UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO
PROARQ - PROGRAMA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA

A IMPORTÂNCIA DA SELEÇÃO DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO PARA A SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL DO EDIFÍCIO.

Flávia Miranda Marques

Rio de Janeiro
Fevereiro, 2007

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO
PROARQ - PROGRAMA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA

A IMPORTÂNCIA DA SELEÇÃO DOS MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO PARA A SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL DO EDIFÍCIO

Flávia Miranda Marques

Dissertação de Mestrado apresentada à banca do Programa de Pós-graduação em Arquitetura, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Ciências em Arquitetura, linha de pesquisa Qualidade dos Espaços Arquitetônicos.

Orientadora: Profª. Mônica Santos Salgado, D.Sc.

Rio de Janeiro
Fevereiro, 2007

Marques, Flávia Miranda.
M357 A importância da seleção dos materiais de construção para a sustentabilidade ambiental do edifício/ Flávia Miranda Marques. - Rio de Janeiro: UFRJ/FAU, 2007.
xiv, 148 f.: il.; 30 cm.

Orientador: Mônica Santos Salgado.

Dissertação(mestrado) - UFRJ/PROARQ/ Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, 2007.

Referências bibliográficas: f. 129-136.

1. Materiais de construção. 2. Sustentabilidade. 3. Arquitetura – Projetos e plantas. I. Salgado, Mônica Santos. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura. III. Título.

CDD 691

A IMPORTÂNCIA DA SELEÇÃO DOS MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO PARA A SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL DO EDIFÍCIO

Flávia Miranda Marques

Orientadora: Profª. Mônica Santos Salgado, D.Sc.

Dissertação de Mestrado submetida à banca do Programa de Pós-graduação em Arquitetura, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Arquitetura, linha de pesquisa Qualidade dos Espaços Arquitetônicos.

Aprovada por:

_____

Profª Mônica Santos Salgado, D.Sc. - Orientadora.
Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ

_____

Profª Louise Land Bittencourt Lomardo, D.Sc.
Universidade Federal Fluminense - UFF

_____

Profª Cláudia Mariz de Lyra Barroso Krause, D.Sc.
Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ

_____

Prof Leopoldo Eurico Gonçalves Bastos, D.Sc.
Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ

Rio de Janeiro

Fevereiro, 2007

AGRADECIMENTOS

À Deus, por guiar meu caminho e sempre se mostrar presente em minha vida.

À minha orientadora Mônica Salgado, pela dedicada orientação e por me ajudar no crescimento acadêmico, profissional e pessoal.

Aos professores Cláudia Krause e Leopoldo Bastos por todos os comentários que contribuíram muito para meu trabalho, e por aceitarem o convite de fazer parte de minha banca avaliadora. Da mesma forma, agradeço à professora Louise Lomardo, que de forma muito gentil, também aceitou a esse convite.

Aos meus pais Fernando e Zezé, que são os grandes responsáveis por eu ter chegado até aqui, por sempre acreditarem e lutarem por mim, até nos momentos em que eu mesma não achava ser capaz e por tudo que tiveram que abdicar para que eu pudesse alcançar mais esse objetivo, sem nunca medir esforços para isso. Só tenho a agradecer por **tudo**.

Ao meu irmão Bruno, pela amizade e cumplicidade, e por me inspirar, a cada dia, com seu exemplo de determinação. E ao meu “irmão” Nike, que mesmo de longe é responsável por grandes alegrias.

Ao meu noivo Jakson, que foi fundamental nessa conquista, me incentivando a cada dia, acreditando em mim, superando, e me ajudando a superar, as dificuldades da distância. Agradeço pelo seu amor e dedicação.

À minha Vozinha por toda sua oração e torcida por mim. Ao Vovô Newton, Vô Mim e Vó Lica que, certamente, estão me acompanhando em mais essa etapa, olhando por mim e ajudando a guiar meu caminho.

Aos meus tios, tias e primos por sempre se mostrarem tão presentes apesar de toda a distância. Em especial à minha afilhada Beatriz, que ilumina minha vida, e ao meu tio Ricardo Siqueira que foi o meu primeiro e mais próximo contato com a profissão de arquiteto.

Aos meus padrinhos Bolivar e Zil – meus “pais cariocas”, e aos meus “irmãos” Camila, César, Bolivinha e Guilherme, que foram a minha base nesses dois anos, sem os quais, certamente, tudo teria sido mais difícil. Agradeço por dividirem comigo todos os momentos, por todo carinho e pelo colo que sempre me deram quando eu mais precisei.

Ao Tio Renato, Tia Regina, Rafael, Ricardo e Renata, pela amizade, enorme carinho e atenção comigo.

A todos os meus amigos que se mostraram presentes nessa minha jornada. Em especial à Thaís Athayde e Andresa Lisboa que, mesmo de longe, acompanharam cada passo meu, sempre mostrando seu carinho e admiração que, muitas vezes, foi o que me ajudou a seguir em busca de meus objetivos.

Às amigas Luciana Beck, Myrian Zubiete, Cynthia Marconsini e Nelba Galvez, pelo companheirismo e apoio que nos demos ao longo desses dois anos. Em especial à Clarice Sfair, que sempre esteve ao meu lado disposta a me ajudar, por todo seu apoio que foi fundamental para o sucesso desse mestrado, e principalmente, pela sua sincera amizade.

A todos do PROARQ, em especial à Guia, Rita e Dionísio, por toda atenção e ajuda que me deram sempre que precisei, e pelo convívio tão agradável durante todos esses meses.

Ao arquiteto Siegbert Zanettini, por me receber tão gentilmente em seu escritório, dedicando parte de seu precioso tempo para me atender e dividir sua valiosa experiência.

Aos arquitetos que se dispuseram a participar da pesquisa, pela enorme contribuição que deram ao trabalho, se dispondo a compartilhar de alguns de seus conhecimento e por usar parte de seus valiosos tempos para atender a minha pesquisa.

Ao arquiteto Aurélio Meira que, além de grande amigo, sempre foi um dos grandes incentivadores na minha carreira, agradeço pela confiança que sempre depositou em mim e por todo o aprendizado que me proporcionou.

Aos arquitetos e amigos Fernando Chacel e Ary Costa, que me acolheram de forma tão gentil na “família” CAP, pelos ensinamentos que levarei para a vida toda.

Às amigas Beth Cohen e Cláudia Costa, mais que colegas de trabalho, se tornaram grandes amigas, acompanhando cada momento dessa etapa de minha vida. Agradeço, pelo apoio, conselhos, aprendizados, risadas, e, principalmente, pelas suas amizades. À amiga Danielle Purper, com quem tive afinidade desde o primeiro encontro, pela amizade e carinho.

À todos que, de forma direta ou indireta, contribuíram para a realização desta dissertação de mestrado.

À CAPES pelo auxílio concedido por meio da bolsa de mestrado.

RESUMO

A IMPORTÂNCIA DA SELEÇÃO DOS MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO PARA A SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL DO EDIFÍCIO

Flávia Miranda Marques

Orientadora: Profª Mônica Santos Salgado, D.Sc.

Resumo da Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-graduação em Arquitetura, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ciências em Arquitetura**.**

No decorrer do processo de projeto, diversas decisões devem ser tomadas para garantir a qualidade da edificação a ser projetada, e uma dessas decisões é a escolha dos materiais de construção a serem aplicados. Os materiais de construção exercem grande influência na garantia da sustentabilidade do edifício e por isso sua especificação deve se dar de forma cautelosa. Este trabalho estudou a influência da fase de projeto para a minimização do impacto do edifício ao meio ambiente, levando em consideração a etapa de seleção dos materiais a serem aplicados na edificação. Pretendeu-se também, conhecer a real influência dos materiais de construção sobre a sustentabilidade ambiental do edifício. O desenvolvimento do trabalho se deu através de revisão bibliográfica relacionada ao tema e pesquisa de campo com arquitetos que aplicam conceitos de sustentabilidade a seus projetos. Com isso, foi possível perceber que a ausência de informações ordenadas de modo coerente que apresentem os principais aspectos a serem considerados na especificação dos materiais, é uma das grandes dificuldades enfrentadas no momento das decisões de um projeto ambientalmente sustentável. Foram apresentadas então, algumas diretrizes para servir de auxílio ao arquiteto nessa especificação.

Palavras-chave: 1. Sustentabilidade 2. Projeto de arquitetura 3. Especificação de materiais 4. Materiais de construção.

Rio de Janeiro

Fevereiro, 2007

ABSTRACT

THE IMPORTANCE OF BUILDING MATERIAL SELECTION FOR THE BUILDING SUSTAINABILITY

Flávia Miranda Marques

Orientadora: Profª Mônica Santos Salgado, D.Sc.

Abstract da Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-graduação em Arquitetura, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ciências em Arquitetura**.**

During the design process, some decisions must be taken to guarantee the building quality, and one of these decisions is the choice of the building materials. Building materials have great influence in the guarantee of the building sustainability and therefore its specification must be done carefully. This work studies the design influence at the building environmental impact shortage, considering the material specification stage. It was also intended to find out the real influence that the building materials have on the building sustainability. This work was based on some bibliography related to the subject and on a field research with some architects who already apply sustainability concepts on theirs projects. Thus, it was possible to understand that one of the greatest difficulties faced at the sustainable design decisions is the absence of commanded information in a coherent way, in order to present the main aspects to be considered at the materials specification. Also, some lines of direction had been presented as an aid to the architect in this specification.

Key-words: 1. Sustainability 2. Design 3. Building Material selection 4. Building material.

Rio de Janeiro

Fevereiro, 2007

LISTA DE FIGURAS

Figura 1– Ciclo de vida de uma edificação e os diferentes níveis de alteração no meio ambiente. Fonte: OLIVEIRA et al. (2004). 13

Figura 2– Os 10 Pontos-Chave para o Processo de Projeto Integrado. 40

Figura 3 - Diferenças entre o modelo de decisão antigo para o Processo de Projeto e o novo modelo de decisão para o Processo de projeto integrado. 47

Figura 4 - Fluxo das fases do Processo de Projeto. 50

Figura 5 – Recomendações para seleção de materiais para um projeto de arquitetura sustentável.....123

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Níveis da certificação LEED. 26
Quadro 2– Caracterização dos arquitetos participantes da pesquisa 111

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Arquitetos identificados por realizar arquitetura ambientalmente sustentável no Brasil e participantes da pesquisa. 110

Gráfico 2 – Resultado da questão 2: *O que o motivou a incorporar os princípios de sustentabilidade (aspectos ambientais) em seus projetos?* 113

Gráfico 3 – Resultado da questão 03: *Quais seus critérios para a especificação de materiais?* (5 = mais importante e 1 = menos importante). 114

Gráfico 4 – Resultado da questão 4: Sabe-se que são diversos os impactos ambientais causados ao longo do ciclo de vida dos materiais. A fim de minimizar esses impactos, quais os principais aspectos que considera na decisão pelos materiais? (9 = mais importante e 1 = menos importante). 115

Gráfico 5 – Resultado da questão 5: *Quais as principais dificuldades que enfrenta na seleção de materiais de baixo impacto ambiental?* (5 = mais importante e 1 = menos importante) 117

Gráfico 6 – Resultado da questão 6: *Costuma especificar materiais alternativos, ditos "ecológicos", para seus projetos?* 118

Gráfico 7 – Complemento de resposta para questão 06: *Por que não costuma especificar materiais alternativos, ditos "ecológicos", para seus projetos?* (5 = motivo mais importante e 1 = motivo menos importante). 119

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Objetivos e pontuação máxima de cada área do LEED. 27
Tabela 2 – Relação dos créditos LEED com o projeto de arquitetura 70
Tabela 3 – Desempenho quanto ao impacto ambiental da madeira 83
Tabela 4 – Desempenho quanto ao impacto ambiental do plástico 85
Tabela 5 – Impacto ambiental dos materiais cerâmicos 86
Tabela 6 – Impactos ambientais dos materiais metálicos 88
Tabela 7 – Classificação dos resíduos da construção civil. 92
Tabela 8– Avaliação da disponibilidade dos recursos não-renováveis necessários para a produção dos materiais. 95
Tabela 9 - Potencial de reciclabilidade de materiais de construção básicos. 97

SUMÁRIO

Resumo

Lista de Figuras

Lista de Quadros

Lista de Gráficos

Lista de Tabelas

INTRODUÇÃO 1

1. Desenvolvimento Sustentável e a Construção Civil 5

1.1. Alguns conceitos e definições 6

1.2. Sustentabilidade na construção civil: Aspectos Ambientais 9

1.3. O Ciclo de vida da edificação 11

1.4. Impactos ambientais e a construção civil 15

1.5. Sistemas de análise ambiental de edifícios 19

1.5.1. LEED 22

1.5.1.1. Características do método 25

1.5.1.2. Requisitos do sistema 26

1.5.1.3. Aplicabilidade do LEED no Brasil 28

2. Projeto do edifício e Sustentabilidade ambiental.....30

2.1. Aspectos da Qualidade do projeto do edifício 32

2.2. Ações realizadas em relação ao projeto de edifício sustentável.....36

2.3. Processo do Projeto Integrado 45

2.3.1. Fluxo de atividades do processo do projeto sustentável do empreendimento.....48

2.3.2. Gestão do processo do projeto: em busca da qualidade e da sustentabilidade ambiental.....56

2.3.3. O LEED e o Projeto de arquitetura de edifícios 59

3. A especificação de materiais e a sustentabilidade ambiental.....73

3.1. Ciclo de vida e impactos ambientais dos materiais de construção 75

3.2. A influência dos materiais na sustentabilidade do edifício 78
3.2.1. Alguns materiais de construção tradicionais.....79
3.2.1.1. Materiais Orgânicos.....80
3.2.1.2. Materiais Cerâmicos.....85
3.2.1.3. Materiais Metálicos.....87
3.2.1.4. Materiais de acabamento.....88
3.3. Gestão dos materiais na construção.....90
3.3.1. Gestão dos resíduos da construção.....90
3.3.2. Reutilização e reciclagem de materiais e renovação de matérias-primas.....94
3.3.3. Materiais Regionais.....97
3.3.4. Materiais Certificados.....98
3.4. Alternativas ecológicas para materiais de construção.....101
3.5. O LEED e os *Materiais e Recursos Naturais*.....104
3.6. Considerações sobre o LEED e a especificação de materiais.....106

4. Critérios para especificação de materiais com menor impacto ambiental.....108
4.1. Critérios da especificação por parte de alguns arquitetos brasileiros.....109
4.1.1. Caracterização do grupo consultado.....111
4.1.2. Ferramenta utilizada.....112
4.1.3. Análise dos principais resultados.....112
4.2. Recomendações para seleção de materiais.....120

CONSIDERAÇÕES FINAIS.....124

Bibliografia 129

Anexo 1 138
Anexo 2 140
Anexo 3 142
Anexo 4 146

INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil é uma das grandes responsáveis por diversos impactos ambientais, como a extração de matérias-primas, consumo de energia, geração de resíduos, dentre tantos outros. A fim de reduzir estes impactos, as etapas de planejamento e projeto de uma edificação devem receber especial atenção, por serem as etapas decisivas do empreendimento e onde serão definidas as características do edifício. No entanto, pouco se conhece sobre a relação entre os ideais ambientais e sua real interação com o processo de projeto. Além disso, a possibilidade de intervenção nas fases de estudo de viabilidade e de projeto é muito maior que nas outras etapas do empreendimento. Desta maneira, FOSSATI (2005) avalia que o investimento em projeto é essencial na medida em que as características de execução, uso, operação e manutenção são totalmente condicionadas pela qualidade do projeto e podem representar ganhos significativos de rentabilidade.

Devem ser levados em consideração, desde a fase de projeto do edifício, alguns aspectos que levam à sua sustentabilidade, a fim de minimizar possíveis impactos ambientais. Um desses aspectos é a correta seleção dos materiais a serem aplicados, devendo ser considerados os que representem o menor impacto ambiental durante seu ciclo de vida, já que diversos são os materiais que continuam a ser usados na construção civil e que trazem enormes danos ao meio ambiente.

A dispersão e escassez de dados referentes a especificação de materiais com menor impacto ambiental, e a falta de conscientização por parte dos envolvidos em todo o processo de projeto do edifício, são uns dos grandes problemas que se enfrenta na busca por soluções mais sustentáveis.

O objetivo geral deste trabalho é apresentar algumas diretrizes para que o arquiteto possa fazer a especificação de materiais, em seus projetos, de forma ambientalmente sustentável.

Como alguns dos seus objetivos específicos destacam-se:

- entender a relação entre o projeto de arquitetura e a sustentabilidade ambiental da edificação;
- conhecer a real influência da seleção dos materiais de construção sobre a sustentabilidade do edifício;

- conhecer quais os critérios adotados, por arquitetos brasileiros, na seleção dos materiais e as principais dificuldades por eles enfrentadas nesse sentido.

Para isso, pretende-se responder as seguintes questões: “Como a escolha dos materiais de construção na fase de projeto pode influenciar na sustentabilidade do edifício?”, “Como ocorre essa escolha por parte dos arquitetos?” e “Como deve se dar essa escolha para que o resultado desse projeto seja o menos impactante possível?”

O trabalho está estruturado de forma a tentar obter respostas a essas questões e atingir aos objetivos já mencionados, e para isso está divido em quatro capítulos.

O primeiro capítulo trata do desenvolvimento sustentável e sua aplicação na construção civil. Essa é uma das indústrias que muito impacta o meio ambiente e por isso a preocupação com a produção de construções de baixo impacto ambiental vem crescendo a cada dia. São tratadas questões de ciclo de vida do edifício e de seus materiais, uma vez que é de extrema importância se conhecer esse ciclo para que se conheça seu comportamento, desde a extração de matérias-primas até seu descarte final, e assim poder fazer as melhores escolhas, as que sejam menos impactantes ambientalmente. Os possíveis impactos ambientais relacionados à construção civil são citados e analisados a fim de que se entenda quais as conseqüências sofridas pelo meio-ambiente ao se fazer uma decisão errada nesse aspecto. Ainda neste capítulo, são mencionados os sistemas de análise ambiental de edifícios, que são baseados no conceito de análise do ciclo de vida de edificações e encorajam, além de orientar os projetistas, a criar edifícios pensando sustentabilidade, sendo que outra de suas funções é a avaliação e certificação de edifícios desenvolvidos com qualidade ambiental. O sistema que será melhor detalhado e que servirá de estrutura para parte do trabalho, será o LEED - *Leadership in Energy and Environmental Design,* conforme justificado no texto. Esse primeiro capítulo servirá de base teórica para os demais.

O segundo capítulo trata, de forma sucinta, do projeto da edificação, considerando as questões de gestão do processo do projeto, dando ênfase à fase de projeto de arquitetura, mostrando a importância que essa fase de projeto exerce sobre a qualidade final do empreendimento, acrescentando ainda que questões de sustentabilidade aplicadas ao edifício são também necessárias para que essa qualidade possa ser alcançada. Além disso são colocadas algumas ações que vêm sendo realizadas para a garantia da

sustentabilidade do edifício através do projeto, e como alguns escritórios de projeto, que adotam questões de sustentabilidade como filosofia de trabalho, fazem o que se chama de projeto integrado - junção do processo de projeto com essas questões que são desenvolvidas através de metodologias por eles criadas. O objetivo deste capítulo é mostrar o quanto essa fase é decisiva para o edifício, tendo que ser tomadas, nela, todas as decisões que irão caracterizá-lo e como as questões ambientais devem ser aplicadas nessa fase.

Após embasamento teórico em torno das questões de sustentabilidade e de entendida a real importância da fase de projeto para o sucesso do edifício e de se ter destacado que a sustentabilidade é um dos aspectos decisivos para a qualidade do projeto, inicia-se o terceiro capítulo, que trata das questões de sustentabilidade ambiental voltadas exclusivamente para os materiais aplicados na construção civil. São levantados alguns dos materiais mais utilizados na construção civil brasileira e suas características, avaliando, de forma geral, seus impactos ambientais. Além disso, são indicadas algumas alternativas ecológicas para os materiais de construção, que já se apresentam no mercado. Neste capítulo pode se conhecer a influência que os materiais de construção causam à sustentabilidade do edifício e quais as questões que devem ser consideradas no momento da especificação dos materiais por parte do arquiteto.

No quarto capítulo são apresentados os resultados da pesquisa realizada com arquitetos brasileiros, que já aplicam os conceitos de arquitetura sustentável em seus projetos. Essa pesquisa buscou conhecer as características e critérios adotados por esses arquitetos na especificação dos materiais. Ao final do capítulo, propõe-se uma ferramenta de auxílio ao projeto, no que diz respeito à melhor seleção dos materiais de construção, com base nos aspectos levantados pelo sistema de avaliação ambiental LEED e nas questões apresentadas nos capítulos anteriores.

