

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

MARIO LEONARDO TORQUATO

**ESTUDO COMPARATIVO QUANTO A PRECEITOS DA SUSTENTABILIDADE ENTRE O
MÉTODO TRADICIONAL DE PRODUÇÃO E O SISTEMA *LIGHT WOOD FRAMING*
PARA A CONSTRUÇÃO DE BIBLIOTECA CIDADÃ**

**CURITIBA
2010**

MARIO LEONARDO TORQUATO

**ESTUDO COMPARATIVO QUANTO A PRECEITOS DA SUSTENTABILIDADE ENTRE O
MÉTODO TRADICIONAL DE PRODUÇÃO E O SISTEMA *LIGHT WOOD FRAMING*
PARA A CONSTRUÇÃO DE BIBLIOTECA CIDADÃ**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção de Obras Públicas da Universidade Federal do Paraná, vinculada ao programa de Residência Técnica da Secretaria de Estado de Obras Públicas SEOP-PR, como parte dos requisitos para obtenção do título de Especialista em Construção de Obras Públicas.

Orientador: Prof. Hamilton Costa Júnior

**CURITIBA
2010**

TERMO DE APROVAÇÃO

MARIO LEONARDO TORQUATO

ESTUDO COMPARATIVO QUANTO A PRECEITOS DA SUSTENTABILIDADE ENTRE O MÉTODO TRADICIONAL DE PRODUÇÃO E O SISTEMA *LIGHT WOOD FRAMING* PARA A CONSTRUÇÃO DE BIBLIOTECA CIDADÃ

Monografia aprovada como requisito parcial para a obtenção do Título de Especialista em Construção de Obras Públicas no Curso de Pós-Graduação em Construção de Obras Públicas da Universidade Federal do Paraná (UFPR), vinculado ao Programa de Residência Técnica da Secretaria de Estado de Obras Públicas (SEOP), pela Comissão formada pelos Professores:

Profº. Dr. Hamilton Costa Junior
Profº. ORIENTADOR

Profº. Dr. Hamilton Costa Junior
Profº. TUTOR

Profº. Dr. Hamilton Costa Junior
Coordenador Curso Especialização em Construção de Obras Públicas

Curitiba, 16 de dezembro de 2010.

À Lindona, porque a verdadeira felicidade é compartilhada. (Into the Wild)

RESUMO

Nos dias correntes, em que as mudanças climáticas preocupam o mundo inteiro, o conceito de desenvolvimento sustentável torna-se uma peça-chave, despertando o interesse de todos os setores de produção. Este conceito significa, resumidamente, atender às necessidades do presente sem comprometer as possibilidades das futuras gerações atenderem às suas próprias necessidades. Para tanto, entende-se que qualquer empreendimento humano deve ser ecologicamente responsável, economicamente viável, socialmente justo e culturalmente aceito. Este novo paradigma atinge em cheio a construção civil, responsável por 30% a 40% do consumo mundial de energia e considerado, portanto, um grande vilão ao meio ambiente. O *light wood framing* - sistema construtivo a base de madeira bastante difundido nos EUA e Europa – surge como uma alternativa viável no cenário brasileiro que pode reduzir os gastos energéticos, as emissões de gás carbônico e até mesmo o custo final investido nas construções. Observando o viés sustentável e econômico, este trabalho traça um estudo comparativo entre o sistema tradicional de construção brasileiro e o método *light wood framing*, utilizando, para tal, de revisão bibliográfica, de adequação do projeto arquitetônico padrão, e de análise comparativa entre os dois sistemas construtivos quanto a quantidade de energia e gás carbônico embutidos nos materiais de construção e quanto aos custos de edificação. Ao escolher as Bibliotecas Cidadãs - equipamento implantado em inúmeras cidades no Estado do Paraná- como objeto de estudo, este trabalho visa demonstrar se uma gestão pública preocupada com o desenvolvimento sustentável pode ser tangível à administração pública e principalmente benéfica para a sociedade como um todo.

PALAVRAS CHAVE

1. Sustentabilidade - 2. *Light Wood Framing* - 3. Impactos ambientais

ABSTRACT

Nowadays, when the global warming concerns the whole world, the sustainable development becomes a key-concept which interests all the productive sectors. This concept means a pattern of resource use that aims to meet human needs while preserving the environment so that these needs can be met for the generations to come. To do that, any human enterprise must be ecologically reasonable, economically doable, socially fair and culturally accepted. This new paradigm affects the construction sector, which is responsible for 30 to 40% of the world's energy consumption and is considered a great villain for the environment. The light wood framing - a common American and European wood based construction method - rises as a viable alternative to the Brazilian scenario in order to reduce the energy consumption, the carbon dioxide gas emission and the money investments in the constructions. Regarding sustainable and economic parameters, this paper presents a comparative study between the traditional Brazilian and the light wood framing construction methods. To do that, the paper uses of literature review, of a architectonic project adaptation and of a comparative analysis between both construction systems regarding the embodied energy e CO₂ in the construction materials and pricing. By choosing the Biblioteca Cidadã (a community use library built in several Paraná's cities) as object of study, this paper aims to test if a public administration concerned about the sustainable development may be either reachable and interesting for the whole society.

KEY-WORDS

1. Sustainable development - 2. Light Wood Framing - 3. Environmental impacts

SUMÁRIO

RESUMO	I
ABSTRACT	II
SUMÁRIO	III
LISTA DE QUADROS	VI
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 PROBLEMA DA PESQUISA.....	1
1.2 OBJETIVO.....	1
1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
1.4 JUSTIFICATIVA.....	2
1.5 ESTRUTURA DA PESQUISA.....	3
2 REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1 AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS.....	4
2.1.1 O EFEITO ESTUFA	5
2.1.2 O AQUECIMENTO GLOBAL	7
2.2 INTRODUÇÃO A SUSTENTABILIDADE	9
2.2.1 HISTORIA.....	9
2.2.2 CONCEITOS	10
2.3 A CONSTRUÇÃO CIVIL E O MEIO AMBIENTE.....	11
2.4 IMPACTOS AMBIENTAIS DA CONSTRUÇÃO CIVIL	11
2.4.1 EMISSÕES DE CO ₂	11
2.4.2 CONSUMO DE ENERGIA	13
2.4.3 GERAÇÃO DE RESÍDUOS	14
2.5 OS MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO E OS IMPACTOS AMBIENTAIS	14
2.5.1 A PRODUÇÃO DO CIMENTO	14
2.5.2 A PRODUÇÃO DO CAL.....	15
2.5.3 A PRODUÇÃO DE TIJOLOS CERÂMICOS	15
2.5.4 A PRODUÇÃO DOS AGREGADOS.....	16
2.5.5 A PRODUÇÃO DO AÇO	16
2.5.6 A PRODUÇÃO DOS PLÁSTICOS (PVC) E ALUMÍNIO.....	16
2.5.7 O TRANSPORTE DOS MATERIAIS	16
2.6 A CONSTRUÇÃO CIVIL E A SUSTENTABILIDADE	17
2.6.1 HISTÓRIA.....	17
2.6.2 CONCEITUAÇÃO E ELEMENTOS PARA UMA CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL	18
2.7 O USO DA MADEIRA NA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	19
2.8 O SISTEMA LIGHT WOOD FRAMING	21

2.8.1 O PINUS.....	24
2.8.2 O OSB.....	25
3 METODOLOGIA DA PESQUISA.....	26
3.1 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA.....	26
3.2 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA.....	27
3.3 ESTRATÉGIAS DE PESQUISA.....	28
3.3.1 REVISÃO DE LITERATURA.....	28
3.3.2 ESCOLHA DO OBJETO.....	28
3.3.3 ESTUDOS PROPOSTOS.....	29
4 MATERIAIS.....	31
4.1 ESTUDO DE CASO 1 - BIBLIOTECA CIDADÃ.....	31
4.1.1 DESCRIÇÃO.....	31
4.1.2 QUANTITATIVO ENERGIA E CO ₂ EMBUTIDOS.....	33
4.1.3 ORÇAMENTO.....	35
4.2 ESTUDO DE CASO 2 - BIBLIOTECA CIDADÃ EM LIGHT WOOD FRAMING.....	36
4.2.1 DESCRIÇÃO.....	36
FUNDAÇÃO.....	38
4.2.2 QUANTITATIVO DE ENERGIA E GÁS CARBÔNICO.....	41
4.2.3 ORÇAMENTO.....	43
5 DIAGNÓSTICO E ANÁLISE DE DADOS.....	44
5.1 COMPARATIVO QUANTO À QUANTIDADE DE ENERGIA EMBUTIDA.....	44
5.2 COMPARATIVO QUANTO À QUANTIDADE DE GÁS CARBÔNICO EMBUTIDO.....	45
6 CONSIDERAÇÕES E CONCLUSÃO.....	47
6.1 CONSIDERAÇÕES QUANTO À ACEITABILIDADE CULTURAL.....	47
6.2 CONSIDERAÇÕES QUANTO ÀS LICITAÇÕES SUSTENTÁVEIS.....	48
6.3 CONCLUSÃO.....	49
7 LITERATURA CITADA.....	51
8 ANEXOS.....	54
8.1 INVENTÁRIO DE ENERGIA E CARBONO EMBUTIDOS.....	54
8.2 PLANILHA ORÇAMENTÁRIA – BIBLIOTECA CIDADÃ PADRÃO.....	56
8.3 PLANILHA ORÇAMENTÁRIA – BIBLIOTECA CIDADÃ EM LIGHT WOOD FRAMING.....	64
8.4 COMPOSIÇÃO DE SERVIÇOS.....	72

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Emissões de CO ₂ (em 10 ⁶ toneladas métricas) no Brasil	06
Figura 2 - Projeções de emissões de CO ₂ de acordo com diferentes cenários	07
Figura 3 - Principais materiais de construção emissores de gases causadores do efeito estufa.	12
Figura 4 - Oferta interna de energia elétrica	13
Figura 5 - Construção em light wood framing	22
Figura 6 - Construção em light wood framing	22
Figura 07 - esquema comportamento estrutural wood frame sob ação do vento	23
Figura 08 - esquema construção em light wood framing	23
Figura 09 - Chapa OSB	25
Figura 10 - Fachada Biblioteca Cidadã Rebouças	32
Figura 11 - Fachada Biblioteca Cidadã Mangueirinha	32
Figura 12 - Fachada Biblioteca Cidadã Vale do Ivaí	32
Figura 13 - Sala de leitura Biblioteca Cidadã	32
Figura 14 - Salão infantil Biblioteca Cidadã	32
Figura 15 - Salão comunitário Biblioteca Cidadã	32
Figura 16 - Corte esquemático Biblioteca Cidadã em <i>light wood frame</i>	36
Figura 17 - Planta baixa Biblioteca Cidadã em <i>light wood frame</i>	37
Figura 18 - Barroteamento piso	38
Figura 19 - Esquema painel padrão	39
Figura 20 - Esquema painel porta	39
Figura 21 - Esquema aplicação revestimento de argamassa sobre chapa OSB	40

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 - Ranking mundial de emissões de CO ₂	06
Quadro 02 – Prováveis conseqüências do aquecimento global	08
Quadro 03 – Consumo de energia por etapas da construção	14
Quadro 04: Comparação entre edifícios em madeira, aço e concreto	20
Quadro 05: Exemplo de quantidade de energia embutida nos materiais de construção	20
Quadro 06: Consumo de madeira serrada amazônica pela construção civil	21
Quadro 07 : situações segundo as diferentes abordagens de pesquisa	27
Quadro 08: Quantidade de energia e CO ₂ embutidos nos materiais da Biblioteca Cidadã Padrão	34
Quadro 09: Relação entre o tipo de revestimento e o dimensionamento dos painéis	41
Quadro 10: Quantidade de energia e CO ₂ embutidos nos materiais de construção da Biblioteca Cidadã em <i>light wood framing</i>	41

1 INTRODUÇÃO

Não é mais possível ignorar o quanto a atividade humana vem modificando o meio ambiente. A cada dia, mais energia é consumida, mais recursos naturais são esgotados e mais resíduos são gerados. O modo irresponsável de produção e consumo do homem vem causando graves danos ao meio ambiente e pode comprometê-lo de maneira irreversível.

Desde a década de 60, o homem vem reconhecendo o impacto danoso que causa ao meio ambiente e desde então vem discutindo meios de minimizar o dano, embora ainda sejam bastante pontuais as soluções colocadas em prática.

O setor da construção civil destaca-se neste panorama. Além de movimentar uma grande parcela dos recursos econômicos - em 1999 gerou 10,26% do PIB brasileiro (FABRÍCIO, 2002) - este setor é responsável pelo consumo de 40% dos recursos naturais, 40% da energia e 40% das emissões poluentes (SJÖSTRÖM, 2000, apud JOHN 2001).

A exemplo da Agenda 21, documento desenvolvido na Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD), foi redigida a Agenda 21 para a Construção Sustentável, destacando a importância dos sistemas construtivos e materiais de construção menos impactantes na busca pelo desenvolvimento sustentável. Embora passe por entraves culturais e econômicos, é possível diversificar os padrões construtivos vigentes a fim de se adotar sistemas alternativos que garantam o mesmo desempenho da edificação e reduzam significativamente os impactos ambientais.

Pode não ser possível reverter os danos já causados ao meio ambiente, mas é obrigação da sociedade como um todo diminuir o ritmo de degradação e poluição ambiental antes que seja tarde. O setor da construção civil desempenha um papel fundamental na busca por um desenvolvimento mais sustentável, e alternativas ecologicamente responsáveis e socialmente justas devem ser adotadas para se garantir o acesso das futuras gerações à qualidade de vida.

1.1 PROBLEMA DA PESQUISA

O presente trabalho pretende responder à seguinte questão: ***“É possível a construção de um equipamento público utilizando método construtivo alternativo ser menos danosa ao meio ambiente e ainda ser economicamente viável?”***

1.2 OBJETIVO

Este trabalho tem por objetivo geral traçar um estudo comparativo quanto entre o método tradicional de construção brasileiro e o método *light wood framing*, utilizando como objeto de estudo o projeto padrão da Biblioteca Cidadã, equipamento público do Governo do Estado do Paraná.

Os itens a serem comparados foram escolhidos utilizando os preceitos da sustentabilidade, visando elucidar se a aplicação deste sistema alternativo pode ser vantajosa para o meio ambiente e também para a sociedade.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos da pesquisa são:

- a. realizar estudo comparativo quanto a quantidade de energia embutida nos materiais de construção entre o método tradicional de construção e o método *light wood framing*;
- b. realizar estudo comparativo quanto à quantidade de gás carbônico embutido nos materiais de construção entre o método tradicional de construção e o método *light wood framing*;
- c. realizar estudo comparativo quanto ao custo de construção entre o método tradicional de construção e o método *light wood framing*.

1.4 JUSTIFICATIVA

O nosso planeta vem sofrendo mudanças drásticas nos últimos anos. O modo consumista de vida da sociedade moderna está esgotando os recursos naturais do planeta e devolvendo grande quantidade de gases que estão alterando os sistemas físicos e biológicos do planeta.

As atitudes sustentáveis buscam, acima de tudo, preservar a integridade do planeta e, assim, dos seus habitantes. Ser sustentável significa atender às necessidades do presente sem comprometer as possibilidades das futuras gerações atenderem às suas próprias necessidades. Mas o conceito de sustentabilidade é ainda mais amplo, vai além da questão ambiental: qualquer empreendimento humano deve ser ecologicamente correto, economicamente viável, socialmente justo e culturalmente aceito.

Para fazer efeito, a sociedade como um todo deve pensar de maneira sustentável. Desde as pequenas tarefas do cotidiano até as operações em grande escala devem ser pensadas de maneira a causar o menor impacto ao meio ambiente.

Reconhecendo o grande impacto ambiental e social que a construção civil provoca, este trabalho visa analisar se uma construção que cause menor impacto ambiental pode ser também economicamente viável e socialmente benéfica. Para tal, propõe-se adaptar um objeto projetado para ser construído no método tradicional brasileiro ao método construtivo *light wood framing*, sistema este amplamente empregado em países do hemisfério norte a base de madeira, um recurso renovável e de baixo impacto ambiental e, assim, sustentável.

Além disso, destacando a importância do Estado, o qual deve servir como exemplo e agente incentivador de medidas que visem a preservação ambiental, este trabalho utiliza de um de seus equipamentos públicos como objeto de estudo, a Biblioteca Cidadã. Este equipamento é

reproduzido em grande escala no Estado do Paraná e ajudará a traçar um panorama mais amplo do impacto ambiental e econômico entre o projeto adotado e o proposto.

Assim sendo, busca-se traçar um comparativo que aponte através de valores claros e tangíveis se a utilização de um modo de construção alternativo realmente seria vantajoso ecológica, econômica e socialmente.

1.5 ESTRUTURA DA PESQUISA

Essa dissertação está organizada em cinco capítulos assim denominados: introdução, revisão de literatura, materiais e métodos, diagnóstico e análise dos dados e conclusões.

O primeiro capítulo introduz o trabalho ao tema, assim como o problema de pesquisa, os objetivos, os pressupostos que conduzem a investigação e a justificativa no âmbito social, econômico e tecnológico.

O segundo capítulo consiste na revisão da literatura para fundamentar teoricamente o motivo da pesquisa bem como a sua proposta. A revisão bibliográfica está dividida nos seguintes subitens: as mudanças climáticas; o meio ambiente e o desenvolvimento sustentável; a construção civil e o meio ambiente; a construção civil e a sustentabilidade; o uso da madeira na construção civil e o sistema *light wood framing*.

O terceiro capítulo trata sobre a caracterização do problema, a caracterização da pesquisa, a escolha do objeto de estudo, e aponta considerações sobre metodologia para os estudos propostos.

O quarto capítulo engloba os estudos de caso, tratando sobre a caracterização da Biblioteca Cidadã padrão (Estudo de Caso 1), além de seus índices a respeito de consumo energético, emissões de gás carbônico (embutidos nos materiais de construção) e custos para execução. Este capítulo caracteriza também a Biblioteca Cidadã proposta em *light wood framing* (Estudo de Caso 2) e demonstra o quantitativo energético, de emissão de CO₂ e orçamento para o mesmo.

O quinto capítulo trata sobre a análise dos resultados obtidos e traça os estudos comparativos quanto aos aspectos mencionados.

O sexto capítulo consiste nas conclusões extraídas das análises realizadas nos capítulos anteriores e faz também considerações pertinentes ao assunto tratado

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Segundo o *International Panel on Climate Change* - IPCC (Painel Intergovernamental para as Mudanças Climáticas, estabelecido pela Organização das Nações Unidas e pela Organização Meteorológica Mundial em 1988), mudança climática é uma variação estatisticamente significativa em um parâmetro climático (temperatura, precipitação ou ventos) médio ou na sua variabilidade, durante um período extenso de tempo, a qual não pode ser explicada como um fenômeno natural.

O "*IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change*", de 2007, demonstra que as recentes mudanças climáticas já afetaram os sistemas físicos de todos os continentes e a maioria dos oceanos. A área de gelo flutuante do ártico diminuiu de 10 a 15% desde 1950, bem como a cobertura de neve no hemisfério norte diminuiu 10% de 1960 a 1970, enquanto áreas do hemisfério sul vêm apresentando aumento nos processos de desertificação. Variações de temperatura, aumento no nível dos oceanos (de 0,14 a 0,70m até o ano de 2100, com um valor médio de 0,47m), mudança no perfil das áreas costeiras, mudanças nas precipitações são outros exemplos de alterações físicas já comprovadas.

Os sistemas biológicos também foram impactados pelas mudanças climáticas: plantas e animais estão sendo encontrados em regiões diversas das usuais; a população de animais e plantas vem aumentando em algumas regiões enquanto declina em outras; os períodos cíclicos, como o florescimento das flores ou os ciclos migratórios das aves, se anteciparam na primavera e estão acontecendo mais tarde no outono.

Algumas evidências também já podem ser seguramente apontadas como as alterações climáticas que impactam o homem: mudanças em alguns sistemas socioeconômicos foram relacionados a diminuição das chuvas na África e as precipitações extremas na América do norte; a oferta de alimentos devido a alterações na produção agrícola; a aparição mais freqüente de doenças causadas por vetores e o aumento na incidência de doenças de pele e respiratórias.

Pequenas ilhas do Pacífico, embora sejam responsáveis por somente 0,03% das emissões globais de gases poluentes, já são profundamente impactadas pelas mudanças climáticas. Tuvalu, pequena ilha de apenas 26 km² e população de 10.000 habitantes, foi o primeiro país onde as pessoas tiveram de abandonar as suas terras para escapar às cada vez mais freqüentes inundações. Quiribáti e Vanuatu também se vêem forçadas a realocar as populações vítimas da erosão das faixas costeiras e da subida do nível do mar. Relatórios científicos apontam que num futuro não tão distante milhões de pessoas em todos os continentes terão de migrar para regiões mais altas devido ao aumento do nível dos oceanos.

Estas mudanças climáticas se impõem como uma das principais problemáticas a nível mundial no século XXI. O recente consenso científico sobre as mudanças climáticas e o impacto devastador

que o aquecimento global pode causar aponta desafios que o planeta deve começar a enfrentar desde já, antes que o quadro se torne irreversível.

2.1.1 O EFEITO ESTUFA

O efeito estufa é uma das principais causas das recentes mudanças climáticas e catástrofes naturais. Este fenômeno ocorre quando uma parte da radiação solar refletida pela superfície terrestre é absorvida por determinados gases encontrados na atmosfera. Como consequência, o calor fica retido e não é liberado para o espaço.

O efeito estufa em si não é causa nenhum mal; pelo contrário, o planeta como conhecemos e até mesmo a existência dos seres vivos dependem dele, pois, sem esta absorção da radiação solar, a Terra teria uma temperatura média de cerca de 6 °C negativos. Todavia, o que pode se tornar catastrófico é a ocorrência de um agravamento do efeito estufa, o qual desestabilizaria o equilíbrio energético no planeta.

As crescentes emissões provenientes de diversos processos de combustão vêm aumentando os teores de alguns componentes da atmosfera, como o gás carbônico (CO₂), e diminuindo os teores de oxigênio em sua forma pura (O₂), além de gerar outros compostos poluentes como o dióxido de enxofre (SO₂), óxidos de nitrogênio (NO_x), hidrocarbonetos e ozônio.

Estas emissões provocam um desequilíbrio na atmosfera, contribuindo para o aparecimento de diversos problemas ambientais de âmbito global, tais como: chuvas ácidas, efeito estufa, inversão térmica, entre outros, e, em âmbito local, doenças respiratórias, alergias e outras (HERNANDES, 2004).

De acordo com o Quarto relatório IPCC (2007), o principal responsável pelo efeito estufa é o gás carbônico, subproduto, principalmente, da queima de combustíveis fósseis. Dados deste relatório mostram que as emissões globais de gás carbônico vêm aumentando desde a era pré-industrial, com um crescimento de 70% entre 1970 e 2004.

Embora os países desenvolvidos estejam entre os principais emissores de CO₂, outros países caracterizados pela intensa produção industrial e manufatureira também ocupam as primeiras posições no ranking. Somente as emissões nos países ricos atingiram 19,9 bilhões de toneladas de CO₂ em 2004, ante 17,5 bilhões em 2000 (*O Estadão, Jamil Chade, 31/10/2006*).

Pesquisa do Laboratório Oak Ridge demonstra o ranking mundial dos países que mais emitem CO₂ através da queima de combustíveis fósseis, produção de cimento e queima de gás:

POSIÇÃO	PAÍS	EMISSIONES DE CO ₂ (x 1000 ton.)
1	EUA	1.650.020
2	China	1.366.554
3	Rússia	415.951
4	Índia	366.301
5	Japão	343.117
6	Alemanha	220.596
7	Canadá	174.401
8	Reino Unido	160.179
9	Coréia	127.007
10	Itália	122.726
11	México	119.473
12	África do Sul	119.203
13	Irã	118.259
14	Indonésia	103.170
15	França	101.927
16	Brasil	90.449

Quadro 1 - Ranking mundial de emissões de CO₂.

Fonte: The US Oak Ridge National, EUA (2004)

O Brasil, que ocupa a 16ª posição do ranking, teve um crescimento vertiginoso na emissão de CO₂ nos últimos 40 anos pela queima de combustíveis fósseis. Se levarmos em consideração as queimadas e desmatamentos, o Brasil passa a estar entre os seis maiores emissores de gases causadores de efeito estufa (MOUTINHO et AL, 2002). Estima-se que existam de 10.000 a 25.000 toneladas de carbono para cada quilometro quadrado de floresta tropical, sendo que, com as queimadas, 2/3 deste carbono é transformado em CO₂ (REZENDE et AL, 2001).

