. Certificação Ambiental. **Revista Técnica**, São Paulo, jun.2011. Disponível em: <<http://www.revistatechne.com.br/engenharia-civil/155/artigo162886-1.asp>> Acesso em: 30 jul. 2012.
- CONSTRUÇÃO civil é o setor que mais consome recursos naturais no mundo. **Notícias da construtora Dry work**, São Caetano do Sul, dez 2008. Disponível em <http://www.drywork.com.br/portal/index.php?option=com_content&task=view&id=6&Itemid=46>. Acesso em: 16 set. 2012.
- CONSTRUÇÃO sustentável – LEED. **Master Ambiental**, Marília, jun. 2010. Disponível em: <<http://www.masterambiental.com.br/consultoria-ambiental/certificacao-leed-leadership-in-energy-and-environmental-design>>. Acesso em: 01 out. 2012.
- CRITÉRIO de Análise. **Sustentax**, São Paulo, set.2011. Disponível em: <<http://www.selosustentax.com.br/Arquitetura/analise.php?id=3>> Acesso em: 30 jul. 2012.

FLOR, R.R.V. **Estudo comparativo da produtividade entre a mão de obra terceirizada e a mão de obra fixa: um estudo de caso numa empresa na indústria da construção civil**. 2010. 65 f. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil - Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2010.

FURUKAWA, M. F. **Técnicas Construtivas e Procedimentos Sustentáveis – Estudo de Caso: Edifício na cidade de São Paulo**. 2011. 124 f. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Guaratinguetá, 2011.

GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL. **Certificação LEED**. São Paulo, mar 2007. Disponível em: <<http://www.gbcbrasil.org.br/?p=certificacao>>. Acesso em: 29 jul. 2012.

GUIA da Construção Verde: Materiais Sustentáveis. **Eco D**. Rio de Janeiro mai. 2012. Disponível em: <<http://www.ecodesenvolvimento.org/dicas-e-guias/guias/2012/maio/guia-da-construcao-verde-materiais#ixzz28wa8g8gW>> Acesso em: 09 set. 2012.

KOREHISA, H. **O Setor da Construção Civil no Brasil**. 2008. 20f. Disponível em <<http://pt.scribd.com/doc/6011683/O-Setor-Da-Construcao-Civil-No-Brasil>>. Acesso em: 28 ago. 2012.

MATERIAIS Ecológicos. **Cria Arquitetura Sustentável**, Campinas, jun.2009. Disponível em: <<http://www.criaarquiteturasustentavel.com.br/lista-de-materiais-ecologicos.html>> Acesso em 09 set. 2012.

MATTAR, H. A escolha nossa de cada dia. **Planeta Sustentável**, São Paulo, jun. 2007. Disponível em: <http://planetasustentavel.abril.com.br/noticia/sustentabilidade/conteudo_235908.shtml>. Acesso em: 10 set. 2012.

MOTTA, M.L.A. **Selo Casa Azul Caixa**, São Paulo, nov.2010. Disponível em: <http://www.cbcs.org.br/simposio/sbcs10/website/userFiles/PALESTRAS_SBCS_10/9_1_1_Cases_Empresariais/CAIXA/SBCS10_Selo_Casa_Azul_Metodologia_1.pdf> Acesso em 05 ago. 2012.

ONU pede para construção civil reduzir emissões de carbono. **Inovação tecnológica, tudo o que acontece na fronteira do conhecimento**, São Paulo, dez 2008. Disponível em <<http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=onu-pede-para-construcao-civil-reduzir-emissoes-de-carbono&id=010125081209>>. Acesso em: 16 set. 2012.

PROCESSO Aqua. **Fundação Vazolini**, São Paulo, jan. 2011. Disponível em: <http://www.vanzolini.org.br/conteudo_104.asp?cod_site=104&id_menu=808> Acesso em: 05 ago. 2012.

TELLES, P. C. S. **História da Engenharia no Brasil**. Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1984. 510p.

ZORRAQUINO, L. **A evolução da casa no Brasil**. 2006. 67 f. Trabalho para Análise de Revalidação de Diplomas – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.