CAPÍTULO 01

Desenvolvimento Sustentável e a Construção Civil

Este capítulo trata de questões de sustentabilidade, em seus vários aspectos, aplicadas a construção civil.

1.1. Alguns conceitos e definições

Atualmente podem ser identificados vários sinais de que o ambiente natural não se encontra tão saudável como deveria, sendo alguns desses sinais os altos níveis de poluição aérea, a crescente quantidade de resíduos sólidos e líquidos, os altos consumos energéticos, a elevada utilização de recursos naturais e a dificuldade cada vez maior em encontrar locais para depósitos de lixo. Além disso ainda se verifica o aumento do efeito de aquecimento global do planeta, a redução da camada de ozônio a crescente geração de chuva ácida, dentre vários outros impactos ambientais (LYLE, 1994, apud SPERB, 2000).

Todos esses impactos vêm sendo causados pela ausência, ao longo dos anos, de atitudes em prol da sustentabilidade do planeta. Há alguns anos, essa preocupação com a sustentabilidade começou surgir, sendo que, no Brasil, só recentemente, essa passou a ser a uma questão amplamente considerada, mas que ainda tem muito que ser discutida.

O termo *Sustentabilidade* pode ser definido, neste trabalho, como o atendimento das questões ambientais, sociais e econômicas em toda ação realizada pelo homem nas suas atividades, evitando impactos negativos em todas essas esferas, visando sempre um futuro adequado para todos.

Estando o mundo inteiro em constante desenvolvimento, espera-se que esse se desenvolva baseado nos aspectos ambientais, sociais e econômicos da sustentabilidade, de forma a garantir uma melhor qualidade de vida para todas as nações.

A primeira definição de **desenvolvimento sustentável** foi apresentada em 1987, pela *World Commission on Environment and Development* – WCED, também conhecida como Comissão Brundtland, como sendo "*o desenvolvimento que satisfaz as necessidades da geração atual sem comprometer a possibilidade das gerações futuras satisfazerem suas próprias necessidades*"(BRUNDTLAND, 1987, apud FOSSATI et al, 2005). O documento elaborado por essa comissão, conhecido como "*The Brundtland Report*" diz ainda, segundo AFONSO (2006, p.11) que:

> "*a **sustentabilidade** representa um processo de transformação no qual a exploração de recursos, a direção dos investimentos, a orientação do desenvolvimento tecnológico e a mudança institucional se harmonizam e reforçam o potencial presente e futuro, a fim de atender as necessidades e aspirações humanas*."

No ano de 1992, durante a realização da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento na cidade do Rio de Janeiro – conhecida como Rio-92- na qual representantes de 175 países estavam reunidos, foi aprovada a Agenda 21 que trata do conceito fundamental de desenvolvimento sustentável, que combina as aspirações compartilhadas por todos os países ao progresso econômico e material com a necessidade de uma consciência ecológica (Ministério das Relações Exteriores, 2005).

Para que, efetivamente, se alcance o que se chama de desenvolvimento sustentável, é preciso, segundo SILVA (2003), que se busque um equilíbrio entre o que é socialmente desejável, economicamente viável e ecologicamente sustentável, o que vem a formar o 'tripé' que engloba as esferas sociais, econômicas e ambientais que levam ao desenvolvimento sustentável.

SILVA (2003), conceitua ainda, com base no relatório da CIB/UNEP-IETC (2002), o que é requerido em cada uma dessas esferas do desenvolvimento sustentável, da seguinte forma: da esfera *ambiental* é esperado que haja o equilíbrio entre proteção do ambiente físico e seus recursos, e o uso destes recursos de forma racional, sem comprometer a qualidade de vida aceitável no planeta; no âmbito *social* requer-se o desenvolvimento de sociedades justas, proporcionando oportunidades de desenvolvimento humano e de um nível aceitável de qualidade de vida para todos; e da dimensão *econômica* espera-se a facilidade de acesso a recursos e oportunidades, aumentando a prosperidade para todos, sem ferir os direitos humanos básicos.

Ainda abordando o termo "desenvolvimento sustentável", STAHEL *et al*, citado por CURWELL *et al*, (1997) demonstra grandes preocupações em reduzir os processos de produção lineares, priorizando os processos cíclicos. Essa abordagem busca minimizar o consumo de recursos naturais, assim como a produção de resíduos. Dando prioridade aos processos cíclicos, tem-se a maximização do tempo de vida útil dos produtos, da sua reutilização, reciclagem, adaptação a novas demandas da sociedade ao longo do tempo,

dentre outros. Os processos cíclicos podem então ser definidos como aqueles onde os resíduos gerados tornam-se novamente recursos, fechando-se um ciclo produtivo.

LYLE (1994, apud SPERB, 2000) também incentiva a realização de projetos regenerativos, compostos por processos de produção cíclicos fechados, afirmando que a grande utilização de recursos naturais e geração de resíduos sólidos, líquidos e gasosos está acima do poder de regeneração da natureza, criando grandes impactos ambientais ao planeta, e esse quadro precisa ser combatido.

CURWELL et al (1997) apresenta a abordagem feita por MITCHELL et al, na qual são definidos quatro princípios básicos que devem juntos determinar um desenvolvimento sustentável. Esses quatro princípios são referentes a preocupações com: *as gerações futuras; a proteção da integridade dos ecossistemas; a população economicamente pobre e a participação da população nas decisões que a afeta.* Com isso percebe-se que o conceito de desenvolvimento sustentável é muito mais amplo, indo além das preocupações ambientais, que é um dos itens de extrema relevância nesse contexto. Essa abordagem mostra que para se obter esse desenvolvimento sustentável são exigidas novas formas de pensar, já que ele vai muito além de ser somente uma preocupação ambiental.

Outra definição, neste mesmo sentido, para desenvolvimento sustentável é dada por BARRET (1998, apud SPERB, 2000, p.11) como sendo a seguinte:

> *"Desenvolvimento sustentável promove, através de mudanças nos sistemas de valores e políticas da sociedade, uma Terra saudável e produtiva, e uma qualidade de vida social e econômica para todos, tanto no presente como no futuro. Para alcançar isto fisicamente, os seguintes princípios ecológicos precisam ser cumpridos: emissões poluentes não devem exceder a capacidade de assimilação da Terra; o índice de utilização de recursos renováveis não deve exceder o seu índice de regeneração; e o índice de utilização de recursos não renováveis não deve exceder o índice em que substitutos renováveis possam ser encontrados".*

Neste trabalho, o conceito adotado é de que o Desenvolvimento Sustentável é aquele que busca a qualidade de vida, no âmbito social, econômico e do bem-estar da população

atual e futura, não desperdiçando e tratando, da melhor forma possível, os recursos naturais existentes, além de evitar todas as formas de poluição ao meio ambiente.

Dado que toda ação humana traz algum impacto para o eco-sistema, o desafio da sustentabilidade passa a ser um aspecto complexo a ser trabalhado. Isso vem forçar a todos a aprender a valorizar e tirar o melhor proveito possível dos recursos naturais disponíveis, eliminando de vez qualquer possibilidade de desperdício. Não se sabe exatamente como o meio ambiente vai reagir à influência humana ao longo do tempo, mas é preciso que se aja com responsabilidade usando todo conhecimento que vem sendo desenvolvido.

No contexto do desenvolvimento sustentável, as questões ambientais têm se tornado cada vez mais importantes. E o setor da construção civil é um dos grandes responsáveis por vários dos impactos ambientais que podem ser observados.

1.2. Sustentabilidade na construção civil: Aspectos ambientais

Na década de 70, inicia-se a preocupação com questões ambientais refletindo na construção de edifícios, na busca da redução do consumo energético. Desde lá, a ênfase na construção de baixo impacto ambiental passou a ter um escopo cada vez mais amplo e sistêmico, sendo incluído dentro do conceito de desenvolvimento sustentável (OLIVEIRA et al, 2004).

Na década passada, o enfoque estava baseado em requisitos mais técnicos da construção, como materiais, componentes do edifício, tecnologias construtivas e conceitos de projetos relacionados à energia. Atualmente, a compreensão do significado dos aspectos não técnicos está crescendo e é compreendido que a sustentabilidade social e econômica são cruciais para o desenvolvimento sustentável nas construções, devendo receber tratamento específico em qualquer definição (FOSSATI, 2005).

Como já foi dito, o conceito de sustentabilidade vai além de ser, apenas, relacionado aos aspectos ambientais. Esse conceito, também se relaciona aos aspectos sociais e econômicos e devem ser considerados em qualquer produto da construção civil, no que diz respeito ao seu uso particular e à sua interação com seu entorno. Assim, além de considerar os possíveis impactos ambientais que a construção de um edifício venha a causar, e diversas outras questões ambientais, também é imprescindível que questões como

acessibilidade, conforto, segurança, dentre várias outras, sejam levadas em conta, para que o edifício possa ser considerado sustentável.

Confirmando isso, SILVA (2003), aponta os impactos econômicos e sociais que a construção civil provoca, levantando que ela proporciona meios para o atendimento das necessidades humanas básicas e possui participação efetiva na geração de empregos e na economia do país.

Ainda esclarecendo, BRE/CAR/ECLIPSE (2002, apud SILVA, 2003), considerando que não existe desenvolvimento sustentável sem construção sustentável, definem, da seguinte forma, os compromissos que essa construção deve atender:

- **Sustentabilidade Econômica:** '*aumentar a lucratividade e crescimento através do uso mais eficiente de recursos, incluindo mão-de-obra, materiais, água e energia*.'
- **Sustentabilidade Ambiental: '***evitar efeitos perigosos e potencialmente irreversíveis no ambiente através do uso cuidadoso de recursos naturais, minimização de resíduos e, quando possível, melhoria do ambiente.*'
- **Sustentabilidade Social:** '*responder às necessidades de pessoas e grupos sociais envolvidos em qualquer estágio do processo de construção (do planejamento a demolição), provendo alta satisfação do cliente e do usuário, e trabalhando estreitamente com clientes, fornecedores, funcionários e comunidades locais*.'

Ressalta-se que, para se alcançar a sustentabilidade econômica, a construção civil deve, também, ser geradora de empregos e promover o crescimento econômico do país. Quanto à sustentabilidade social, acrescenta-se que a construção deve buscar a identidade cultural local, a inclusão social e a equidade da população.

No entanto, não diminuindo a importância das outras esferas, as questões ambientais aparecem como extremamente graves e urgentes a serem consideradas por essa indústria da construção civil, já que as ações dessa indústria vêm gerando conseqüências irreversíveis ao meio ambiente. Por esse motivo, a ênfase do estudo deste trabalho é o aspecto **ambiental** da sustentabilidade.

A construção sustentável pode ser definida como aquela que considera a economia e eficiência de recursos, o ciclo de vida[1] do empreendimento e o bem estar do usuário, reduzindo significantemente, ou até eliminando possíveis impactos negativos causados ao meio ambiente e a seus usuários (ECOPLANO, 2006).

VOSGUERITCHIAN et al, (2005) coloca que os objetivos principais da construção sustentável estão sempre evoluindo, porém podem ser resumidos em alguns itens principais que são: evitar o desperdício dos recursos de energia, água, e matérias-primas; prevenir a degradação ambiental causada por edificações e infra-estrutura ao longo do ciclo de vida; e criar ambientes construídos habitáveis, confortáveis e seguros.

BARRETO et al (2001, p.4), coloca que "*segundo o US Green Building Council, um empreendimento para ser considerado com bom desempenho ambiental, é caracterizado por ter minimizado ou até eliminado os seus impactos negativos sobre o meio ambiente e seus usuários*".

Tendo a construção civil a possibilidade de influência em prol de uma qualidade ambiental e contra diversos impactos ao meio ambiente, torna-se imprescindível que sejam tomadas atitudes nesse sentido.

Diversas são as alternativas de escolha dos sistemas construtivos, materiais e tecnologias disponíveis no universo da construção civil, e é de grande importância que se conheça suas reais características, desempenho e possíveis impactos. É através desse conhecimento que se poderá optar pelas melhores soluções e assim alcançar bons níveis de sustentabilidade nos produtos da construção civil.

1.3. O Ciclo de vida da edificação

O termo "Ciclo de vida", segundo VOSGUERITCHIAN (2005, p.4) é dado ao conjunto de processos que envolvem a cadeia produtiva "*desde a extração de matéria prima até o destino dos rejeitos ou do próprio produto*". Sendo que cada uma dessas etapas interage com o meio ambiente de alguma forma, produzindo efeitos e causando impactos ambientais.

[1] Ciclo de vida é todo o processo que passa um produto ou edifício, considerando desde a extração da matéria-prima para sua produção, até seu descarte final. Este conceito será desenvolvido no item 1.3 deste trabalho.

A análise do Ciclo de Vida (ACV) é uma técnica para avaliar aspectos ambientais e impactos potenciais associados a um produto (Figura 01).

Cada uma das etapas do ciclo de vida da edificação – extração de matéria prima, manufatura de produtos, construção, uso e reposição e disposição final – recebe recursos de entrada, que podem ser energia, matéria prima, água, solo, etc., e libera substâncias ao meio ambiente, que podem ser emissões aéreas, resíduos sólidos, resíduos líquidos, entre outros. Esses recursos de entrada às etapas geram cargas ambientais – que são a extração de recursos, uso do solo, etc. – que causam efeitos ambientais que pode ser, por exemplo, a redução da biodiversidade. Também as substâncias liberadas por cada etapa geram cargas ambientais que, conseqüentemente, geram efeitos como a alteração do meio ambiente, ocasionando em impactos finais que podem trazer sérios danos à saúde humana e ao meio ambiente.

Todas essas etapas geram produtos de entrada para a etapa seguinte e merecem atenção especial por gerar um impacto ao ambiente, que precisa ser minimizado o máximo possível. Deve-se, de fato, conhecer o ciclo de vida da edificação e de seus materiais e componentes, assim como todos os efeitos e impactos que podem causar, para que, dessa forma, possa se fazer as melhores decisões para o edifício em si e seu processo de construção.

DEGANI et al (2002) afirma que o ciclo de vida de uma edificação contempla as etapas de Planejamento, Implantação, Uso, Manutenção e Demolição. A etapa de **planejamento** é a fase inicial do ciclo de vida de um edifício, quando ele é concebido. A **implantação** é a produção do edifício, sua construção. A etapa de **uso** é a fase de operação do empreendimento, quando ele está sendo usado por seus usuários. Na etapa de **manutenção**, são feitas as reposições de componentes que já estejam desgastados, enquanto que na etapa de **demolição** o edifício é inutilizado através de seu desmonte.

Na etapa de implantação, que envolve a construção em si do edifício, existem diversas questões que devem ser consideradas a fim de diminuir o impacto causado por essa etapa e são apontadas por MONTEIRO (2002). Uma questão importante e pouco considerada é o tempo demandado para a construção, já que quanto mais demorada é a obra e dependendo da tecnologia adotada, maior o consumo de energia e maior o tempo de instalação do canteiro de obras. Além dessa questão, deve-se ter a preocupação também

com o desperdício de materiais e insumos, com a destruição das características naturais existentes no local e com os tipos de poluição possíveis durante a construção.

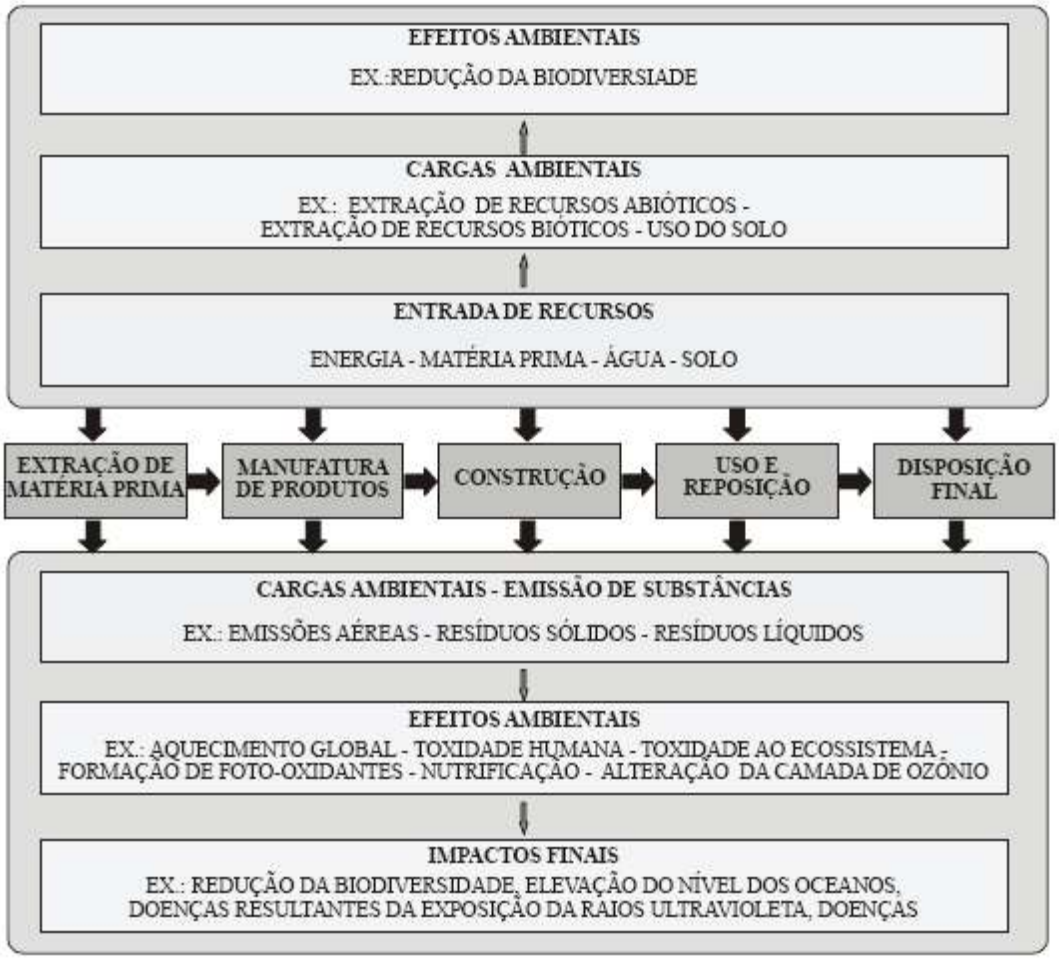


Figura 1– Ciclo de vida de uma edificação e os diferentes níveis de alteração no meio ambiente. Fonte: OLIVEIRA et al. (2004).

Ressalta-se que a etapa de disposição final ou de demolição não devem ser consideradas como sendo o final do ciclo de vida do edifício, uma vez que a reutilização e reciclagem dos resíduos gerados nessa etapa devem ser consideradas. Assim, o que puder ser reaproveitado ou reciclado servirá como insumo para a etapa inicial de novos edifícios, mantendo um ciclo constante.

Alguns métodos de análise do ciclo de vida ambiental de edificações já foram desenvolvidos e estão sendo aplicados e alguns ainda se encontram em fase de estudo.

Segundo HANSEN e PETERSEN (1998, apud SPERB, 2000) a primeira geração desses métodos de análise surgiu no inicio da década de 90, e mais atualmente vêm surgindo métodos de análise ambiental específicos ao ciclo de vida dos materiais de construção, já que cada etapa de vida destes materiais também está relacionada a determinados impactos ambientais.

A análise do ciclo de vida de um produto varia de complexidade de acordo com as características do produto. Quando o produto a ser analisado é uma edificação, essa ACV torna-se ainda mais complexa, uma vez que a edificação é composta por diversos produtos e serviços que também têm um ciclo de vida e devem ser avaliados simultaneamente.

A fim de se conceber uma edificação na lógica de um desenvolvimento sustentável, alguns princípios básicos devem ser considerados como é levantado por ANGIOLETTI et al (1996) apud SPERB (2000, p.13) e dentre estes as principais preocupações devem ser:

- *a mínima exploração de recursos naturais (matérias-primas e combustíveis fósseis), durante as fases de projeto, construção e utilização de edificações;*
- *a facilidade de renovação ou reforma da edificação, permitindo que a mesma se adapte às novas exigências dos usuários e permitindo uma minimização do consumo de recursos materiais e da geração de resíduos sólidos durante a fase de utilização de edificações;*
- *a facilidade de desmontagem parcial ou total de edificações, para posterior reutilização de componentes e reciclagem dos materiais, durante a fase de reabilitação ou demolição final.*

Diversos são os métodos para análise ambiental do ciclo de vida de materiais de construção e SPERB (2000) aponta alguns desses métodos como sendo aqueles que defendem a seleção de materiais de construção que representem o menor impacto ambiental durante o seu ciclo de vida, estimulando os melhores produtos e práticas da indústria manufatureira, abrindo caminho para a inclusão de considerações ambientais na fase de escolha dos materiais a serem utilizados na construção de edificações e conseqüentemente minimizando impactos ambientais.