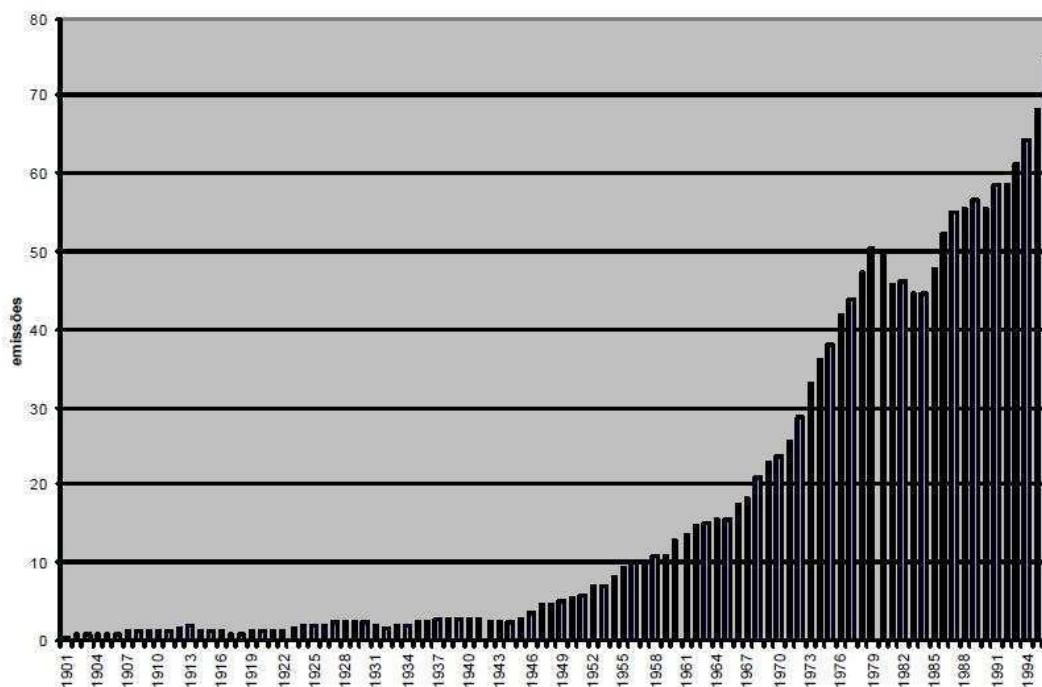


Figura 1 - Emissões de CO₂ (em 10⁶ toneladas métricas) no Brasil, provenientes da utilização de variados tipos de combustível

Fonte: Marland et al. (1999)

Projeção de emissões de gás carbônico de acordo com diferentes hipóteses sobre tecnologia e população desenvolvido pela UNFPA (2001) explicita a importância da busca por soluções alternativas e novas tecnologias que sejam menos danosas ao meio ambiente.

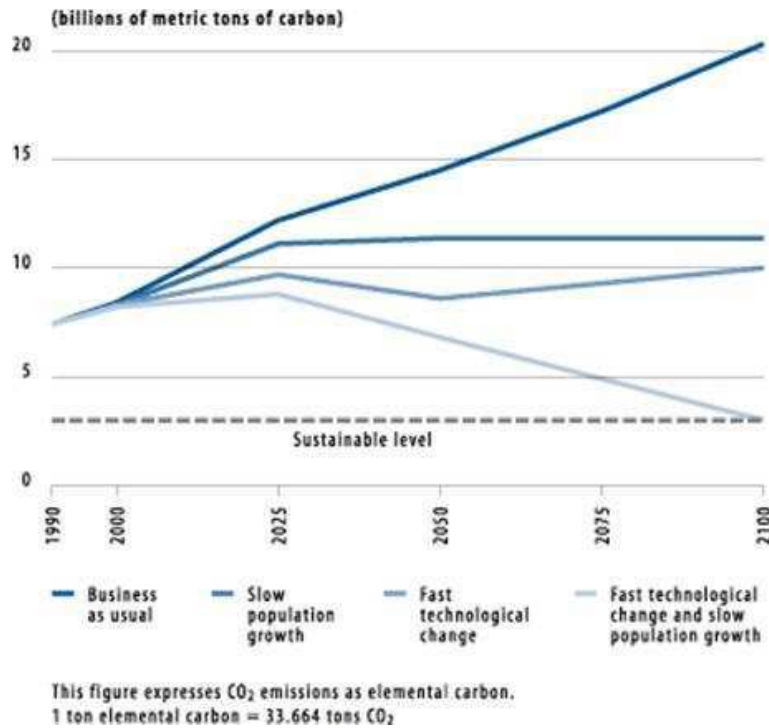


Figura 2 – Projeções de emissões de CO₂ de acordo com diferentes cenários
Fonte: UNFPA (2002)

Um modo de produção e consumo ecologicamente responsáveis aliada a um lento crescimento populacional poderia reverter o crescente índice de emissão de gases poluentes e a extinção do modo de vida como conhecemos.

2.1.2 O AQUECIMENTO GLOBAL

De acordo com dados do IPCC (2007), a temperatura média subiu de 0,4 a 0,8°C a partir de 1860. Para a *United Nation Framework Convention on Climate Change – UNFCCC* (2005), a temperatura média da superfície da Terra elevou-se em 0,6 graus Celsius desde o século XIX e é esperado um aumento entre 1,4 e 5,8° até o ano de 2100. Embora pareça pouco, este aumento será maior que o ocorrido nos últimos 10.000 anos.

O aquecimento global é um fenômeno que pode ser entendido como a retenção de calor pela atmosfera acima do considerado normal, sem que ele se dissipe adequadamente. O IPCC, no seu relatório mais recente (2007), diz que a maior parte deste aumento de temperatura observado durante os últimos 50 anos se deve muito provavelmente a um aumento dos gases causadores do efeito estufa. Ainda segundo o IPCC (2001), os impactos econômicos, sociais e ambientais afetarão a todo o planeta, mas serão sentidos de diferentes maneiras nas diversas regiões do mundo, resumidos na tabela a seguir:

REGIAO	PROVÁVEIS IMPACTOS
AFRICA	<p>Diminuição da produção agrícola e escassez de alimentos Diminuição da disponibilidade de água Aumento dos vetores de diversas doenças Aumento da desertificação Extinção de animais e plantas Aumento de enchentes e problemas sanitários</p>
ASIA	<p>Diminuição da produção agrícola Diminuição da disponibilidade de água em algumas regiões Aumento de doenças respiratórias, de pele e transmitidas por vetores Danos ao ecossistema costeiro Migração de milhões de pessoas devido ao aumento do nível do mar e sua invasão nas regiões costeiras e ao aumento extremo de temperatura em algumas áreas</p>
AUSTRALIA E NOVA ZELANDIA	<p>Diminuição da disponibilidade de água Diminuição da biodiversidade - extinção de animais e plantas Aumento do nível do mar e invasão das regiões costeiras Diminuição da produção agrícola Aumento do número de queimadas Enchentes e inundações Aumento de doenças transmitidas por vetores</p>
EUROPA	<p>Escassez de água na região sul Aumento no número de enchentes e queimadas Desaparecimento de geleiras Aumento na produção agrícola nas regiões norte e diminuição da produção agrícola nas regiões do sul Extinção de animais e plantas Mudanças no potencial turístico Aumento do nível do mar e invasão das regiões costeiras</p>
AMERICA LATINA	<p>Diminuição significativa nas precipitações e secas severas em algumas regiões Aumento significativo nas precipitações e enchentes constantes em outras regiões Diminuição da produção agrícola e pesca Aumento dos vetores de diversas doenças Extinção de animais e plantas Aumento do nível do mar e invasão das regiões costeiras</p>
AMERICA DO NORTE	<p>Aumento na produção agrícola em algumas regiões e diminuição em outras Escassez de água Secas severas Aumento no número de tempestades de gelo e chuvas de granizo Aumento dos vetores de diversas doenças Aumento do nível do mar e invasão das regiões costeiras</p>
REGIÕES POLARES (ÁRTICO E ANTARTICO)	<p>Diminuição das calotas polares Diminuição das áreas reflexivas de radiação solar Elevação do nível do mar Alteração das correntes marinhas Aumento de produção de CO2 nas regiões articas</p>
PEQUENAS ILHAS	<p>Migração de milhões de pessoas devido ao aumento do nível do mar Colapso do ecossistema Escassez de água Diminuição de atividade pesqueira Diminuição do turismo</p>

Quadro 2 – Prováveis conseqüências do aquecimento global

Fonte: Adaptado de IPCC (2001)

2.2 INTRODUÇÃO A SUSTENTABILIDADE

2.2.1 HISTORIA

A preocupação com a interação do homem com o meio ambiente vem de tempos remotos. GRIGOLLETI (2001) cita que já em 4.000 A.C os sumérios demonstravam interesse na limitação de seus recursos naturais através do controle de sua exploração, bem como as cidades de Ur (2.300 A.C.) e Assur (1.300 A.C.).

Com o passar dos séculos e a formação da sociedade industrial, a busca pelo desenvolvimento deixou a preocupação ambiental de lado. Naquela época, entendia-se que o desenvolvimento e a defesa do meio ambiente eram práticas opostas que não poderiam existir simultaneamente (JOHN, 2000).

Somente na primeira metade do século XX algumas atitudes foram esboçadas para a preservação do meio ambiente, tais como a criação de reservas de proteção e limitação de áreas de caça e comércio, como ficou estabelecido na Convenção pela Preservação da Fauna e Flora e seu Estado Natural, de 1933 (JOHN, 2000). Anos mais tarde surgiram várias ONG's (Organizações Não Governamentais) interessadas na proteção do meio ambiente, dentre as quais se destaca a Greenpeace, fundada em 15 de setembro de 1971.

Lentamente, foi-se compreendendo que qualquer consumo excessivo ou ineficiente de recursos naturais é um abuso ao meio ambiente (SJÖSTRÖM, 2000). A partir dos anos 70, observa-se, então, uma crescente preocupação internacional em relação às conseqüências da então forma de desenvolvimento que utilizava de maneira irresponsável os recursos naturais.

Ao longo dos anos, inúmeras convenções para tratar sobre as questões ambientais começam a ser organizadas, e algumas metas começam a ser estabelecidas a fim de se reverter ou diminuir o impacto causado ao meio ambiente. Dentre elas, destacam-se a Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente Humano (Estocolmo, 1972); a Convenção de Viena para Proteção da Camada de Ozônio (Viena, 1985); o Protocolo de Montreal (Montreal, 1987); a Conferência das Nações Unidas sobre Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD) – Eco 92 ou Rio 92 (Rio de Janeiro, 1992), Conferência das Nações Unidas (Istambul, 1996) e o Protocolo de Kyoto (1997) (LAMBERTS, 2007).

A Rio 92 foi um dos eventos mais importantes no que diz respeito ao envolvimento da comunidade global em prol ao meio ambiente. Nela, foi estabelecida a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (UNFCCC), a qual propõe ações para que inúmeros países (atualmente 186 países, basicamente industrializados) controlem as atividades antrópicas a fim de se estabilizar as concentrações atmosféricas dos gases de efeito estufa. Desde então, estes países vem se encontrando em conferencias, das quais se destaca a realizada em Kyoto, 1997, no qual é estabelecido que os países industrializados devem reduzir suas emissões em 5,2% abaixo dos níveis observados em 1990 entre os anos de 2008 e 2012.

Na Rio 92 foram elaborados importantes documentos, dos quais se destacam a Carta da Terra (rebatizada de Declaração do Rio) e a Agenda 21 (OLIVEIRA FILHO, 2004). A Agenda 21, um documento que contém compromissos para mudança do padrão de desenvolvimento no século 21, destina-se a ser um programa de ações e planejamento participativo a fim de se desenvolver um novo padrão de desenvolvimento, conciliando métodos de proteção ambiental, justiça social e eficiência econômica (CNUMAD, 1992).

Embora alguns países coloquem em primeiro plano os próprios interesses econômicos (a exemplo dos EUA, que se recusou a assinar o Protocolo de Kyoto), tem-se visto grandes avanços onde os governos estão considerando a sustentabilidade como um tema central para direcionar o seu desenvolvimento. Além disso, a conscientização da população também é uma peça fundamental, pois um consumidor exigente e consciente das necessidades ambientais reflete no modo de produção das indústrias.

2.2.2 CONCEITOS

Foi no Clube de Roma, em 1968, que o conceito de desenvolvimento sustentável foi utilizado pela primeira vez, representando uma contestação ao modelo econômico adotado pelos países industrializados. Ali, introduziu-se a preocupação ambiental como elemento fundamental ao crescimento econômico (WINES, 2000)

Em 1987, no informe intitulado “*Nosso futuro comum*”, também conhecido como relatório de Brundtland, foi introduzido pela primeira vez o termo desenvolvimento sustentável como “aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade das gerações futuras de atenderem as suas próprias necessidades” (CIB 2000), uma das definições mais adotadas e representativas para aqueles que buscam um desenvolvimento responsável. O Relatório de Brundtland destacava ainda que “... desenvolvimento sustentável não é um estado de harmonia fixa, mas um processo de mudança no qual a exploração de recursos, a orientação do desenvolvimento tecnológico e as mudanças institucionais são feitas de modo consciente com as necessidades presentes e futuras.”

O conceito de desenvolvimento sustentável, portanto, não se limita apenas aos problemas ambientais. SACHS (in SEDREZ, 2001) evidencia cinco dimensões para o planejamento da sustentabilidade:

- Sustentabilidade social, onde o objetivo principal é melhorar as condições de vida da população e reduzir as desigualdades sociais;
- Sustentabilidade econômica, que visa a alocação e gestão mais eficientes dos recursos e um fluxo regular de investimentos, tanto públicos quanto privados;
- Sustentabilidade econômica, que prevê a diminuição da exploração e uso dos recursos naturais não renováveis, a redução do volume de resíduos e de poluição, a utilização de fontes de energia alternativas, entre outros;

- Sustentabilidade espacial, em busca de uma melhor distribuição territorial urbana, evitando aglomerações em grandes centros urbanos e com configuração rural/urbana mais equilibrada;
- Sustentabilidade cultural, que procura alcançar o desenvolvimento sustentável sempre respeitando as diversidades culturais de cada lugar.

2.3 A CONSTRUÇÃO CIVIL E O MEIO AMBIENTE

O setor da construção civil possui grande expressão dentro da economia mundial. Na União Européia, a indústria da construção civil responde por cerca de 11% do PIB. No Brasil, esta parcela é ligeiramente maior e ultrapassa os 14% (JOHN, 2000).

Ao mesmo tempo em que o setor da construção civil movimenta uma grande parcela da economia, ele também responde por uma parte ainda mais significativa quando tratamos de impactos ambientais. A atividade da construção é responsável pela extração de grandes quantidades de recursos naturais, pelo consumo de grande volume de energia, pela emissão de grandes quantidades de poluentes e pela produção de grande parte dos resíduos gerados no planeta.

O ciclo de vida de uma edificação é bastante longo e deve ser considerado desde a fase de produção dos materiais de construção, passando pela fase da construção propriamente dita e culminando na fase de uso efetivo da edificação. Todas estas fases devem ser bem planejadas a fim de se causar o menor impacto possível ao meio ambiente.

Todo este processo, desde a extração da matéria prima até a utilização da edificação, consome 16,6% do fornecimento mundial de água pura, 25% da extração de madeira, 40% dos combustíveis fósseis e 40% dos materiais manufaturados (WINES, 2000). Estes dados demonstram o tamanho da cadeia de produção que o setor da construção civil movimenta e também a relevância do setor da construção civil em se tratando da utilização dos recursos naturais - renováveis ou não – e do impacto ambiental que este causa.

Apesar de uma maior consciência e preocupação ambiental, a indústria da construção civil ainda tem um longo caminho a percorrer. Algumas iniciativas, como Resolução 307/2002 do CONAMA sobre entulhos, estão sendo tomadas, mas ainda são bastante pontuais e devem ser estimuladas.

2.4 IMPACTOS AMBIENTAIS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

2.4.1 EMISSÕES DE CO₂

A indústria da construção civil responde em grande parte pelo efeito estufa, pois emite grandes quantidades de CO₂, principal gás responsável pelo efeito estufa. Segundo o CIB (2000), a construção civil é responsável por 20% a 30% de todas as emissões de gases causadores do efeito estufa.

Estudos demonstram que no Japão as emissões de CO₂ referente às construções residenciais e não residenciais correspondem a 7,8% do total daquele país. Para a *UK-Sweden Initiative for Sustainable Construction* (2006), no Reino Unido 52% de emissões de CO₂ são provenientes das construções e usos das edificações. Na Índia o setor de construção é responsável por 17% do total das emissões de gás carbônico.

De acordo com JOHN (2005), a contribuição da indústria da construção na emissão de gases causadores do efeito estufa, em especial o CO₂, se deve à queima de combustíveis fósseis - na produção dos materiais, no transporte dos materiais e na utilização da edificação - e à decomposição do calcário.

Ainda segundo JOHN (2005), os materiais abaixo indicados são os que mais emitem gases causadores do Efeito Estufa:

- Cimento
- Cal,
- Aço (ferro),
- Areia e Brita (retirada e transporte),
- Cerâmica vermelha,
- PVC (plásticos)

Estudo realizado pelo IDD (2001), o qual observa a indústria da construção civil na Bélgica, aponta o concreto como o material de construção que mais contribui para as emissões do CO₂:



Figura 3 – Principais materiais de construção emissores de gases causadores do efeito estufa.

Fonte: IDD – Instituto Wallon – VITO (2001)

Uma vez concluída a construção, tem início sua utilização, outra fase de seu ciclo de vida. Para obras prediais, tanto residenciais quanto comerciais, a principal fonte de emissões será certamente o consumo de energia, embora seja significativamente menor do que a energia consumida na fase de produção. No Brasil, ao contrário da maioria dos países do hemisfério norte, a matriz de geração de eletricidade é bastante limpa, com grande participação da energia hídrica.

Tomando como exemplo cálculos elaborados para um edifício de escritórios em São Paulo, as emissões anuais de gases de efeito estufa da energia consumida no período de uso do imóvel

(3,6 kgCO₂/m²) é muito inferior às emissões anuais ocorridas durante a construção (150,48 kgCO₂/m²) (NEUDING, 2009).

Percebe-se, portanto, que é na fase da construção e principalmente da fabricação dos materiais de construção que reside a maior parcela de emissão dos gases causadores do efeito estufa. A procura pela utilização de materiais alternativos e de produção ecologicamente responsável deve ser o foco para se reduzir a contribuição do setor da construção civil na emissão destes gases poluidores.

2.4.2 CONSUMO DE ENERGIA

No Brasil, ao contrário da maioria dos países, a matriz de geração de eletricidade é bastante limpa, com grande participação da energia hídrica. Como mostra o gráfico a seguir da Resenha Energética Brasileira - exercício de 2009, a matriz de oferta de energia elétrica no Brasil é basicamente de recursos renováveis (89,9%), enquanto a média mundial (18,2%) e dos países que compõem o OECD (16%) demonstra que a oferta de energia está embasada em recursos não renováveis.

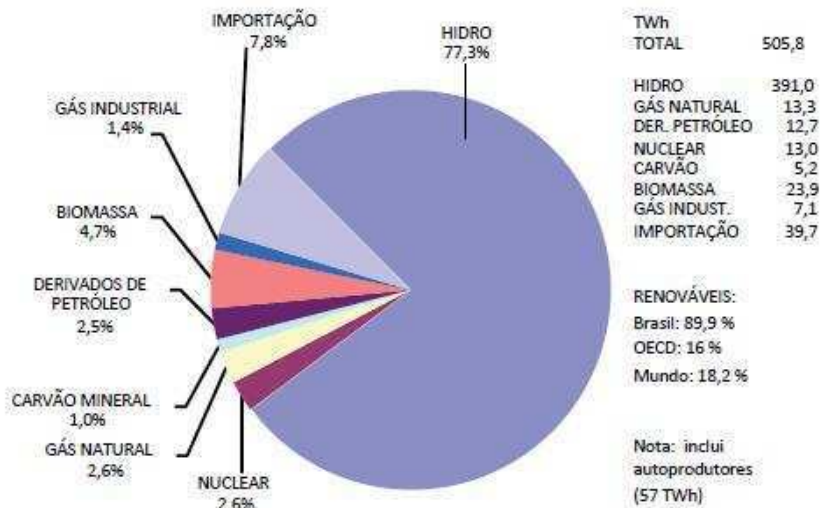


Figura 4 – Oferta interna de energia elétrica

Fonte: MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, Resenha Energética Brasileira - exercício 2009.

Em todo o mundo, o complexo da construção civil e os seus produtos, principalmente as edificações, são responsáveis por uma grande parte do consumo energético (JOHN, 2000). Os índices variam de país para país, mas, na média, 40% da energia gerada anualmente é utilizada na construção civil (LIPPIATT, 1998), podendo aumentar para 50% se for considerado o consumo indireto de energia (CIB, 200).

No Brasil, as edificações consomem, somente para uso e manutenção, 44% do consumo total de energia elétrica do país, distribuído entre os setores residencial (22%), comercial (14%) e público (8%) (Brasil, BEN, 2005 in LAMBERTS, 2009).

Todavia, a maior parte do consumo de energia das edificações vem da fase de construção, principalmente da fase de fabricação dos materiais de construção. Estes são, em sua maioria,

produtos industrializados os quais consomem energia desde a fase de extração da matéria prima até o transporte para o canteiro de obra, passando pela fase do beneficiamento (KRÜGER et al., 2000). A demanda energética durante a fase de construção de uma edificação divide-se da seguinte maneira:

ETAPA	DEMANDA ENERGÉTICA
Fabricação dos materiais de construção	96,41%
Transporte dos materiais para a obra	1,38%
Trabalhos no subsolo e fundação	0,57%
Construção	1,24%
Total	100%

Quadro 3 – Consumo de energia por etapas da construção
Fonte: MASCARÓ (1992) in KRUGER (2000)

2.4.3 GERAÇÃO DE RESÍDUOS

De acordo com LIPPIATT, 1998, a produção dos diferentes tipos de materiais de construção emite poluentes, os quais geram diversos impactos, tais como destruição da camada de ozônio, aquecimento global ou efeito estufa, poluição do ar por partículas e chuva ácida. A geração de resíduos de construção e demolição (RCD) e os impactos da cadeia produtiva do setor geram problemas como a degradação de mananciais e APPs, assoreamento de rios e córregos e prejuízos à saúde pública.

Segundo a CIB, o setor da construção produz enormes quantidades de resíduos, sendo o responsável por 30 a 40% do total produzido. Este número aumenta ainda mais se considerarmos os resíduos das demolições. A massa de resíduos gerados de construção e demolição é igual ou superior a massa de lixo urbano, com valores muito variáveis entre países mas com valores típicos em torno de 400kg/hab.ano (JOHN, 2000).

Dados do Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo- SindusCon (Sinduscon, 2005) apontam que o setor da construção civil representa entre 50 e 70% dos resíduos urbanos totais das principais cidades do Estado de São Paulo.

A Resolução 307 do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) é uma lei de responsabilidade para com os resíduos provenientes das atividades da construção civil. Ela determina que o manuseio e destinação do entulho das obras serão responsabilidades dos construtores, os quais devem evitar a geração de resíduos, reutilizando e reciclando sempre que possível. Quanto à destinação, em nenhuma circunstância os resíduos poderão ser dispostos em aterros de resíduos domiciliares, em áreas de bota-fora, em encostas, corpos d'água, lotes vagos e em áreas protegidas por lei (CONAMA, 2002).

2.5 OS MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO E OS IMPACTOS AMBIENTAIS

2.5.1 A PRODUÇÃO DO CIMENTO

De acordo com o CIB (2000), a produção anual de cimento ultrapassa 1,56 bilhões de toneladas ao ano. Depois da queima dos combustíveis fósseis, a produção cimentícia é a principal responsável pela emissão de gases causadores do efeito estufa. Somente o Brasil, com uma produção anual de 38 milhões de toneladas de cimento, libera aproximadamente 22,8 milhões de toneladas de gás carbônico por ano na atmosfera (TOLEDO, 2004).

Segundo a *European Commission*, 1999 (apud CIB 2000), são liberados 1,1 toneladas de CO₂ para cada tonelada de cimento produzido, além de se utilizar pelo menos 3,6 toneladas de água para se produzir 1 tonelada de cimento (seco) (*Earthlife Africa* apud CIB 2000).

De acordo com JOHN (2005), a indústria do cimento sozinha é responsável por 10% de todas as emissões de CO₂ no Brasil. Para Isaia e Gastaldini (apud JOHN 2005), é liberada 1 tonelada de CO₂ por tonelada de clínquer, correspondendo de 5 a 8% do total liberado anualmente na atmosfera.

Para DEMANBORO et al (2003), a indústria do cimento responde por cerca de 7% da emissão anual de gás carbônico na atmosfera, lançando 0,6 tonelada de CO₂ para cada tonelada de cimento produzida.

2.5.2 A PRODUÇÃO DO CAL

O óxido de cálcio, mais conhecido como cal, é produzido a partir da calcinação do calcário (processo em que o calcário é submetido a altas temperaturas), o que gera o gás carbônico. Pode-se afirmar que para cada 1000 Kg de calcário, gera-se aproximadamente 400 Kg de CO₂, considerando apenas a transformação química (JOHN, 2005).

2.5.3 A PRODUÇÃO DE TIJOLOS CERÂMICOS

A maior parte da indústria de cerâmica vermelha utiliza como fonte de energia no seu processo de produção a queima de combustível que provem de biomassa (lenha, serragem, etc.), emitindo gases como o CO₂ no processo.

No Estado do Rio Grande do Sul, mais de 90% da energia consumida nas olarias provem de biomassa (lenha, serragem, cascas de árvore, etc). No Estado de Santa Catarina, segundo relatório realizado sobre o setor, a produção de cerâmica teve um consumo de lenha estimado em torno de 1.400.000 m³/ano, o que equivale a 8.000 ha de eucaliptos, deste total, 78% da lenha é oriunda de mata nativa e apenas 22% de mata plantada.

De acordo com os dados da *European Commission*, 1999 (apud CIB, 2000), são liberadas 0,25 toneladas de CO₂ para cada tonelada de cerâmica produzida. Os resultados obtidos em pesquisa da SERT (2008) apresentam valores semelhantes: libera-se aproximadamente 0,22 toneladas de CO₂ para cada tonelada de cerâmica, ao passo que consome 3,0MJ de energia para cada quilo produzido.

A produção cerâmica, portanto, apresenta emissão de gases causadores de efeito estufa relativamente baixos, inferiores a produtos derivados de madeira, como os compensados e o MDF, mas ainda assim 3 vezes superiores à produção de blocos em concreto.

2.5.4 A PRODUÇÃO DOS AGREGADOS

O principal impacto relacionado ao uso de areia e brita na construção civil diz respeito à degradação das áreas de extração da matéria-prima, ao esgotamento dos recursos (não é renovável), à geração de rejeitos lançados ao solo ou corpos d'água e as emissões de gases provenientes dos equipamentos para retirada e britagem, os quais, na maioria das vezes, possuem motores a combustão.

2.5.5 A PRODUÇÃO DO AÇO

O aço é utilizado na construção civil principalmente como barras para as estruturas ou nas esquadrias. O aço é obtido através de processos siderúrgicos onde o minério de ferro é acrescido de carbono em quantidades pré-estabelecidas para se chegar a uma resistência mecânica desejada, liberando, no processo, grande quantidade de gás carbônico.

Segundo dados da European Commission, 1999 (apud CIB 2000), são liberados 1,2 toneladas de CO₂ para cada tonelada de aço produzido, além de utilizar de pelo menos 300 toneladas de água para se produzir uma tonelada de aço (Earthlife Africa apud CIB 2000). Segundo pesquisa da SERT (2008), a produção de 1 quilo de aço libera 2,75kg de CO₂ na atmosfera além de consumir 35,30MJ de energia por quilo fabricado.

2.5.6 A PRODUÇÃO DOS PLÁSTICOS (PVC) E ALUMÍNIO

Os plásticos PVC e o alumínio são os maiores consumidores de energia para fabricação, além de serem os maiores emissores de gás carbônico na atmosfera. Dados da pesquisa de SERT alegam que para se produzir PVC para esquadrias se consome 2310MJ/kg e são liberados 118kgCO₂/kg, enquanto, as esquadrias de alumínio consomem 5470MJ/kg e liberam 279kgCO₂/kg. Em termos de comparação, esquadrias de madeira consomem aproximadamente 10 vezes menos energia.

2.5.7 O TRANSPORTE DOS MATERIAIS

Um dos fatores que influenciam no consumo energético de uma edificação é a distância entre percorrida entre os fornecedores dos materiais de construção e o canteiro de obra. Segundo KRUGER et. al. (2000), o transporte de materiais até o canteiro representa 1,38% da energia total consumida em uma obra. Ainda segundo KRUGER, parece haver uma tendência atual de resistência ao consumo de materiais locais e ao aumento de consumo de materiais industrializados, o que aumenta os gastos com transporte.

Além do consumo energético, vale lembrar o significativo volume de CO₂ liberado pelos caminhões no transporte destes materiais.

2.6 A CONSTRUÇÃO CIVIL E A SUSTENTABILIDADE

2.6.1 HISTÓRIA

Inicialmente, a busca pela sustentabilidade no ambiente construído enfatizava o manejo dos recursos limitados, especialmente energia, e como reduzir os impactos sobre o meio ambiente. Mais tarde, o enfoque estava baseado em requisitos mais técnicos da construção, como os materiais componentes do edifício, tecnologias construtivas e conceitos de projetos relacionados à energia.

Com o passar dos anos, a compreensão da relação entre a sustentabilidade e a construção civil ultrapassou os aspectos técnicos e começou a contemplar as questões sociais e econômicas como cruciais para o desenvolvimento sustentável nas construções, devendo receber tratamento específico em qualquer definição. Mais recentemente, também os aspectos culturais e as implicações do patrimônio cultural do ambiente construído passaram a ser considerados relevantes para a construção sustentável (SJÖSTRÖM, 2000).

Durante a Rio 92, a comunidade internacional acordou a aprovação de um documento contendo premissas para a mudança do padrão de desenvolvimento no século 21, denominando-a Agenda 21. Esta se destina a ser um programa de ações, em escala global, para se promover um novo padrão de desenvolvimento, conciliando métodos de proteção ambiental, justiça social e eficiência econômica (CNUMAD, 1992).

Dentro da Agenda 21, o setor da construção civil foi considerado de significativa importância na busca pelo desenvolvimento sustentável, e, diante da importância do assunto, decidiu-se criar um documento dedicado exclusivamente à construção civil e sua relação com o meio ambiente. Assim, o CIB elaborou um documento chamado *Agenda 21 for sustainable construction*, posteriormente traduzido para o português pelo Departamento de Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para a “Agenda 21 para Construção Sustentável” em novembro de 2002.

Leis e incentivos para edificações que sejam projetadas de forma ambientalmente responsável e possuam alto desempenho energético estão sendo desenvolvidas em inúmeros países. Os sistemas de certificação começaram na Europa e hoje são adotados por outros países como EUA, Canadá, Japão, Austrália, entre outros. É consenso entre pesquisadores e agências governamentais que a *classificação de desempenho* atrelada aos sistemas de certificação é um dos métodos mais eficientes para elevar o nível de desempenho tanto do estoque construído quanto de novas edificações

Entre os principais sistemas de avaliação ambiental de edificações (todos membros do World GBC – *World Green Building Council*) destacam-se:

- HQE – *Haute Qualité Environnementale des Batiments*. França.
- LEED - *Leadership in Energy and Environmental Design*. USA

- CASBEE - *Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency*. Japão.
- REEAM e ECOHOMES - *BRE Environmental Assessment Method*. Reino Unido.
- GREEN STAR– Austrália.

2.6.2 CONCEITUAÇÃO E ELEMENTOS PARA UMA CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL

De acordo com Conselho Internacional para a Pesquisa e Inovação em Construção – CIB, a construção sustentável deve partir de um “o processo holístico para restabelecer e manter a harmonia entre os ambientes naturais e construídos e criar estabelecimentos que confirmem a dignidade humana e estimulem a igualdade econômica” (CIB/UNEP-IETC, 2002).

De acordo com a International Organization for Standardization –ISO (ISO/TC 59/SC3 N 459):

“Edificação sustentável é aquela que pode manter moderadamente ou melhorar a qualidade de vida e harmonizar-se com o clima, a tradição, a cultura e o ambiente na região, ao mesmo tempo em que conserva a energia e os recursos, recicla materiais e reduz as substâncias perigosas dentro da capacidade dos ecossistemas locais e globais, ao longo do ciclo de vida do edifício.”

Os principais elementos segundo várias abordagens nacionais sobre construção sustentável são (CIB, 2000):

- Redução do uso de fontes de energia e do esgotamento dos recursos minerais
- Conservação das áreas naturais e da biodiversidade
- Manutenção da qualidade do ambiente construído e gerenciamento saudável de ambientes internos

De acordo com JOHN et AL (2000), a adoção de uma Agenda 21 para construção sustentável visando a indústria brasileira deve considerar as peculiaridades e necessidades do país, destacando-se os seguintes pontos:

- Reduzir os desperdícios de materiais de construção
- Aumentar e/ou incentivar a utilização de materiais reciclados como materiais de construção civil
- Observar e procurar a eficiência energética nas edificações
- Promover a conservação de água
- Melhorar a qualidade do ar interno nas edificações
- Aumentar a durabilidade das edificações, o que conseqüentemente reduz a necessidade de manutenção
- Aplicar esforços para resolução de problemas na área de habitação, infra-estrutura e instalações sanitárias
- Melhorar a qualidade dos processos de construção.

De acordo com TRIANA (2005), as edificações devem seguir determinados preceitos para serem consideradas sustentáveis, englobados nas seguintes categorias:

- Escolha de um entorno sustentável: escolher o local par ao projeto de acordo com critérios de sustentabilidade, implantar o projeto de maneira sustentável, incentivar e priorizar o pedestre e o uso do transporte alternativo e o uso de paisagismo exterior para reduzir ilhas de calor;
- Uso racional dos recursos naturais: uso racional da água, promover a eficiência energética da edificação, escolher o uso de materiais sustentáveis, promoção da reciclagem e evitar emissões atmosféricas que afetem a camada de ozônio;
- Promoção e manutenção da qualidade ambiental interna da edificação: controlar os poluentes de ar, promover conforto térmico e ventilação natural, maximizar a iluminação natural, proporcionar bom desempenho acústico;
- Características do projeto: prever flexibilidade e adaptabilidade do projeto, desenvolver o projeto de maneira multidisciplinar e integrada e facilitar a manutenção do edifício;
- Aspectos sócio-econômicos: considerar a aplicação de critérios de desenho universal e maximizar a utilização de materiais e mão de obra local.

2.7 O USO DA MADEIRA NA CONSTRUÇÃO CIVIL

A madeira é um material utilizado na construção desde a Antiguidade, como atestam algumas obras seculares que até hoje perduram. As soluções técnicas sofreram grande evolução, especialmente no século XX com o desenvolvimento de idéias e processos de pré-fabricação. A busca por soluções rápidas, práticas e de simples execução simples encontrou na madeira um fértil campo a ser explorado.

A madeira é um material de construção facilmente renovável, energeticamente eficiente tanto na sua produção, no seu processamento e no seu uso (MARRA, 1992). Aliado a isto, o fato da madeira ser uma matéria-prima renovável faz da mesma um produto ideal para construções sustentáveis.

O Relatório do *Intergovernmental Pannel for Climate Change* afirma que as florestas têm potencial para reduzir os efeitos das emissões globais de CO₂ pois as árvores o absorvem na fotossíntese e liberam oxigênio. Afirma ainda que as atividades ligadas às florestas podem se integrar a programas de desenvolvimento sustentável, contribuindo para a preservação ambiental e na redução da pobreza (GAZETA DO POVO, 2007).

Utilizando a "análise de ciclo de vida", o qual permite quantificar o consumo energético e a poluição gerada em todas as etapas da edificação (desde a extração da matéria prima até o uso do objeto), estudo do *Canadian Wood Council* compara o impacto causado por edificação com

estrutura em madeira, em aço e em concreto (utilizando como base edifício de escritórios com 3 andares de 4.620,00m² cada), permitindo verificar o impacto ambiental de cada um:

Material	Consumo de energia	Emissões de CO2	Poluição aérea	Poluição da água	Resíduos sólidos	Impacto Ambiental
Madeira (1)	x	x	x	x	x	x
Aço (2)	2,4 x	1,45 x	1,42 x	120 x	1,36 x	1,16 x
Concreto (3)	1,7 x	1,81 x	1,67 x	1,90 x	1,96 x	1,97 x

1 Estrutura em madeira compensada com camada de concreto sobre pisos

2 Estrutura em aço galvanizado com camada de concreto sobre pisos

3 Estrutura e lajes em concreto armado moldado in loco

Quadro 4: Comparação entre edifícios em madeira, aço e concreto

Fonte: Canadian Wood Council, 1997

Segundo BARBOSA et al, a análise do ciclo de vida dos materiais de construção demonstra que o uso da madeira acarreta em grandes benefícios para o meio-ambiente e que isto deve ser considerado quando da escolha dos materiais utilizados na industria da construção civil.

Materiais de baixa energia <1	Concreto	0,2 - 0,5	KWh/kg
	Madeira serrada	0,5 - 0,9	
Materiais de alta energia 1 - 10	Tijolo cerâmico	1,0 - 1,2	KWh/kg
	Telha de cimento	2,1	
	Cimento	2,2	
Materiais de baixa energia >10	Aço galvanizado	10,5	KWh/kg
	Alumínio	46 - 56	
	PVC	80	

Quadro 5: Exemplo de quantidade de energia embutida nos materiais de construção

Fonte: Szokolay, 1997 apud Canadian Wood Council, 1997

De acordo com Iwakiri (2005), a floresta pode ser utilizada de diversas formas e para diversas finalidades: a madeira em toras; a madeira em produtos sem industrialização ou semi-industrializados - utilizados como postes, mourões ou similares; madeira serrada com ou sem beneficiamento; laminados e compensados. Pode ainda ser transformada em energia, utilizando-se a madeira como lenha, carvão vegetal, álcool; como partículas utilizadas nos aglomerados; em forma de fibras nos papéis e chapas duras; além de fornecer outros produtos, como frutos, resinas, borracha, óleo, essências vegetais, dentre outros.

Todavia, a madeira ainda é pouco utilizada nas construções brasileiras, sendo que pesquisa realizada no ano de 2002 demonstra que metade da madeira consumida no estado de São Paulo é utilizada em estruturas de cobertura:

USOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL	CONSUMO (1000m3)	%
Estrutura de telhado	891,70	50
Andaimes e formas para concreto	594,4	33
Forros, pisos e esquadrias	233,50	13
Casas pré-fabricadas	63,70	4
Total	1783,30	100

Quadro 6: Consumo de madeira serrada amazônica pela construção civil, no estado de São Paulo em 2001

Fonte: Sobral et al (2002) apud Zenid (2009)

As árvores, em função de suas direções de crescimento, formam lenhos com estrutura heterogênea e anisotrópica. As características, disposições e frequência dos elementos celulares resultam em algumas limitações naturais do uso da madeira, em relação: às dimensões das peças, no que tange à largura e ao comprimento, limitados ao diâmetro e altura das árvores.

De acordo com ZENID (2009), os painéis de madeira surgiram da necessidade de amenizar estas variações dimensionais da madeira maciça, diminuir seu peso e custo e manter as propriedades isolantes, térmicas e acústicas. Adicionalmente, suprem uma necessidade reconhecida no uso da madeira serrada e ampliam a sua superfície útil, através da expansão de uma de suas dimensões - a largura - para, assim, otimizar a sua aplicação.

O Brasil apresenta excelentes condições para a produção de painéis de madeira, considerando a disponibilidade do cultivo em larga escala de essências florestais de rápido crescimento.

Saber a procedência da madeira é fundamental no momento da compra do produto. A certificação florestal é uma importante ferramenta de mercado que atesta se uma determinada empresa ou comunidade maneja suas florestas de acordo com padrões pré-definidos que garantam a legalidade e utilização racional das florestas. Na prática, empresas de comunidade certificadas são monitoradas no mínimo a cada ano e sempre precisam apresentar desempenho superior ao do ano anterior.

Estão disponíveis no Brasil o Sistema de Certificação Florestal Brasileiro do INMETRO (CERFLOR) e o sistema do FSC – *Forest Stewardship Council* (Conselho de Manejo Florestal) –, que certificam a produção adequada ambientalmente. Também existem hoje organizações não-governamentais que buscam orientar as empresas interessadas em ter um controle sobre a origem da madeira que consomem, como o Sistema de Implementação e Verificação Modular (SIM) da WWF-Brasil.

2.8 O SISTEMA LIGHT WOOD FRAMING

A origem do sistema *light wood framing* (estrutura leve em madeira) remota ao desbravamento do

oeste norte-americano e sempre estiveram relacionados com uma construção rápida e, naquela época, uma atividade coletiva. Hoje, o sistema está tão arraigado nas culturas norte-americana e canadense, que praticamente não se encontram residências executadas com outros sistemas construtivos, como a nossa alvenaria estrutural ou concreto armado.

Embora seja bastante difundida em países desenvolvidos do hemisfério norte, a realidade construtiva brasileira poderia inviabilizar a adoção deste tipo de sistema. Todavia, o único empecilho que o *light wood framing* encontra no Brasil é a questão cultural, uma vez que construções em madeira são vistas com certo preconceito.

De acordo com SACCO e STAMATO (2008), o comportamento estrutural do *wood frame* assemelha-se ao da alvenaria estrutural, onde cada elemento recebe esforços de diferentes naturezas, sempre conjugados com outros elementos. De forma bastante resumida, o dimensionamento dessas estruturas considera que as paredes e pisos têm comportamento de placa e chapa, recebendo cargas tanto no seu plano quanto perpendicularmente a esse.



Figura 5: Construção em light wood framing
Fonte: framingexperts.co.uk



Figura 6: Construção em light wood framing
Fonte: framingexperts.co.uk

Os painéis de piso recebem as cargas de peso próprio e acidentais, perpendiculares ao seu plano, que são resistidas pelas chapas de OSB e vigas I por flexão simples. As vigas I são apoiadas nas paredes, que assim solicitam os montantes à compressão paralela às fibras. Esses, por sua vez, descarregam esses esforços no pavimento inferior ou nas fundações. Por estarem fixados às chapas de OSB, esses montantes não apresentam flambagem na menor inércia, sendo verificada a instabilidade na maior inércia.

Devido à rigidez das paredes e pisos nos seus planos, o *wood frame* tem grande capacidade de resistir aos esforços de vento, diferente dos sistemas construtivos de casas de madeira utilizados no Brasil. Com os esforços horizontais, a parede é solicitada perpendicularmente ao seu plano, resultando em esforços de flexão nos montantes e nas chapas de OSB. Essa parede transfere esses esforços para os pisos inferior e superior, que receberão esses esforços como carga distribuída.

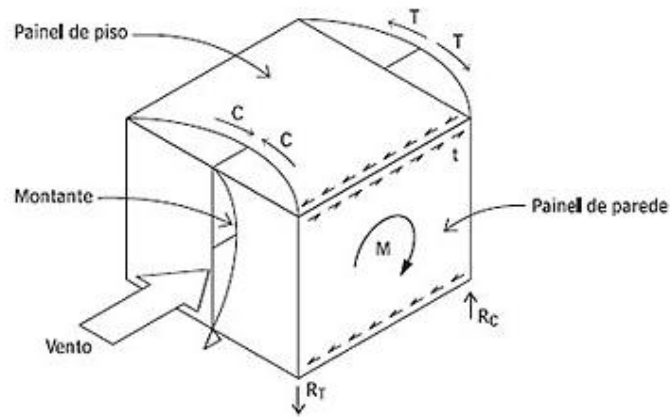


Figura 07 : esquema comportamento estrutural wood frame sob ação do vento
 Fonte: SACCO e STAMATO, 2008

Ainda segundo SACCO e STAMATO (2008), os painéis de paredes são compostos por montantes verticais de madeira com seção típica 38x90mm. Esses montantes estão dispostos com espaçamentos entre si que podem ser de 40 cm ou 60 cm, modulação essa em consonância com os tamanhos das placas de OSB. Cada painel é fechado com duas guias de madeira de mesma seção, uma superior e outra inferior. Após a disposição dos painéis, sobre a fundação ou sobre a plataforma, conformando a planta do pavimento, uma segunda guia de madeira é pregada sobre a guia superior, só que essa sobrepõe os encontros de painel, solidarizando-os.

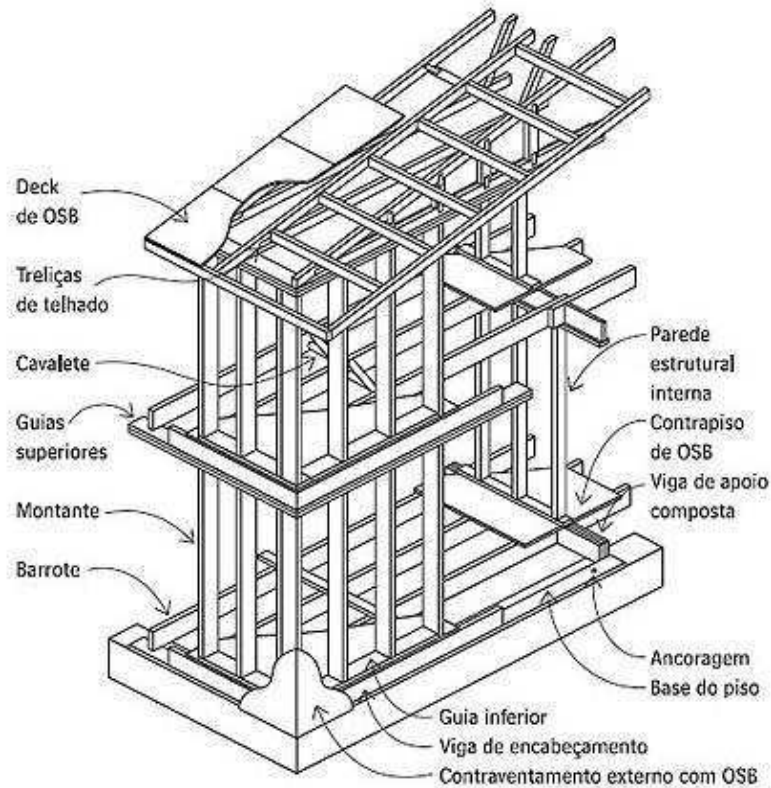


Figura 08 : esquema construção em light wood framing
 Fonte: SACCO e STAMATO, 2008

Todas as ligações são pregadas. O prego, apesar de parecer um elemento primitivo, é um ótimo sistema de fixação, especialmente quando pregado de forma não-perpendicular à superfície, tornando a ligação mais resistente. No sistema *wood frame* são utilizados pregos tipo ardox ou anelado, os quais dificultam o arrancamento, especialmente em madeiras macias. Os pregos

deverão ser sempre galvanizados a fogo, uma vez que deverão ter longa vida de serviço.

Para aberturas de portas e janelas, os montantes que se encontram na região devem ser deslocados lateralmente, jamais eliminados. Além dos montantes acumulados nas laterais, deve ser incluído mais um, com a altura da abertura (2,15 m, por exemplo) para que sirva de apoio para as vergas. Na parte inferior devem ser colocados ainda mais dois pedaços de montantes com 38 mm a menos que a altura inferior da abertura, de forma que receba mais uma peça de montante horizontal. Nos vãos inferiores e superiores da abertura devem ser colocados pedaços de montantes de forma que mantenham o espaçamento padrão de 40 cm ou 60 cm e sirvam de apoio para as placas de OSB.

De acordo com SACCO e STAMATO (2008), o conceito do sistema de fechamentos é que para cada item de desempenho há um elemento específico: montantes de madeira são a estrutura, chapa de OSB no lado externo é contraventamento e suporte para revestimento, manta de impermeabilização garante a estanqueidade do sistema e o revestimento tem a função de proteger das intempéries (especialmente ação do sol) e atender requisitos da arquitetura. Do lado interno, a placa de *drywall* garante acabamento e excelente desempenho acústico, reforçado pela lã mineral que pode ser ou não colocada no interior da parede para a obtenção de desempenhos específicos no que tange ao isolamento térmico e acústico. Como se vê, trata-se de um sistema aberto e muito adequado para se tirar partido da nova norma de desempenho NBR 15.575 - desempenho esse que será determinado de acordo com a composição dos vários materiais e do custo que se define como parâmetro.