No entanto, VOSGUERITCHIAN et al (2005), afirma que no Brasil, há uma grande dificuldade em se obter dados confiáveis de ACV, já que não possui um banco de dados

com as análises dos materiais de construção nacionais completo e confiável. Isso vem a dificultar no conhecimento e na possibilidade de utilizar os materiais mais adequados para cada situação. Os dados que são utilizados para este fim acabam sendo oriundos de outros países e muitas vezes inadequados ao Brasil.

Fica clara, assim, a necessidade de se obter informações sobre os possíveis impactos gerados em cada etapa do ciclo de vida do edifício e seus materiais, de forma a subsidiar as melhores decisões no que diz respeito a diminuição dos impactos ambientais causados pela construção civil.

1.4. Impactos ambientais e a construção civil

Impacto ambiental é definido pela Resolução CONAMA 001/86, de 23 de janeiro de 1986, como "*qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma da matéria ou energia resultante das atividades humanas que direta ou indiretamente afetem a segurança, a saúde e o bem-estar da população, atividades sócio-econômica, biota, condições estéticas e sanitárias do meio ambiente e a qualidade dos recursos naturais*".

Outro conceito para *impacto ambiental* é dado por GUERRA, et al (2004, p.25) como sendo "*o processo de mudanças sociais e econômicas causado por perturbações (uma nova ocupação e/ou construção de um objeto novo: uma usina, uma estrada ou uma indústria) no ambiente".*

KRAEMER (2004), também apresenta seu conceito, como sendo a alteração no meio ou em algum de seus componentes por determinada ação ou atividade. A autora acrescenta ainda, que o que caracteriza o impacto ambiental, não é qualquer alteração nas propriedades do ambiente, mas as alterações que provoquem o desequilíbrio das relações essenciais do ambiente, tais como as alterações que excedam a sua capacidade de absorção.

Assim, pode-se dizer, também, que impacto ambiental é a alteração das propriedades do meio ambiente causada por forças externas, provocando, direta ou indiretamente, o desequilíbrio nas suas atividades.

Levanta-se que esses impactos correspondem à qualquer tipo de alteração ocorrida no meio ambiente, podendo esta ser negativa, mas também positiva, nos casos em que a alteração pode beneficiar o local da alguma forma, como recuperações de terrenos contaminados, novas plantações em locais que foram desmatados e se encontram degradados, etc.

A preocupação com o meio ambiente vem crescendo a cada dia. Alguns autores como LYLE (1994) e UHER e LAWSON (1998) apud SPERB (2000) têm discutido esse assunto e afirmam que é cada vez mais clara a dificuldade que o planeta Terra enfrenta em sustentar formas de vida, e isso se dá principalmente após a Revolução Industrial. Eles colocam ainda a necessidade de se haver controle sobre esse quadro, já que este resultará em uma degradação irreversível do planeta, de seus ecossistemas e de seus recursos naturais, o que ocasionará a redução da qualidade de vida de seus habitantes. Afirmam ainda que o modo de vida atual da população contribui para o agravamento desse quadro.

A crescente utilização de recursos naturais não renováveis pelo homem, a geração de emissões de gás carbônico acima da capacidade de assimilação pela natureza, a redução da camada de ozônio, o aquecimento global, a contaminação do ar, da terra e da água e a degradação de todo ecossistema terrestre são fatos aparentes e que precisam ser tratados com urgência. É necessário que sejam conservadas a vitalidade e diversidade de ecossistemas e que sejam obedecidos os limites que o planeta Terra pode suportar. Muitas vezes não existe a preocupação com esses grandes efeitos ambientais e como afirmam UHER e LAWSON (1998) apud SPERB (2000) isso pode se dar por questões políticas e também, muitas vezes, pela falta de dados suficientes e conclusivos para a análise de problemas ambientais.

Os mesmos autores colocam também que, além dos avanços no tratamento de questões ambientais que vêm sendo desenvolvidos, é imprescindível que a preservação ambiental comece a ser tratada também a nível individual, regional e nacional. A nível individual espera-se que cada indivíduo se mobilize a fim de auxiliar nessa preservação, através da redução do consumo de água e energia, da preferência por produtos reciclados e considerados ambientalmente corretos, além de várias outras ações. A nível regional e nacional as mudanças devem ser mais abrangentes como a redução das emissões poluentes, o uso de fontes alternativas de energia, entre outros.

A fim de garantir a melhoria na performance ambiental das edificações em geral, seria de extrema importância que existissem alianças entre os governantes políticos e a indústria da construção civil, pois assim os reais avanços na área ambiental seriam mais facilmente implantados e consolidados nessa área.

O setor da construção civil, nesse contexto de impacto ambiental, é um dos mais importantes a ser considerado. A construção, manutenção e operação das edificações exigem uma grande quantidade de recursos renováveis e não renováveis, dentre os quais encontram-se os recursos energéticos, territoriais, hídricos e materiais. Outra preocupação é com a questão da geração de resíduos sólidos que são muito produzidos tanto na construção como na demolição do edifício, e que normalmente destina-se para depósitos de lixo urbano, que exigem área considerável da cidade, gerando vários problemas.

Esse impacto ambiental gerado pela indústria da construção civil é algo bastante significativo e BARRETO et al (2001) aponta alguns desses impactos como os que mais se destacam e necessitam de cuidados:

Consumo de recursos naturais: O setor da construção é um dos maiores consumidores de recursos naturais de qualquer economia e esse consumo varia de região para região, dependendo da tecnologia empregada e do volume de construção, dentre outros fatores. Estimativas da participação da construção civil no consumo global de recursos naturais, em geral, variam entre 14% e 75%.

Geração de Resíduos: O setor gera resíduos de construção e demolição, chamados de RCD ou entulho de obra. No Brasil a estimativa é de 230 a 760 kg por habitante por ano, e em alguns países da Europa Chegam a 3.000 kg/hab/ano, representando massa igual ou superior ao lixo domiciliar produzido. A deposição irregular de RCD tem efeitos consideráveis na qualidade do ambiente.

Perdas e desperdícios: O consumo excessivo de materiais e recursos humanos é uma característica da construção civil. Grande parte desse desperdício acaba virando RCD.

Consumo de energia: Se considerar a energia gasta com a produção de materiais para construção, mais o seu transporte, em conjunto com a própria construção, pode-se considerar que o setor consome uma quantidade de energia bastante razoável. No entanto é

necessário que se tenha atenção também à fase de uso das edificações, visto que estas depois de prontas consomem ainda mais energia que a sua produção.

Poluição ambiental: Além da poluição sonora, o setor da construção civil é um grande poluidor do ar por material particulado respirável gerado não só em obras, mas também na extração e moagem de matérias-primas.

Outros impactos: Além dos impactos antes citados, o setor da construção civil também contribui com a poluição do ar em interiores, pois produtos são liberados pelos materiais e equipamentos utilizados nas obras. Também contribui com a destruição da flora, fauna e da paisagem através da extração de matéria-prima. Outro impacto gerado por esse setor é a modificação do ambiente natural que acompanha qualquer construção.

DOERR (2005) chama atenção para alguns resultados dos impactos ambientais em função da produção de edifícios, sendo eles:

- **Mudança do clima do globo terrestre** – resultado do aumento de poluição na atmosfera;
- Redução dos recursos naturais não-renováveis – e a crescente agressão por parte da sua extração e uso;
- Destruição do habitat natural e perda da biodiversidade – a ação do homem na transformação de terrenos "virgens", combinada com a extração de seus recursos naturais.

A fim de minimizar esses impactos ambientais e seus resultados totais relacionados a edificações, WILSON e MALIN (1995), apud SPERB (2000, p.15) apresentam uma lista com dez diretrizes básicas, que são as seguintes:

- o projeto e a construção de edificações devem ser energeticamente eficientes;
- os prédios já existentes devem ser aproveitados;
- os projetos de comunidades devem exigir uma menor dependência de veículos automotores[2];
- o uso de materiais de construção deve se dar de forma eficiente;
- o ecossistema e a biodiversidade local devem ser preservados;
- devem ser selecionados materiais de construção com baixo impacto ambiental;
- a durabilidade e adaptabilidade da edificação devem ser maximizadas;

[2] Para este item ser atendido é preciso considerar a presença de transporte coletivo no local.

- o consumo de água deve se dar de forma eficiente;
- deve-se criar ambientes internos seguros e confortáveis;
- os entulhos gerados devem ser minimizados.

Respeitando essas diretrizes, as chances de se obter produtos da construção civil com baixo impacto ambiental são maximizadas. No entanto, é preciso que se conheçam formas adequadas para essa prática e que se conheçam os reais impactos causados por cada ação tomada no setor.

A fim de que se conhecer esses impactos, existem algumas metodologias de análise ambiental de edifícios que avaliam a edificação em todo o seu ciclo de vida de forma a conhecer seus impactos e dar diretrizes para melhores práticas.

1.5. Sistemas de análise ambiental de edifícios

Com a crise energética mundial, ocorrida na década de 70, vieram a tona problemas relacionados aos impactos ambientais que acabaram desencadeando em diversas iniciativas focadas na avaliação da eficiência energética de edifícios e, a partir daí, métodos e indicadores para avaliação dos edifícios, no que diz respeito a sustentabilidade, passaram a ser desenvolvidos.

No entanto ainda há muito que evoluir nesse sentido. A maioria dos sistemas existentes é voltada para o resultado de desempenho do produto final, no caso o edifício, e no aspecto ambiental da sustentabilidade, como levantado por CARDOSO et al (2004). Para que essa avaliação fosse eficiente, no que diz respeito à constatação de que um edifício é, realmente, sustentável, seria necessário que os aspectos sociais e econômicos também fossem abordados por esses sistemas, além de se avaliar não só o edifício – produto final – e sim seu processo como um todo. Mas, como as questões ambientais são as mais aparentes e mais “simples” de serem analisadas através da avaliação de edifícios, são elas as que vem sendo mais aprofundadas por esses sistemas.

Avaliação ambiental é definida por WBCSD (1996, p.6) como “*um processo sistemático que fornece uma estrutura para reunião e documentação de informações e*

opiniões a respeito das conseqüências ambientais das atividades, avaliando seus efeitos e providenciando recomendações e planos de ações".

A base para o desenvolvimento de métodos de avaliação ambiental de edifícios nos EUA e na Europa surge a partir do conceito de análise do ciclo de vida de edificações.

Esses métodos de avaliação têm como objetivo em comum encorajar a demanda do mercado por níveis superiores de desempenho ambiental, diagnosticando eventuais necessidades de intervenção no ambiente construído, assim como, orientando os projetistas e sustentando a atribuição de selos ambientais para edifícios.

Os diversos métodos existentes têm suas particularidades, sendo diferentes entre si por algumas razões como a variação das agendas ambientais entre um país e outro, as diferenças de práticas construtivas e de projeto, as questões culturais e econômicas e a receptividade do mercado de cada país.

Entre esses métodos existem aqueles com destaque no cenário mundial, sendo que alguns deles são o LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*) – desenvolvido nos Estados Unidos, o HQE (*Haute Qualité Environnementale*) – na França, o BREEAM (*Building Research Establishment Environmental Assessment*) – no Reino Unido e o CASBEE (*Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency*) – no Japão, dentre outros. Esses métodos podem ser melhor entendidos a seguir:

- HQE (*Haute Qualité Environnementale*): Este é um sistema fundado na França, e lá conhecido como "*démarche HQE*". Não possui a certificação como seu principal objetivo, e é um dos poucos sistemas a integrar-se ao desenvolvimento sustentável nos aspectos ambientais, sociais e econômicos. No entanto, a partir da necessidade de se garantir a qualidade dos empreendimentos que começaram a surgir na França de acordo com as premissas do HQE, surge a preocupação, no ano de 2002, em se desenvolver uma metodologia de certificação, que se chamou *'Opération HQE tertiare 2002'* , que vem sendo experimentado em empreendimentos franceses com a finalidade de validar essa metodologia de certificação (CARDOSO *et al*, 2004).

O HQE é conceituado no relatório da ADEME[3] (2004) como sendo uma abordagem de gerenciamento de projeto visando diminuir os impactos ambientais, da construção ou da reabilitação de edifícios , levando em consideração, também, as condições de saúde e conforto no interior da edificação. ZAMBRANO et al (2006) levantam que essa abordagem se difere, ainda, das outras, já que recomenda o gerenciamento ambiental do projeto, de forma a orientar a tomada de decisão em todas as fases do projeto, do planejamento à manutenção.

Esse sistema francês se estrutura em 14 categorias que são conhecidas como alvos, e visam a elevada qualidade ambiental do edifício e agrupam-se em dois domínios e quatro famílias, sendo eles: (1) controle dos impactos sobre o ambiente exterior (Famílias: Eco-construção e Eco-gestao); (2) criação de um ambiente interior satisfatório (Famílias: Conforto e Saúde). Cada uma dessas famílias apresentam seu alvos, que formam o total geral dos 14 mencionados (Association HQE, 2006).

O funcionamento do sistema não se baseia num sistema de pontuação. Existe um *perfil ambiental* que é definido pelo empreendedor, levando em consideração as características do local onde o empreendimento será realizado, as exigências legais, os objetivos ambientais do empreendedor, entre outros aspectos. Algumas categorias deste perfil têm que ser privilegiadas entre os 14 alvos definidos do sistema, sendo que essas serão as categorias que deverão ter melhor desempenho. Existem três níveis possíveis de desempenho: *Base, Performant* e *Très Performant*. Sendo que pelo menos sete categorias devem atender o nível *Performant*. Não existe uma escala de atribuição do certificado, o empreendimento é ou não é ambientalmente correto, tendo que responder ao perfil ambiental estabelecido.

- **BREEAM (*Building Research Establishment Environmental Assessment*):** é um dos primeiros e mais conhecidos sistemas da avaliação de desempenho ambiental, desenvolvido no Reino Unido e lançado em 1990 (SILVA, 2001). Destina-se a atribuir certificação de desempenho aplicado ao *marketing* do edifício e pode ser aplicado tanto na fase de projeto como durante a utilização ou reformas de edificações comerciais. SILVA (2003, p.39), coloca que o BREEAM é um dos sistemas de melhor aceitação internacional e sua popularidade deve-se "*a abordagem de desempenho de referência (benchmark); cobertura abrangente de aspectos relacionados à energia, impactos ambientais, saúde e produtividade; e*

[3] Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie

identificação de oportunidades realistas para melhoria, assim como potenciais vantagens financeiras adicionais". A avaliação dos edifícios se dá por avaliadores com base em critérios e *benchmarks*, para varias tipologias de edifícios, e os mesmos são avaliados de forma global.

- **CASBEE (*Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency*):** Esse é o sistema de avaliação ambiental de edifícios mais recentemente lançado, no ano de 2002, pelo Japão. É constituído por quatro ferramentas de avaliação que vão avaliar o projeto ou edifício já existente em estágios específicos do seu ciclo de vida. SILVA (2003), coloca que o CASBEE é caracterizado pela definição de limites do edifício e pelo levantamento e balanceamento entre impactos positivos e negativos gerados ao longo do ciclo de vida. É uma metodologia de que traz resultados bastante sólidos, no entanto, é de difícil compreensão e aplicação.

- LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*): este será o método a ser analisado neste trabalho, e por isso, sua estrutura será desenvolvida mais detalhadamente, no subitem 1.5.1 adiante. A escolha desse método se deu por esse possuir uma estrutura simplificada e de fácil entendimento, além de ser um dos mais "amigáveis" como ferramenta auxílio de projeto, o que segundo SILVA (2001) facilita sua incorporação à prática profissional.

1.5.1. LEED - Leadership in Energy and Environmental Design

O LEED Green Building Rating System® é um sistema norte-americano de avaliação e classificação de desempenho ambiental de edifícios, que segundo a U.S. GREEN BUILDING COUNCIL (2006b), é utilizado tanto como uma ferramenta auxílio de projeto, como uma ferramenta de certificação ambiental. É um sistema voluntário baseado nos padrões nacionais americanos para o desenvolvimento de edifícios sustentáveis e de alta performance.

A U.S. Green Building Council – USGBC, fundada em 1991, é uma aliança constituída por líderes da indústria da construção, educadores e agentes governamentais com o intuito de produzir edifícios com responsabilidade ambiental, e saudáveis para se morar e trabalhar. É um dos líderes da idéia de se produzir uma nova geração de edifícios com alta performance tanto no seu interior como no exterior. Os membros do conselho são

os responsáveis pelo desenvolvimento do LEED, que foi uma das primeiras ações do grupo, suas políticas, além de ferramentas educacionais e de marketing que dêem suporte para o aprendizado sobre questões sustentáveis, para arquitetos, construtores, empreendedores, clientes e a todos que interessar. (USGBC, 2006b).

Os padrões LEED, que são desenvolvidos e refinados pelos membros do USGBC, incluem sistemas específicos para diversos aspectos do edifício, dependendo das suas características e finalidades. Para construções de edifícios comerciais, institucionais e governamentais tem-se o LEED-NC – *New commercial construction and major renovation projects*; para operações em edifícios já existentes tem-se o LEED-EB – *Existing building operations*; para projetos comerciais de interiores o LEED-CI – *Commercial interiors projects* deve ser utilizado; o LEED-CS – *Core and Shell projects* é destinado a projetos que tratem do fechamento externo do edifício e seu conteúdo; para residências deve-se aplicar o LEED-H – *Homes*; para o desenvolvimento da vizinhança tem-se o LEED-ND – *Neighborhood development* e, para finalizar, existe o LEED *Application Guides*, que trata de áreas com vários edificios, campi, escolas, laboratórios, ambientes de saúde, dentre outros.

O sistema mais comumente utilizado e o pioneiro dos sistemas LEED é o LEED-NC. Esse sistema teve sua primeira versão piloto testada em 1998, tendo os primeiros 12 projetos certificados, na versão 1.0. Já em 2000 foi lançada ao público a versão 2.0 baseada em modificações feitas durante esse primeiro período. Em 2002, acrescentando melhorias, é lançada versão 2.1, e a última atualização se deu em novembro de 2005, sendo esta a que está em vigor - o LEED versão 2.2.

Esse é um sistema criado para ser utilizado durante as fases de projeto e construção do edifício. Sendo voltado para questões dos impactos ambientais gerados pela seleção do terreno e dos materiais do edifício, sua construção e demolição. E serve como instrumento facilitador e encorajador às equipes de projeto para que alcancem um projeto integrado[4] do começo ao fim do processo, resultando em edifícios com baixo impacto aos seus usuários e ao meio ambiente e em um impacto econômico positivo aos seus proprietários.

Muitas empresas e indivíduos relacionados com a industria da construção civil já entendem que a certificação LEED agrega valor a seus projetos e vêm adaptando seu modo

[4] Aplicação de questões de sustentabilidade ao processo de projeto. Este conceito será aprofundado no capítulo 2 a seguir.

de trabalho, serviços e produtos para ajudar na obtenção do certificado. No entanto, essa ainda não é uma prática comum às empresas brasileiras.

Algo constantemente questionado é o custo de se obter uma certificação e de se fazer mudanças para atender a essas exigências ambientais. Mas como colocado por USGBC (2006a), estudos recentes mostram que a certificação LEED pode ser obtida com custo mínimo ou quase zero, se comparado com edifícios tradicionais, sem preocupação ambiental.

A criação do sistema LEED foi destinada para aplicação no território dos Estados Unidos sendo, portanto baseado no cumprimento de normas e padrões estabelecidos por diferentes entidades daquele país, tanto no âmbito público como no privado (VOSGUERITCHIAN *et al*, 2005). O sistema se tornou padrão para avaliar a qualidade ambiental de edifícios na América do Norte e vem atraindo muitos seguidores pelo mundo (MENDLER, 2005). Seu sucesso se deve a sua transparência e facilidade de uso.

O LEED, conforme afirmado por SILVA *et al*, (2003b) possui a singularidade de ser um documento consensual, por ter sido aprovada e ter o apoio de diversas associações e fabricantes de materiais e produtos da indústria da construção. Isso favoreceu para sua ampla disseminação nos EUA, se estendendo também ao Canadá. Essa afirmação mostra que o LEED teve, em sua formação, a contribuição e participação de diversas categorias da indústria da construção civil. No entanto, fica a dúvida em torno da questão de se essas categorias deram essa aprovação de forma espontânea ou sob a pressão, que era sabido, que receberia dessa indústria. Mesmo assim, independente dos motivos que levaram a esse consenso, o esforço é válido, uma vez que, quanto mais integrantes dessa indústria se unirem em prol de um objetivo em comum, maiores as chances de se obter sucesso nessa prática.