2.8.1 O PINUS

A madeira utilizada no sistema de *wood frame* é o pínus. Na América do Norte a sigla SYP (*Southern Yellow Pine*) designa várias espécies de pínus de rápido crescimento, dentre os quais o *elliottii* e o *taeda*, que são duas das espécies mais plantadas no Brasil.

Assim como na parte sul dos Estados Unidos, no Brasil a madeira de pínus precisa passar por processo de tratamento em autoclave, para ficar imune ao ataque de cupins. Por ser uma conífera, o seu lenho é totalmente permeável ao tratamento, o que não ocorre com a maioria de nossas madeiras nativas e com o eucalipto, que são folhosas. O tratamento em autoclave mais recomendado para o uso em *light wood framing* é o que utiliza produtos hidrossolúveis, em especial o CCA tipo C óxido. As normas internacionais recomendam retenção mínima de 4,0 kg de I.A. /m³ (I. A. = ingrediente ativo) para as madeiras utilizadas protegidas de intempéries. Esse é o caso da maioria das peças utilizadas no *wood frame*. A exceção são as peças que vão em contato direto com a fundação de concreto ou em contato com umidade. Nesse caso a recomendação de norma é de no mínimo 6,5 kg I. A./m³.

A produção de pínus no Brasil é uma atividade comercial formal e está presente em todos os Estados das regiões Sul, Sudeste e Centro-oeste, além da Bahia, sendo, portanto, uma base

florestal importante para considerar o sistema de *light wood frame* sustentável do ponto de vista de atendimento de demanda.

2.8.2 O OSB

No mercado mundial desde a década de 70, o *Oriented Strand Board* nasceu nos Estados Unidos como uma segunda geração do *waferboard*, produto desenvolvido em 1954 pelo Dr. James Clarke. O OSB foi concebido originalmente para atender ao segmento de construção *framing*, apresentando uma característica demandada, mas não presente tanto na madeira aglomerada tradicional quanto nas chapas MDF: a resistência mecânica exigida para fins estruturais (ZENID, 2009).

O OSB está no mercado brasileiro desde ao início da década de 1980. Em 2001 foi inaugurada a primeira fábrica de OSB no Brasil, na região de Ponta Grossa (PR).

A sigla OSB vem do inglês *Oriented Strand Board*, o que significa Painel de Tiras de Madeira Orientadas. Trata-se de um produto de grande resistência mecânica, versatilidade e qualidade uniforme, que pelas suas características é tratado como um painel estrutural.

Os painéis são formados por camadas de partículas ou de feixes de fibras com resinas fenólicas, que são orientados em uma mesma direção e então prensados sob alta temperatura para sua consolidação, o que aumenta a sua resistência mecânica, rigidez e estabilidade.

Cada painel consiste de três a cinco camadas, orientadas em ângulo de 90 graus umas com as outras. A resistência destes painéis à flexão estática é alta, não tanto quanto a da madeira sólida original, mas tão alta quanto a dos compensados estruturais, aos quais substituem perfeitamente. O seu custo é mais baixo devido ao emprego de matéria-prima menos nobre, mas não é admitido a incorporação de materiais residuais ou “finos”, como no caso dos aglomerados.

Segundo MENDES et. al. (2000), a principal vantagem da utilização do OSB é de cunho econômico e ecológico, além da sua produção apresentar um consumo energético relativamente baixo, sendo constituído de material biodegradável, proveniente de recurso renovável e principalmente a possibilidade de aproveitamento de material de pequenas dimensões no seu processo de fabricação.

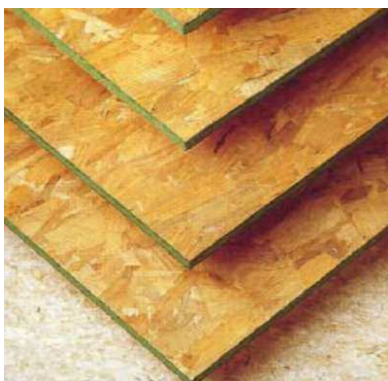


Figura 09 : Chapa OSB
Fonte: lpbrasil.com.br

3 METODOLOGIA DA PESQUISA

3.1 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

No campo da pesquisa, existe ampla literatura dedicada a conceber projetos mais sustentáveis; inúmeros são os autores que propõem métodos alternativos e inúmeras são as pesquisas que comprovam o estado de deterioração do planeta.

Não é mais possível negar os danos que a sociedade moderna vem causando ao planeta. Se antes não acompanhávamos as mudanças físicas e biológicas que o planeta vinha sofrendo, hoje temos notícias diárias sobre catástrofes mundiais causadas pelas mudanças climáticas. E mesmo no Brasil, país privilegiado quanto às catástrofes naturais, é cada vez mais freqüente casos extremos de temperatura, secas prolongadas, inundações e até mesmo aparecimento de furacões e tufões antes extremamente raros.

Com o reconhecimento de que o problema passa por toda a sociedade, a comunidade científica vem propondo modelos alternativos de consumo para se minimizar os impactos ambientais. Especificamente para a construção civil, as pesquisas se focam no desenvolvimento de materiais de construção alternativos, que causem menor impacto ambiental na fase de produção e resultem em construções mais racionais, com menor desperdício, execução mais célere e menor produção de resíduos.

Todavia, com uma análise mais crítica, é possível destacar inúmeras propostas pouco viáveis à aplicação real, seja devido a questões culturais quanto econômicas. Se estreitarmos estas propostas ao âmbito nacional, ainda mais limitantes encontramos, uma vez que não se investe muito em pesquisa no país e a tradição construtiva está muito arraigada no consciente coletivo, que não almeja grandes mudanças.

Todavia, é importante discutir a aplicação de alternativas viáveis à nossa realidade, considerando a escolha de materiais locais e a racionalização das obras. Passando à esfera pública, esta discussão fica ainda mais relevante, uma vez que o agente público deve ser um fomentador de iniciativas sustentáveis.

Esta pesquisa visa contribuir para o estudo, projeto e aplicação de técnicas construtivas em que as condições ecológicas e bioclimáticas sejam prioritárias. Indo além, pretende fazer uma análise orçamentária, uma vez que a viabilidade de aplicação de um modelo passa pela questão dos custos.

Traçando uma comparação entre a construção em alvenaria tradicional e a mesma edificação construída com o sistema *light wood framing*, esta pesquisa pretende responder à seguinte questão: **"É possível a construção de um equipamento público utilizando um método construtivo alternativo ser menos danosa ao meio ambiente e ainda ser economicamente viável?"**

3.2 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Segundo Yin (2005), existe três condições que devem ser avaliadas para a definição do método de pesquisa. A primeira é o tipo de questão de pesquisa, a segunda é a extensão de controle que o pesquisador tem sobre os eventos comportamentais efetivos, e a terceira é o grau de enfoque nos acontecimentos históricos em oposição aos acontecimentos contemporâneos. Um esquema básico para a escolha do método a ser utilizado, é demonstrado no Quadro 5 abaixo, utilizado como parâmetro para essa pesquisa, baseado em dados de Yin (2005).

ESTRATÉGIA	FORMA DE QUESTÃO E PESQUISA	EXIGE CONTROLE SOBRE EVENTOS COMPORTAMENTAIS?	FOCALIZA ACONTECIMENTOS CONTEMPORÂNEOS?
EXPERIMENTO	Como, por que	Sim	Sim
LEVANTAMENTO	Quem, onde, quantos e quando	Não	Sim
PESQUISA HISTÓRICA	Como, por que	Não	Não
ANÁLISE DE ARQUIVOS	Quem, o que, onde, quantos, quando	Não	Sim / não
ESTUDO DE CASO	Como, por que	Não	Sim

Quadro 07 : situações segundo as diferentes abordagens de pesquisa

Fonte: Yin (2005)

Considerando as questões acima, o presente trabalho utiliza-se do método “Estudo de caso” como o método de pesquisa adotado. Segundo Yin (2005), o estudo de caso como técnica de pesquisa é útil para explicar relações causais em situações da vida real que são complexas demais para utilizar estratégias experimentais ou de levantamento de dados. Também possibilita descrever um contexto da vida real no qual ocorreu uma intervenção ou explorar intervenções onde não existe clareza no conjunto de resultados. Além disso, a pesquisa se ocupa de um fato contemporâneo, a sustentabilidade, que atinge todas as esferas da sociedade, passando pelo poder público, pelos agentes produtores, executores e consumidores.

Assim, por meio estudo de caso, os objetivos e as questões do problema estabelecido podem ser atendidos de forma satisfatória, dentro de algumas limitações. Utilizando de um único objeto com duas propostas distintas, esta pesquisa utilizado o estudo de caso múltiplo, sendo analisado três eventos distintos – consumo de energia na fase de construção, emissões de CO2 e custos.

Além disso, esta pesquisa classifica-se, quanto à natureza da pesquisa:

- Pesquisa Aplicada: objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática dirigida à solução de problemas específicos. (GIL, 2002).

Do ponto de vista da forma de abordagem do problema:

- Pesquisa Quantitativa: Requer o uso de métodos e técnicas estatísticas e segue um plano previamente estabelecido (GIL, 2002).

Do ponto de vista de seus objetivos:

- Pesquisa Exploratória: visa proporcionar maior familiaridade com o problema, procurar novas introspecções, avaliar fenômenos em uma nova visão, descobrir o que está acontecendo, fazer perguntas. Envolve levantamento bibliográfico e foca no Estudo de caso (Gil 2002). Além disso, foca tenta entender a dinâmica do fenômeno, além da relação causal. Para YIN (2005), as generalizações de um estudo com esta natureza são de natureza analítica e não estatística.

3.3 ESTRATÉGIAS DE PESQUISA

Essa pesquisa tem o propósito de traçar um estudo comparativo entre o método de construção tradicional e o método light wood framing. Para tal, utiliza-se de um objeto – a Biblioteca Cidadã – o qual propiciará levantamentos quantitativos para os dois métodos, os quais serão utilizados para o cálculo de consumo de energia, emissões de CO₂ e custos.

3.3.1 REVISÃO DE LITERATURA

Em fase anterior a coleta de dados foi realizada a pesquisa bibliográfica, pois, segundo Yin (2005), antes da realização de um estudo de caso é necessário realizá-la, pois a coleta de campo depende da compreensão do que está sendo pesquisado. Outro fator importante na preparação da revisão bibliográfica, é que esta contribui para a interpretação dos resultados obtidos pelo autor e na comparação com aqueles constantes em outros estudos (GIL, 2002). Assim, a revisão bibliográfica se desenvolveu a partir de materiais já elaborados, constituídos de livros, publicações periódicas e impressos diversos (GIL, 2002).

A literatura revisada foi referente ao meio ambiente e à sustentabilidade, à importância da construção civil nas discussões ambientais e à pesquisa por métodos menos danosos ao meio ambiente.

A finalidade da revisão de literatura é, portanto, dar o suporte para a análise dos dados coletados, entender e aprofundar sobre o tema proposto e concretizar a importância de se avaliar os índices de poluição ambiental através das construção das bibliotecas cidadãs. Além disso, a revisão da literatura comprova o quão benéfico este modelo de construção seria para o Brasil, além da grande demanda existente.

3.3.2 ESCOLHA DO OBJETO

Para a seleção do objeto (e estudo de caso), foram adotados critérios relacionados ao projeto e a sua aplicação em grande escala. O objeto, pequeno e de construção simples, mostra-se propício ao levantamento quantitativo, além de ser de simples adaptação ao modelo proposto.

O objeto sendo um equipamento público, esta pesquisa eleva a discussão à esfera administrativa, o que permite questionar se as praticas atualmente adotadas são as mais benéficas à sociedade.

Além disso, por ser um objeto padrão empregado em grande escala (o objetivo é construir 300 bibliotecas cidadãs até o fim de 2010 em diferentes município dos Estado do Paraná), é possível fazer um prospecto do impacto ambiental e financeiro em maior escala, tornando ainda mais representativos os dados e resultados coletados.

3.3.3 ESTUDOS PROPOSTOS

A primeira etapa demonstra a compatibilização do projeto padrão em um projeto de *light wood frame*, destacando as etapas desta adaptação do projeto bem como as mudanças que se fazem necessárias. Além disso, algumas mudanças serão propostas em prol do melhor aproveitamento energético e conforto ambiental.

Nesta proposta destaca-se também a escolha de materiais construtivos alternativos, de fontes renováveis ou de menor impacto ambiental de fabricação. Uma explanação sobre estes materiais busca demonstrar as desvantagens e vantagens perante os materiais tradicionais

O levantamento quantitativo de materiais é segunda etapa, a qual embasará a análise comparativa entre os sistemas construtivos propostos. O levantamento quantitativo de todos os materiais e serviços necessários para a execução da obra relacionados aos índices “ecológicos” e financeiros permitirá comparar os sistemas e apontar as suas vantagens e desvantagens.

Quanto à terceira etapa da pesquisa, os estudos comparativos, faz-se as seguintes considerações:

- **Emissões de CO₂ e Consumo de energia:** Para o estudo de emissões de CO₂ e consumo de energia, utiliza-se de uma fonte única, a pesquisa “*Inventory of Carbon & Energy (ICE)*” (Inventário de Carbono e Energia, em português) da Universidade de Bath, realizada no Reino Unido no ano de 2008 . Embora existam estudos relativos a consumo de energia dos materiais e emissões de CO₂ na construção civil produzidos no Brasil e portanto, aproximados da nossa realidade, esta dissertação utiliza desta pesquisa americana pois ela engloba materiais “chave” para o estudo comparativo não abordados em pesquisas nacionais, uma vez que são pouco relevantes para a nossa realidade.
- **Custos de construção:** Para o comparativo de custos, será adotado o Método Discriminativo de Orçamento, o qual, considerando todos os serviços necessários para a execução da edificação, resulta em um orçamento bastante exato e confiável. Utilizar-se-á o custo da edificação tradicional (padrão) segundo Planilha Orçamentária desenvolvida pela Secretaria de Estado de Obras Publicas do Estado do Paraná (SEOP-PR) e o orçamento do método Wood frame será desenvolvido pelo autor, o qual utilizará a tabela de serviços e custos SEOP 2008, a mesma utilizada na confecção do orçamento do projeto

padrão. As composições dos serviços não constantes nesta tabela serão apresentadas em anexo.

Este estudo não contempla os custos e mobilizações necessárias quanto à implantação da edificação ao lote, uma vez que este é um projeto padrão que deve ser adequado para cada terreno em que deve ser edificado.

O foco principal desta pesquisa é o estudo comparativo. Vale ressaltar, portanto, que, acima da questão de validade dos índices apresentados, esta pesquisa enfoca na análise comparativa e, para tal, utiliza de uma única fonte de dados, a qual utiliza dos mesmos critérios e parâmetros para a formatação de seus dados.

Por fim, a partir dos resultados obtidos nos estudos comparativos, pretende-se concluir se a aplicação de do sistema *wood framing* no projeto da biblioteca cidadã seria viável e vantajoso para ao meio-ambiente e à sociedade.

4 MATERIAIS

4.1 ESTUDO DE CASO 1 - BIBLIOTECA CIDADÃ

4.1.1 DESCRIÇÃO

A Biblioteca Cidadã é um equipamento público do Governo do Estado do Paraná, aplicado nos municípios mais carentes do Estado com o objetivo de democratizar o conhecimento. Cada Biblioteca Cidadã conta com um acervo inicial superior a 2000 títulos e um telecentro, com cinco computadores ligados à internet

Financiado e gerido pela Secretaria de Cultura do Estado do Paraná (SEEC), cada Biblioteca Cidadã tem aproximadamente 184 metros quadrados e é construída sobre um terreno doado pela prefeitura (contrapartida). Este projeto foi concedido em 2004 pela SEEC e, até o fim de 2010, o Governo do Estado pretende construir 300 bibliotecas em todo o Estado.

O programa da Biblioteca Cidadã conta com sala de leitura, sala de acervo, salão infantil, telecentro, salão comunitário, sala administrativa, banheiro feminino, banheiro masculino, sanitário para portadores de necessidades especiais, além de copa e pequeno depósito. O caimento dos telhados e as paredes cegas permitem a execução de futuras ampliações sem grandes transtornos.

O método construtivo adotado é tradicional e de domínio comum às construtoras. Segue breve memorial descritivo do projeto padrão:

- Fundações: dependendo do solo do local a ser implantado, pode ser estaca, estaca pré-moldada ou sapata;
- Estrutura: vigas e pilares em concreto armado (concreto usinado fck=18,0Mpa e armadura CA-50 e CA-60);
- Vedações: alvenaria de tijolos cerâmicos com 15 cm (internas, ½ vez) e 20 cm (externas, 1 vez) acabadas.
- Portas em madeira com acabamento em pintura verniz
- Esquadrias em ferro com pintura antiferruginosa tipo zarcão e vidro 3mm ou martelado;
- Estrutura da cobertura em madeira;
- Cobertura telha cerâmica francesa;
- Revestimento paredes: chapisco, emboço, reboco, pintura látex ou azulejo 15x15cm (nas áreas molhadas);
- Revestimento piso: piso cerâmico PEI-4 40x40cm assentado sobre lastro impermeabilidade em concreto não estrutural;
- Revestimento forro: forro tipo lambril em madeira cedrinho;
- Instalações elétricas;
- Instalações de lógica e telefonia;
- Instalações hidráulicas.

Para reforçar o caráter lúdico e valorizar os artistas locais, cada biblioteca cidadã recebe em sua fachada (empena cega) uma pintura diferente. A seguir, algumas imagens das Bibliotecas Cidadãs:



Figura 10: Fachada Biblioteca Cidadã de Rebouças
Fonte: SEOP 2010



Figura 11: Fachada Biblioteca Cidadã de Mangueirinha
Fonte: SEOP 2010



Figura 12: Fachada Biblioteca Cidadã Vale do Ivaí
Fonte: SEOP 2010



Figura 13: Sala de leitura Biblioteca Cidadã
Fonte: SEOP 2010

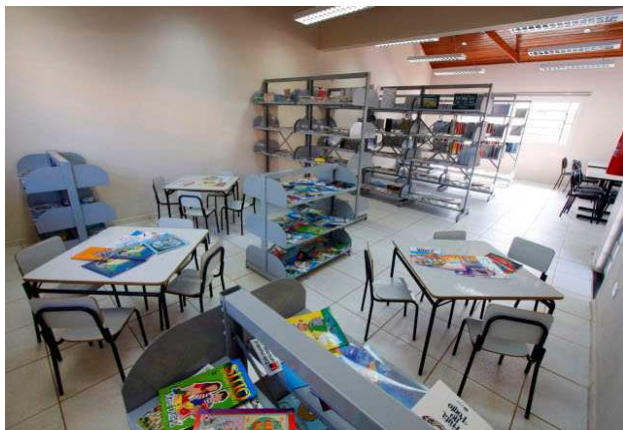


Figura 14: Salão infantil Biblioteca Cidadã
Fonte: SEOP 2010



Figura 15: Salão comunitário Biblioteca Cidadã
Fonte: SEOP 2010

4.1.2 QUANTITATIVO ENERGIA E CO₂ EMBUTIDOS

Utilizando como base o *Inventory of Carbon e Energy (ICE)* (Inventário de Carbono e Energia, em português), desenvolvido em 2008 na Universidade inglesa de Bath, elabora-se estudo relacionando a quantidade dos materiais necessários para a execução do objeto com a quantidade de energia e a quantidade de gás carbônico embutidos nos materiais de construção.

A energia e carbono embutidos de um material de construção podem ser entendidos como o total de energia consumida e carbono liberado durante o ciclo de vida do material, o qual vai desde a extração da matéria prima (incluindo os combustíveis) até o fim do seu tempo de vida útil (incluindo a energia consumida na manufatura, transporte, manutenção, descarte...).

Alguns itens do ICE possuem diferentes parâmetros para o ciclo de vida, sendo que alguns foram quantificados até a hora que saem da fábrica enquanto outros consideram também a energia consumida no transporte do material até o local da obra. Esta diferenciação está especificada para cada material.

O ICE relaciona a massa dos materiais (kg) com a energia e o gás carbônico embutidos, expressando a quantidade de energia embutida em cada quilo do material, bem como a quantidade de CO₂ embutido em cada material de construção. Como o quantitativo de materiais levantado para a obra utiliza diferentes unidades de medida para os diferentes serviços (por metro linear (m), área (m²), volume (m³), serviços unitários ou até mesmo globais), faz-se necessário utilizar de dados como a densidade ou rendimento dos materiais para se chegar à quantidade em quilos correspondente. Por exemplo:

Serviço: Lastro de pedra brita apiloada (manual) e=3cm (m²)

Composição serviço: 0,0315 m³ brita 2 / m²

Quantidade: 163,13m²

Volume brita: 163,13 x 0,0315 = 5,14m³

Densidade: 2240kg/m³

Quantidade em quilos: 5,14 x 2240 = 11510,45kg

Embora os serviços de uma construção englobem tanto materiais (insumos) quanto mão de obra, este estudo não contempla os índices relativos à mão de obra, calculando a energia e o CO₂ embutidos somente dos materiais de construção.

Como a lista de materiais de construção é reduzida, nem todos os materiais necessários para a execução da obra foram incluídos no cálculo. Todavia, todos os elementos básicos para a edificação foram contemplados e serão posteriormente comparados.

Segue tabela com o cálculo de energia embutida (EE) e CO₂ embutido e liberado (CE) dos materiais de construção do modelo padrão de Biblioteca Cidadã:

MATERIAIS	SERVIÇO	QUANT. kg	EE MJ/kg	CE kgCO2/kg	EE TOTAL MJ	CE TOTAL kgCO2	OBS.
Agregados							
	Lastro brita	11.510,45	0,10	0,005	1.151,04	57,55	Densidade: 2240kg/m3
Alumínio							
Chapa	Calha e rufo	137,38	155,00	8,26	21.293,28	1.134,73	Densidade: 2400kg/m3
Tijolo							
Comum		15.440,00	3,00	0,22	46.320,00	3.396,80	1,90 kg/ud
Cimento							
Argamassa 1:4	Regul.piso	4.995,04	1,21	0,177	6.044,00	884,12	1700kg/m3
	Chapisco	25.138,58	1,21	0,177	30.417,68	4.449,53	1700kg/m3
	Assent. tijolos	1.723,07	1,21	0,177	2.084,91	304,98	1700kg/m3
Argamassa 1:6			0,99	0,136			
Argamassa 1:2:9	Emb. e reboco	18.534,75	1,09	0,143	20.202,87	2.650,47	1531kg/m3
Argamassa 1:1:6	Assent. piso	2.555,85	1,18	0,163	3.015,90	416,60	1531kg/m3
	Assent. azulejo	558,51	1,18	0,163	659,04	91,04	1531kg/m3
Cerâmica							
Comum (padrão)			10,00	0,65			
Produtos refratários			5,50	0,51			
Produtos sanitários		65,00	29,00	1,48	1.885,00	96,20	
Revest. cerâmico	Piso	2.394,88	9,00	0,59	21.553,93	1.412,98	2,23 kg/ud (6,25ud/m2)
	Azulejo	508,44	9,00	0,59	4.575,96	299,98	2,23 kg/ud (6,25ud/m2)
Telha		10.373,40	11,30	0,30	117.219,42	3.112,02	2,26 kg/ud (18ud/m2)
Concreto							
1:2:4	Infraestrutura	20.640,00	0,95	0,129	19.608,00	2.662,56	Densidade: 2400kg/m3
	Superestrutura	28.800,00	0,95	0,129	27.360,00	3.715,20	Densidade: 2400kg/m3
	Verga	6.888,00	0,95	0,129	6.543,60	888,55	Densidade: 2400kg/m3
1:4:8	Lastro piso	18.270,56	0,69	0,08	12.381,57	1.435,54	Densidade: 2200kg/m3
	Lastro infraest.	873,60	0,69	0,08	592,02	68,64	Densidade: 2200kg/m3
Cobre							
Cabo		134,85	47,50	3,01	6.405,38	405,90	87kg/km
Isolantes							
Manta (lã de vidro)	Cobertura	121,31	16,60	1,20	2.013,67	145,57	Densidade: 32kg/m3
Verniz							
	Esquadrias	3,34	50,00	5,35	166,95	17,86	Rendimento: 10m2/kg
	Forro	26,08	50,00	5,35	1.303,80	139,51	Rendimento: 10m2/kg
Tinta							
2 demãos	Paredes	739,37	20,40 MJ/m2	1,06 kgCo2/m2	15.083,15	783,73	
Tubo PVC							
	Eletroduto	547,35	67,50	2,50	36.946,13	1.368,38	0,89kg/m
	Água e esgoto	142,40	67,50	2,50	9.612,00	356,00	0,89kg/m
Aço							

Barra	Infraestrutura	880,00	36,40	2,68	32.032,00	2.358,40	
	Superestrutura	871,00	36,40	2,68	31.704,40	2.334,28	
	Verga	85,70	36,40	2,68	3.119,48	229,68	
Madeira							
Compensado	Forma superestrutura	1.420,80	15,00	0,81	21.312,00	1.150,85	Densidade: 640kg/m ³
Madeira serrada (macia)	Forma infraestrutura	921,60	7,40	0,45	6.819,84	414,72	Densidade: 480kg/m ³
	Cobertura	2.832,48	16,00	0,86	45.319,68	2.435,93	Densidade: 480kg/m ³
Tábua	Forro	1.564,56	7,80	0,47	12.203,57	735,34	Densidade: 600kg/m ³
Esquadrias							
Ferro (janela de 1,2x1,2m c/ vidro)		22,8 ud	1205,00 MJ/ud	61,50 kgCO ₂ /ud	38.304,00	1.949,40	
TOTAL					605.199,45	41.900,30	

Quadro 08: Quantidade de energia e CO₂ embutidos nos materiais da Biblioteca Cidadã padrão

Fonte: Autor

A quantidade de energia embutida encontrada nos materiais do projeto padrão da Biblioteca Cidadã corresponde a 605.199,45 MJ ou 605,20 GJ. Destacam-se como materiais com maior consumo de energia (relativo à quantidade) a madeira, os tijolos e as barras de aço para o concreto armado. Este material envolvem processos siderúrgicos os quais transformam rochas minerais em ligas metálicas através do derretimento em fornos de alta temperatura (1000°C), os quais consomem enorme quantidade de energia.