Nesse sistema o desempenho ambiental do edifício é avaliado de forma global, ao longo de todo o seu ciclo de vida, a fim de considerar princípios essenciais para a obtenção de um *Green Building.* (SILVA, 2003)

O LEED foi criado com a intenção de atingir os seguintes objetivos: (USGBC, 2006b)

- definir “green building” estabelecendo um padrão comum de medição.
- promover práticas de projeto integradas para todo o edifício.

- reconhecer liderança ambiental na indústria da construção de edifícios.
- estimular a competição sustentável.
- aumentar a atenção do consumidor em relação às vantagens do edifício sustentável
- fazer uma transformação no mercado imobiliário.

A missão do LEED é encorajar e acelerar a prática global da sustentabilidade e de "Green Buildings", através da criação e implementação do entendimento e aceitação universal das normas, ferramentas e critérios de avaliação. (USGBC, 2006a).

1.5.1.1. Características do método[5]

A verificação de adequação às exigências LEED é avaliada através de um *checklist* padronizado, divido por áreas. Cada uma destas áreas é subdividida em itens e cada um destes deve ser avaliado individualmente. A cada item avaliado são atribuídos pontos que, somados, devem atingir patamares pré-determinados para obtenção da certificação em diferentes graus. Quanto maior o cumprimento dos requisitos maior o número de pontos atingidos, o que resulta em um selo de maior valor. São quatro os padrões a serem atingidos, descritos a seguir de forma crescente em relação a seu valor: o "*certified*", o "*silver*", o "*gold*" e o "*platinum*". É importante ressaltar que alguns destes itens são pré-requisitos e, não estando estes de acordo com as normas estabelecidas, poderá ser impossibilitado o prosseguimento da avaliação e da certificação (VOSGUERITCHIAN *et al* , 2005).

A nota obtida no LEED é global sendo que a pontuação deve atingir o mínimo de 38% do total dos pontos possíveis, obtendo assim a classificação mínima C*ertificado*. Para alcançar a certificação *Prata*, deve-se ter nota de até 48% do total; a *Ouro* deve ser acima de 57% e a *Platina, acima de* 75%.

Esse sistema de avaliação é baseado numa serie de pré-requisitos e créditos, com um total de 69 pontos. A equipe de projeto deve ter em mente que para se obter a certificação mínima, todos os pré-requisitos devem ser atendidos para que se obtenha o total de 26 pontos mínimos para se obter a classificação *certificado*. Os pontos necessários para cada nível de certificação estão mostrados no quadro 1 a seguir.

[5] Uma vez que o sistema LEED-NC é o pioneiro e o mais utilizado dos sistemas LEED, e por ser o que é composto por aspectos mais abrangentes, ele será a base do estudo das características do LEED.

Quadro 1 – Níveis da certificação LEED.

Pontos	Níveis de Certificação
26-32	Certificado
33-38	Prata
39-51	Ouro
52-69	Platina

Fonte: USGBC, 2005.

Cada requisito atendido é revertido em pontos, sendo que cada requisito tem sua pontuação própria dependendo da sua importância. Essa relação pontos-requisitos será apresentada neste trabalho no item 1.5.1.2 – Requisitos do sistema.

Os aspectos avaliados no LEED têm peso idêntico e a sua estrutura permite que se escolha os quesitos a serem avaliados para obter a certificação. Um dos motivos disso é o fato de esse método ter sido projetado também para funcionar como uma ferramenta de auxílio à tomada de decisão.

O LEED está estruturado para promover melhores práticas e avaliar os seguintes aspectos: seleção do terreno, eficiência da água e energia, seleção dos materiais de construção e acabamentos, gestão dos resíduos, qualidade do ambiente interno e inovações em projeto e construção sustentável.

Segundo SILVA (2003) O LEED pode ser considerado o sistema disponível mais "amigável" enquanto ferramenta de projeto, facilitando a sua utilização por parte dos profissionais. No entanto, algumas vezes o resultado de uma avaliação, feita através deste método, pode ser incompleto e não necessariamente vai refletir o desempenho global do edifício por sua estrutura ser bastante simplificada. Porém, para este trabalho o que interessará serão os requisitos que o método coloca e que servirão de auxílio às decisões de projeto e que darão subsídios para a avaliação de alguns elementos da edificação.

1.5.1.2. Requisitos do sistema

Conforme apresentado pelo USGBC (2005), no próprio documento LEED – que é a fonte das informações disponíveis a seguir – o sistema LEED é dividido em 6 áreas, sendo

que cada uma dessas áreas possui seus pré-requisitos específicos, que devem, obrigatoriamente, ser atendidos, além dos *créditos*, que são requisitos – voluntários - e cada um desses tem um valor que é contabilizado quando atendido. Essas áreas são Terreno Sustentável, Eficiência da água, Eficiência Energética e Atmosfera, Materiais e Recursos, Qualidade do Ambiente Interno e Inovações de Projeto.

Tabela 1 – Objetivos e pontuação máxima de cada área do LEED.

Terreno Sustentável	
Objetivos	**Pontuação máxima:** 14 pontos
- Utilizar somente terrenos apropriados	
- Reutilizar edifícios já existentes e/ou terrenos já utilizados	
- Proteger áreas naturais e de agricultura	
- Reduzir a necessidade de utilização de automóveis	
- Proteger e/ou restaurar terrenos naturais	
Eficiência da Água	
Objetivos	**Pontuação máxima:** 5 pontos
- Reduzir a quantidade de água necessária ao edifício	
- Reduzir a utilização da água fornecida pelo município e a necessidade de tratamento	
Energia e Atmosfera	
Objetivos	**Pontuação máxima:** 17 pontos
- Estabelecer eficiência energética e sistemas de performance	
- Otimizar a eficiência energética	
- Estimular o uso de energia renovável e a criação de fontes de energia alternativas	
- Manter o protocolo quanto a proteção da camada de ozônio	
Materiais e Recursos Naturais	
Objetivos	**Pontuação máxima:** 13 pontos
- Utilizar materiais de baixo impacto ambiental	
- Reduzir e desenvolver um programa de gestão de resíduos	
- Reduzir a quantidade de material a ser utilizado	
Qualidade do Ambiente Interno	
Objetivos	**Pontuação máxima:** 15 pontos
- Estabelecer a qualidade do ar interno	
- Eliminar, reduzir e administrar as fontes de poluição do ar interno	
- Garantir o conforto térmico e sistemas de controle	
- Fornecer ao usuário a possibilidade de contato com o ambiente externo	
Inovação de Projeto	
Objetivos	**Pontuação máxima:** a partir de 5 pontos adicionais
- Obter performance **excepcional** em qualquer um dos créditos LEED obtidos	
- Aplicar inovações ao edifício no ramo de *green building*, mesmo que não solicitados nos créditos LEED	

Fonte: USGBC, 2005. Traduzido pela autora

Cada uma dessas 6 áreas tem seus objetivos próprios, que devem ser atingidos com o cumprimento de seus créditos. E cada crédito tem especificado suas próprias intenções, requerimentos, documentações exigidas, ações que devem ser tomadas, sugestões para seu melhor cumprimento, e sua pontuação individual. No geral cada área tem uma pontuação máxima que pode ser alcançada, assim como seus objetivos gerais, como exposto na tabela 1.

1.5.1.3. Aplicabilidade do LEED no Brasil

Algumas dificuldades são encontradas ao se tentar aplicar os sistemas de avaliação ambiental ao contexto brasileiro, devido à grande diferença de cultura entre os diferentes países de onde eles são oriundos. Não é possível copiar, traduzir ou simplesmente aplicar um método estrangeiro no contexto brasileiro ou em qualquer outro país, pois mesmo a ferramenta mais flexível apresenta dificuldades práticas para emprego no Brasil (FOSSATI, 2005).

É evidente que diversas são as diferenças entre os países – diferença de clima, solo, vegetação, cultura, economia, dentre outros aspectos – sendo que para se pensar sustentabilidade, deve-se levar em consideração essas características próprias locais. Não se pode simplesmente "importar" legislações e exigências de outros países com características diferentes, pois certamente essas não serão aplicáveis.

O U.S. Green Building Council (USGBC) reconhece a importância de se considerar as condições locais para a promoção da sustentabilidade local e da necessidade de o LEED ser flexível para conseguir atender a essas condições. Adaptações no sistema para que este possa ser aplicado em outros países já são previstas, mas precisam ser feitas com cautela. Diversas são as exigências e recomendações feitas para se aprovar as adaptações para aplicação do LEED em outro país. Primeiramente, é necessário que uma organização - que deve ser um conselho que trate de questões de *green buildings* , no país em que será feita a adaptação, seja licenciada pela USGBC. Essa organização vai ser responsável por adaptar os padrões do LEED, considerando o clima local, as suas características, os códigos, as legislações, e as práticas locais, promovendo e implementando os padrões adequados ao país e por manter esses padrões rigorosamente atualizados. Além disso, será responsável também por fazer o registro de projetos, dar suporte ao cliente – fornecendo os materiais e

as informações necessárias, dar treinamentos, avaliar e certificar projetos e fornecer os certificados e placas aos edifícios.

As regras para se fazer adaptações ao LEED são bastante rigorosas, mas no caso de se adaptar para utilização em outros países, é reconhecida a necessidade de se ter uma maior flexibilidade e permissão para mudanças, no entanto essas adaptações devem ser feitas de forma a manter o padrão dos principais elementos que caracterizam o LEED. Sua estrutura precisa ser mantida, assim como sua pontuação e os níveis de certificação.

O que o USGBC (2006a) pretende é que, com o passar do tempo, os países vão se tornando cada vez mais integrados, aprendendo uns com os outros, de forma que os métodos criados e as práticas sejam comuns a todos, na medida do possível e as adaptações feitas em cada país possam fazer parte da lista de produtos LEED. No entanto, essa é uma questão que deve ser analisada, uma vez que cada país apresenta suas próprias características e não seria adequado que os métodos e as práticas fossem comuns a todos os países, até porque isso parece ser inviável. O que é viável e interessante, é que experiências sejam trocadas entre países, e que se busque alguns aprendizados que possam ser aplicados em comum.

É verdade que, para fins de certificação, ainda é preciso evoluir, no sentido de realizar diversas adaptações à realidade local, para que ele possa ser utilizado com sucesso. Porém, essas adaptações não parecem ser tão difíceis de ser realizadas, se forem desenvolvidas através de órgãos competentes para tal. As principais mudanças necessárias são aquelas referentes às legislações ambientais locais.

Todas essas exigências feitas pela USGBC não eliminam a possibilidade de se usar, enquanto essas adaptações não são criadas e aprovadas no Brasil, o sistema LEED como ferramenta de auxílio ao projeto e como lista de verificação para projetos de edifícios sustentáveis no Brasil. Deve-se tirar proveito da disponibilidade desse sistema, mesmo que não seja para fins de certificação.

Novamente atenta-se que, para este trabalho, o LEED está sendo avaliado, principalmente, sob o aspecto de sua aplicabilidade como ferramenta auxílio de projeto. E para este fim, ele se apresenta bastante viável, principalmente considerando a ausência de um método brasileiro disponível.

CAPÍTULO 02
Projeto do edifício e Sustentabilidade

É necessário que se haja uma maior base de dados com informações que auxiliem nas decisões para um projeto sustentável, de forma a se entender mais profundamente os impactos que os edifícios que estão sendo projetados geram ao meio ambiente, para que se possa perceber onde estão as oportunidades de desenvolvimento nesse sentido (MENDLER *et al* 2005). Os autores mencionam ainda que, para o projeto de edifícios se desenvolver satisfatoriamente e obter um resultado de sucesso, precisa que o processo seja mais inclusivo e rigoroso com suas soluções, de forma que elas estejam integradas com as questões de sustentabilidade.

O projeto, em termos gerais, pode ser definido como sendo um conjunto de atividades planejadas para serem executadas, a fim de alcançar determinados objetivos dentro de um escopo definido, em um prazo de tempo limitado e levando em consideração os recursos disponíveis (PFEIFFER, 2005).

Antes de qualquer atividade de projeto ser realizada, PFEIFFER (2005) menciona que é preciso que as responsabilidades sejam definidas para que cada agente do projeto conheça suas funções. Os objetivos devem ser muito bem definidos e claros, para que possam orientar as atividades do projeto. Seu escopo precisa estar claro para não correr o risco de ultrapassar seus limites, seja na capacidade da empresa, na quantidade de recursos, ou na complexidade do empreendimento. O projeto é uma atividade que tem início e fim definidos e para que seus prazos sejam cumpridos, é fundamental que seja feito um planejamento, de forma realista, e que este seja cumprido. Para a realização desse planejamento, é preciso que os recursos disponíveis sejam conhecidos e isso inclui não apenas os recursos financeiros, mas também os recursos humanos e as ferramentas disponíveis.

O desenvolvimento de um projeto de empreendimento é algo bastante complexo, composto por uma série de processos compartilhados entre as empresas e os profissionais que definem o produto-edificio, planejam e executam a obra e as empresas e os profissionais que desenvolvem todas as especialidades de projeto[6]. E para que esse projeto seja coordenado, gerenciado e mantenha uma interação com o planejamento e execução da

[6] Os projetos de especialidades do produto são todos os projetos necessários para o desenvolvimento completo do edifício, como projeto de fundações, projeto de estrutura, projeto hidrosanitário, projeto elétrico, dentre vários outros.

obra, é fundamental que sejam aplicados mecanismos de gestão da qualidade ao processo global de concepção do produto-edificio.

O CTE – Centro de Tecnologia em Edificações (1994, apud CTE, 2001, p.1) conceitua *processo* como sendo "*um conjunto de atividades pré-determinadas desenvolvidas para gerar produtos/serviços que atendam às necessidades dos clientes*". E coloca ainda que o objetivo desse processo é a obtenção de produtos muito bem definidos, com a característica de transformar um ou mais insumos, recebidos de fornecedores interno e/ou externos, em produtos a serem entregues a um ou mais clientes, sejam eles internos ou externos[7].

Esse processo de planejamento e concepção do edifício, é de extrema importância para a qualidade final do empreendimento. Seja nos aspectos de atendimento das necessidades dos clientes, adequação às questões técnicas, ou nas questões de sustentabilidade, dentre outros. A aplicação de questões de sustentabilidade no empreendimento, deve acontecer em todas as suas fases – do projeto à sua utilização, sendo que as principais decisões, nesse sentido, devem ser tomadas já na fase de planejamento e projeto, uma vez que, segundo SPERB (2000) essas fases são de extrema relevância para a obtenção de um empreendimento sustentável.

Neste trabalho serão tratados os aspectos ligados ao Projeto do Empreendimento (*Project*) [8], com destaque para as decisões tomadas no Projeto do Edifício (*Design*) [9], uma vez que pretende-se abordar as decisões que devem ser tomadas no projeto arquitetônico.

2.1. Aspectos da Qualidade do Projeto do Edifício

O projeto está ligado a todas as demais atividades do processo de produção do edifício, e tendo todas essas atividades participação efetiva na determinação da qualidade do edifício, e também ambiental, fica ainda mais claro o quanto essa etapa de projeto é fundamental e decisiva para o sucesso do empreendimento como um todo, no que diz

[7] Clientes externos são os usuários finais, aqueles a quem o edifício está destinado. Os clientes internos são os agentes do processo – os contratantes e os parceiros de projeto.

[8] *Project* é o termo usado em inglês para definir Projeto de empreendimento.

[9] *Design* é o termo em inglês que ser refere ao projeto do edifício, projeto arquitetônico.

respeito a sua qualidade para com seus usuários, e também nos aspectos técnicos e ambientais.

MESEGUER (1991, p.89) conceitua a palavra *qualidade* como sendo um "*conjunto de funções do bem construído que são necessárias para satisfazer as necessidades do usuário*", sendo que essas funções se descrevem através de requisitos, sendo os mais importantes na construção, os requisitos de segurança, habitabilidade, durabilidade, estética e ambiental – que é o novo requisito que deve ser pensado nos projetos atuais.

Com isso, fica claro que além do atendimento às necessidades dos clientes externos e internos, existem outros aspectos que influenciam na qualidade do projeto e o CTE (2001. p. 41) aponta que esses aspectos estão relacionados com: a *concepção de projeto*; a sua a*presentação;* o *processo de desenvolvimento do projeto* e a s*olução dada*.

Com isso, para se atingir a qualidade do projeto arquitetônico, é preciso que sejam atingidas, respectivamente, a Qualidade do empreendimento, a Qualidade na representação gráfica, a Qualidade do processo de projeto e a Qualidade da solução proposta.

A Qualidade do empreendimento é vista como a qualidade na concepção de projeto e deve ser atingida por meio de procedimentos que deverão ser estabelecidos pelo sistema de gestão, sendo estes os fluxos de atividades, a identificação dos agentes atuantes, a identificação das variáveis de uso que caracterizam a ação dos agentes e a metodologia de desempenho – que caracteriza as exigências dos usuários e os requisitos de desempenho (CTE, 2001).

São apresentadas por FABRÍCIO (2002) algumas ações que devem ser tomadas no intuito de atingir essa qualidade do empreendimento. São necessárias que sejam realizadas, antes de tudo, pesquisas de mercado para que se saiba como aquele empreendimento será recebido no mercado e suas condicionantes. É preciso que sejam identificadas também, e a fundo, as necessidades dos clientes e essas devem ser analisadas através de métodos adequados de pesquisas utilizadas pelas áreas de marketing, pouco comuns ao processo de produção de edificações, mas muito eficazes em outras indústrias, procurando conhecer a fundo as necessidades dos clientes. O processo de seleção e incorporação de terrenos é um ponto de fundamental importância para a qualidade do empreendimento e esse processo envolve a caracterização do entorno urbano; o levantamento da legislação construtiva e

ambiental referente à área, a fim de tomar conhecimento do que pode ser feito na área e como isso deve ser feito; o levantamento topográfico e as sondagens do terreno, de forma a conhecer as suas características. Outra ação necessária é o equacionamento econômico, financeiro e comercial do empreendimento, para se saber exatamente o quanto se tem de recursos disponíveis para sua realização e o que deseja alcançar. Um último ponto muito importante é que as especificações do programa devem ser coerentes, claras e exeqüíveis. A partir da tradução desses elementos nas características gerais a serem atendidas no produto, tem-se a qualidade da concepção de projeto.

A qualidade global do projeto depende, de certa forma, da qualidade da sua representação, já que está relacionado à adequação da documentação às características dos processos nos quais os documentos serão utilizados, permitindo que as decisões relativas às características do produto sejam tomadas nas instâncias responsáveis pela elaboração do projeto – profissionais de projeto dentro de processos de tomada de decisão – eliminando-se a ocorrência de decisões improvisadas em canteiro de obras (CTE, 2001).

A produtividade também vem a depender dessa qualidade da apresentação do projeto, pois é através da interpretação e das relações de interface de um projeto que são definidas as formas que as atividades se desenvolverão no canteiro de obras e a possibilidade de ocorrência de perdas de materiais e erros de execução, o que vem a definir também a qualidade final do serviço executado.

A Qualidade do Processo do Projeto será garantida através de ações exigidas na Gestão do Processo do Projeto. Essas ações, que visam garantir a qualidade do produto final, englobam do planejamento prévio das atividades até a aprovação final do cliente, sendo que, durante o processo, todas as atividades devem ser, efetivamente, gerenciadas, de forma a garantir a eficácia e a diminuição da ocorrência de erros no processo.

Já a Qualidade da Solução Proposta refere-se a um conjunto de soluções que englobam, segundo CTE (2001), a solução espacial e funcional, onde se deve considerar os valores sócio-culturais e de desempenho técnico e econômico; a solução estética e simbólica, que está ligada ao ato criativo e aos valores culturais do ambiente em que a edificação está inserida; as especificações técnicas, levando em consideração o comportamento da edificação e seu ciclo de vida e seus custos iniciais e ao longo de sua

utilização, e por fim, as relações estabelecidas entre o projeto e as atividades de produção, que determinam a produtividade e custos de execução.

Dentro deste enfoque, cabe portanto destacar a construtibilidade, que deve ser considerada através da integração e coerência entre os diversos projetos das especialidades, da racionalização da construção e da padronização de materiais e serviços. É muito importante estabelecer a integração entre o projeto e produção. Para se obter construtibilidade é fundamental que as dificuldades sejam resolvidas antes do inicio da obra, já na fase de projeto.

Outro aspecto que deve ter atenção especial é o atendimento às exigências de economia, levando em consideração os custos de execução, operação, manutenção e demolição, de forma a ter os menores gastos possíveis.

No entanto, no momento atual, um dos aspectos que passa a ser determinante na avaliação da qualidade de um projeto, é a questão da sustentabilidade, levando em consideração questões ambientais, a fim de reduzir ao máximo os possíveis impactos ambientais que o edifício venha a causar.

Tendo a busca pela qualidade ambiental de um edifício que se dar desde a fase de concepção de um empreendimento, este torna-se mais um parâmetro para avaliação dessa fase, passando pela qualidade da solução, quando conceitos ligados à gestão de recursos, escolha de materiais, eficiência energética, entre outros, passam, obrigatoriamente, a ser considerados.

Para as soluções de projeto apresentadas, deve-se fazer uma análise crítica, tendo como critérios de avaliação: as questões ligadas ao impacto ambiental da solução proposta, dos materiais utilizados, a geração de resíduos provenientes do processo de construção, dispositivos de redução do consumo de energia e água incorporados ao edifício, entre outras questões.

Pode-se perceber que todos os aspectos que influenciam na qualidade do projeto possuem alguma relação com aspectos ambientais da sustentabilidade do edifício, já que consideram desde a seleção do terreno até o desperdício de materiais de construção, dentre várias outras questões que influenciam nessa sustentabilidade.

JOBIM (2002) confirma que os aspectos relacionados à sustentabilidade passam a ser diretamente relacionados à qualidade dos processos, materiais e componentes. A partir dessa nova realidade, passa-se a ter que construir considerando aspectos da qualidade no seu conceito mais amplo de desempenho, economia, durabilidade e sustentabilidade, entre outros. A autora afirma, ainda, que para isso o conhecimento do processo de produção, e a abrangência das especificações são determinantes e fundamentais.

Assim, a questão da sustentabilidade, levando em consideração os requisitos ambientais, é um dos aspectos que influencia na qualidade do edifício e, por isso, é preciso que esses cuidados, acima citados, sejam levados em consideração, de forma que ao se preocupar, desde a fase de projeto com a sustentabilidade do edifício, dos materiais que nele serão aplicados e da relação dos mesmos com o meio ambiente, pode-se diminuir muito seus impactos e garantir uma arquitetura com alto grau de qualidade.

2.2. Ações em relação ao projeto de edifício sustentável[10]

Já é possível verificar algumas atitudes em busca de melhorias no desempenho ambiental de edifícios, no setor de projetos de arquitetura. Alguns movimentos, por parte de projetistas, e pesquisas referentes a esse assunto vêm sendo desenvolvidos.

Uma demonstração da preocupação com questões de sustentabilidade aplicadas ao projeto de arquitetura é dada pelo escritório *Doerr Architecture,* dirigido por Thomas Doerr. Esse é um escritório de arquitetura norte-americano, com sede em Colorado, que aplica a seus projetos aspectos que garantam ao máximo a sustentabilidade dos edifícios. Compromissado com o desenvolvimento de projetos que minimizem seus impactos no ambiente natural, o escritório *Doerr Architecture* tem como filosofia a busca constante de estratégias e tecnologias que possibilitem a produção de projetos cada vez mais sustentáveis, além de trabalhar junto aos proprietários e gerentes do projeto a fim de levantar e balancear fatores do empreendimento que possam minimizar o impacto ao ambiente e que possam trazer benefícios ao empreendedor. Essa filosofia serve de base aos projetos oferecidos por *Doerr* - as *EcoHomes* - que podem ser definidas como sendo casas ecológicas e economicamente responsáveis, mais saudáveis à família e ao planeta, já

[10] Levando em consideração as questões ambientais.

que se propõe a não desperdiçar recursos naturais, não poluir e desgastar o meio ambiente, além de proporcionar grande economia, na fase de uso, ao seu proprietário (Doerr Achitecture, 2006).

Consciente de que a questão ambiental deve ser levada em consideração desde o momento do projeto do edifício, o escritório *Doerr Architecture* lembra que os impactos causados nos sistemas naturais pelo desenvolvimento humano crescem a cada dia. Leva em consideração que tendo disponíveis as diretrizes para o desenvolvimento de um projeto sustentável, que ainda ajuda a reduzir o desperdício e os custos da obra para seus proprietários e gerentes, parece absurdo não usá-los. Todo projeto de edifício, inevitavelmente, vem a causar algum impacto no eco-sistema em que está inserido, ocasionando, no mínimo, gastos de energia e de recursos naturais, fazendo com que o "green building" perfeito seja praticamente impossível de ser alcançado. No entanto, todo projeto de edifício apresenta a oportunidade de melhorar sua performance ambiental, se seguir as normas e diretrizes que vêm sendo criadas em torno dessa questão. Visto isso, foi criado por *Doerr,* uma lista de verificação com aspectos ambientais para residências denominada "*Green Architecture Checklist: Residential Buildings*" (Anexo 1). Essa lista de verificação deve ser aplicada para verificar se o seu projeto e/ou edifício estão cumprindo com as recomendações para que ele seja ambientalmente sustentável, além de servir como diretriz para o projeto. É dividida em 4 partes e trata dos seguintes aspectos (Doerr Achitecture, 2006):

- **localização "verde" e uso do terreno**: orienta para a escolha de áreas já urbanizadas; para a implantação do edifício de forma a reduzir ao máximo os impactos, etc.
- **Projeto do edifício "verde":** propõe a otimização do espaço interno; eficiência no consumo energético; conforto ambiental; otimização no uso dos materiais; captação de águas pluviais, etc.
- **Material "verde":** orienta na busca da utilização de materiais não agressores ao meio ambiente.
- **Equipamentos "verde":** orienta o uso de equipamentos e dispositivos de alta eficiência.

Essa ferramenta é utilizada pelo escritório Doerr na fase de projeto, para que os agentes do projeto, conheçam as ações que devem tomar e para direcionar a tomada de decisão. Isso, além de servir como base para se analisar, em aspectos sustentáveis, um edifício já construído. Após a criação desse *checklist* voltado para o uso em projetos de residências, o escritório *Doerr* fez uma adaptação deste também para projetos de edifícios comerciais.

Outra empresa com esta preocupação em produzir edifícios com alta qualidade ambiental é a HOK[11] (Hellmuth, Obata and Kassabaum), situada em St. Louis, nos Estados Unidos. Essa é uma das empresas pioneiras no movimento pela sustentabilidade e, reconhecida por sua dedicação e contribuições para o projeto sustentável, tem algumas conquistas nesse aspecto. Dentre essas conquistas pode-se destacar nove projetos certificados pelo LEED, três pelo BREEAM e 38 ainda buscando certificação. Também faz parte da "*Top 10 Green Projects List*"[12], por seis anos consecutivos. Além disso, a empresa recebeu recentemente, em maio de 2006, o prêmio internacional *"2006 Sustainable Design Leadership Award",* concedido pela *CoreNet Global*[13], pela *International Interior Design Association*[14], e pelo *American Institute of Architects Committees on the Environment and Interior Architecture*[15], na categoria de empresas de projeto. Seus projetos têm como premissa a combinação das decisões de projeto com as questões ambientais de sustentabilidade (HOK, 2006).

Questões de sustentabilidade ao serem inseridas no processo de projeto desde o seu início podem ser trabalhadas de forma muito mais eficaz, e a possibilidade de se obter projetos mais sustentáveis e satisfatórios ao cliente passa a ser muito maior. Essa inserção de requisitos ambientais no processo de projeto do edifício é chamada, por HOK (2006), de **Processo de Projeto Integrado**.

---

11 Constituída por mais de 1.600 profissionais, a empresa tem 22 filiais distribuídas pela América do Norte, América Latina, Europa e Ásia.

12 A "*Top 10 Green Project List*" é uma lista que engloba os principais projetos com preocupações ambientais, e são escolhidos pela AIA – American Institute of Architects.

13 CoreNet Global é uma associação que, dentre diversas atividades, desenvolve programas de reconhecimento profissional, sendo que um desses programas é o *The Sustainable Design Leadership Award* que é uma premiação para projetos sustentáveis destacados.

14 *International Interior Design Association* é uma Associação Internacional de Projeto de Interiores, que juntamente com outras associações, destaca projetos sustentáveis de excelência.

15 *American Institute of Architects Committees on the Environment and Interior Architecture* – é um comitê de avaliação do ambiente e de arquitetura de interiores do Instituto Americano de Arquitetos (AIA).

Cabe ressaltar que o processo de projeto refere-se ao projeto do empreendimento como um todo e engloba todas as decisões que devem ser tomadas em relação ao empreendimento, seu projeto e construção. É constituído por diversas fases que vão desde a seleção do terreno até a avaliação pós-ocupação.

Já podem ser encontradas algumas ações, nesse sentido, pelo mundo. O escritório HOK aplica em sua estrutura de trabalho o Processo de Projeto Integrado baseado no método LEED. Além dessa aplicação, outra que é bastante significativa, nesse sentido, é a realizada na França pelo ADDENDA[16] – empresa que presta assistência visando a otimização energética e ambiental das construções, que possui um método de auxílio à concepção arquitetônica, para a realização de projetos de edificações sustentáveis, que integra as questões ambientais, colocadas pelo HQE, com os aspectos específicos de cada fase do processo de concepção.

Devido ao método utilizado pelo escritório HOK, ser baseado no LEED, que é um dos objetos de estudo deste trabalho, este foi o método escolhido para servir de exemplo, apesar da conhecida eficiência do método ADDENDA.

O HOK trabalha com 10 pontos-chave, que são o "retrato" organizacional de uma empresa de projeto integrado que visa a sustentabilidade de seus projetos. Esses "10 Pontos-Chave para o Processo de Projeto Integrado" estão ilustrados na figura 2.

A fim de realizar seus projetos da forma mais adequada possível, no que concerne à edificação sustentável, o escritório HOK dispõe de diversas ferramentas que são utilizadas durante o processo de projeto, servindo de auxilio às decisões de cada etapa. Essas ferramentas consistem em listas de verificação, listas de diretrizes e listas-resumo das exigências do LEED, elaboradas e adaptadas pelo próprio escritório[17].

16 Informação obtida em www.addenda.fr

17 essas ferramentas são disponibilizadas a todos que tenham interesse em acessá-las. Disponível no site oficial do escritório HOK - www.hok.com

Figura 2– Os 10 Pontos-Chave para o Processo de Projeto Integrado.

Fonte: HOK, site oficial. (2006). Traduzido pela autora

Essas ferramentas possuem as seguintes características (HOK, 2006):

- “Lista-resumo” LEED – Esta lista possui os requisitos necessárias para a obtenção da certificação LEED, mas pode ser usada pela equipe de projeto a fim de estruturar seus objetivos para obtenção de um projeto sustentável, assim como para rastrear o processo.

- Lista “HOK” de Avaliação de Materiais – Destinada a avaliar o impacto ambiental causado pelos materiais especificados no projeto. Essa lista é enviada ao fornecedor do produto, que deve responder questões sobre a procedência do material e suas matérias-primas, a geração de resíduos, os riscos que o material pode vir a causar ao meio ambiente, dentre diversas outras questões.

- Lista “HOK” de Análise dos custos de aplicação do LEED – Trata-se de um resumo, baseado na experiência e pesquisas realizadas pelo escritório HOK, em relação aos custos iniciais de aplicação do LEED e também da potencial economia que pode compensar esses gastos iniciais.

- Lista “HOK” das Fases do Processo Sustentável – identifica as ações-chave que devem ser tomadas para a realização de um projeto sustentável, organizada pelas fases de projeto.

A *“Lista-resumo” LEED* e esta última, *Lista “HOK” das Fases do Processo Sustentável,* são as que mais estão ligadas diretamente ao trabalho do arquiteto e à equipe de projeto, levantando as preocupações que devem ter e quais as ações a serem tomadas, para cada etapa.

Todas essas ferramentas aplicadas no processo do projeto visam a garantia da sustentabilidade do edifício, que deve ser, juntamente com o atendimento às necessidades dos clientes, uma das principais preocupações do projetista.

No Brasil, já se percebe a busca da arquitetura ambientalmente sustentável. Alguns arquitetos já têm como premissa, o alcance de altos níveis de qualidade ambiental em seus projetos. Além disso, já vem sendo exigido em alguns concursos de projetos de arquitetura no Brasil, que questões de sustentabilidade, principalmente nos aspectos ambientais, passem a ser inseridas nos projetos. E isso, de certa forma, faz infiltrar na consciência de

alguns arquitetos e projetistas, a percepção da sua responsabilidade para com estas questões.

Além dessa exigência, alguns arquitetos mais sensíveis nesses aspectos, já vêm aplicando esses conceitos em seus projetos e buscando ferramentas que lhe dêem auxílio nessa prática tão nova. Este é o caso do escritório Zanettini Arquitetura, situado em São Paulo, que já vem desenvolvendo, há algum tempo, certa consciência da importância de se inserir questões de sustentabilidade a seus projetos.

Em busca de mais informações em torno dessa experiência, foi realizada uma entrevista com o arquiteto Siegbert Zanettini em outubro de 2006, através da qual pôde-se ter conhecimento, da sua visão de arquitetura sustentável, de algumas de suas experiências, da aplicação de aspectos ambientais a seus projetos, das formas de fazê-la, de como o LEED pode servir como ferramenta de projeto, e de como está se dando a certificação de seus projetos através desse sistema, entre diversas outras questões.

A entrevista foi iniciada com uma breve contextualização, feita pelo arquiteto, de como as questões ambientais passaram a fazer parte de sua prática profissional. Em resumo, o que levou o arquiteto a tomar essa atitude foi sua inquietação em relação aos conceitos da arquitetura moderna que tratava o edifício de forma solta, independente de seu entorno.

> "[...]*quando predominava o conceito da arquitetura moderna, em que o edifício era uma obra monumental isolada*[...]*uma série de preceitos que caracterizavam o contexto da arquitetura moderna não correspondiam a minha maneira de pensar que vinha de um contexto do mundo operário, da zona leste de São Paulo. E eu via na realidade nossa uma outra coisa, um outro clima específico nosso, e aquela arquitetura era, de uma certa maneira, do mundo acadêmico, ela representava muito uma visão acadêmica de pensar. E até, de certa maneira, sensivelmente importada*[...] *Então, eu via aqueles cubos montados, fechados totalmente para o externo, e isso me agredia profundamente. Eu acho que era uma espécie de negação do entorno, com uma visão do meu objeto, do objeto que*

> *eu crio como arquiteto, que é bem do período moderno, que era unidimensional.*" (Informação Verbal)[18]

Para Zanettini o projeto não deveria terminar em sua obra, mas deveria integrar a obra ao ambiente externo. Sua obra deveria se relacionar com o contexto já existente, levar alguma contribuição a esse meio. E seu projeto deve ser definido a partir dos *in-puts* que o contexto lhe impõe.

> *"Quando eu fiz o projeto dessa casa (Casa de campo em Atibaia), ficou para mim muito claro que o projeto não terminava na minha obra e que a unidade, que sempre foi um prisma moderno, agora essa unidade era muito mais ampla que a obra. Então, o ambiente todo passava a participar do meu projeto. E não mais, o projeto tinha, como os anteriores tinham sido, uma obra solta no espaço.[...] Cada projeto que eu comecei a fazer, a partir de 70, eu via o contexto [...] Eu vou fazer um edifício no meio de um contexto já existente, como é que eu me relaciono com esse contexto?, quais são as contribuições que esse meu projeto tem em relação a esse meio?, quais os in-puts que esse contexto me coloca para definir esse projeto? ".* (Informação Verbal)[19]

Zanettini acredita que não faz sentido fazer arquitetura que não seja eco-eficiente no Brasil, que socialmente e economicamente é um país pobre, e que precisa evitar gastos desnecessários, principalmente com energia por necessidade de refrigeração artificial. Ele critica os projetos mau-resolvidos em relação ao nosso contexto, que vêm sendo feitos no Brasil, dizendo que são edifícios importados, que não atendem as condições climáticas do país sob nenhum aspecto.

> *"Não tem sentido fazer arquitetura que não seja eco-eficiente no Brasil, porque socialmente e economicamente é um país pobre. [...] Não se deve fazer cubos de vidro, com carga térmica fluente, dando um volume de calor enorme, aí precisa por ar-condicionado para o prédio inteiro, o que consome energia doidamente. [...]As empresas*

[18] Informações fornecidas por Siegbert Zanettini em entrevista realizada em outubro de 2006.
[19] Informações fornecidas por Siegbert Zanettini em entrevista realizada em outubro de 2006.

> *nacionais não estão aquentando esse exagero, esse 'a mais' de projetos maus resolvidos em relação ao nosso contexto. Esses são edifícios importados, edifícios que não atendem as condições climáticas sob nenhum aspecto. E você cada vez mais vai ter que dar esse cunho científico, de como eu vou estar resolvendo esse edifício, à cidade brasileira."* (Informação Verbal)[20]

O arquiteto alerta que o edifício deve ser criado para a realidade brasileira, através dos elementos disponíveis, da herança cultural da região, da história do contexto em que está sendo implantado o edifício, etc.

Em relação a um dos projetos mais desafiadores de sua carreira – a ampliação do CENPES (Centro de Pesquisa da Petrobrás) na ilha do Fundão no Rio de Janeiro – Zanettini afirma que foi uma produção coletiva, reunindo cerca de 30 profissionais de diferentes especialidades e setores de arquitetura e engenharia, concebendo e revendo as diferenças de projeto conjuntamente. Para esse projeto foi exigido, pelo contratante, que alguns princípios de sustentabilidade fossem considerados. Para isso, foram pensadas questões de paisagismo visando a criação de microclimas agradáveis; o aproveitamento de materiais encontrados no terreno, como a utilização de garrafas *pet* em todas as mantas de proteção térmica e acústica; a instalação de captadores de energia solar para aquecimento da água, dentre inúmeras outras questões.

Por todas as suas características, esse projeto está passando por um processo de análise para receber certificação pelo LEED. Esse processo está na fase de preparação e análise de documentos de forma a confirmar que o projeto se adequa às exigências do sistema. Existem alguns itens que, de antemão, já se sabe que não serão creditados, como é o caso dos créditos referentes à seleção do terreno – que não atende às exigências LEED, mas que já foi imposto pelo contratante e não teve participação da equipe na escolha.

Apesar de o LEED ter 'entrado' nesse projeto apenas para fins de certificação, Zanettini afirma que este pode servir de auxílio às decisões do arquiteto. Porém, como a

[20] Informações fornecidas por Siegbert Zanettini em entrevista realizada em outubro de 2006.

b*ase americana do sistema é muito forte*, é preciso verificar quais questões não se aplicam à realidade brasileira. (informação verbal) [21]

Além de todos esses movimentos aqui citados, outros vêm acontecendo no Brasil e no mundo. No entanto, essa movimentação deve ser ainda mais constante, fazendo com que essa prática passe a ser comum aos projetistas.

2.3. Processo de Projeto Integrado: Projeto de edifícios e Sustentabilidade

Conforme mencionado anteriormente, já vêm sendo tomadas algumas atitudes, por parte de alguns responsáveis por projetos de arquitetura, em busca da realização de uma arquitetura ambientalmente sustentável. No entanto, ainda é preciso evoluir muito nesse sentido, e formas de se realizar essa arquitetura devem ser esclarecidas e aprimoradas.

Quando se trata do *Processo do Projeto*, refere-se ao projeto do empreendimento. O projeto de arquitetura é parte primordial do empreendimento, e as atividades envolvidas para a sua realização devem ser gerenciados para a obtenção de um melhor resultado.

O Projeto de arquitetura pode ser visto tanto como *produto* quanto como *processo*. O projeto como *produto* é o resultado que se obtém do trabalho do arquiteto; é o projeto do edifício que deve atender às necessidades estabelecidas. Enquanto que o projeto como *processo* refere-se à seqüência de atividades necessárias para transformar a idéia original da edificação em diretrizes a serem obedecidas para a sua construção (SALGADO, 2006).

O processo de projeto do edifício pode, então, ser definido, segundo FABRÍCIO (2002, p.75), como sendo o processo que:

> "*envolve todas as decisões e formulações que visam subsidiar a criação e a produção de um empreendimento, indo da montagem da operação imobiliária, passando pela formulação do programa de necessidades e do projeto do produto até o desenvolvimento da produção, o projeto ´as built` e a avaliação da satisfação do usuário com o produto*".

[21] Informações fornecidas por Siegbert Zanettini em entrevista realizada em outubro de 2006.

SALGADO (2005) explica, ainda, que o processo de projeto envolve todas as decisões e ações que fazem parte da criação e produção de um empreendimento, desde as decisões imobiliárias, definição do programa de necessidades, formulação do projeto do produto, desenvolvimento da produção, até o projeto as built"[22] e avaliação pós-ocupação, indo muito além de ser apenas o desenvolvimento dos projetos de especialidades do produto.

Todas essas decisões que acontecem ao longo do processo de projeto do edifício, já devem estar baseadas nas questões básicas, que o edifício deve considerar, no que diz respeito á sua sustentabilidade. Isso é confirmado por FOSSATI (2005), que aponta que o impacto ambiental da construção civil ocorre em toda a cadeia produtiva, desde o projeto até a sua demolição. O projeto, a partir de definições como formas geométricas da edificação, sua localização no terreno, soluções estruturais, especificações de materiais, componentes e tecnologias, o padrão de acabamento e detalhamento, estabelece a otimização, ou não, da execução e o efeito em seu entorno.