Todavia, o material com maior consumo de energia (relativo à quantidade) e contribuição para o total é a telha cerâmica (20,36%), outro material que depende de energia calorífica no processo de fabricação.

Quanto ao gás carbônico, a quantidade embutida nos materiais necessários para a construção de método tradicional da biblioteca corresponde a 41.900,30 kg, ou seja, 41,90 toneladas de gás CO₂. Destacam-se quanto a quantidade de gás carbônico embutido os materiais cerâmicos (tijolo e telha) e o concreto, o qual envolve cimento na sua confecção, um dos maiores responsáveis pela emissão global de gás carbônico.

4.1.3 ORÇAMENTO

O custo total para a execução do projeto padrão da Biblioteca Cidadã (desconsiderando os custos relativos à implantação) é de R\$164.990,00, valor este que sobe para R\$197.988,00 quando incluído o BDI de 20,00%¹ (ver planilha orçamentária no Anexo B).

O BDI (Benefícios e Despesas Indiretas) corresponde à soma das despesas indiretas da obra (despesas não ligadas diretamente a execução do objeto, como despesas de escritório, administrativas, de transporte...) com os benefícios (lucro). A inclusão do índice BDI é importante para se chegar ao custo real (comercial).

¹ O BDI de 20,00% é o BDI mínimo adotado pela SEOP

4.2 ESTUDO DE CASO 2 - BIBLIOTECA CIDADÃ EM *LIGHT WOOD FRAMING*

4.2.1 DESCRIÇÃO

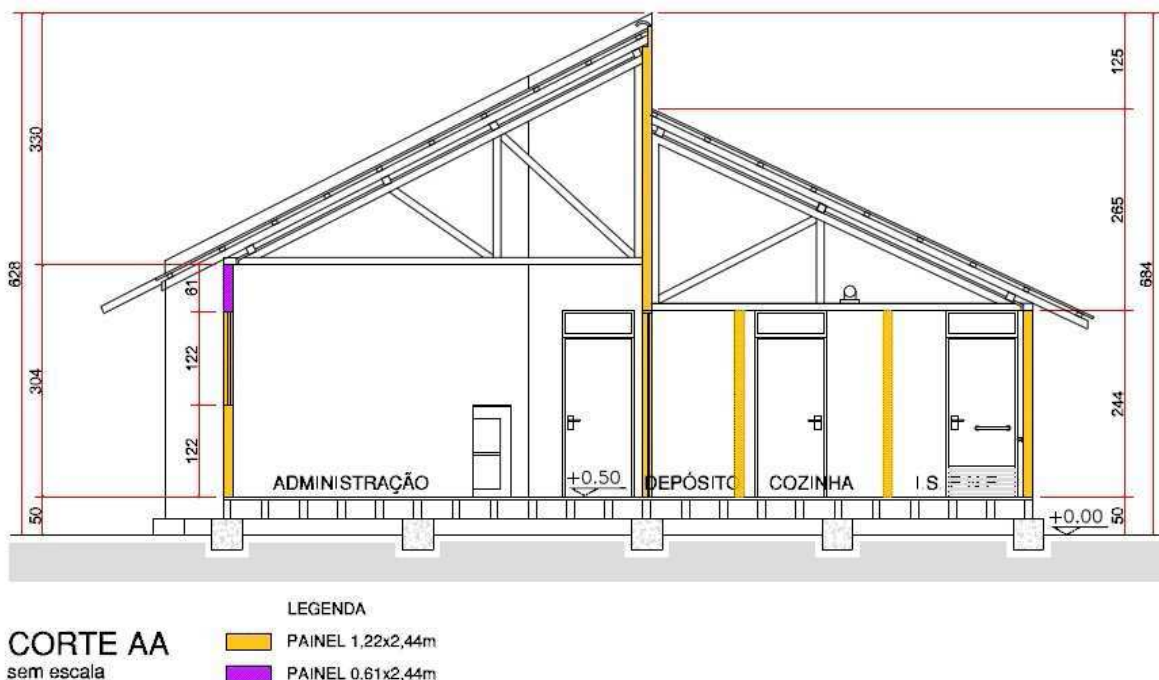
O projeto padrão da Biblioteca Cidadã, desenvolvido pela Secretaria de Cultura do Estado do Paraná - SEEC, foi utilizado como base para o projeto proposto em *light wood framing*.

O *light wood framing* é um sistema de “construção seca”, embasado na modularidade dos painéis estruturais formados pelo ripamento de pinus e placas OSB (*Oriented Strand Board*). O termo “construção seca” se caracteriza pela não utilização de água na execução da obra e é uma tendência mundial, por ser um processo industrializado que permite maior controle de custos e tempo.

Este sistema foi escolhido por apresentar boas características técnicas além da facilidade de fornecimento e montagem. Sua principal vantagem, no entanto, é a ampla utilização de madeira de reflorestamento de plantios sustentáveis, o pinus, tanto em forma de madeira cortada quanto de madeira processada e compensada, o OSB.

Para adaptar o projeto padrão da Biblioteca Cidadã ao sistema *light wood frame*, foram necessárias algumas alterações para obedecer a modularidade das chapas de OSB (1,22m), a fim de se diminuir a necessidade de cortes e desperdício. Deste modo, pequenos ajustes foram necessários no tamanho dos ambientes (a área do edifício diminuiu de 183,79m² para 180,43m²) e na altura da Biblioteca (a altura máxima diminuiu em 11 centímetros). Além disso, pequenos ajustes na dimensão das esquadrias também otimizam o aproveitamento das chapas.

Segue, a seguir, corte esquemático e planta baixa do projeto adaptado, demonstrando o posicionamento e a modularidade dos painéis (“estrutura” de pinus e chapas OSB).



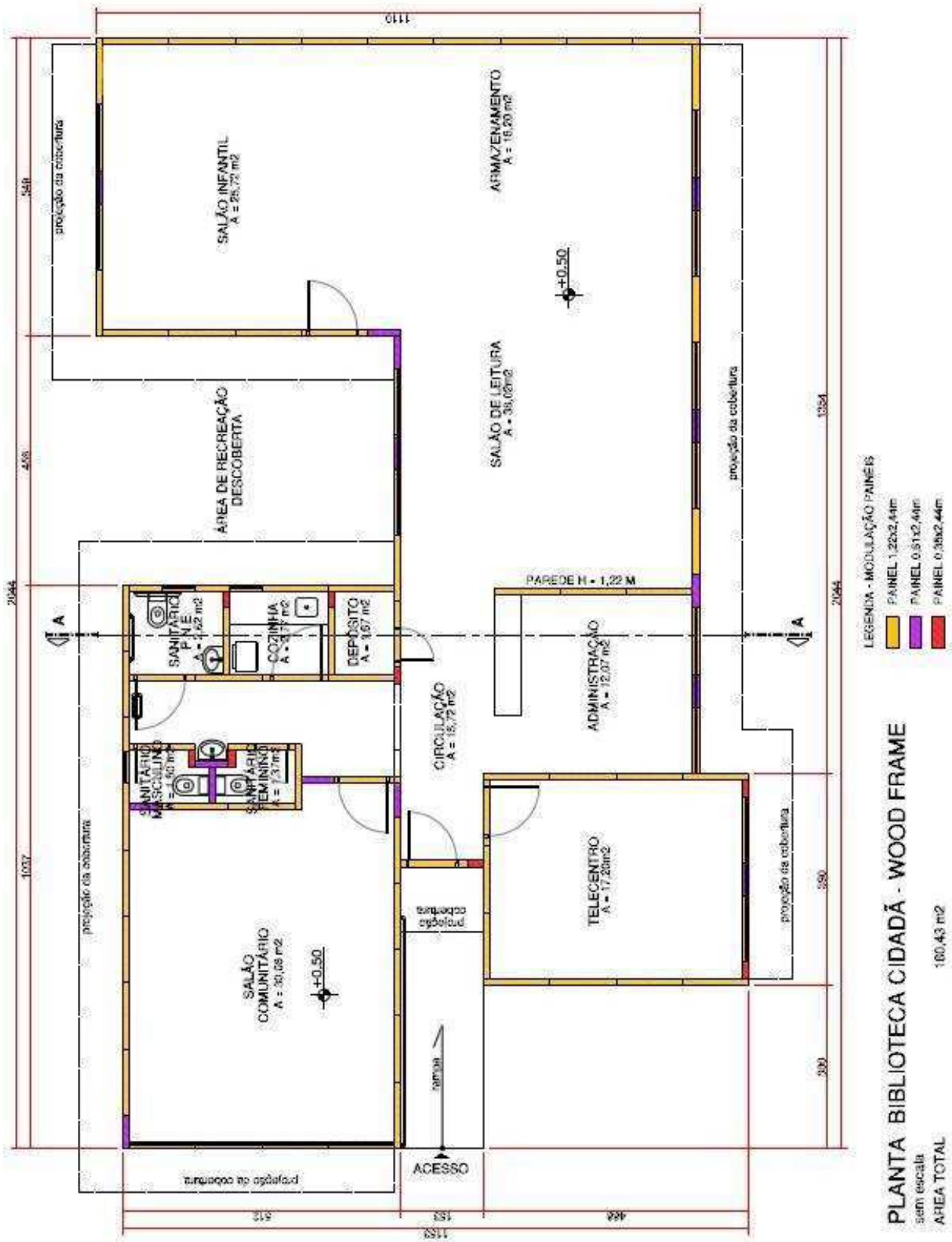


Figura 17: Planta baixa Biblioteca Cidadã em *light wood frame*
Fonte: Autor

FUNDAÇÃO

O tipo de fundação a ser adotado depende fundamentalmente da qualidade do solo, da topografia do local e do tipo de construção. Geralmente a fundação de uma edificação em madeira não é complicada sob o ponto de vista estrutural, pois o peso da edificação é pequeno. Porém, a fundação em uma casa de madeira é importante sob o ponto de vista da durabilidade da construção pois é a ligação entre o solo e a edificação e deve evitar infiltração, por capilaridade, do solo nas paredes de madeira.

A solução mais adotada para o sistema *wood framing* em edificações deste porte nos países do hemisfério norte é a fundação tipo radier. Esta é constituída por um único elemento de fundação que distribui toda a carga da edificação para o terreno, constituindo-se em uma distribuição de carga tipicamente superficial

Todavia, devido ao contato direto entre a umidade do piso e os painéis de OSB e pínus e também ao grande volume de concreto e principalmente ferragem necessário (material pouco sustentável), sugere-se o sistema de fundação em estaca pré-moldada cravada (18x18cm) e bloco de concreto (40x40x40cm), o qual eleva o nível da edificação em relação ao solo e consome menor quantidade de concreto e aço do que as fundações radier ou sapata.

Sobre os blocos é escorado o barroteamento, malha formada por peças de madeira com seção de 10x18cm. Os barrotes de madeira são espaçados a cada 40cm e sobre estes serão fixadas chapas de OSB, fazendo vezes de contra-piso (1,22x2,44m, com espessura de 1,5mm), o qual servirá de base para os painéis modulados.



Figura 18: Barroteamento piso
Fonte: lpbrasil.com.br

ESTRUTURA E VEDAÇÃO

O sistema estrutural do método light wood framing é embasado em painéis modulados, os quais possuem tanto função estrutural quanto de fechamento.

Os painéis são formados por um "esqueleto" interno de montantes de pinus de 2x4" (função estrutural), tratados e impermeabilizados, envelopados por placas de OSB (*Oriented Strand Board*) de 1,22x2,44m, com espessura de 9,5mm (fechamento e contraventamento). Os painéis serão pregados com pregos 2" (recomendado para painéis entre 9,5 e 12,5mm).

Os painéis se diferem segundo o tamanho (sempre em módulos padrão de 1,22m para diminuir a necessidade de corte das chapas) ou a presença de aberturas (porta ou janela), de acordo com os exemplos a seguir:

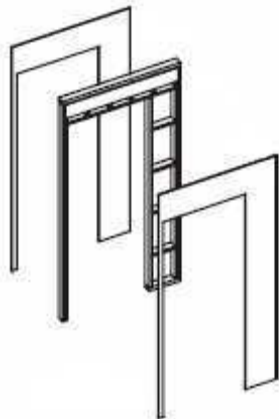


Figura 19: Esquema painel padrão
Fonte: LAROCA (2007)

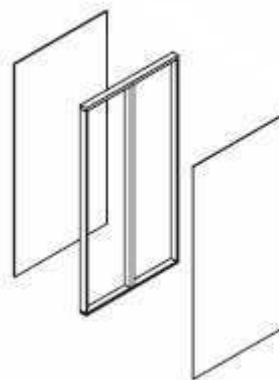


Figura 20: Esquema painel porta
Fonte: LAROCA (2007)

O espaço entre as chapas de OSB é preenchido por placa isolante térmica e acústica, a fibra de lã de rocha. Este material, produzido a partir de rochas basálticas especiais, é inocuo, incombustível, perene e consome menos energia e libera menos gás carbônico na fabricação do que outros materiais como manta de lã de vidro ou isolantes a base de polímeros.

ESQUADRIAS

Devido à proposta de cunho ecológico, opta-se por utilizar esquadrias de madeira, menos danosas ao meio ambiente, mesmo que esquadrias de alumínio apresentem algumas vantagens para a utilização.

Segundo o *Inventory of Carbon & Energy (ICE)*, esquadrias de alumínio consomem 15 vezes mais energia para serem produzidas do que as esquadrias de madeira, além de liberarem na atmosfera uma quantidade também 15 vezes maior de gás carbônico.

INSTALAÇÕES HIDRO-SANITÁRIAS E ELÉTRICAS

Ambas as instalações são convencionais e de nada diferem das instalações utilizadas em edificações de alvenaria.

No entanto, este sistema representa um ganho significativo em custo e tempo em relação à vedação em alvenaria, uma vez que não é necessário a abertura de "rasgos" e o posterior fechamento para a passagem das tubulações.

As tubulações hidro-sanitárias e elétricas passam pelo interior dos painéis, os quais são previamente “furados” para as ligações das mesmas

Nesta proposta se sugere um sistema de aproveitamento de águas pluviais, o qual capta e armazena a água da chuva para ser utilizada onde não se faz necessária água tratada, como vasos sanitários e torneiras de jardim. Este sistema é composto por uma caixa d'água (exclusiva) de 500L, moto-bomba, filtro coletor, filtro de areia e carvão, além de tubulação complementar. Embora este sistema represente um custo extra na instalação, ele tende a se pagar com a economia no consumo de água, além de incentivar o reaproveitamento, importante conceito ao se tratar sobre a sustentabilidade.

COBERTURA

Estrutura em madeira e telha de concreto, as quais são mais resistentes do que as telhas cerâmicas, consomem menos energia e liberam menor quantidade de gás carbônico no processo de fabricação (não envolve processos de queima). Por possuírem maiores dimensões do que as telhas cerâmicas, faz-se necessária uma quantidade menor de telhas para a cobertura, o que diminui o consumo de materiais.

As telhas de concreto absorvem menos água de chuva do que as telhas cerâmicas, diminuindo a sobrecarga sobre a estrutura. Além disso, se utilizada em cores claras, as telhas de concreto possuem capacidade de isolamento térmico semelhante às telhas cerâmicas.

REVESTIMENTOS

É fundamental proteger os painéis externos contra a umidade, garantindo a maior durabilidade do sistema. Para tal, aplicar-se-á argamassa sobre tela para armação e feltro preto. Sobre a argamassa, será aplicada pintura acrílica, o que propiciará um acabamento similar as construções em alvenaria. Segue esquema:

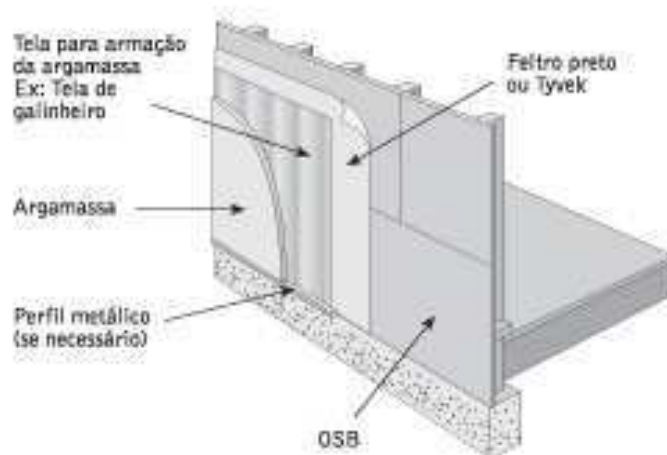


Figura 21: Esquema aplicação revestimento de argamassa sobre chapa OSB

Fonte: masisa.com.br

O tipo de revestimento adotado influencia diretamente no espaçamento entre os montantes de pínus. Segue tabela:

MASISA OSB com revestimentos leves, tipo SIDING		
Aplicação	Espaçamento máximo entre perfis	Espessura mínima
Horizontal	40,5 cm	9 mm
Vertical	40,5 cm	12 mm
Horizontal	61 cm	9 mm
Vertical	61 cm	12 mm

MASISA OSB com revestimentos pesados, tipo ARGAMASSA		
Horizontal	40,5 cm	12 mm
Vertical	40,5 cm	12 mm
Horizontal	61 cm	12 mm
Vertical	61 cm	15 mm

Quadro 09: Relação entre o tipo de revestimento e o dimensionamento dos painéis
 Fonte: masisa.com.br

Sobre o contra-piso de OSB será aplicado revestimento cerâmico, semelhante ao projeto padrão. Nas áreas molháveis, aplica-se ainda impermeabilização do tipo membrana acrílica impermeável (resina acrílica com teor de sólidos em torno de 50% + cimento), cuja aplicação é feita por pintura a frio em três demãos cruzadas (espessura final de 1 mm). Nas juntas entre placas, bem como nos cantos com as paredes e ralos, é também aplicada uma tela de poliéster ou fibra de vidro como estruturante. Sobre a impermeabilização, coloca-se o piso frio com argamassa colante.

4.2.2 QUANTITATIVO DE ENERGIA E GÁS CARBÔNICO

A quantidade de energia embutida encontrada nos materiais de construção da Biblioteca Cidadã no sistema *light wood framing* totaliza 448.101,93 MJ ou 488,10 GJ.

Destacam-se como materiais com maior consumo de energia (relativo à quantidade) os painéis de OSB e a madeira utilizada no barroteamento e estrutura da cobertura. Embora a madeira serrada pareça ser um material com baixo consumo energético, os gastos com transporte e secagem são responsáveis por elevar este índice. No caso do OSB, os processos industriais de corte, tritura, colagem e prensa são os principais responsáveis pelo elevado consumo energético. Segue tabela de cálculo a seguir:

MATERIAIS		QUANT. kg	EE MJ/kg	CE kgCO2/kg	EE TOTAL MJ	CE TOTAL kgCO2	OBS.
Alumínio							
Chapa	Calha e rufo	232,63	155,00	8,26	36.046,80	1.920,95	Densidade: 2400kg/m3
Cimento							
Argamassa 1:2:9	Emb. e reboco	16.539,55	1,09	0,143	18.028,11	2.365,16	1531kg/m3
Argamassa 1:1:5	Assent. piso	2.170,22	1,18	0,163	2.560,86	353,75	1300kg/m3

	Assent. azulejo	478,40	1,18	0,163	564,51	77,98	1300kg/m3
Cerâmica							
Produtos sanitários	Lavat. e vaso	65,00	29,00	1,48	1.885,00	96,20	
Revest. cerâmico	Piso	2.443,24	9,00	0,59	21.989,19	1.441,51	2,23 kg/ud (6,25ud/m2)
	Azulejo	512,90	9,00	0,59	4.616,10	302,61	2,23 kg/ud (6,25ud/m2)
Concreto							
1:2:4	Bloco	4.224,00	0,95	0,13	4.012,80	549,12	Densidade: 2400kg/m3
Pré-fabricado	Estaca	11.664,00	2,00	0,215	23.328,00	2.507,76	Densidade: 2400kg/m3
Telha *		11.063,25	2,00	0,215	22.126,50	2.378,60	4,50 kg/ud (11ud/m2)
Cobre							
Cabo	Inst. elétricas	134,85	47,50	3,01	6.405,38	405,90	87kg/km
Isolantes							
Manta (lã de vidro)	Cobertura	20,38	28,00	1,35	570,53	27,51	Densidade: 12kg/m3
Placa (lã de rocha)	Painéis	438,84	16,80	1,05	7.372,51	460,78	Densidade: 24kg/m3
Verniz							
	Barroteamento	24,00	50,00	5,35	1.200,00	128,40	10m2/kg
	Cobertura	26,82	50,00	5,35	1.341,00	143,49	10m2/kg
	Esquadrias	6,35	50,00	5,35	317,40	33,96	10m2/kg
	Forro	21,12	50,00	5,35	1.056,00	112,99	10m2/kg
Tinta							
2 demãos	Paredes	680,22	20,4 MJ/m2	1,06 kgCO2/m2	13.876,49	721,03	
Tubo PVC							
	Eletroduto	547,35	67,50	2,50	36.946,13	1.368,38	0,89kg/m
	Água e esgoto	142,40	67,50	2,50	9.612,00	356,00	0,89kg/m
Aço							
Barra	Fundação	162,74	36,40	2,68	5.923,74	436,14	
Tela	Revestimento	659,81	36,00	2,83	23.753,28	1867,27	0,97kg/m2
Madeira							
OSB	Piso + rampa	1.670,86	9,50	0,51	15.873,18	852,14	Densidade: 640kg/m3
	Painéis	6.553,34	9,50	0,51	62.256,77	3.342,21	Densidade: 640kg/m3
Madeira serrada (macia)	Formas concreto	168,00	7,40	0,45	1.243,20	75,60	Densidade: 480kg/m3
	Barroteamento	5.443,20	7,40	0,45	40.279,68	2.449,44	Densidade: 480kg/m3
	Painéis	2.925,83	7,40	0,45	21.651,17	1.316,63	Densidade: 480kg/m3
	Cobertura	2.816,10	16,00	0,86	45.057,60	2.421,85	Densidade: 480kg/m3
Tábua	Forro	1.267,20	7,80	0,47	9.884,16	595,58	Densidade: 600kg/m3
Esquadrias							
Madeira (janela de 1,2x1,2m c/ vidro)	Janelas	23,08	361,00 MJ/ud	19,50 kgCO2/ud	8.331,88	450,06	
TOTAL					448.109,83	29.558,97	

Quadro 09: Quantidade de energia e CO₂ embutidos nos materiais de construção da Biblioteca Cidadã em *light wood framing*.

Fonte: Autor

Quanto ao gás carbônico, a quantidade embutida nos materiais necessários para a construção da biblioteca no sistema de estrutura leve corresponde a 29.558,97kg, ou seja, 29,56 toneladas de CO₂. Destacam-se quanto a emissão de gás carbônico os derivados de madeira (devido à grande quantidade utilizada) e os derivados de cimento, como o concreto para a fundação e as telhas de concreto.