Sendo o projeto o ponto de partida do ciclo de vida do edifício, é de extrema importância que soluções que venham a minimizar impactos ambientais sejam pensadas pelos projetistas.

Isso pode ser confirmado por MENDLER *et al* (2005), que atentam para a necessidade de se desenvolver um novo processo de projeto, sendo este o ***processo de projeto sustentável,*** ou ***integrado***, que demanda que todo produto, processo e procedimento sejam questionados e revisados através de uma nova perspectiva, que inclua os impactos ambientais e de saúde humana que as decisões de projeto podem causar (figura 3). Dessa forma, pode-se ter uma melhora substancial, do ponto de vista ambiental, e pode-se obter também um ambiente mais agradável e produtivo para seus usuários combinado a uma maior economia aos seus proprietários.

BERTEZINI (2006) afirma ainda que o sucesso do empreendimento é influenciado, de forma estratégica, pela fase de projeto, que possui potencial influência nas demais fases

[22] Projeto "as built" quer dizer "projeto como construído". É um "projeto" feito após o termino da obra para indicar, exatamente, como o edifício foi construído. Esse projeto é necessário, já que é muito comum que o projeto original do edifício sofra modificações no decorrer da obra e o usuário precisa ter conhecimento das características reais de seu imóvel.

do processo. Essa influência se dá nas fases subseqüentes de produção e no ciclo de vida do edifício, nos seguintes aspectos:

- na fase de projeto das demais especialidades, influencia na coordenação e compatibilização de projetos, na escolha dos sistemas construtivos, etc.

- na fase de execução a influência das decisões se dá nos custos, cumprimento de prazos e cronogramas, desperdícios de material e mão-de-obra, produtividade, desempenho global da edificação, inserção de novas tecnologias, construtibilidade, racionalização, entre outros.

- na fase de gestão do empreendimento as decisões de projeto podem influenciar no surgimento de patologias, durabilidade, economia de recursos (água, energia, tratamento de esgotos), sustentabilidade, desempenho da edificação (acústico, térmico), adaptação a novos usos, entre outros.

Assim, entende-se que a abordagem do processo do projeto deve incluir, não só as questões específicas do projeto-produto, mas também as questões relacionadas a sua gestão e as demais fases do empreendimento.

No entanto, deve-se estar atento para as mudanças que vêm ocorrendo nesse quadro, no sentido de que o modelo de decisão atual está baseado, principalmente, nos custos, prazos e qualidade. No **processo de projeto integrado** os projetistas devem estar atentos aos efeitos de suas decisões para o meio ambiente.

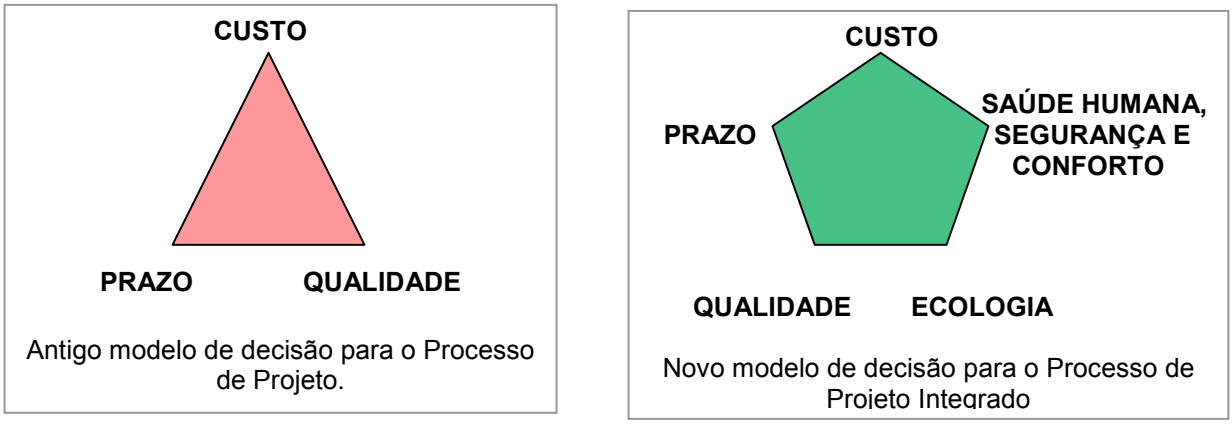


Figura 3 - Diferenças entre o modelo de decisão antigo para o Processo de Projeto e o novo modelo de decisão para o Processo de projeto integrado.

Fonte: MENDLER *et al* (2005). Traduzido pela autora

OLIVEIRA *et al* (2004) atentam que, a partir do acréscimo de novos requisitos no processo de projeto, no caso requisitos ambientais, torna-se necessário que estes sejam detalhados e processados de forma a auxiliar os agentes envolvidos na tomada de decisão a aplicar esses novos conceitos em suas atividades.

Os mesmos autores afirmam que os requisitos ambientais devem ser entendidos como aqueles que, uma vez introduzidos no processo e implementados na forma de especificação de projeto, proporcionam a otimização do desempenho ambiental de uma edificação.

Para que esses requisitos ambientais sejam introduzidos no processo de projeto, devem existir dispositivos facilitadores que auxiliem e orientem os agentes envolvidos em suas decisões nesse sentido. Esses dispositivos são quaisquer elementos como normas, listas de verificação, sistemas de avaliação ou manuais que possam explicitar os requisitos ambientais durante o processo de projeto (OLIVEIRA *et al*, 2004).

O Processo do Projeto Integrado ainda não é uma prática comum no Brasil, apesar de já se encontrar alguns casos isolados, mas a partir do que vem sendo aplicado em países desenvolvidos, nesse sentido, deve-se ter isso, como exemplo e base para práticas de projeto mais sustentáveis neste país. KRONKA (2001, p.2), atenta que os profissionais da área devem se voltar para as necessidades locais do país, utilizando os exemplos dos outros países apenas como subsídios de soluções a serem analisadas e implantadas no Brasil.

O processo de projeto, nos moldes propostos atualmente no Brasil, pode ser compreendido de forma mais detalhada a seguir, onde serão apontados alguns pontos em busca da sustentabilidade, nos aspectos ambientais, que devem ser aplicadas em cada fase.

2.3.1. Fluxo de atividades do Processo do Projeto sustentável do empreendimento

O processo do projeto é constituído de diversas atividades que são dividas em fases. SILVA *et al* (2003) destaca a importância dessa subdivisão, colocando que assim torna-se possível que sejam identificadas todas as atividades a serem realizadas durante o processo de desenvolvimento de projetos; os insumos necessários para cada fase; as relações de

precedência entre as atividades; as responsabilidades de cada agente e os produtos e serviços resultantes de cada fase.

Para que o resultado desse processo seja satisfatório, no que diz respeito a sua sustentabilidade, MONTEIRO (2002) levanta a importância de o arquiteto ter conhecimentos suficientes sobre conceitos de sustentabilidade e as conseqüências que seu projeto pode causar a curto, médio e longo prazo. Assim, quanto maior esse conhecimento e a preocupação com essas questões, mais sustentável tende a ser a obra resultante desse processo.

No processo de projeto integrado é preciso que os agentes envolvidos estejam muito mais conectados entre si do que no processo de projeto tradicional, para que as soluções finais de projeto tenham sucesso.

Isso pode ser confirmado pelo arquiteto Zanettini que afirma que a integração total da equipe, com todos participando juntos das decisões, é fundamental para o resultado positivo do projeto. Ele afirma, ainda, que a multidisciplinaridade dos agentes ajuda muito nesse resultado.[23]

A divisão das atividades do processo, em fases, pode ser mostrada a seguir, na figura 4, onde são estabelecidas as fases gerais de desenvolvimento do processo de projeto de empreendimentos, sua seqüência de atividades e produtos gerados em cada fase, o que sintetiza o processo de projeto apresentado pelo CTE (2001). Vale ressaltar que esta é apenas uma das propostas de processo de projeto existentes. Outros autores apresentam algumas propostas semelhantes mas com algumas poucas diferenças na divisão das fases e fluxos. A escolha desse modelo se deu por esse englobar, praticamente, todas as fases do ciclo de vida do edifício, desde seu planejamento, até seu uso final, ficando de fora somente a fase de descarte final. E, também, por este ser um centro de especializado na pesquisa no ramo da construção de edifícios.

Esse é um fluxo básico, que visa uniformizar o processo utilizando uma estrutura compatível com as premissas de gestão da qualidade e deve ser adaptado para cada empreendimento, conforme suas necessidades.

[23] Informações fornecidas por Siegbert Zanettini em entrevista realizada em outubro de 2006.

O fluxo do CTE trata do processo do projeto do empreendimento, que vai desde seu o planejamento estratégico até a avaliação da satisfação do cliente, abrangendo todas as etapas do ciclo de vida de uma edificação, com exceção da etapa de demolição.

Percebe-se através desse fluxo, que desde a primeira fase desse processo já se deve ter a preocupação em aplicar questões de sustentabilidade ao empreendimento. E isso se estende a todas as demais fases, até a efetiva utilização do edifício.

São sete as fases do projeto, sendo que a primeira não é considerada uma fase e sim um pré-requisito para que o projeto se desenvolva. Nos parágrafos a seguir, essas fases serão explicadas com base em CTE (2001) e serão feitas algumas relações com questões de sustentabilidade que devem ser consideradas em processo de projeto integrado:

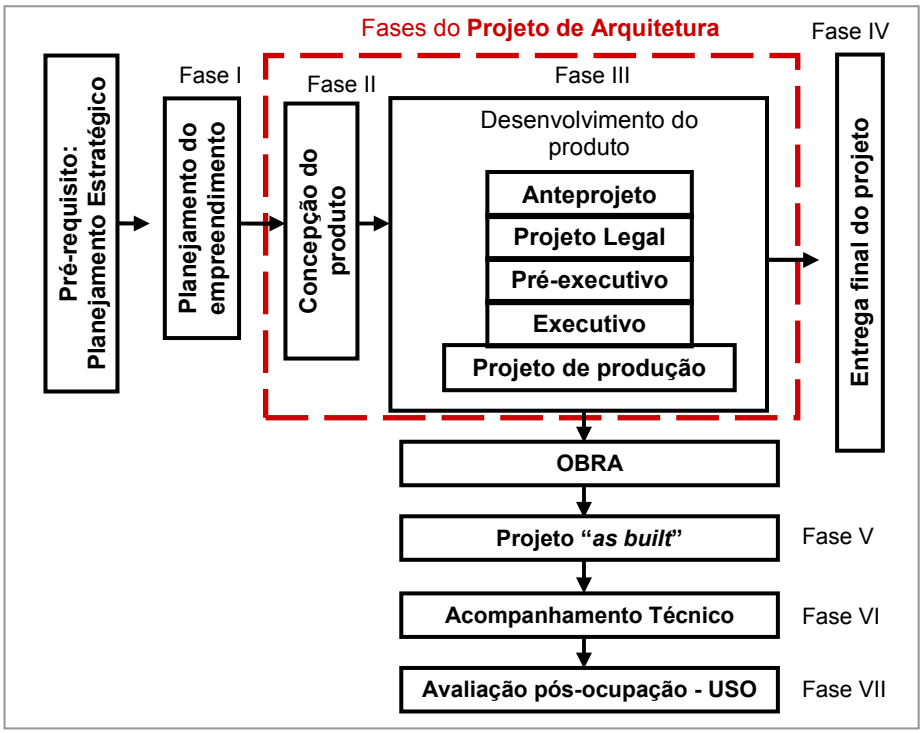


Figura 4 - Fluxo das fases do Processo de Projeto.

Fonte: Adaptado de CTE, 2001.

O pré-requisito consta do *planejamento estratégico* do empreendedor e da empresa de projeto, no qual as metas e estratégias para o desenvolvimento do produto devem ser estabelecidas. O empreendedor caracteriza suas necessidades e objetivos no que diz respeito à receita disponível, lucratividade, análise do mercado etc., enquanto a empresa de projeto deve planejar suas metas, escolher pelo seu ramo de atuação no mercado etc.

Dentre os principais objetivos dessa fase está reduzir o risco de insucesso do empreendimento do ponto de vista técnico, econômico e comercial.

Ainda nessa “fase” inicial, é de extrema importância, como afirmado por VOSGUERITCHIAN et al (2005), que todos os envolvidos no processo, incluindo a equipe de projetistas, o coordenador de projetos e o próprio empreendedor, tenham consciência da importância, e estejam enfocados em se considerar e realizar um edifício considerado sustentável e de baixo impacto ambiental. Assim, deve-se considerar a contratação de profissionais qualificados, nesse sentido, para a realização do empreendimento.

A Fase I é formada pelo *planejamento do empreendimento*, consistindo da caracterização do empreendimento a ser desenvolvido cumprindo as metas definidas pelo planejamento estratégico. Aqui devem ser combinadas as necessidades do empreendedor, as necessidades dos clientes e a disponibilidade de terrenos adequados ao produto a ser desenvolvido. Nessa fase os participantes são o incorporador, engenheiros, coordenadores da empresa construtora e a empresa de arquitetura. E os principais objetivos da fase são constatar a viabilidade do produto, definido a partir das necessidades de mercado e decidir pelo terreno que possibilite a implantação do produto.

Acrescenta-se que essas decisões devem ser tomadas baseadas nas questões de sustentabilidade. Um exemplo disso é que a decisão do terreno deve ser feita de forma a evitar possíveis impactos ambientais, dando preferência a áreas já urbanizadas, a terrenos já antes utilizados, etc.

A Fase II trata da *concepção do produto*, quando são estabelecidas as condições que o produto deve atender, levando em consideração as exigências do cliente final e das características do processo de produção. As informações e dados obtidos nas fases anteriores devem ser tratados de forma a serem aplicados nessa fase de concepção, que tem como principal objetivo definir todas as características do produto como os seus ambientes, os sistemas construtivos, equipamentos e serviços do empreendimento, suas formas e geometrias. Gera-se então, o programa de necessidades detalhado, a definição da tecnologia a ser aplicada, chegando até ao desenvolvimento de um estudo preliminar de arquitetura, estruturas, sistemas prediais, paisagismo e fundações do empreendimento (CTE, 2001).

Cabe ressaltar que a fase de *concepção do produto* pode ser chamada também de *estudo preliminar*, por outros modelos de processo de projeto, como é o caso do modelo da AsBEA[24] (2006), que aponta o estudo preliminar como sendo a primeira das etapas de projeto de arquitetura. Apesar de o CTE considerar essa fase isolada do projeto arquitetônico, ela não deixa de ser de responsabilidade do arquiteto.

Nessa segunda fase, é importante que sejam tomadas algumas decisões que venham a reduzir possíveis impactos ambientais causados pelo edifício, seja em sua construção ou em utilização posterior. Alguns dos pontos que devem ser levantados nessa fase são questões energéticas; de consumo de água; o possível reaproveitamento de edificações já existentes, ao invés da construção de um edifício totalmente novo, entre vários outros aspectos. Deverá ser analisada a possibilidade de se aplicar essas questões no projeto.

Passando por essa fase de concepção entra-se na Fase III de *desenvolvimento do produto*, que é o **projeto de arquitetura**, que, de acordo com o CTE (2001), envolve cinco etapas de projeto que vão definindo cada vez mais detalhadamente o produto, diminuindo gradativamente suas possibilidades de alteração. Essa fase é composta pelas etapas do projeto arquitetônico, sendo elas o *anteprojeto, projeto legal, projeto pré-executivo, projeto executivo e projeto de produção*.

Na etapa de *anteprojeto*, a solução de projeto adotada é apresentada contendo as suas especificações técnicas. São dadas, segundo a AsBEA (2006), as soluções preliminares para o edifício. Essa etapa consta de informações gerais de aspectos de tecnologia construtiva, pré-dimensionamento estrutural, concepção básica das instalações. A partir dessa etapa já é possível fazer uma avaliação em relação a custos e prazos.

Sugere-se que alguns aspectos relacionados a sustentabilidade do edifício também já sejam inseridas nessa etapa, como a escolha de alguns materiais construtivos eficientes e de baixo impacto ambiental, a decisão da melhor implantação do edifício em busca da menor "agressão" ao terreno, da melhor orientação, a decisão de como os sistemas e tecnologias serão aplicados, entre diversos outros. Quanto mais cedo se começar a tomar decisões baseadas nas "exigências" para um edifício sustentável, maiores as chances desse

[24] AsBEA – Associação Brasileira dos escritórios de arquitetura.

resultado ser positivo. Isso acontece porque as decisões tomadas nessa etapa servirão de subsídio para as demais. Assim, deve ser decidido **como** essas questões serão aplicadas.

Além disso, existem outros aspectos que dizem respeito à fase de utilização do edifício, que também devem ser definidos nesta etapa, e que são de extrema importância para sua sustentabilidade. MONTEIRO (2002) coloca alguns desses aspectos como sendo: a automatização de atividades como desligamento de luzes e equipamentos; alternativas de aquecimento solar de água; sistemas de detecção de incêndio; controle da utilização da água, entre outros.

Deve-se também considerar desde esta fase de projeto que o edifício possua características flexíveis, facilmente adaptáveis a mudanças que possam vir a ocorrer no seu tipo de uso no decorrer do tempo e que seja de fácil desmonte. Assim, além de reduzir os depósitos de entulho, ainda se minimiza o uso de novos materiais.

A etapa seguinte corresponde ao *Projeto legal,* que consta do projeto arquitetônico proposto, considerando todas as exigências do programa de necessidades, incluindo as decisões tomadas no estudo preliminar e no anteprojeto, e deve estar baseado nos requisitos legais e normas técnicas exigidas. Deve ser aprovado nos órgãos da administração pública para que se possa dar prosseguimento ao processo.

Aprovado o projeto legal, segue-se para o *Projeto pré-executivo*. Esta etapa consiste do anteprojeto de arquitetura combinado com os anteprojetos das especialidades, englobando estrutura, sistemas prediais, fundações, interiores, paisagismo etc., de forma a verificar as interferências entre eles e fazer as alterações devidas. Segundo a ASBEA (2006), o *projeto pré-executivo* é a consolidação das principais soluções do projeto.

Já o desenvolvimento do *Projeto executivo* é feito a partir da solução desenvolvida, já compatibilizada com os demais projetos complementares e contendo todas as informações necessárias para a execução da obra, constando de todos os detalhes construtivos, cadernos de especificações de materiais e serviços e o orçamento da obra. A AsBEA (2006) mostra que nesta etapa as soluções já são definitivas, devendo ser detalhadas.

Portanto, esta etapa tem grandes atribuições para o alcance de uma arquitetura dita ambientalmente sustentável, já que é nela que as principais decisões, que já foram tomadas anteriormente, são confirmadas, como a especificação final de materiais, a definição de

tecnologias inovativas para construção e manutenção do edifício, além da consideração do custo dessas decisões, que devem estar de acordo com o planejado. A importância dessa etapa se dá, também, por essa ser uma etapa definitiva, de forma que suas decisões serão aquelas fornecidas à obra.

MONTEIRO (2002) atenta para a importância de se escolher o sistema construtivo a ser adotado, na fase de projeto, de forma a já se determinar e poder caracterizar todo o andamento do processo do projeto, que vem adiante.

Para se determinar esse andamento, tem-se a última etapa desta fase, que é o *Projeto de produção*. Este é composto de informações necessárias à atividade de produção do edifício, tais como a disposição e seqüência das atividades, frentes de serviço, arranjo e evolução do canteiro, etc. É o detalhamento das soluções de projeto, levando em consideração as suas especificidades no que diz respeito aos materiais e componentes e dos processos de produção a serem utilizados em determinada obra (CTE, 2001).

Considerando que se deseja buscar a sustentabilidade ambiental, deve-se pensar nessa etapa de projeto de produção, entre outras coisas, em formas de diminuir, ao máximo, os desperdícios na execução da obra.

A fase de *entrega final do projeto*, corresponde à Fase IV do processo e tem como objetivo a transferência do projeto completo e detalhado à equipe de produção e assistência técnica. Nessa fase é feita a apresentação de toda a documentação contratada – plantas, cortes, memoriais, etc. – e essas devem ser aceitas por seus contratantes.

Após a entrega final do projeto e durante sua execução, tem-se a Fase V que corresponde à *coleta de dados e desenvolvimento do projeto "as built"*, que é o registro, em forma de documentação de projeto, das especificações, detalhamentos e de qualquer item que não tenha sido executado na obra de acordo com o previsto no projeto original.

Já a Fase VI consta do *acompanhamento técnico e elaboração dos documentos para o manual do usuário*[25]. O acompanhamento técnico é a orientação que o projetista deve dar à equipe de execução, devendo acompanhar o desenvolvimento da obra e, se preciso, fazer

[25] Manual do usuário é um dos documentos exigidos pelo sistema de Gestão da Qualidade, que deve ser entregue aos usuários da edificação, no ato de sua entrega, e que consta das informações técnicas necessárias aos seus usuários, como uso, operação, limpeza, conservação e manutenção do edifício.

as modificações necessárias no projeto original em função da necessidade detectada na obra, além de fazer uma análise de como suas soluções se deram, no ponto de vista da execução.

Nessa fase de execução, planos para que a obra seja o mais "habitável" possível devem ser estabelecidos, considerando também o alcance dos menores níveis de poluição, seja ela sonora, do ar, pela geração de resíduos, etc.

A elaboração dos documentos para o manual do usuário, que também faz parte dessa fase VI, deve-se dar de acordo com as informações obtidas pela equipe de acompanhamento técnico, além de todos os documentos de projeto – incluindo plantas e especificações – e orientações necessárias aos usuários finais.

A última fase corresponde à *utilização e avaliação da satisfação do cliente final* a fim de se identificar o quanto o projeto atendeu as necessidades do cliente e sua satisfação em relação ao mesmo. Essa fase é de extrema importância para a melhoria contínua do projeto, já que vai retroalimentar novos projetos que virão a seguir, uma vez que se terá conhecimento dos aspectos que atenderam e dos que não atenderam às suas expectativas.

Atenta-se que, nessa fase, também deve ser verificada a utilização da edificação no âmbito ambiental, monitorando os sistemas instalados, controlando o conforto térmico, olfativo, entre outros aspectos.

O atendimento aos requisitos ambientais de sustentabilidade, em todas essas fases do processo de projeto do empreendimento, e que todos, ou os principais agentes do processo, estejam conscientes da importância dessa "nova" exigência, é o que se considera de mais adequado na busca de resultados ótimos nesse sentido. No entanto, como levantado por ZANETTINI[26], é claro que nem sempre, ou dificilmente, esses requisitos serão inteiramente obedecidos, pois dependem das variantes de cada caso.

Essas variantes englobam, além das características físicas do empreendimento, a equipe envolvida no seu desenvolvimento. Sendo que muitas vezes o próprio empreendedor pode não ser sensível a essas questões, tornando mais difícil o alcance de um edifício ambientalmente sustentável. Essa situação vem a dificultar bastante mas, não chega a

[26] Informações fornecidas por Siegbert Zanettini em entrevista realizada em outubro de 2006

impossibilitar, que se obtenha sucesso nesse sentido, uma vez que, grande parte das principais decisões para o edifício, está “nas mãos” do arquiteto, que pode, e deve dar as melhores soluções para que uma edificação contemple, da melhor forma possível, essas questões ambientais.

Esse fluxo de atividades deve ser gerenciado da maneira mais adequada possível, de forma que o processo funcione e não comprometa a qualidade final do produto a ser gerado, e este gerenciamento deve se dar através da Gestão do Processo do Projeto que será tratada a seguir.

2.3.2. Gestão do Processo do Projeto: em busca da qualidade e da sustentabilidade ambiental

Para que se consiga obter um projeto de edifício com baixo impacto ambiental, baseado nas exigências para o alcance da esperada sustentabilidade, é de grande importância que haja: um planejamento e gerenciamento do processo do projeto; que os projetos das diversas especialidades estejam compatibilizados e que todos os agentes do processo estejam integrados. Isso tudo pode ser alcançado, de forma eficaz, por um sistema de gestão, daí a fundamental importância da gestão do processo de projeto ser aplicada. Ainda não se tem muito conhecimento da utilização desse sistema no auxilio a aplicação de questões ambientais no processo, no entanto, neste trabalho pretende-se mostrar que esse sistema de gestão pode auxiliar, também, a qualidade ambiental do edifício.

Todas as colocações mencionadas a seguir, se encaixam, e auxiliam, de alguma forma, no projeto de edifícios que buscam essa sustentabilidade ambiental.

A gestão do processo do projeto surgiu de uma demanda, identificada a partir da implantação do sistema de gestão da qualidade (SGQ)[27] em empresas construtoras, por uma intervenção maior para com outros agentes da cadeia produtiva, que tinham forte impacto sobre a qualidade do produto final a ser entregue pela construtora/incorporadora. No ano de 1995 começou a ser desenvolvido em algumas empresas construtoras envolvidas no SGQ, pelo CTE – Centro de Tecnologia de Edificações, procedimentos para que houvesse maior interação com os projetistas e para se aplicar um processo de projeto e

[27] Um sistema de gestão tem a função de organizar todas as atividades de uma organização, de forma a gerenciar seus processos ou atividades, em busca da sua qualidade.

gestão que permitisse menos desgaste, maior produtividade no processo e mais segurança nos resultados a alcançar quanto à qualidade e custos envolvidos (SILVA *et al*, 2003).

SILVA *et al* (2003) aponta, que essas intervenções, primeiramente, não foram bem aceitas pelos projetistas que não eram, e muitos ainda não são, acostumados a trabalhar com procedimentos e padrões pré-estabelecidos. No entanto, era clara a necessidade de haver essa interação entre projetistas e construtores/incorporadores, e para isso, o CTE iniciou uma discussão sobre a necessidade de uma metodologia abrangente para a gestão do processo do projeto. Essa discussão acabou por gerar o *Programa de capacitação para gestão da qualidade no desenvolvimento do projeto na construção civil*, contando com a participação de diversas empresas de construção/incorporação e de projeto. A partir desse programa foram separados os processos sob responsabilidade da construtora/incorporadora e os processos sob responsabilidade das empresas de projeto, e foram criados conceitos e roteiros de metodologia para que o processo de projeto tenha uma efetiva organização e gestão, focadas nos resultados técnicos e econômicos compatíveis com as necessidades de todos os agentes.

Para que esse sistema de gestão do processo do projeto funcione, não basta que a empresa de projetos provoque mudanças somente em questões técnicas, essa nova organização e gestão requerem mudanças de postura, trabalho em equipe, integração e ferramentas adequadas. Principalmente quando se deseja considerar que aspectos ambientais sejam inseridos no processo, uma vez que essa é uma atitude extremamente nova.

Por serem diversas as especialidades que compõe um projeto completo de uma edificação, estas são desenvolvidas separadamente por diferentes profissionais. Por esse motivo, por haver essa “distância” entre os diversos componentes do projeto como um todo, é que se torna necessária a preocupação com o controle do processo. Cada projeto de especialidades precisa alimentar um ao outro de forma a garantir que a complexidade, continuidade e desempenho do projeto sejam controlados.

Para que a qualidade do processo do projeto seja atingida é necessário que se garanta, segundo o CTE (2001, p. 44):

- desenvolvimento de planejamento prévio das atividades em termos de tempo e recursos necessários;
- manutenção de um fluxo contínuo de atividades sem a incidência de tempos de espera evitáveis;
- comunicação eficaz entre os agentes, de forma a não permitir a ocorrência de erros e retrabalho;
- atendimento às necessidades dos clientes internos;
- confiabilidade e rastreabilidade das decisões por meio de registros e documentação adequada;
- análise crítica do projeto;
- controle da qualidade durante o desenvolvimento;
- controle da qualidade no recebimento do projeto pelo contratante;
- validação do projeto pelo cliente.

Acrescenta-se a essa lista a questão da validação dos mecanismos adotados no projeto para incorporar os princípios da arquitetura ambientalmente correta. Além do controle da aplicação desses princípios no decorrer do processo.

Para que sejam tomadas essas atitudes mencionadas, de forma satisfatória, é necessário que seja adotada uma série de procedimentos de gerenciamento do processo, que consiste em desenvolver um planejamento para o processo de elaboração do projeto e assegurar que esse planejamento seja cumprido.

Desse gerenciamento faz parte a coordenação de projeto e, como conceitua SALGADO (2002, p.5):

> "*a coordenação é uma função gerencial a ser desempenhada no processo de elaboração do projeto, com a finalidade de assegurar a qualidade do projeto como um todo durante o processo. Trata-se de garantir que as soluções adotadas tenham sido suficientemente abrangentes, integradas e detalhadas e que, após terminado o projeto, a execução ocorra de forma contínua, sem interrupções ou improvisos*".

A gestão do processo de projeto visa a contribuir para a **qualidade** do produto que é gerado, o que pode ser alcançado através do suporte do sistema de gestão da qualidade para o processo de projeto de modo que todos os métodos e procedimentos estejam estabelecidos e padronizados de forma adequada, as equipes treinadas e os mecanismos para avaliação de resultados estabelecidos.

Conforme as exigências para o projeto e o número de agentes envolvidos no processo aumentam, gerando novas variáveis de projeto, maior a necessidade de se ter um sistema de gestão, para que se possa garantir o sucesso final do edifício. Isso acontece com os requisitos ambientais que devem ser incorporados ao projeto de edifícios, já que passam a ser novas atribuições de projeto que precisam ser incorporadas ao longo do processo e, para isso, precisam ser gerenciadas e coordenadas, garantindo, assim, a esperada qualidade do projeto e, principalmente, do produto final.

VOSGUERITCHIAN *et al* (2005) afirmam que existe uma real tendência e necessidade, para um desenvolvimento integrado do edifício, de que se faça a utilização de modelos que descrevam as tarefas, os métodos, as ferramentas de projeto, as técnicas de gerenciamento, as informações e a organização do processo de desenvolvimento do produto.

A partir do conhecimento do processo de projeto do empreendimento, percebe-se que a fase de projeto de arquitetura consiste em uma das mais importantes e decisivas do processo, devendo receber atenção especial. É no projeto de arquitetura que as características gerais do edifício são definidas, e nessas características estão, também, aquelas que dizem respeito à sua sustentabilidade ambiental.

Por esse motivo e, também, pela necessidade de conscientização e de atitudes no setor de projetos de arquitetura, no que diz respeito à realização de edifícios ambientalmente sustentáveis, a fase de **projeto de arquitetura** recebe especial atenção neste trabalho.

2.3.3. O LEED e o Projeto de arquitetura de edifícios

Os métodos de avaliação ambiental podem servir como auxílio às decisões ambientais ao longo do projeto de arquitetura. Isso porque esses métodos apontam as principais exigências para a obtenção de um edifício ambientalmente sustentável. No entanto, essa é uma prática ainda pouco difundida que ainda merece ser melhor detalhada.

Ao se analisar o LEED, através de seus pré-requisitos e créditos, percebe-se, de antemão, que ele foi realizado para ter sua aplicação nos Estados Unidos, uma vez que quase todos os seus requerimentos estão baseados nos padrões e normas norte-americanas. No entanto, ao se fazer essa análise do *checklist* (Anexo 2) por ele proposto, pode-se ter uma visão mais geral do método, percebendo-se que este pode ser aplicado à realidade brasileira, com apenas algumas poucas adaptações.

Isso mostra que, pelo menos através do *checklist*, o LEED pode ser usado no Brasil. As informações nele contida podem direcionar as decisões de projeto, o que já é um passo a frente, em busca de melhores soluções ambientais.

No entanto, sabe-se da dificuldade de se utilizar, de forma eficiente, esses métodos como ferramenta-auxílio de projeto, o que é confirmado por LOOTS *et al* (2005), que levantam que esses métodos não possuem os mecanismos de ajuda ao projeto adequados e, por isso, acabam falhando quando aplicados como ferramenta-auxílio ao arquiteto.

O LEED relata quais são os aspectos que devem ser considerados para se obter edifícios sustentáveis, mas **não** menciona em que momentos de todo o processo, estes devem ser considerados.

Pensando nisso, apresenta-se, primeiramente, a necessidade de se relacionar as etapas do projeto de arquitetura com os aspectos levantados pelo LEED, de forma a esclarecer quando cada uma das “exigências” ambientais deve ser atendida, nessa fase – dentre os pré-requisitos e créditos do LEED (Anexo 2) – e quais são as principais decisões que o arquiteto deve tomar para que o resultado de seu projeto seja um edifício ambientalmente sustentável.

O projeto de arquitetura, sob os moldes do CTE, está dividido em cinco etapas, sendo elas *anteprojeto, projeto legal, projeto pré-executivo, projeto executivo* e *projeto para produção*. Acrescenta-se a estas etapas a fase de ***concepção do produto*** que, como já foi dito, corresponde à etapa conhecida como *estudo preliminar* e também deve fazer parte do projeto de arquitetura. Ao longo de cada uma dessas etapas os aspectos LEED devem ser considerados, como proposto a seguir.

Os requisitos e créditos LEED, como já foi mencionado no capítulo anterior, estão divididos em quatro áreas, sendo elas *Terreno Sustentável (T.S), Eficiência da Água (EF.*

A),Energia e Atmosfera (EN. AT), Materiais e Recursos Naturais (MAT. R.N) e *Qualidade do Ambiente Interno (QUAL. A.I)* e cada uma dessas áreas apresenta requisitos e créditos que precisam ser considerados ao longo da fase de projeto arquitetônico. Assim, propõe-se, neste trabalho, a associação desses com as etapas do projeto e algumas ações que devem ser tomadas, nesse sentido, em cada uma dessas etapas. Nem todos os requisitos e créditos serão mencionados nesta proposta, pois muitos não possuem relação direta com a fase de projeto de arquitetura.

- **Concepção do produto (Estudo Preliminar):**

O arquiteto deve definir todas as características do produto considerando os seus ambientes, os sistemas construtivos, equipamentos e serviços do empreendimento, suas formas e geometrias, paisagismo, etc.

Nesta etapa o arquiteto deverá analisar criticamente as exigências e sugestões do LEED para garantir a sustentabilidade da edificação, de forma a identificar **se** os créditos poderão ser atendidos no projeto, e **quais** serão eles, dependendo de cada caso.

Sugere-se considerar os seguintes créditos LEED nessa análise, obedecendo às ações propostas:

a) Área: *Terreno Sustentável* (T.S)

- Crédito 6 - Gerenciamento de águas pluviais. Devem ser garantidas áreas permeáveis destinadas para a criação de jardins e áreas verdes, de forma a absorver parte da água da chuva e deve ser considerada a utilização de sistemas de coleta e tratamento de águas pluviais.
- Crédito 7 - Redução de ilhas de calor. A fim de reduzir as ilhas de calor que podem vir a existir no local, sugere-se reservar uma área permeável no interior do edifício para servir de "jardins de inverno", além de considerar a possível aplicação de telhados verdes. Essas ações visam a amenizar a temperatura interna geral do edifício.
- Crédito 9 – Redução da poluição luminosa. A implantação do edifício deve ser definida considerando os edifícios vizinhos, de forma a minimizar a poluição luminosa que o edifício possa vir a causar a estes.

b) Área: *Eficiência da Água* (EF. A)

- Crédito 2 – Uso de tecnologias inovadoras para a redução do desperdício da água. Já nesta etapa de estudo preliminar, deve-se considerar se serão utilizados, e quais serão os sistemas utilizados para a diminuição do desperdício de água.

Essa medida deve ser tomada para vasos sanitários, duchas, máquinas de lavar louça, torneiras, entre outros. Algumas soluções que podem ser dadas nesse sentido é a utilização de torneiras de desligamento automático, de descargas que demandem menor volume de água, etc.

c) Área: *Energia e Atmosfera* (EN. AT)

- Crédito 1 – Otimização do desempenho energético. O projeto já deve ser pensado de forma a minimizar os gastos de energia. Isso deve ser feito através do próprio formato do edifício, suas aberturas, materiais, entre outros, que devem ser pensados de forma a diminuir a necessidade de utilização de iluminação artificial, ar condicionados, aquecedores e qualquer outra forma de gasto excessivo de energia. Já deve ser pensada também a utilização de sistemas que otimizem a eficiência energética do edifício.
- Crédito 2 – Uso de energia renovável. Este crédito se refere ao uso de sistemas de reutilização de energia, como painéis de placas solares para aquecimento de água. Deve ser considerada a utilização ou não de sistemas desse tipo, já nessa etapa, pois dependendo dessa decisão deverão ser previstas soluções de acordo com as exigências desses sistemas.

d) Área: *Materiais e Recursos Naturais* (MAT. R.N.):

- Crédito 1 – Reuso do edifício. Este crédito, muitas vezes, foge do controle do arquiteto, uma vez que o empreendedor e/ou cliente são quem definem se querem um projeto de reforma ou construção de um novo edifício. No entanto cabe ao arquiteto propor que sejam aproveitados as estruturas e os materiais já existentes no local – quando este for o caso – evitando a necessidade de maiores demolições e geração de entulhos.
- Crédito 3 – Reuso dos materiais. O arquiteto deve considerar a possibilidade de reutilizar materiais já utilizados em outras obras, evitando a fabricação de novos materiais. Assim como, para os materiais novos que serão escolhidos, deve considerar aqueles de fácil aproveitamento posterior.

- Crédito 5 – Materiais Regionais. Nesta etapa, o arquiteto deve pesquisar quais são os materiais disponíveis na região em que se localiza o terreno da obra e quais os materiais mais propícios para a região, e considerar a utilização daqueles de fácil acesso e que também se adeqüem ao programa de necessidades.
- Crédito 6 – Materiais Renováveis. Considerar a utilização de materiais provenientes de fontes renováveis, evitando aqueles que tiverem em sua composição matérias primas de difícil renovação.
- Crédito 7 – Madeira Certificada. Já no estudo preliminar deve ser decidido se a madeira será utilizada, e caso seja decidido utilizá-la, o arquiteto deve começar a pesquisar qual tipo de madeira irá aplicar.

e) Área: *Qualidade do Ambiente Interno* (QUAL. A.I):

- Crédito 2 – Eficácia da ventilação. A implantação do edifício deve se dar de forma a aproveitar a melhor orientação do terreno, garantindo a ventilação e troca do ar, para que o ambiente seja confortável e seguro a todos os seus ocupantes.

- Crédito 6 – Controlabilidade dos sistemas de ventilação, temperatura e iluminação: Os ocupantes devem ter autonomia para controlar a temperatura, ventilação e iluminação do edifício, conforme suas necessidades. A ação esperada para o atendimento deste crédito é a colocação de janelas, aberturas e/ou sistemas que permitam o controle por parte do usuário do edifício.
- Crédito 8 – Luz natural e vistas: Ainda no estudo preliminar as aberturas do edifício devem ser indicadas para que 75% dos espaços sejam iluminados por luz natural e 90% dos espaços tenham vista para o exterior, de forma que seja evitada a necessidade de iluminação artificial durante o dia e que os ambientes sejam agradáveis de se freqüentar.

O que se pode perceber é que grande parte das “exigências” LEED precisa ser levantada já na etapa de estudo preliminar. Isso acontece por essa etapa ser bastante decisiva no projeto. Mesmo que as soluções não sejam ainda detalhadas, elas já precisam ser pensadas.

As “exigências” e ações propostas para esta primeira etapa do projeto de arquitetura devem ser continuadas nas etapas seguintes, quando serão novamente consideradas, mas com um grau de detalhamento maior. À medida que as etapas vão passando, as soluções dadas passam a ser mais detalhadas e decisivas.

- **Anteprojeto:**

Nesta etapa, na qual é feita a caracterização das formas e funções do edifício e é dada a solução preliminar dos sistemas, métodos construtivos e materiais de acabamento, será definido **como** serão atendidos os créditos possíveis de serem aplicados em cada projeto. Os seguintes créditos devem ser considerados no anteprojeto.

a) Área: *Terreno Sustentável* (T.S)

Os créditos mencionados na etapa de estudo preliminar devem ser novamente considerados, mas desta vez, para definir como se dará o seu atendimento. São eles o Crédito 6 - Gerenciamento de águas pluviais; Crédito 7 - Redução de ilhas de calor e Crédito 9 – Redução da poluição luminosa.

b) Área: *Eficiência da Água* (EF. A)

No anteprojeto o Crédito 2 – Uso de tecnologias inovadoras para a redução do desperdício da água, deve ser definido. Caso tenha sido analisado no estudo preliminar que existe a possibilidade de atender a este quesito, deve ser decidido quais serão essas tecnologias e como elas serão utilizadas.

c) Área: *Energia e Atmosfera* (EN. AT)

Deve-se definir, nesta etapa de projeto, **como** os créditos: Crédito 1 – Otimização do desempenho energético e Crédito 2 – Uso de energia renovável serão aplicados, caso tenha sido percebido na etapa de *estudo preliminar* que estes serão possíveis de ser aplicados para o projeto em questão.

d) Área: *Materiais e Recursos Naturais* (MAT. R.N.):

Quando os créditos a seguir se mostram viáveis de serem aplicados no projeto, deve-se definir, no anteprojeto, de que forma se dará a utilização dos materiais, conforme as recomendações de cada crédito: Crédito 1 – Reuso do edifício, Crédito 3 – Reuso dos materiais, Crédito 5 – Materiais Regionais, Crédito 6 – Materiais Renováveis, Crédito 7 – Madeira Certificada.

e) Área: *Qualidade do Ambiente Interno* (QUAL. A.I):

A forma como o Crédito 2 – Eficácia da ventilação, Crédito 6 – Controlabilidade dos sistemas de ventilação, temperatura e iluminação e Crédito 8 – Luz natural e vistas devem ser atendidos cabe a esta etapa. A implantação do edifício deve ser definida de acordo com as recomendações desses créditos.