4.2.3 ORÇAMENTO

O orçamento foi elaborado considerando todos os serviços necessários para a execução do objeto no sistema *light wood frame* (ver planilha orçamentária no Anexo 3). Para tal, foi utilizada como base a TABELA SEOP 2008 de serviços. A composição unitária dos itens não encontrados na tabela, bem como as cotações necessárias, foram desenvolvidas pelo autor com fornecedores.

O custo total para a execução do projeto padrão da Biblioteca Cidadã no sistema em questão (desconsiderando os custos relativos à implantação) é de R\$153.576,81. Acrescido o BDI (Benefícios e Despesas Indiretas) de 20,00%, este valor se eleva para a R\$184.292,17.

5 DIAGNÓSTICO E ANÁLISE DE DADOS

Desenvolvido o cálculo de energia e gás carbônico embutidos nos diferentes materiais de construção adotados no sistema de construção tradicional (Estudo de Caso 1) e em *light wood framing* (Estudo de Caso 2), faz-se possível o desenvolvimento de análise comparativa, apontando os aspectos negativos e positivos de cada sistema.

Vale ressaltar que os cálculos de energia e gás carbônico não representam a quantidade total (absoluta) de energia e CO₂ embutidos nos materiais de construção de cada modelo, uma vez que a lista de materiais do relatório ICE não contempla todos os materiais utilizados no objeto. Todavia, os elementos construtivos principais estão contemplados e viabilizam a análise comparativa.

5.1 COMPARATIVO QUANTO À QUANTIDADE DE ENERGIA EMBUTIDA

A construção da Biblioteca Cidadã no método tradicional (estrutura em concreto armado e alvenaria de fechamento) totalizou 60,52 GJ de energia embutida nos materiais de construção, enquanto a construção do mesmo objeto em estrutura leve de madeira e fechamento em painéis OSB consome 44,81 GJ. Estes valores expressam uma economia (significativa) de 25,96% em energia para o sistema *light wood framing*.

Vale lembrar a necessidade de adaptações do projeto padrão à modularidade das chapas de OSB, a qual resultou em pequenas mudanças nas dimensões do projeto. Todavia, estas alterações não justificam os ganhos de um sistema perante o outro, uma vez que o quantitativo de materiais teve uma variação bem menor.

Se comparados isoladamente, as chapas de OSB consomem mais energia do que os tijolos cerâmicos. O primeiro consome 9,50MJ/kg, enquanto o segundo consome 3,00MJ/kg. Todavia, o fechamento cerâmico está ligado ao consumo de cimento (utilizado na argamassa de assentamento e no concreto da estrutura) e à utilização do aço (barras de aço para o concreto armado), elevando assim a conta para o sistema de vedação.

Situação semelhante acontece com o piso. Embora o barroteamento em madeira de pínus e o contrapiso de OSB consumam grande quantidade de energia, o sistema tradicional se utiliza de grandes quantidades de concreto e aço, os quais consomem grande quantidade de energia para a fabricação e elevam consideravelmente a energia embutida do sistema.

Vale ressaltar que uma das maiores vantagens quanto a utilização do OSB é a matéria prima renovável utilizada na sua fabricação, o pínus de reflorestamento. Enquanto caminhamos para um eventual esgotamento de recursos minerais, é importante priorizar a utilização de materiais de fontes renováveis. Além disso, as chapas de OSB também são materiais reutilizáveis, podendo ser “desmontados” e reutilizados em outra obra ou local.

A substituição das telhas cerâmicas (11,00MJ/kg) pelas telhas de concreto (2,00MJ/kg) também

proporcionam ganho energético, além de apresentar ganhos quanto a resistência e economia de materiais (menor quantidade de telhas por m²). Outra proposta que se destaca pelo significativo ganho ecológico é a substituição das esquadrias em ferro (1205,00MJ/ud) por esquadrias de madeira (361,00MJ/ud).

Quanto aos revestimentos, o sistema *light wood framing* leva vantagem pela dispensa do chapisco nas paredes mesmo necessitando da tela em aço para melhor aderência do reboco.

5.2 COMPARATIVO QUANTO À QUANTIDADE DE GÁS CARBÔNICO EMBUTIDO

A soma da quantidade de gás carbônico embutido aos materiais de construção também apontou vantagem significativa para o modelo em *light wood framing* em relação ao método tradicional de construção brasileiro. O primeiro totalizou 29,56 tonCO₂, enquanto o segundo possui 37,59 tonCO₂ embutidos. Assim sendo, o sistema de construção seca emitiria 29,45% menos gás carbônico do que o modelo padrão.

Este ganho percentual quanto às emissões de gás carbônico é praticamente igual ao ganho porcentual energético, expressando a relação direta entre a energia e o gás carbônico embutidos na fabricação dos diferentes materiais de construção. Isto se deve principalmente ao tipo de combustível utilizado no processo de manufatura, o qual consome tanta energia quanto libera gás carbônico na atmosfera.

De modo semelhante à redução de energia embutida no modelo em *light wood framing*, foi possível reduzir a quantidade de gás carbônico embutido substituindo a maior parte do cimento e aço utilizados por outros materiais mais ecológicos. Embora a madeira e as chapas OSB apresentem elevada quantidade de gás carbônico embutidos, o concreto armado e derivados do cimento apresentam uma quantidade ainda maior

5.3 COMPARATIVO QUANTO AOS CUSTOS

Comparando o custo total para a execução dos dois modelos de biblioteca Cidadã, o modelo em *light wood framing* totaliza valor 6,92% menor do que o investimento necessário para a construção do modelo de método tradicional.

Por um lado, as alterações necessárias para a adaptação à modulação exigida pelo sistema de estrutura leve tornam esta diferença menos significativa. Por outro lado, mesmo com a inclusão do sistema de captação e reaproveitamento de águas de chuva (o que representa 2,22% do custo total) à Biblioteca em estrutura leve, o custo total para a execução do objeto em *wood framing* ainda ficou inferior, o que evidencia a vantagem deste sistema sobre o outro.

O sistema de captação e reaproveitamento de águas de chuva presente na proposta com *light wood framing* visa diminuir o consumo de água potável ao se aproveitar a água da chuva captada das calhas. A água captada é filtrada e armazenada em caixa de água complementar para posterior

aproveitamento nos vasos sanitários e torneiras de jardim. Com o passar do tempo, a economia alcançada com a redução do consumo de água potável acaba compensando os gastos iniciais com a instalação deste sistema.

As chapas OSB (*Oriented Strand Board*) representam uma parcela significativa no custo total da obra. Todavia, este custo pode diminuir significativamente quando da aquisição com a fábrica, uma vez que a compra em grandes quantidades (para a execução de várias unidades) acarreta em maior desconto no preço do material. Vale ressaltar que a única fábrica brasileira de OSB está situada em Ponta Grossa, região estratégica de fornecimento para todo o estado, diminuindo as distâncias com transporte e contribuindo, assim, ao caráter sustentável da proposta.

As construções no sistema *light wood framing* representam considerável ganho quanto ao planejamento da obra, otimizando o uso de materiais e diminuindo o desperdício dos mesmos. Como as partes em madeira podem ser pré-dimensionadas e pré-moldadas, diminui a incidência de erros de dimensionamento. Além disso, as fixações a prego da estrutura e chapas permitem refazer alguma instalação equivocada sem comprometer o material.

Embora o custo total da obra possua pequena diferença de um sistema para o outro, no quesito tempo de execução a construção em *light wood framing* também leva grande vantagem. Este tipo de “construção seca” representa um ganho significativo em tempo de execução pois cada sistema ou subsistema é executado por equipes especializadas em momentos definidos da obra, com muita pré-industrialização e pouca interpolação de tempo ou retrabalho nas interfaces entre eles.

No sistema *light wood framing*, a obra seria executada em apenas 4 meses, enquanto no sistema tradicional a Biblioteca Cidadã levaria pelo menos 6 meses para ser concluída. Esta redução no tempo de execução implica em ganho significativo para a comunidade, a qual pode usufruir antes do equipamento, além de causar menor transtorno ao entorno e agilizar a implantação destes edifícios nos diferentes municípios do Estado.

6 CONSIDERAÇÕES E CONCLUSÃO

6.1 CONSIDERAÇÕES QUANTO À ACEITABILIDADE CULTURAL

Em nosso país, a pesquisa por novas soluções para a construção em madeira foi negligenciada e pouco se avançou neste campo ao longo dos anos. Acabado o ciclo econômico de exploração de madeira de lei, este material passou a ser entendido principalmente como solução provisória no processo de edificação.

Uma prova são as normas brasileiras para construção em madeira, a maioria delas tratando a madeira como elemento provisório na obra. Cita-se a NBR 8456 - Postes de Eucalipto Preservado para Redes de Distribuição de Energia Elétrica; a norma NBR 9480 - Mourões de madeira Preservada para Cercas; NBR 7511 - Dormentes de madeira - Requisitos e métodos de ensaio. Possuímos normas para a edificação em madeira, como a NBR 7190 - Projeto de Estruturas de Madeira, mas esta não contempla sistemas modernos de construção (como o *light wood framing*), diferentemente de normas americanas, neozelandesas e até mesmo australianas.

O Brasil possui vasto território com clima e sub-climas propícios ao plantio de madeira (madeira legal). Material renovável, de baixo impacto ambiental e de custo relativamente baixo, a madeira possui todas as características desejáveis para construções no Brasil.

Todavia, a maioria das construções em madeira não apresenta grande preocupação no uso de critérios da arquitetura ou engenharia. Sendo, portanto, soluções relativamente precárias, acabam sofrendo preconceito por grande parte da população, os quais associam a sua imagem à falta de preocupação estética e construtiva, às construções de menor custo ou a edificações "não duráveis.

Em especial no Estado do Paraná, ZANI (2003) trata a cultura da arquitetura em madeira como predominante durante quatro décadas na região norte-paranaense (entre 1930 e 1970), atendendo aos mais variados tipos de programa, tais como edifícios para habitação, religião, trabalho e lazer. Estas possuíam características únicas, como o rigor construtivo, a riqueza volumétrica e atenção à ornamentação, as quais revelam que não tiveram um caráter provisório, mas sim definitivo.

A pressa dos pioneiros, a abundância de madeira e a grande quantidade de carpinteiros tornou a madeira predominante nas edificações deste período. Formaram-se verdadeiras corporações de carpinteiros, os quais conseguiam erguer uma casa de 7,0x7,0m por dia (ZANI, 2003).

Mesmo assim, a cultura da madeira foi desaparecendo com o passar dos anos e representa uma parcela ínfima no total de edifícios. A cultura da construção em madeira deve ser resgata, uma vez que as suas características como a celeridade na execução, matéria prima abundante e renovável e baixo impacto ambiental são credenciais que comprovam inúmeras vantagens deste método construtivo.

Para tal, a utilização de novas tecnologias é fundamental para a afirmação da durabilidade e qualidade em geral das construções em madeira. Os investimentos no setor construtivo em pesquisas, que por muito tempo foram deixados de lado no cenário brasileiro, começam a se difundir e a utilização em larga escala de novos produtos os tornam cada vez mais acessíveis ao público em geral.

Incentivos às políticas sustentáveis devem ser dados por parte do setor público, gratificando aqueles que priorizam uma gestão de produção ecológica e socialmente responsáveis. Além disso, a utilização destas tecnologias alternativas pelo setor público ajudaria a difundir esta nova cultura construtiva e a afirmar a sua qualidade

Inúmeros estudos comprovam a viabilidade técnica de implantação e apontam até mesmo ganhos quanto ao conforto ambiental em edificações de madeira. Nossas posturas devem ser reconsideradas e velhos preconceitos devem, em prol de um bem estar coletivo, ser deixados para trás.

6.2 CONSIDERAÇÕES QUANTO ÀS LICITAÇÕES SUSTENTÁVEIS

O Estado deve ser um incentivador e fomentador de práticas sustentáveis visando o bem estar dos seus cidadãos e das gerações que estão por vir.

Tratando especificamente das obras públicas, legislação pertinente (Lei 8.666/93) regulamenta a obrigatoriedade das licitações para a contratação de serviços e obras de engenharia, visando garantir a observância do princípio constitucional da isonomia e a selecionar a proposta mais vantajosa para a Administração pública.

Buscando assegurar o princípio da isonomia, a lei 8666/93 prevê casos em que deve ser assegurado prioridade à empresas de micro e pequeno porte perante empresas maiores, além de priorizar também a contratação de empresas brasileiras para fomentar a produção nacional.

Desta maneira, para incentivar a produção de edifícios mais ecológicos que sigam os preceitos da sustentabilidade, empresas com tecnologia apropriada e *know-how* construtivo de processos alternativos também poderiam possuir preferência na elaboração de projetos ou execução de obras públicas.

Fundamental também é explicitar o caráter sustentável que o objeto da licitação apresentará. Ainda no edital, deve-se ser elencar as especificidades da construção quanto aos processos alternativos e assim exigir desde o primeiro momento a execução de uma obra que acarretem em ganhos sociais.

Esta simples atitude, com o passar do tempo e o eventual crescimento no volume de obras deste tipo, incentivaria a criação de empresas especializadas focadas na construção de edifícios sustentáveis. Aumentando a demanda, toda a cadeia produtiva reduz custos e torna este tipo de prática cada vez mais competitiva e vantajosa para o Estado.

Conseqüentemente, este aumento no número de empresas especializadas e a redução de custos de materiais e serviços tornariam este tipo prática (visando a sustentabilidade) acessíveis a uma maior parcela da população, iniciando, talvez, uma nova cultura de construção em que a preservação de recursos naturais e a redução dos impactos ambientais possam ser priorizados.

6.3 CONCLUSÃO

Não é mais possível ignorar o quanto a atividade humana vem modificando o meio ambiente. A cada dia, mais energia é consumida, mais recursos naturais são esgotados e mais resíduos são gerados. O modo irresponsável de produção e consumo do homem vem causando graves danos ao meio ambiente e pode comprometê-lo de maneira irreversível.

Uma nova consciência vem surgindo em escala global e esta deve ser priorizada a fim de se assegurar o bem estar das futuras gerações. Surge, então, o conceito do desenvolvimento sustentável, entendido como aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade das gerações futuras de atenderem as suas próprias necessidades.

O setor da construção civil possui parcela significativa de responsabilidade quanto aos crescentes impactos ambientais. Grande consumidor de recursos naturais, de energia e grande produtor de gases poluentes e resíduos, este setor vem entendendo que, para uma obra ser sustentável, deve ser economicamente viável, socialmente justa e ecologicamente correta.

Reconhecendo o grande impacto ambiental e social que a construção civil provoca, este trabalho encontra uma resposta afirmativa a indagação inicial e comprova que um equipamento público utilizando o método construtivo *light wood framing* pode ser menos danoso ao meio ambiente e ainda ser economicamente vantajoso.

Através de estudo comparativo entre o sistema construtivo tradicional e o sistema *light wood framing* para a Biblioteca Cidadã, foi possível demonstrar que o primeiro sistema possui (significativos) 26% menos energia e gás carbônico embutidos nos seus materiais de construção. Considerando que o Governo do Estado do Paraná pretende construir 300 unidades da Biblioteca Cidadã até o fim de 2010, esta economia permitiria construir o equivalente a mais 72 bibliotecas sem causar mais impactos ao meio ambiente.

Quanto ao quesito econômico, a elaboração de orçamentos detalhados comprova que a construção no método de estrutura leve pode ser até 8% mais econômico do que o método tradicional de construção. Considerando também a meta de 300 unidades, seria possível construir outras 24 Bibliotecas Cidadãs sem utilizar mais recursos públicos.

Considerando que a madeira é um material reutilizável o qual permite uma produção civil mais "industrializada" e menos artesanal, onde as peças pré-dimensionadas são somente montadas *in loco*, os ganhos com tempo de execução, diminuição de re-serviços e desperdícios tornam este sistema ainda mais vantajoso.

É fato que a implantação de edificações de madeiras encontra empecilhos no preconceito popular, o qual julga estas edificações como frágeis e provisórias. Todavia, estudos comprovam que estas edificações são tão duráveis quanto as construções em alvenaria, além de possuírem ganhos quanto ao conforto ambiental. Uma nova postura deve ser incentivada e velhos estigmas devem ser deixados para trás em prol do bem coletivo.

Assim sendo, este breve estudo comprova que a busca por soluções alternativas pelo setor público, além de ser importante para a fomentação de uma cultura construtiva ecologicamente responsável, é vantajosa quanto aos quesitos ecológicos, econômicos e sociais, sendo, assim, uma política relevante na busca pelo tão almejado desenvolvimento sustentável.

7 LITERATURA CITADA

BARBOSA, J. C.; INO A.; SHIMBO, I. **Sustainable indicators in the productive cycle of reforested wood housing**. Disponível em <http://timber.ce.wsu.edu/Resources/papers/P26.pdf> Acesso em 08/09/2010.

BOURDEAU, L. **The Agenda 21 for Sustainable Construction**. In: CIB Symposium on Construction and Environment: theory into practice. Novembro de 2000. São Paulo, 2000.

BRUNDTLAND, G. H. (editor). **Our Common Future: The World Commission on Environment and Development**. Oxford University Press, 1987.

_____. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. **Resolução 307**, de 5 de julho de 2002. Disponível em: mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30702.html Acesso em: 22/09/2010.

DEMANBORO, A. C., FERRÃO, A. M. A., MARIOTONI, A., **Desafios da Sustentabilidade sob o Enfoque do Estoque de Recursos Naturais**. Disponível em: cori.unicamp.br/IAU/completos/ Acesso em: 23/08/2010.

GAZETA DO POVO. **Temos tecnologia e dinheiro para conter aquecimento, diz relatório**. GAZETA DO POVO, Curitiba, 05 mai. 2007. Mundo. p. 22.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002

GRIGOLETTI, G. C. **Caracterização dos Impactos Ambientais de indústria de cerâmica vermelha do Estado do Rio Grande do Sul**. Dissertação Mestrado Engenharia Civil - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

HAMMOND, G. P; JONES C. **Inventory of Carbon & Energy (ICE)**. Universidade de Bath, Reino Unido, v 1.6a, 2008. Disponível em bath.ac.uk/mech-eng/sert/embodied/ Acesso em 24/09/2010.

IDD - INSTITUT WALLON - VITO. **Greenhouse gas emissions reduction and material flows**. 2001. Disponível em: belspo.be/belspo/home. Acesso em: 17/09/2010.

_____. **ISO TC59/SC3/N459 (ISO AWI 15392, 2003a) – General Principles**.

IWAKIRI, S. **Painéis de Madeira**. Apostila do Curso de Engenharia Industrial Madeireira e Engenharia Florestal. Curitiba: Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná - Fupef, 2003.

JOHN, V. M. **Reciclagem de resíduos na construção civil: contribuição para metodologia de pesquisa e desenvolvimento**. Tese – Escola Politécnica da Universidade Federal de São Paulo. São Paulo, 2000.

JOHN, V. M. et al. **Agenda 21 for the Brazilian construction industry - a proposal**. In Construction and Environment 0 CIB symposium. São Paulo, 2000.

KRUGER, E; LIMA, P. R.; DUNKE, E. **Conteúdo energético de casas populares - Estudo de caso na Vila Tecnológica de Curitiba**. Revista Tuiuti Ciência e Cultura, n. 19, 2000.

LAMBERTS, R; TRIANA, M.A. **Relatório Estado da Arte. Capítulo Energia**. 2005. Projeto Tecnologias para a Construção Habitacional mais Sustentável. Disponível em labeee.ufsc.br/finep Acesso em 22/09/2010.

LAROCA, C. **Desenvolvimento de protótipo de habitação social em madeira de reflorestamento e avaliação do desempenho termo-acústico**. Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, UFPR, Curso de Doutorado em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2007.

LAROCA, C. **Habitação Social em madeira: uma alternativa viável**. Dissertação de Mestrado apresentada ao programa de Pós Graduação em Engenharia Florestal, UFPR, Curso de Mestrado em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2002.

LIPPIAT, B. **Building for environmental and economic sustainability: technical manual and user guide**. Gaithersbourg, USA, 1998.

MARLAND, G; BODEN, T. A; ANDRES, R. J. **Global, Regional, and National CO2 Emissions. In Trends: A Compendium of Data on Global Change**. Oak Ridge National Laboratory, U.S. Department of Energy, Oak Ridge, Tenn., U.S.A. 2007. Disponível em: http://cdiac.ornl.gov/trends/emis/tre_glob.htm Acesso em 18/09/2010.

MARRA, A. A. **Technology of wood bonding: principles in practice**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1992.

_____. **MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, Resenha Energética Brasileira - exercício 2009**. Disponível em mme.gov.br. Acesso em: 15/09/2010.

MOUTINHO, P; BUENO, M. **O inventário brasileiro de emissões e o desmatamento na Amazônia. Clima em revista, v.2, n.3, 2002**.

NEUDING, R. G. Emissões de carbono na construção civil. Disponível em atapart.com.br/2009/06/03/emissoes-de-carbono-na-construcao-civil/. Acesso em 14/09/2010.

REZENDE, D; MERLIN, S; SANTOS, M. **Sequestro de Carbono: uma experiência completa**. 2.ed. Palmas, Instituto Ecológica, 2001

SACCO, M. F; STAMATO, G. C. **Light Wood Frame - Construções com estrutura leve de madeira**. Revista Techné, n.140, novembro de 2008.

SACHS, I. **Caminhos para o desenvolvimento sustentável**. Garamond. Rio de Janeiro, 2000.

_____. Secretaria de Estado de Obras Públicas. **Concluída as obras da Biblioteca Cidadã**. Disponível em seop.pr.gov.br/modules/noticias/article.php?storyid=397 Acesso em 16/09/2010.

SILVA, V. G. **Avaliação da sustentabilidade de edifícios de escritórios brasileiros: diretrizes e base metodológica**. Tese (Doutorado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo, 2003. 210p.

SJÖSTRÖM, C. **Durability of Building Materials and Components**. In: CIB Symposium on Construction and Environment: theory into practice. 23-24 de novembro de 2000. São Paulo, 2000.

SOLOMON, S. et al. **IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007**. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2007. Disponível em <http://www.ipcc.ch/> Acesso em: 18/09/2010.

TRIANA, M. A. **Diretrizes para incorporar conceitos de sustentabilidade no planejamento e projeto de arquitetura residencial multifamiliar e comercial em Florianópolis**. 2005. Dissertação – Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

_____. **UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE - UNFCCC (FCCC/SBSTA/2002/MISC.22)**. Disponível em <http://unfccc.int/>. Acessado em 02/09/2010.

UNITED NATIONS POPULATION FUND – UNFPA. **The State of World Population 2001**. Disponível em: unfpa.org/swp/2001/english/ch02.html Acesso em: 18/09/2010.

WINES, J. **Green Architecture**. Milan : Taschen, 2000. 240p.

YIN, R. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. Porto Alegre: Bookman, 2005.

ZAKARIA, F. **Aquecimento global: é bom se acostumar**. Revista Época: Coluna Nosso Mundo. 19 /02/2007. p.66.

ZANI, A. C. **Arquitetura em madeira**. Londrina: Eduel; São Paulo: Imprensa Oficial do Estado de São Paulo, 2003.

ZENID, G. J. **Madeira: uso sustentável na construção civil**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas. SVMA, 2009.

8 ANEXOS

8.1 INVENTÁRIO DE ENERGIA E CARBONO EMBUTIDOS

ENERGIA E CARBONO EMBUTIDOS NOS MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO (Inventory of Carbon & Energy)		
MATERIAIS	EE - MJ/kg	CE - kgCO2/kg
Agregados	0,1	0,005
Alumínio		
Extrudado	154	8,16
Rolo	155	8,26
Asfalto		
Pavimentação	2,41	0,14
Betume	47	0,48
Tijolo		
Comum (vedação)	3	0,22
Revestimento	8,20	0,52
Bronze	77	4,1
Carpet		
Nylon	67,9 a 149	3,55 a 7,31
Borracha	67,5 a 140	3,91 a 8,11
Cimento		
Portland	4,6	0,83
Argamassa (1:3 cimento:areia)	1,40	0,213
Argamassa (1:4 cimento:areia)	1,34	0,177
Argamassa (1:6 cimento:areia)	0,99	0,136
Argamassa (1:1:6 cimento:cal:areia)	1,27	0,163
Argamassa (1:2: cimento:cal:areia)	1,16	0,149
Cerâmica		
Produtos refratários	5,5	0,51
Produtos sanitários	29,00	1,48
Azulejo	9	0,59
Telha	11,30	0,30
Argila		
Azulejo	6,50	0,46
Manilha de argila vetrificado DN100	6,19	0,45
Concreto		
1:1:2 (cimento:areia:agregado)	1,39	0,209
1:2:4 (cimento:areia:agregado)	0,95	0,129
1:3:8 (cimento:areia:agregado)	0,77	0,088
Pré-fabricado	2,00	0,215
Para pavimentação	1,24	0,127
Blocos de concreto		
Bloco 8,0MPa	0,60	0,061
Bloco 12,0Mpa	0,71	0,080
Cobre		
Comum (50% reciclado)	40 a 55	2,19 a 3,83
Virgem	70	3,83
Vidro		
Comum	15,00	0,85
Reforçado	23,50	1,27

Isolantes		
Lã de vidro	28,00	1,35
Lã mineral	16,60	1,20
Lã de rocha	16,80	1,05
Ferro	25,00	1,91
Verniz de madeira	50,00	5,35
Granitina	1,40	0,12
Tinta		
1 demão	10,20 MJ/m ²	0,53 kgCo ₂ /m ²
2 demãos	20,40 MJ/m ²	1,06 kgCo ₂ /m ²
Papelão	24,80	1,32
Papel de parede	36,40	1,93
Gesso	1,80	0,12
Gesso acartonado	6,75	0,38
Poliestireno expandido	88,60	2,50
Tubo PVC	67,50	2,50
Areia	0,10	0,005
Aço		
Barra	36,40	2,68
Cano	34,44	2,70
Folha - galvanizado	31,50	2,51
Inoxidável	56,70	6,15
Arame	36,00	2,83
Rochas		
Granito	0,10 a 13,90	0,006 a 0,781
Calcário	0,30	0,017
Mármore	2,00	0,112
Ardósia	0,10 a 1,00	0,006 a 0,056
Madeira		
Comum	8,50	0,46
Laminada	12,00	0,65
Compensado	15,00	0,81
MDF	11,00	0,59
OSB	9,50	0,51
Madeira serrada (dura)	7,80	0,47
Madeira serrada (macia)	7,40	0,45
Piso vinílico	65,64	2,29
Esquadrias		
Madeira (janela de 1,20x1,20m c/ vidro)	230 a 490,00 MJ/ud	12 a 25,00 MJ/ud
Alumínio (janela de 1,20x1,20m c/ vidro)	5470,00 MJ/ud	279,00
PVC (janela de 1,20x1,20m c/ vidro)	286 a 2470 MJ/ud	110 a 126 MJ/ud
Ferro (janela de 1,20x1,20m c/ vidro)	950 a 1460 MJ/ud	48 a 75,00 MJ/ud

Inventário de energia e carbono embutidos nos materiais de construção

Fonte: Adaptado e traduzido pelo autor. HAMMOND e JONES - Inventory of Carbon & Energy (ICE).
Universidade de Bath, Reino Unido, v 1.6a, 2008

8.2 PLANILHA ORÇAMENTÁRIA – BIBLIOTECA CIDADÃ PADRÃO

CODIGO TABELA SEOP 2008	ITEM	DISCRIMINAÇÃO	UNID	QUANTID.	R\$ UNIT MAT	R\$ UNIT MO	R\$ UNIT	TOTAL	TOTAL ITEM
	1	MOVIMENTO DE TERRA							
101402	1.1	Escavação manual valas, solo úmido até h=2,00m	m3	15,47		19,38	19,38	299,81	449,99
101452	1.2	Aterro compactado manualmente	m3	9,67		15,53	15,53	150,18	
	4	PREPARO DE CONCRETO - FUNDAÇÃO							
110122	4.1	Concreto estrutural usinado Fck= 18,0MPA	m3	8,60	205,74		205,74	1.769,36	2.122,01
110128	4.2	Lastro de concreto apoiado manualmente	m3	0,39	201,32	68,52	269,84	105,23	
110131	4.3	Lañç. bomb. conc. estr.infraestr. c/ vibração	m3	8,60	13,19	15,58	28,77	247,42	
	5	FUNDAÇÕES							
110248	5.1	Estaca esc.Ø25cm até 8m - 15MPA, c/ret- cap. 20ff	m	281,50	18,33	4,26	22,59	6.359,09	6.359,09
	6	FORMAS DE MADEIRA PARA CONCRETO ESTRUTURAL - FUNDAÇÃO							
110523	6.1	Forma pinus p/ viga bald. - reap 2x	m2	77,00	13,18	16,04	29,22	2.249,94	2.764,08
110524	6.2	Forma pinus p/ bloco fund. - reap 2x	m2	19,00	11,02	16,04	27,06	514,14	
	7	ARMADURAS - FUNDAÇÃO							
110720	7.1	Armadura CA-50, Ø 6,30mm (1/4"), p=0,25Kg/m	Kg	132,00	5,92	0,99	6,91	912,12	5.445,87
110721	7.2	Armadura CA-50, Ø 8,00mm (5/16"), p=0,39Kg/m	Kg	261,00	5,48	0,99	6,47	1.688,67	
110722	7.3	Armadura CA-50, Ø10,00mm (3/8"), p=0,58Kg/m	Kg	264,00	4,82	0,99	5,81	1.533,84	
110731	7.4	Armadura CA-60, Ø4,20mm, p=0,109Kg/m	Kg	20,00	5,01	0,87	5,88	117,60	
110733	7.5	Armadura CA-60, Ø5,00mm, p=0,154kg/m	Kg	203,00	5,01	0,87	5,88	1.193,64	
	2	PREPARO DE CONCRETO							
110122	2.1	Concreto estrutural usinado Fck= 18,0MPA	m3	12,00	205,74		205,74	2.468,88	3.364,20
110132	2.2	Lañç. manual conc. estr.superestr. c/ vibração	m3	12,00	0,11	74,50	74,61	895,32	
	3	FORMAS DE MADEIRA PARA CONCRETO ESTRUTURAL							
110540	3.1	Forma cfp comp res 12mm p/viga superestr.- reap 3x	m2	185,00	32,82	17,41	50,23	9.292,55	9.292,55
	4	ARMADURAS							
110720	4.1	Armadura CA-50, Ø 6,30mm (1/4"), p=0,25Kg/m	Kg	93,00	5,92	0,99	6,91	642,63	5.369,31
110721	4.2	Armadura CA-50, Ø 8,00mm (5/16"), p=0,39Kg/m	Kg	273,00	5,48	0,99	6,47	1.766,31	
110722	4.3	Armadura CA-50, Ø10,00mm (3/8"), p=0,58Kg/m	Kg	161,00	4,82	0,99	5,81	935,41	
110723	4.4	Armadura CA-50, Ø12,50mm (1/2"), p=0,99Kg/m	Kg	112,00	4,66	1,24	5,90	660,80	

110733	4.5	Armadura CA-60, Ø5,00mm, p=0,154kg/m	Kg	232,00	5,01	0,87	5,88	1.364,16	17.115,14
	5	ALVENARIA							
120110	5.1	Alv.ij.(9x14x19) 9cm,arg.mista(1:4+130Kg cim/m3)	m2	99,02	10,28	15,50	25,78	2.552,74	
120111	5.2	Alv.ij.(9x14x19) 14cm,arg.mista(1:4+130Kg cim/m3)	m2	298,49	16,19	19,98	36,17	10.796,38	
120160	5.3	Verga de concreto p/ alvenaria c/ e=10cm h=10cm	m	8,20	18,78	7,16	25,94	212,71	
120161	5.4	Verga de concreto p/ alvenaria c/ e=20cm h=20cm	m	69,70	35,73	15,25	50,98	3.553,31	
	6	PORTAS DE MADEIRA							
121123	6.1	Pla. chap. Itaúba1ª 60x210cm - via/cx14cm/dobrç.	cj	2,00	183,64	36,00	219,64	439,28	1.632,70
121125	6.2	Pla. chap. Itaúba1ª 70x210cm - via/cx14cm/dobrç.	cj	2,00	191,47	36,00	227,47	454,94	
121127	6.3	Pla. chap. Itaúba1ª 90x210cm - via/cx14cm/dobrç.	cj	3,00	210,16	36,00	246,16	738,48	
	7	FECHADURAS							
121201	7.1	Fdura INT, espelho oval/maçta.franc inox, tipo A	ud	4,00	22,09	13,04	35,13	140,52	332,73
121202	7.2	Fdura BWC, espelho oval/maçta.franc inox, tipo A	ud	3,00	22,09	13,04	35,13	105,39	
121203	7.3	Fdura EXT, espelho oval/maçta.franc inox, tipo A	ud	2,00	30,37	13,04	43,41	86,82	
	8	JANELAS DE FERRO							
122395	8.1	Jla ferro basc-perfil 3/8"x1/4"/15cm, conf.projeto	m2	29,02	10,48	250,98	261,46	7.587,57	7.587,57
	9	PORTAS DE FERRO							
122495	9.1	Pta chp ferro em perfil laminado 0,90x2,10m	cj	2,00	7,37	368,24	375,61	751,22	751,22
	10	IMPERMEABILIZAÇÃO							
125116	10.1	Imperm. "C" lj.pré manta 4mm reg/prot mec.	m2	1,80	44,47	25,95	70,42	126,76	558,54
125195	10.2	Imperm. baldrame pap.alcatroado + hidroasf.2demaos	m	128,89	0,96	2,39	3,35	431,78	
	11	ESTRUTURA DE MADEIRA PARA COBERTURA							
130103	11.1	Estr.mad tesoura p/telha cetr/conc.vão 5,0 a 7,5m	m2	224,84	47,64	15,72	63,36	14.245,86	14.245,86
	12	COBERTURA DE TELHA CERÂMICA							
130403	12.1	Cobertura de telha cerâmica francesa de 1ª	m2	255,00	11,39	9,72	21,11	5.383,05	5.504,11
130404	12.2	Cumeeira de barro, inclusive emboçamento	m	15,50	3,21	4,60	7,81	121,06	
	13	CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS EM CHAPA GALVANIZADA							
130502	13.1	Calha platibanda chapa fg° n°26, corte 40cm	m	23,85	14,80	3,87	18,67	445,28	887,46
130541	13.2	Rufo chapa fg° n°26, corte 40cm	m	23,85	14,67	3,87	18,54	442,18	
	14	ENTRADA DE ENERGIA							
160108	14.1	Entrada energ. pdr.COPEL,c/saída subterr.trif. 50A	cj	1,00	902,31	352,82	1.255,13	1.255,13	1.264,56
160195	14.2	Cx metálica 100x100mm - telefone - c/espelho cego	pç	1,00	8,47	0,96	9,43	9,43	

166023	22.5	Tomada 2P+T 15A, 125V Nema5/15Rm, s/placa fechamen.	ud	19,00	5,47	2,02	7,49	142,31	
166037	22.6	Cj. de interruptor 4TS, 10A, 250V, s/placa fecham.	ud	1,00	9,40	4,17	13,57	13,57	
166091	22.7	Célula fotoelétrica monofásica	ud	1,00	18,38	2,17	20,55	20,55	
166095	22.8	Tomada monof. 127V(F+N+T)15A, instal. em cx no piso	ud	4,00	6,20	0,88	7,08	28,32	
166096	22.9	Tomada monofásica dupla 127V F+N+T em espelho 4x4"	cj	12,00	4,39	0,88	5,27	63,24	
166097	22.10	Exaustor elétrico, capac. 80m3/h - 20V	cj	1,00	159,79	3,69	163,48	163,48	
167108	23	LUMINÁRIAS E EQUIPAMENTOS							5.352,55
167196	23.1	Luminária fluor. sobrepor tipo B 2x32W	cj	3,00	133,49	13,57	147,06	441,18	
167198	23.2	Lumin. fluor.sobrepor 2x32W, c/tirantes, conf.memo	cj	27,00	146,00	5,97	151,97	4.103,19	
167199	23.3	Lumin. embutir 1x26W completa, conf. memorial	cj	3,00	81,21	5,97	87,18	261,54	
	23.4	Lumin. embutir 2x26W completa, conf. memorial	cj	4,00	130,69	5,97	136,66	546,64	
167395	24	EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS							367,85
167396	24.1	Arandela tartaruga externa, lâmpada PL 26W-127V	cj	7,00	35,39	1,02	36,41	254,87	
	24.2	Projeter externo,lâmp.halógena 300W-220V.conf.memo	cj	2,00	44,29	12,20	56,49	112,98	
192095	25	EQUIPAMENTOS DE INCÊNDIO							97,02
	25.1	Bloco autônomo ilum emerg, c/ a indicação SAÍDA	cj	2,00	46,44	2,07	48,51	97,02	
161111	26	ELETRODUTOS E CONEXÕES							1.331,69
161112	26.1	Eletroduto PVC rígido roscável, Ø20mm (1/2")	m	90,00	1,64	1,83	3,47	312,30	
161150	26.2	Eletroduto PVC rígido roscável, Ø25mm (3/4")	m	165,00	2,33	2,10	4,43	730,95	
161151	26.3	Curva 90° para eletroduto de PVC Ø20mm (1/2")	pç	20,00	0,85	0,87	1,72	34,40	
161169	26.4	Curva 90° para eletroduto de PVC Ø25mm (3/4")	pç	24,00	1,07	0,87	1,94	46,56	
161170	26.5	Luva para eletroduto de PVC Ø20mm (1/2")	pç	50,00	0,33	0,87	1,20	60,00	
161180	26.6	Luva para eletroduto de PVC Ø25mm (3/4")	pç	79,00	0,53	0,87	1,40	110,60	
161181	26.7	Bucha e arruela para eletroduto Ø20mm	pç	30,00	0,35	0,12	0,47	14,10	
	26.8	Bucha e arruela para eletroduto Ø25mm	pç	34,00	0,55	0,12	0,67	22,78	
161261	27	QUADROS E CAIXAS DE DISTRIBUIÇÃO							55,44
	27.1	Caixa ligação PVC p/ eletrodutos 100x100mm (4x4")	pç	18,00	1,22	1,86	3,08	55,44	
166054	28	TOMADAS, INTERRUPTORES E ESPELHOS							30,10
166095	28.1	Espelho cx 4x4" tomada black jack	ud	1,00	1,46	0,32	1,78	1,78	
	28.2	Tomada monof. 127V(F+N+T)15A, instal. em cx no piso	ud	4,00	6,20	0,88	7,08	28,32	
167397	29	EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS							850,85
167398	29.1	Rack metálico c/ tampa de acrílico tamanho 6U	pç	1,00	258,11		258,11	258,11	
	29.2	Patch panel's de 24 portas	pç	1,00	560,34		560,34	560,34	
	29.3	Plugue pino macho p/ lógica	pç	30,00	1,08		1,08	32,40	

182403	42.3	Tubo PVC esg Ø100mm, junta elástica	m	30,00	7,93	8,51	16,44	493,20
182410	42.4	Curva 45° longa PVC esg Ø100mm, junta elástica	pç	2,00	13,26	6,39	19,65	39,30
182413	42.5	Curva 90° curta PVC esg Ø100mm, junta elástica	pç	3,00	11,12	6,39	17,51	52,53
182417	42.6	Joelho 45° PVC esg Ø 50mm, junta elástica	pç	2,00	2,90	3,97	6,87	13,74
182418	42.7	Joelho 45° PVC esg Ø 75mm, junta elástica	pç	2,00	5,12	5,11	10,23	20,46
182419	42.8	Joelho 45° PVC esg Ø100mm, junta elástica	pç	7,00	6,46	6,39	12,85	89,95
182420	42.9	Joelho 90° PVC esg Ø 50mm, junta elástica	pç	2,00	2,54	3,97	6,51	13,02
182427	42.10	Junção simples PVC esg Ø100x 50mm, junta elástica	pç	3,00	10,07	8,37	18,44	55,32
182429	42.11	Junção simples PVC esg Ø100x100mm, junta elástica	pç	3,00	14,75	9,58	24,33	72,99
182436	42.12	Luva PVC esg Ø 50mm, junta elástica	pç	3,00	3,57	3,97	7,54	22,62
182437	42.13	Luva PVC esg Ø 75mm, junta elástica	pç	2,00	5,11	5,11	10,22	20,44
182438	42.14	Luva PVC esg Ø100mm, junta elástica	pç	6,00	6,14	6,39	12,53	75,18
182444	42.15	Luva PVC esg Ø100mm, junta elástica	pç	9,00	4,86	3,19	8,05	72,45
182451	42.16	Te sanit. PVC esg Ø100x 50mm, junta elástica	pç	1,00	9,90	8,37	18,27	18,27
182453	42.17	Te sanit. PVC esg Ø100x100mm, junta elástica	pç	3,00	11,62	9,58	21,20	63,60
182601	42.18	Tubo de esgoto Ø40mm, junta soldável	m	4,00	2,54	2,96	5,50	22,00
182607	42.19	Joelho 90° PVC esg Ø40mm, junta soldável	pç	7,00	1,38	1,64	3,02	21,14
182609	42.20	Joelho 45° PVC esg Ø40mm, junta soldável	pç	1,00	1,68	3,46	5,14	5,14
182653	42.21	Cx sifon. PVC Ø100x100x50mm c/ tp quad. cromada	pç	2,00	12,34	7,95	20,29	40,58
182695	42.22	Adaptador p/ vaiv de pia e lavatório Ø40mm	pç	2,00	0,62	0,50	1,12	2,24
182696	42.23	Adaptador p/ sifão Ø40mm x 1.1/4"	pç	2,00	0,62	0,50	1,12	2,24
182697	42.24	Cx de gordura simples c/ tampa de PVC	pç	1,00	35,83	3,39	39,22	39,22
182698	42.25	Cx sifon. PVC Ø100x150x50mm c/ tp quad. cromada	pç	1,00	26,24	3,53	29,77	29,77
190802	43	DRENAGEM E ÁGUAS PLUVIAIS						1.104,28
190822	43.1	Tubo PVC leve, Ø150mm c/ junta soldada	m	60,00	16,57	1,15	17,72	1.063,20
	43.2	Joelho 45° PVC leve, Ø150mm c/ junta soldada	ud	1,00	34,17	6,91	41,08	41,08
201002	44	REVESTIMENTO DE PAREDES INTERNAS E ACESSÓRIOS						11.137,00
201003	44.1	Chapco parede int, arg cim/areia, traço1:3, e=5mm	m2	471,26	1,15	1,45	2,60	1.225,28
201007	44.2	Emboço parede int, arg mista, e=20mm	m2	471,26	2,62	7,75	10,37	4.886,97
201011	44.3	Reboco parede int, arg pré-fabricada e=5mm	m2	434,88	2,19	7,06	9,25	4.022,64
	44.4	Revest. azulejo branco 15x15cm ass. c/ cim.colante	m2	36,48	14,68	12,79	27,47	1.002,11
202002	45	REVESTIMENTO DE PAREDES EXTERNAS						4.049,72
202003	45.1	Chapco parede ext, arg cim/areia, traço 1:3, e=5mm	m2	304,49	1,15	1,45	2,60	791,67
	45.2	Emboço parede ext, arg mista, e=20mm	m2	304,49	2,95	7,75	10,70	3.258,05
203001	46	REVESTIMENTO DE FORROS E ACESSÓRIOS						19.304,35
203002	46.1	Chapco laje c/arg. cim/areia, traço1:3, e= 5mm	m2	1,80	1,36	3,28	4,64	8,35
203004	46.2	Emboço laje c/arg. mista, e=20mm	m2	1,80	2,87	14,28	17,15	30,87
	46.3	Reboco laje c/arg. pré-fabricada, e=5mm	m2	1,80	2,50	7,12	9,62	17,32

203011	46.4	Entanug. Cambará p/forro lambri, fix tesouras	m2	234,48	13,80	9,56	23,36	5.477,45	
203014	46.5	Entanug. Cambará p/forro lambri, fix paredes	m2	18,24	7,69	8,48	16,17	294,95	
203095	46.6	Forro lambri Cedrinho 1ª, larg=9cm, s/tanugamento	m2	252,72	33,23	9,49	42,72	10.796,20	
203096	46.7	Tábua apar. Cedrinho de 1ª (tábua beiral) 2,5x15cm	m	53,63	5,97	0,87	6,84	366,83	
130118	46.8	Isolam. term. cobert. nova, manta foil 2 faces	m2	252,72	4,81	4,34	9,15	2.312,38	
205102	47	REVESTIMENTO DE PISOS E ACESSÓRIOS						10.375,50	
205104	47.1	Lastro pedra brita apiloada (manual), e= 3cm	m2	163,13	1,37	0,62	1,99	324,63	
205114	47.2	Lastro imperm. em concreto não estrut. e=5cm	m2	163,13	12,37	9,24	21,61	3.525,24	
205123	47.3	Regulariz. piso c/ arg cim/areia, traço 1:4, e=2cm	m2	163,13	3,92	4,47	8,39	1.368,66	
205265	47.4	Cer. P14 liso 1ª 40x40cm, fixada arg.colante + rej	m2	163,13	17,29	7,59	24,88	4.058,68	
	47.5	Rodapé cer. P14 40x40cm, h= 7cm, arg mista	m	124,24	2,65	6,19	8,84	1.098,29	
206001	48	VIDROS						1.180,56	
206005	48.1	Vidro transparente 3mm	m2	32,56	36,00		36,00	1.172,16	
	48.2	Vidro martelado	m2	0,24	35,00		35,00	8,40	
300131	49	PINTURA EM PAREDES						4.399,25	
	49.1	Pintura látex PVA 1ª 2dmão par. int/ext	m2	739,37	1,82	4,13	5,95	4.399,25	
300327	50	PINTURA EM TETOS E FORROS						2.297,29	
	50.1	Pintura osmocolor 2dmão em tabua beiral c/lix.	m2	8,04	3,53	5,28	8,81	70,83	
	50.2	Pintura osmocolor 2dmão em forro madeira c/lix.	m2	252,72	3,53	5,28	8,81	2.226,46	
300406	51	PINTURA DE ESQUADRIAS DE MADEIRA						314,87	
	51.1	Verniz Poliuretano em esquadrias madeira 3dmão	m2	33,39	3,63	5,80	9,43	314,87	
300501	52	PINTURA DE ESQUADRIAS METÁLICAS E CALHAS/RUFOS						527,49	
	52.1	Pintura zarcão esquadria ferro 1dmão, incl. lix.	m2	67,54	1,04	3,52	4,56	307,98	
	52.2	Pintura esmalte sint. 2dmão em esquadria ferro	m2	67,54	0,90	2,35	3,25	219,51	
599001	53	LIMPEZA						751,22	
	53.1	Limpeza piso cerâmico c/ácido muriático/amonía	m2	163,13	0,42	1,99	2,41	393,14	
	53.2	Limpeza paredes cerâmica c/ácido muriático/amonía	m2	36,48	0,42	1,43	1,85	67,49	
	53.3	Limpeza de vidros e esquadrias	m2	35,84		2,98	2,98	106,80	
	53.4	Limpeza geral da obra	m2	183,79	0,38	0,62	1,00	183,79	
		TOTAL GERAL						164.990,00	
		TOTAL GERAL BDI 20,00%						197.988,00	

Planilha orçamentária modelo biblioteca cidadã de método construtivo tradicional – Estudo de Caso 1

Fonte: SEOP-PR. Adaptado pelo autor

8.3 PLANILHA ORÇAMENTÁRIA – BIBLIOTECA CIDADÃ EM LIGHT WOOD FRAMING

CODIGO TABELA SEOP 2008	ITEM	DISCRIMINAÇÃO	UNID	QUANTID.	R\$ UNIT MAT	R\$ UNIT MO	R\$ UNIT	TOTAL	TOTAL ITEM
	1	MOVIMENTO DE TERRA							
101402	1.1	Escavação manual valas, solo úmido até h=2,00m	m3	2,60		19,38	19,38	50,39	65,61
101452	1.2	Aterro compactado manualmente	m3	0,98		15,53	15,53	15,22	
110110	2	PREPARO DE CONCRETO - FUNDAÇÃO (blocos)	m3	1,62	188,96	29,81	218,77	354,41	602,99
110128	2.1	Conc.estr.c/betoneira controle tipo"A" Fck=18,0MPA	m3	0,14	201,32	68,52	269,84	37,77	
110130	2.3	Lastro de concreto apoiado manualmente	m3	1,62	0,11	43,71	43,82	70,99	
	2.4	Laaç. manual conc. estr.infraestr. c/ vibração Imperm. blocos c/ manta 3mm	m2	2,25	36,19	25,95	62,14	139,82	
110278	3	FUNDAÇÕES	m	150,00	50,09	1,99	52,08	7.812,00	9.124,50
110284	3.1	Estaca pré-moldada de 18x18cm cravada cap.20 tf	ud	25,00	52,00	0,50	52,50	1.312,50	
	3.2	Emenda estaca pré moldada 18x18cm c/ luva aço							
110524	4	FORMAS DE MADEIRA PARA CONCRETO - FUNDAÇÃO	m2	16,17	11,02	16,04	27,06	437,56	437,56
	4.1	Forma pinus p/ bloco fund. - reap 2x							
110722	5	ARMADURAS - FUNDAÇÃO	Kg	162,74	4,82	0,99	5,81	945,52	945,52
	5.1	Armadura CA-50, Ø10,00mm (3/8"), p=0,58Kg/m							
191457	6	PISO							15.648,11
	6.1	Barroteamento pinus 4x8", c/ acessórios	m2	180,43	41,73	8,09	49,82	8.989,02	
	6.2	Imunização estrutura de madeira	m2	180,43	3,36	2,78	6,14	1.107,84	
	6.3	Piso em chapa OSB 14mm, c/ acessórios	m2	180,43	13,74	13,07	26,81	4.837,33	
	6.4	Rampa em pinus e OSB	m2	6,05	20,89	14,76	35,65	215,68	
	6.5	Barra de apoio para deficientes	m	4,00	116,80	7,76	124,56	498,24	
	7	PAINÉIS LIGHT WOOD FRAME							21.353,22
	7.1	Painel c/ estrutura de pinus 4x9cm, revestido c/ chapa OSB 12mm e preenchido c/ placa de lâ de rocha	m2	365,70	40,19	18,20	61,06	21.353,22	
121123	8	PORTAS DE MADEIRA							2.135,88
	8.1	Pta. chap. Itaúba1ª 60x210cm - vta/cx14cm/dobrç.	cj	3,00	183,64	36,00	219,64	658,92	
	8.3	Pta. chap. Itaúba1ª 90x210cm - vta/cx14cm/dobrç.	cj	6,00	210,16	36,00	246,16	1.476,96	

161111	18.1	Eletroduto PVC rígido roscável, Ø20mm (1/2")	m	273,00	1,64	1,83	3,47	947,31	
161112	18.2	Eletroduto PVC rígido roscável, Ø25mm (3/4")	m	51,00	2,33	2,10	4,43	225,93	
161150	18.3	Curva 90° para eletroduto de PVC Ø20mm (1/2")	pç	56,00	0,85	0,87	1,72	96,32	
161151	18.4	Curva 90° para eletroduto de PVC Ø25mm (3/4")	pç	6,00	1,07	0,87	1,94	11,64	
161169	18.5	Luva para eletroduto de PVC Ø20mm (1/2")	pç	147,00	0,33	0,87	1,20	176,40	
161170	18.6	Luva para eletroduto de PVC Ø25mm (3/4")	pç	23,00	0,53	0,87	1,40	32,20	
161180	18.7	Bucha e arruela para eletroduto Ø20mm	pç	170,00	0,35	0,12	0,47	79,90	
161181	18.8	Bucha e arruela para eletroduto Ø25mm	pç	8,00	0,55	0,12	0,67	5,36	424,88
161260	19	QUADROS E CAIXAS DE DISTRIBUIÇÃO							
161261	19.1	Caixa ligação PVC p/ eletrodutos 100x50mm (4x2")	pç	35,00	0,61	1,86	2,47	86,45	
161263	19.2	Caixa ligação PVC p/ eletrodutos 100x100mm (4x4")	pç	15,00	1,22	1,86	3,08	46,20	
161264	19.3	Cx. pass. octog. PVC p/eletrodutos 100x100mm(4x4")	pç	38,00	2,44	1,86	4,30	163,40	
161264	19.4	Cx. pass. octog. PVC p/eletrodutos 75x 75mm(3x3")	pç	7,00	0,91	1,86	2,77	19,39	
161297	19.5	Caixa passagem 4x4" em alumínio para piso	pç	4,00	20,18	7,18	27,36	109,44	
162002	20	FIOS E CABOS P/ INSTALAÇÕES PREDIAIS							2.889,00
165001	20.1	Condutor cobre c/ isolamento PVC 750V, #= 2,5mm ²	m	1.350,00	0,79	1,35	2,14	2.889,00	
166001	21	CAIXAS DE ALVENARIA P/ INSTALAÇÕES ELÉTRICAS							69,47
166006	21.1	Cx pass.alv.c/tp CA,fundo 5cm brita 30x30x 50cm	ud	1,00	36,59	32,88	69,47	69,47	
166007	22	TOMADAS, INTERRUPTORES E ESPELHOS							495,30
166008	22.1	Interruptor 1TS,10A,250V, s/placa fechamen.	ud	7,00	2,41	1,46	3,87	27,09	
166011	22.2	Pulsador de campainha 2A,250V, s/placa fechamen.	ud	1,00	2,41	1,46	3,87	3,87	
166023	22.3	Cj.interruptor 2TS,10A,250V, s/placa fechamen.	ud	3,00	4,70	2,57	7,27	21,81	
166037	22.4	Cj.interruptor 3TS,10A,250V, s/placa fechamen.	ud	1,00	7,93	3,13	11,06	11,06	
166091	22.5	Tomada 2P+T 15A,125V Nema5/15Rm s/placa fechamen.	ud	19,00	5,47	2,02	7,49	142,31	
166095	22.6	Cj. de interruptor 4TS,10A,250V, s/placa fecham.	ud	1,00	9,40	4,17	13,57	13,57	
166096	22.7	Célula fotoelétrica monofásica	ud	1,00	18,38	2,17	20,55	20,55	
166097	22.8	Tomada monof.127V(F+N+T)15A, instal. em cx no piso	ud	4,00	6,20	0,88	7,08	28,32	
167108	22.9	Tomada monofásica dupla 127V F+N+T em espelho 4x4"	cj	12,00	4,39	0,88	5,27	63,24	
167196	22.10	Exaustor elétrico, capac. 80m3/h - 20V	cj	1,00	159,79	3,69	163,48	163,48	
167198	23	LUMINÁRIAS E EQUIPAMENTOS							5.352,55
167199	23.1	Luminária fluor. sobrepor tipo B 2x32W	cj	3,00	133,49	13,57	147,06	441,18	
167395	23.2	Lumin. fluor.sobrepor 2x32W, c/tirantes, conf.memo	cj	27,00	146,00	5,97	151,97	4.103,19	
	23.3	Lumin. embutir 1x26W completa, conf. memorial	cj	3,00	81,21	5,97	87,18	261,54	
	23.4	Lumin. embutir 2x26W completa, conf. memorial	cj	4,00	130,69	5,97	136,66	546,64	
	24	EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS							367,85
	24.1	Arandeia tartaruga externa, lâmpada PL 26W-12TV	cj	7,00	35,39	1,02	36,41	254,87	

167396	24.2	Projektor externo,lâmp.halógena 300W-220V, conf.memo	cj	2,00	44,29	12,20	56,49	112,98	97,02	112,98
192095	25	EQUIPAMENTOS DE INCÊNDIO	cj	2,00	46,44	2,07	48,51	97,02	97,02	97,02
161111	26	ELETRODUTOS E CONEXÕES	m	90,00	1,64	1,83	3,47	312,30	312,30	1.331,69
161112	26.1	Eletroduto PVC rígido roscável, Ø20mm (1/2")	m	165,00	2,33	2,10	4,43	730,95	730,95	
161150	26.2	Eletroduto PVC rígido roscável, Ø25mm (3/4")	pç	20,00	0,85	0,87	1,72	34,40	34,40	
161151	26.3	Curva 90° para eletroduto de PVC Ø20mm (1/2")	pç	24,00	1,07	0,87	1,94	46,56	46,56	
161169	26.4	Curva 90° para eletroduto de PVC Ø25mm (3/4")	pç	50,00	0,33	0,87	1,20	60,00	60,00	
161170	26.5	Luva para eletroduto de PVC Ø20mm (1/2")	pç	79,00	0,53	0,87	1,40	110,60	110,60	
161180	26.6	Luva para eletroduto de PVC Ø25mm (3/4")	pç	30,00	0,35	0,12	0,47	14,10	14,10	
161181	26.7	Bucha e arruela para eletroduto Ø20mm	pç	34,00	0,55	0,12	0,67	22,78	22,78	
161261	27	QUADROS E CAIXAS DE DISTRIBUIÇÃO	pç	18,00	1,22	1,86	3,08	55,44	55,44	55,44
166054	27.1	Caixa ligação PVC p/ eletrodutos 100x100mm (4x4")	ud	1,00	1,46	0,32	1,78	1,78	1,78	30,10
166095	28	TOMADAS, INTERRUPTORES E ESPELHOS	ud	4,00	6,20	0,88	7,08	28,32	28,32	
167397	28.1	Espelho cx 4x4" tomada black jack	pç	1,00	258,11		258,11	258,11	258,11	850,85
167398	28.2	Tomada monof.127V (F+N+T)15A, instal. em cx no piso	pç	1,00	560,34		560,34	560,34	560,34	
167399	29	EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS	pç	30,00	1,08		1,08	32,40	32,40	
167919	29.1	Rack metálico c/ tampa de acrílico tamanho 6U	ud	4,00	2,56	4,01	6,57	26,28	26,28	1.902,30
167947	29.2	Patch panel's de 24 portas	pç	1,00	26,19	17,08	43,27	43,27	43,27	
167948	29.3	Plugue pino macho p/ lógica	pç	1,00	38,09	15,51	53,60	53,60	53,60	
167995	30	INSTALAÇÕES DE TELEFONIA	pto	11,00	61,47	61,47	61,47	676,17	676,17	
167997	30.1	Tomada de telefone 4 pinos padrao TELEBRAS	cj	1,00	411,50	1,72	411,50	411,50	411,50	
167998	30.2	Quadro de distrib. TELEBRAS, N°1 100x 100x120mm	pç	8,00	47,19		48,91	391,28	391,28	
167999	30.3	Quadro de distrib. TELEBRAS, N°2 200X 200X120mm	m	190,00	1,58		1,58	300,20	300,20	
165001	30.4	Ponto lógico instalado em espelho 4x4"	ud	1,00	36,59	32,88	69,47	69,47	69,47	69,47
168352	30.5	Central p/ alarme, conforme memorial	ud	1,00	24,87	33,93	58,80	58,80	58,80	58,80
	30.6	Sensor para alarme com fio								
	30.7	Cabo de lógica UTP - cor azul								
	31	CAIXAS DE ALVENARIA P/ INSTALAÇÕES ELÉTRICAS								
	31.1	Cx pass.alv.c/tp CA,fundo 5cm brita 30x30x 50cm								
	32	PARA RAIOS E ACESSÓRIOS								
	32.1	Aterram. c/haste Cobre 9,8mmx3000mm								

181741	39.9	Te 90° PVC ríg. soldável, marrom, Ø 32mm (1")	pç	2,00	6,75	1,67	8,42	16,84
181742	39.10	Te 90° PVC ríg. soldável, marrom, Ø 40mm (1 1/4")	pç	1,00	5,68	2,59	8,27	8,27
181759	39.11	Luva PVC ríg. sold. marrom, Ø25mm (3/4")	pç	5,00	0,71	1,11	1,82	9,10
181760	39.12	Luva PVC ríg. sold. marrom, Ø32mm (1")	pç	1,00	1,32	1,11	2,43	2,43
181761	39.13	Luva PVC ríg. sold. marrom, Ø40mm (1 1/4")	pç	1,00	2,47	1,72	4,19	4,19
181775	39.14	Bucha red.curta PVC ríg. sold. marrom Ø32x25mm	pç	2,00	0,96	1,11	2,07	4,14
181776	39.15	Bucha red.curta PVC ríg. sold. marrom Ø40x32mm	pç	2,00	1,52	1,42	2,94	5,88
181799	39.16	Uniao PVC ríg. soldável, marrom, Ø 40mm (1 1/4")	pç	1,00	13,44	3,46	16,90	16,90
181807	39.17	Adaptador sold p/registro curto marrom 25mm	pc	8,00	0,58	1,11	1,69	13,52
181808	39.18	Adaptador sold p/registro curto marrom 32mm	pc	2,00	1,10	1,11	2,21	4,42
181809	39.19	Adaptador sold p/registro curto marrom 40mm	pc	2,00	2,11	1,72	3,83	7,66
181815	39.20	Adapt.sold c/flan.livre p/cx água,PVCmarrom 25mm	pc	1,00	5,59	1,11	6,70	6,70
181816	39.21	Adapt.sold c/flan.livre p/cx água,PVCmarrom 32mm	pc	5,00	8,01	1,11	9,12	45,60
181817	39.22	Adapt.sold c/flan.livre p/cx água,PVCmarrom 40mm	pc	1,00	9,70	1,72	11,42	11,42
181855	39.23	Luva de redução de PVC rígido LR 25 x 1/2"	pç	1,00	1,06	1,11	2,17	2,17
181861	39.24	Joelho 90° LR PVC ríg c/bucha de latao 25 x 3/4"	pç	1,00	3,67	1,11	4,78	4,78
181862	39.25	Joelho 90° LR PVC ríg c/bucha de latao 25 x 1/2"	pç	6,00	3,07	1,11	4,18	25,08
TUBOS E CONEXÕES DE COBRE								
181146	41	Tubo cobre, juntas sold., Ø15mm (1/2"), classe A	m	2,00	16,46	1,24	17,70	35,40
181164	41.2	Curva 90° de cobre, Ø15mm, bolsa e bolsa	pç	2,00	3,36	2,22	5,58	11,16
181222	41.3	Conector cobre, Ø15mmx1/2", bolsa e bolsa c/ rosca	pç	1,00	4,80	2,22	7,02	7,02
181260	41.4	Cotovelo bronze,Ø15mmx1/2", bolsa e bolsa c/ rosca	pç	1,00	4,63	2,22	6,85	6,85
TUBOS E CONEXÕES DE PVC PARA ESGOTO E ACESSÓRIOS								
182401	42	Tubo PVC esg Ø 50mm, junta elástica	m	10,00	5,25	4,26	9,51	95,10
182402	42.1	Tubo PVC esg Ø 75mm, junta elástica	m	6,00	6,51	4,26	10,77	64,62
182403	42.2	Tubo PVC esg Ø100mm, junta elástica	m	30,00	7,93	8,51	16,44	493,20
182410	42.3	Curva 45° longa PVC esg Ø100mm, junta elástica	pç	2,00	13,26	6,39	19,65	39,30
182413	42.4	Curva 90° curta PVC esg Ø100mm, junta elástica	pç	3,00	11,12	6,39	17,51	52,53
182417	42.5	Joelho 45° PVC esg Ø 50mm, junta elástica	pç	2,00	2,90	3,97	6,87	13,74
182418	42.6	Joelho 45° PVC esg Ø 75mm, junta elástica	pç	2,00	5,12	5,11	10,23	20,46
182419	42.7	Joelho 45° PVC esg Ø100mm, junta elástica	pç	7,00	6,46	6,39	12,85	89,95
182420	42.8	Joelho 90° PVC esg Ø 50mm, junta elástica	pç	2,00	2,54	3,97	6,51	13,02
182427	42.9	Junção simples PVC esg Ø100x50mm, junta elástica	pç	3,00	10,07	8,37	18,44	55,32
182429	42.10	Junção simples PVC esg Ø100x100mm, junta elástica	pç	3,00	14,75	9,58	24,33	72,99
182436	42.11	Luva PVC esg Ø 50mm, junta elástica	pç	3,00	3,57	3,97	7,54	22,62
182437	42.12	Luva PVC esg Ø 75mm, junta elástica	pç	2,00	5,11	5,11	10,22	20,44
182438	42.13	Luva PVC esg Ø100mm, junta elástica	pç	6,00	6,14	6,39	12,53	75,18
182444	42.14	Plug PVC esg Ø100mm, junta elástica	pç	9,00	4,86	3,19	8,05	72,45
182451	42.15	Te sanit. PVC esg Ø100x50mm, junta elástica	pç	1,00	9,90	8,37	18,27	18,27
182453	42.16	Te sanit. PVC esg Ø100x100mm, junta elástica	pç	3,00	11,62	9,58	21,20	63,60
60,43								
1,445,12								

182601	42.18	Tubo de esgoto Ø40mm, junta soldável	m	4,00	2,54	2,96	5,50	22,00	
182607	42.19	Joelho 90° PVC esg Ø40mm, junta soldável	pç	7,00	1,38	1,64	3,02	21,14	
182609	42.20	Joelho 45° PVC esg Ø40mm, junta soldável	pç	1,00	1,68	3,46	5,14	5,14	
182653	42.21	Cx sifon. PVC Ø100x100x50mm c/ tp quad. cromada	pç	2,00	12,34	7,95	20,29	40,58	
182695	42.22	Adaptador p/ valv de pia e lavatório Ø40mm	pç	2,00	0,62	0,50	1,12	2,24	
182696	42.23	Adaptador p/ sifão Ø40mm x 1.1/4"	pç	2,00	0,62	0,50	1,12	2,24	
182697	42.24	Cx de gordura simples c/ tampa de PVC	pç	1,00	35,83	3,39	39,22	39,22	
182698	42.25	Cx sifon. PVC Ø100x150x50mm c/ tp quad. cromada	pç	1,00	26,24	3,53	29,77	29,77	1.104,28
190802	43	DRENAGEM E ÁGUAS PLUVIAIS							
190822	43.1	Tubo PVC leve, Ø150mm c/ junta soldada	m	60,00	16,57	1,15	17,72	1.063,20	
	43.2	Joelho 45° PVC leve, Ø150mm c/ junta soldada	ud	1,00	34,17	6,91	41,08	41,08	
201003	44	REVESTIMENTO DE PAREDES INTERNAS E ACESSÓRIOS							11.837,34
201007	44.1	Tela p/ fixação revestimento à chapa OSB	m2	400,09	4,29	3,15	7,44	2.976,67	
201011	44.2	Emboço parede int, arg mista, e=20mm	m2	400,09	2,62	7,75	10,37	4.148,94	
	44.3	Reboco parede int, arg pré-fabricada e=5mm	m2	400,09	2,19	7,06	9,25	3.700,84	
	44.4	Revest. azulejo branco 15x15cm ass. c/ cim.colante	m2	36,80	14,68	12,79	27,47	1.010,89	
202003	45	REVESTIMENTO DE PAREDES EXTERNAS							2.997,39
	45.1	Tela p/ fixação argamassa à chapa OSB	m2	280,13					
	45.2	Emboço parede ext, arg mista, e=20mm	m2	280,13	2,95	7,75	10,70	2.997,39	
203011	46	REVESTIMENTO DE FORROS E ACESSÓRIOS							12.927,17
203014	46.1	Entarug. Cambará p/forro lambri, fix tesouras	m2	151,72	13,80	9,56	23,36	3.544,18	
203095	46.2	Entarug. Cambará p/forro lambri, fix paredes	m2	18,08	7,69	8,48	16,17	292,36	
203096	46.3	Forro lambri Cedrinho 1ª larg=9cm, s/ tarugamento	m2	169,80	33,23	9,49	42,72	7.253,85	
130118	46.4	Tábua apar. Cedrinho de 1ª (tábua beiral) 2,5x15cm	m	41,39	5,97	0,87	6,84	283,11	
	46.5	Isolam. term. cobert. nova, manta foil 2 faces	m2	169,80	4,81	4,34	9,15	1.553,67	
205123	47	REVESTIMENTO DE PISOS E ACESSÓRIOS							7.409,23
205265	47.1	Impermeabilização - emulsão asfáltica	m2	166,94	9,70	3,48	13,18	2.200,27	
	47.2	Cer. P14 liso 1ª 40x40cm, fixada arg.colante + rej	m2	166,94	17,29	7,59	24,88	4.153,46	
	47.3	Rodapé cer. P14 40x40cm, h= 7cm, arg mista	m	119,40	2,65	6,19	8,84	1.055,50	
206001	48	VIDROS							1.195,92
206005	48.1	Vidro transparente 3mm	m2	32,52	36,00		36,00	1.170,72	
	48.2	Vidro martelado	m2	0,72	35,00		35,00	25,20	
300131	49	PINTURA EM PAREDES							4.047,31
	49.1	Pintura latéx PVA 1ª 2dmão par. int/ext	m2	680,22	1,82	4,13	5,95	4.047,31	

50	PINTURA EM TETOS E FORROS												
300327	50.1	Pintura osmocolor 2cmão em tabua beiral c/lix.	m2	41,39	3,53	5,28	8,81	364,65	1.860,58				
300329	50.2	Pintura osmocolor 2cmão em forro madeira c/lix.	m2	169,80	3,53	5,28	8,81	1.495,93					
300406	51	PINTURA DE ESQUADRIAS DE MADEIRA											
	51.1	Verniz Poliuretano em esquadrias madeira 3demão	m2	63,48	3,63	5,80	9,43	598,61	598,61				
	53	LIMPEZA											
599001	53.1	Limpeza piso cerâmico c/ácido muriático/amonia	m2	166,94	0,42	1,99	2,41	402,32	681,81				
599004	53.3	Limpeza de vidros e esquadrias	m2	33,24		2,98	2,98	99,06					
599005	53.4	Limpeza geral da obra	m2	180,43	0,38	0,62	1,00	180,43					
		TOTAL GERAL							153.576,81				
		TOTAL GERAL BDI 20,00%							184.292,17				

Planilha orçamentária modelo biblioteca cidadã em *light wood framing* – Estudo de Caso 2

Fonte: Autor

8.4 COMPOSIÇÃO DE SERVIÇOS

Barroteamento pínus 4x8", c/ acessórios	m2	QUANT.	R\$ UNIT.	R\$ TOTAL
Viagote serrado pínus de 1a 10x18cm	m	3,5	11,37	39,80
Pregos com cabeça 18x27 (198/Kg)	kg	0,24	6,21	1,49
Serra de corte	h	0,2	2,18	0,44
Carpinteiro	h	0,525	8,69	4,56
Ajudante de Carpinteiro	h	0,525	6,73	3,53
Total Unitário do Serviço				49,82

Imunização estrutura de madeira	m2	QUANT.	R\$ UNIT.	R\$ TOTAL
Gimo Cupim sem corante	l	0,25	13,43	3,36
Pintor	h	0,32	8,69	2,78
Total Unitário do Serviço				6,14

Piso em compensado OSB, com acessórios	m2	QUANT.	R\$ UNIT.	R\$ TOTAL
Chapa OSB 1,22x2,44m e=14,0mm	ud	0,38	30,00	11,40
Pregos com cabeça 17x27 (242/Kg)	kg	0,36	5,77	2,08
Serra de corte	h	0,12	2,18	0,26
Carpinteiro	h	0,78	8,69	6,78
Ajudante de Carpinteiro	h	0,78	6,73	5,25
Pintor	h	0,12	8,69	1,04
Total Unitário do Serviço				26,81

Rampa em pínus e OSB	m2	QUANT.	R\$ UNIT.	R\$ TOTAL
Ripa de pínus de 2,50x10,00cm	m2	3,40	0,99	3,37
Placa OSB e=14,0mm	m2	1,15	11,18	12,86
Pregos com cabeça 17x27 (242/Kg)	kg	0,36	5,77	2,08
Selante para madeira - impermeabilizante	l	0,11	23,43	2,58
Pintor	h	0,12	8,69	1,04
Carpinteiro	h	0,89	8,69	7,73
Ajudante de carpinteiro	h	0,89	6,73	5,99
Total Unitário do Serviço				35,65

Painel OSB (1,22x2,44m)	m2	QUANT.	R\$ UNIT.	R\$ TOTAL
Chapa OSB 1,22x2,44m e=12,0mm	ud	0,78	26,00	20,28
Montante pínus 4x9"	m	4,63	1,89	8,75
Pregos com cabeça 17x27 (242/Kg)	kg	0,21	5,77	1,21
Placa lâ de rocha 1,35x0,60m	m2	1,08	9,21	9,95
Carpinteiro	h	1,32	8,69	11,47
Ajudante de Carpinteiro	h	1,00	6,73	6,73
Total Unitário do Serviço				58,39

Impermeabilização - emulsão asfáltica	m2	QUANT.	R\$ UNIT.	R\$ TOTAL
Emulsão asfáltica elastomérica	kg	2,00	4,85	9,70
Pintor	h	0,40	8,69	3,48
Total Unitário do Serviço				13,18

Composição de serviços

Fonte: Autor