- **Projeto Legal**

O *projeto legal* é aquele para aprovação junto aos órgãos públicos. Portanto, para esta etapa nenhuma nova decisão arquitetônica precisa ser tomada e também não existem exigências específicas relevantes que se relacionem ao LEED para esta etapa.

- **Projeto Pré-Executivo**

Esta etapa consta de:

- Anteprojeto de arquitetura combinado com os anteprojetos das especialidades
- Dimensionamento e pré-detalhamento dos elementos construtivos
- Soluções **consolidadas** dos sistemas, métodos construtivos e materiais de acabamento; de implantação; e de todos os elementos do edifício.

Os créditos LEED a serem considerados e ações a serem tomadas nesta etapa são:

a) Área: *Terreno Sustentável* (T.S)

As exigências desta etapa, referentes à área de terreno sustentável, devem ser as mesmas consideradas na etapa de estudo preliminar e anteprojeto, sendo elas Crédito 6 - Gerenciamento de águas pluviais; Crédito 7 - Redução de ilhas de calor e Crédito 9 – Redução da poluição luminosa. As decisões tomadas anteriormente devem estar consolidadas neste momento.

b) Área: *Eficiência da Água* (EF. A)

As tecnologias e equipamentos a serem utilizados para a redução do desperdício da água, conforme solicitado pelo Crédito 2 – Uso de tecnologias inovadoras para a redução do desperdício da água nas etapas anteriores, devem estar definidos.

Além disso, deve-se considerar nessa etapa o seguinte crédito:

- Crédito 1 – Paisagismo com uso eficiente da água: Devem ser tomadas medidas a fim de reduzir ou eliminar o uso de água potável para a irrigação de jardins, considerando que, pelo menos, 50% do uso total para irrigação seja de água não-potável. Prever a utilização de plantas que necessitem de pouca irrigação e considerar o uso de sistemas de irrigação de alta eficiência, considerando o uso de água pluvial para esse fim.

c) Área: *Energia e Atmosfera* (EN. AT)

Todos os sistemas a serem utilizados para refrigeração e/ou aquecimento do edifício, com base nos créditos de *otimização da eficiência energética* e *uso de energia renovável* já considerados no anteprojeto, devem estar definidos, assim como, todas as aberturas e materiais que possam auxiliar nessa otimização.

d) Área: *Materiais e Recursos Naturais* (MAT. R.N.)

As considerações, referentes á escolha dos materiais a serem aplicados no edifício, já feitas na etapa anterior devem ser melhor definidas nesta etapa. E o crédito mencionado a seguir também deve ser considerado nessa definição.

- Crédito 4 – Conteúdo Reciclado: Ao definir quais materiais serão realmente utilizados em seu projeto, o arquiteto deve priorizar aqueles que sejam compostos por materiais

reciclados. Muitas vezes existem materiais, equivalentes aos tradicionais, que são muito menos agressivos ao meio ambiente. E cabe ao arquiteto propor em seu projeto a utilização desses materiais equivalentes, mas de menor impacto ambiental.

e) Área: *Qualidade do Ambiente Interno* (QUAL. A.I)

O Crédito 2 – Eficácia da ventilação, Crédito 6 – Controlabilidade dos sistemas de ventilação, temperatura e iluminação e Crédito 8 – Luz natural e vistas, já tratados nas etapas anteriores devem ser reconsiderados e melhor definidos nesta etapa, além do crédito exposto a seguir.

- Crédito 4 – Materiais com baixa emissão de compostos voláteis: Nesta etapa de projeto pré-executivo devem ser especificados os materiais que serão aplicados no acabamento da edificação e nessa especificação deve-se considerar aqueles materiais que não liberem grandes quantidades de compostos voláteis. Esses compostos são liberados por muitos materiais usados no interior das casas, como tintas, vernizes, materiais de isolamento, revestimentos, etc, e podem apresentar desconforto e riscos a saúde humana. Preferir as tintas à base de água, vernizes sem amônia, e materiais sem substâncias químicas.

♦ **Projeto Executivo**

Esta etapa consta de:

- Todas as informações necessárias para a execução da obra
- Soluções **definitivas** de todos os métodos construtivos e materiais de acabamento; de implantação e de todos os sistemas.
- Detalhes construtivos
- Cadernos de especificações de materiais e serviços
- Orçamento da obra

Nessa etapa de projeto executivo todas as soluções já definidas nas etapas anteriores devem ser detalhadas, garantindo que sejam atendidas no momento de execução da obra.

Nas áreas de *Terreno Sustentável*, E*ficiência da Água* e Q*ualidade do Ambiente Interno*, não é exigida nenhuma nova ação, a não ser o detalhamento já mencionado.

Nas áreas de *'Energia e Atmosfera'* e *'Materiais e Recursos Naturais'*, ainda devem ser tomadas algumas decisões com base nos créditos LEED, sendo elas:

a) Área: *Energia e Atmosfera* (EN. AT)

- Crédito 4 – Proteção da camada de ozônio: Grande parte dos sistemas de ar condicionado, refrigeração e extintores de incêndio possuem clorofluorcarbonos (CFCS) que, segundo ROAF (2006), é um grupo de gases sintetizado pelo homem, responsável pela destruição da camada de ozônio. Para evitar esse perigoso impacto, é importante que, ao especificar esses sistemas, o arquiteto exija que os equipamentos escolhidos não contenham essas substâncias.

b) Área: *Materiais e Recursos Naturais* (MAT. R.N.)

No projeto executivo todos os materiais devem estar especificados e detalhados de acordo com todos os créditos LEED de *materiais e matérias primas* já mencionados e também com o crédito 2, que deve ser considerado da seguinte forma:

- Crédito 2 – Gestão dos resíduos da construção: Todos os resíduos resultantes da construção devem ser tratados de forma adequada, e seu destino e tratamento devem ser definidos ainda na etapa de projeto executivo.

♦ **Projeto para Produção**

A última etapa da fase de projeto refere-se ao *projeto para produção* que deve detalhar as soluções de projeto segundo as características específicas dos materiais e componentes especificados, além dos processos de produção a ser adotado na obra. Atenta-se para a necessidade de se fazer o detalhamento de todas soluções definidas nas etapas anteriores de forma que haja o menor desperdício possível na execução da obra. Para esta etapa não existe nenhuma exigência LEED específica, já que todas as decisões já devem ter sido tomadas nas etapas anteriores.

A tabela 2 a seguir resume e fornece uma visão geral dos créditos LEED que se aplicam à fase de projeto arquitetônico, mostrando como estes devem estar relacionados com cada etapa.

O projeto de arquitetura é a parte principal do trabalho do arquiteto, por isso foi esta a fase escolhida para ser detalhada neste trabalho. No entanto, existem diversas outras decisões que o LEED propõe – como a seleção do terreno, o possível aproveitamento de edifícios já existentes, entre outros – que devem ser tomadas nas fases anteriores ao projeto para que seu resultado seja um edifício ambientalmente sustentável, e a participação do arquiteto também nessas fases traz grandes benefícios para o resultado final do projeto.

Fazer uso do LEED, associado ao projeto de arquitetura, como proposto anteriormente, parece bastante viável para a realidade brasileira. Isso porque, o formato de projeto apresentado, já é comum a muitos escritórios de arquitetura no país e a utilização do LEED, como checklist, se mostra viável. Assim, a combinação dos dois apresenta características para funcionar de forma satisfatória.

O processo do projeto completo, assim como o projeto arquitetônico, associado com aspectos da sustentabilidade gera o processo de projeto integrado (PPI), conforme já foi apresentado. A associação feita do LEED com o projeto visa a alcançar o PPI.

O processo do projeto como é apresentado pelo CTE se encaixa no modelo de decisão do processo de projeto **antigo** por ainda não englobar as questões de sustentabilidade em suas fases. Já o novo modelo de decisão se baseia nas questões ambientais e de conforto, além das que são contempladas no modelo antigo. É esse novo modelo que precisa ser colocado em prática. Ou seja, quem não aderir a essas questões em seus projetos, certamente estará agindo de forma **antiquada** e **inapropriada**. Infelizmente, a realidade é que o número de profissionais que já possui essa consciência é muito reduzido, principalmente no Brasil.

Tabela 2 – Relação dos créditos LEED com o projeto de arquitetura

CRÉDITOS LEED		ETAPAS DO PROJETO DE ARQUITETURA					
		EP	AP	PL	PP-E	PE	PP
Terreno Sustentável	**Cr.6 – Gerenciamento de águas pluviais** - Prever áreas permeáveis / Sistemas de coleta e tratamento	Sim Análise	Sim Decisão	-	Sim Pré-Detalhe	Sim Detalhe	-
	Cr.7 – Redução de ilhas de calor - Áreas permeáveis internas (jardins internos, telhados verdes)	Sim Análise	Sim Decisão	-	Sim Pré-Detalhe	Sim Detalhe	-
	Cr.9 – Redução da poluição luminosa - Implantação	Sim Análise	Sim Decisão	-	Sim Pré-Detalhe	Sim Detalhe	-
Eficiência da Água	**Cr.1 – Paisagismo com uso eficiente da água** - reduzir uso de água potável em jardins. (uso de água pluvial, irrigação eficiente, tipo de plantas).	-	-	-	Sim Pré-Detalhe	Sim Detalhe	-
	Cr.2 – Uso de Tecnologias inovadoras para a redução do desperdício de água - utilização de equipamentos eficientes (torneiras, louças, descargas...)	Sim Análise	Sim Decisão	-	Sim Pré-Detalhe	Sim Detalhe	-
Energia e Atmosfera	**Cr.1 – Otimização do desempenho energético** - reduzir uso de iluminação artificial (formato edifício, aberturas, materiais, sistemas)	Sim Análise	Sim Decisão	-	Sim Pré-Detalhe	Sim Detalhe	-
	Cr.2 – Uso de energia renovável - sistemas de reutilização de energia.	Sim Análise	Sim Decisão	-	Sim Pré-Detalhe	Sim Detalhe	-
	Cr.4 – Proteção da camada de ozônio - equipamentos sem Clorofluorcarbonos (ar condicionados, extintores...).	-	-	-	-	Sim Detalhe	-
Materiais e Recursos Naturais	**Cr.1 – Reuso do edifício** - reaproveitamento de estruturas e materiais.	Sim Análise	Sim Decisão	-	Sim Pré-Detalhe	Sim Detalhe	-
	Cr.2 – Gestão dos resíduos da construção - destino e tratamento adequados dos resíduos	-	-	-	-	Sim Detalhe	-
	Cr.3 – Reuso dos materiais - reutilização de materiais / novos materiais reutilizáveis.	Sim Análise	Sim Decisão	-	Sim Pré-Detalhe	Sim Detalhe	-
	Cr.4 – Conteúdo reciclado - especificação de materiais provenientes de reciclagem	-	-	-	Sim Pré-Detalhe	Sim Detalhe	-
	Cr.5 – Materiais Regionais - materiais disponíveis na região.	Sim Análise	Sim Decisão	-	Sim Pré-Detalhe	Sim Detalhe	-
	Cr.6 – Materiais Renováveis - materiais provenientes de fontes renováveis.	Sim Análise	Sim Decisão	-	Sim Pré-Detalhe	Sim Detalhe	-
	Cr.7 – Madeira Certificada	Sim Análise	Sim Decisão	-	Sim Pré-Detalhe	Sim Detalhe	-
Qualidade Ambiente Interno	**Cr.2 – Eficácia da ventilação** - melhor orientação.	Sim Análise	Sim Decisão	-	Sim Pré-Detalhe	Sim Detalhe	-
	Cr.4 – Materiais com baixa emissão de compostos voláteis - materiais utilizados no interior da edificação que não liberem grandes quantidades de compostos voláteis. (tintas, vernizes, isolamento acústico...).	-	-	-	Sim Pré-Detalhe	Sim Detalhe	-
	Cr.6 – Controlabilidade dos sistemas de ventilação, temperatura e iluminação - aberturas e sistemas controláveis pelo usuário conforme necessidade.	Sim Análise	Sim Decisão	-	Sim Pré-Detalhe	Sim Detalhe	-
	Cr.8 – Luz natural e vistas – aberturas que proporcionem iluminação, ventilação e contato com o externo.	Sim Análise	Sim Decisão	-	Sim Pré-Detalhe	Sim Detalhe	-

Fonte: Autora,2006

LEGENDA Tabela 2:	
EP – Estudo Preliminar	**Análise** – Deve ser feita análise da possibilidade de cumprir o requerido.
AP – Anteprojeto	**Decisão** – Deve-se decidir **como** o crédito será atendido.
PL – Projeto Legal	**Pré-detalhe** – As soluções devem ser consolidadas e devem ser pré-detalhadas.
PP-E – Projeto Pré-executivo	**Detalhe** – As soluções devem ser definitivas e detalhadas para serem enviadas à obra.
PE – Projeto Executivo	**Sim** – Crédito se aplica a esta etapa de projeto.
PP – Projeto para Produção	

Fonte: Autora,2006

Ressalta-se, porém, que somente o cruzamento dos aspectos de sustentabilidade com o processo de projeto, não parece suficiente para que se obtenha um resultado ótimo, no que diz respeito à realização de um projeto sustentável. Para isso, seria necessário que os envolvidos no projeto, tivessem maiores informações e base para fazer as melhores escolhas possíveis, nesse sentido.

Visto que diversas são as decisões, que influenciam na sustentabilidade ambiental do edifício, e que cabem a fase de projeto de arquitetura, fica clara a importância dessas decisões e do cuidado que elas demandam ao serem tomadas, já que cada decisão precisa estar muito bem embasada para seu sucesso.

Para isso, propõe-se que ferramentas, que auxiliem, efetivamente, nas tomadas de decisão, principalmente para a fase de projeto arquitetônico, sejam elaboradas. Essa necessidade se intensifica devido à escassez e, até, à não-existência de uma base de dados que dêem assistência aos responsáveis por esta fase. Seria bastante adequado que para cada uma das principais decisões de projeto fosse criada uma ferramenta de auxílio à decisão, com vista a sustentabilidade ambiental do projeto. No entanto, devido à grande complexidade e quantidade de decisões que cabem a essa etapa, apenas um aspecto dessas decisões será tratado neste trabalho.

Uma das decisões que cabe ao arquiteto e que representa grande parcela de responsabilidade no resultado positivo do projeto é a seleção dos materiais de construção a serem aplicados na edificação, devido à sua utilização em grande quantidade e aos grandes impactos que sua produção e aplicação podem gerar ao meio-ambiente e até ao próprio edifício no que diz respeito ao seu conforto.

Nesse sentido, DEL CARLO *et al* (2002, p.42-44) afirma que:

> *"As novas variáveis na escolha de material construtivo fazem parte de um processo muito mais amplo de mudança na maneira de projetar, que deve ser incorporada pelos arquitetos. Esta nova realidade, com a necessidade de incorporação de variáveis de baixo impacto ambiental e sustentabilidade tem tornado os projetos muito mais complexos e abrangentes. Os profissionais da área devem ter em mente que essa nova arquitetura será a base dos projetos do próximo milênio".*

Com isso, percebe-se a necessidade de se ter os conhecimentos aprofundados em relação aos materiais de construção, de forma a auxiliar os arquitetos nessa seleção. Assim sendo, serão detalhados, no capítulo a seguir, os aspectos que devem ser considerados para a melhor especificação de materiais, sendo proposto a seguir, algumas diretrizes de auxilio a esta etapa de decisão, baseada na área do LEED de *materiais e recursos naturais*.

CAPÍTULO 03

A especificação de materiais e a sustentabilidade ambiental

Conhecida a relevância do projeto para a garantia da qualidade do empreendimento como um todo, assim como, das decisões que cabem a esta fase e que são fatores fundamentais para a melhor caracterização possível da edificação, apresenta-se a importância de se incluir, nessa prática de projeto, a melhor escolha dos materiais a serem aplicados no edifício, levando em consideração ações que visem a sustentabilidade ambiental do edifício.

A edificação se dá pela junção dos diversos serviços da indústria da construção civil e o conjunto de materiais de construção que nela são aplicados. Portanto, a sustentabilidade de uma edificação depende muito dos materiais selecionados para sua composição e, por isso a importância desse capítulo, que trata da influência dos materiais na sustentabilidade do edifício, considerando seus impactos ambientais de forma a conhecer a importância da correta seleção dos materiais e as conseqüências de seu erro, o que facilitará o momento da seleção. São apresentados os requisitos LEED para a especificação de materiais, além de alguns materiais de construção tradicionais na indústria da construção civil e alguns materiais alternativos, chamados ecológicos, que estão sendo inseridos nessa indústria, além de suas características nos aspectos ambientais.

CROWTHER (1995), menciona que um dos aspectos mais difíceis do projeto ambientalmente responsável é encontrar os materiais mais adequados e produtos disponíveis que ajudem a sustentar a qualidade de vida do planeta e do homem.

No entanto, DEL CARLO (1999, apud DEL CARLO *et al* 2002) levanta que a especificação de materiais com menor impacto ambiental é a maneira mais indicada de os arquitetos começarem a incorporar elementos de sustentabilidade nas edificações.

JOBIM (2002) levanta que, geralmente, o processo de produção dos materiais, suas características gerais, vida útil, qualidade ambiental, uso eficiente dos recursos naturais e desperdícios, entre outros, são, possivelmente, desconhecidos por quem especifica, ocorrendo que o projetista de arquitetura acredita, muitas vezes, ser responsável apenas por definir a forma e estética dos materiais.

Esse é um quadro que precisa ser mudado, e isso pode ser possível através do esclarecimento das responsabilidades do arquiteto nesse sentido e da orientação sobre

essas questões ambientais que devem ser incorporadas ao processo de especificação de materiais.

Outra dificuldade que se enfrenta ao realizar a especificação de materiais, é a fragilidade das empresas de construção de edifícios, em geral pequenas e médias, frente aos grandes fabricantes de materiais sintéticos e equipamentos, que agem muito mais em função de suas conveniências e estratégias do que das necessidades de seus usuários (FABRÍCIO, 2002). Entretanto, FARAH (1992, apud FABRÍCIO, 2002), contesta isso, dizendo que as inovações da indústria de materiais e componentes não devem ser impostas pelos fabricantes. Ao contrário, devem ser definidas pelas necessidades da atividade da construção de edifícios.

Dentre essas necessidades deve estar a preocupação com o impacto ambiental causado pelos materiais de construção em todas as etapas de seu ciclo de vida.

3.1. Ciclo de vida e impactos ambientais dos materiais de construção

Diversos são os impactos ambientais que a edificação em geral vem a causar, e a seleção dos materiais de construção a serem aplicados na edificação possui grande influência nesse sentido.

Para se conhecer o impacto causado por uma edificação, ROAF (2006) afirma que é preciso conhecer o impacto resultante do uso diário e da fabricação e entrega dos materiais e componentes de construção. Através dessa informação pode-se saber como a escolha dos materiais influi no impacto ambiental geral da edificação.

Este autor comenta, ainda, que todos os materiais causam, inevitavelmente, algum impacto, já que precisam ser processados de alguma maneira antes que sejam incorporados à edificação. Este processamento, que pode ser mínimo ou extensivo, vai sempre requerer o uso de energia e acaba por provocar a geração de resíduos, dentre outros possíveis efeitos.

COLE e LARSSON (1998, apud SPERB 2000), tratando sobre os impactos ambientais gerados pelo setor da construção civil, falam sobre os impactos gerados pelos materiais de construção, que possuem um grande custo ambiental, que vai, desde a

extração de matérias primas para sua fabricação até seu descarte final, ocasionando a destruição de habitats naturais, exploração de recursos, utilização de energia, poluição do ar, da água e problemas com resíduos sólidos.

HALLIDAY (1994, apud SPERB, 2000) afirma que a fabricação de materiais de construção necessita de gastos energéticos que podem gerar poluição para o ar, água ou terra, nas fases de extração, manufatura, utilização e disposição final. Assim, fica clara a necessidade de maximização do uso de recursos renováveis, a reciclagem e reutilização dos materiais e ainda de reduzir gastos com o seu transporte.

Esses gastos energéticos são apontados por ROAF (2006), como um dos principais fatores que devem ser levantados para se medir o impacto do material. A redução da energia incorporada, ou energia embutida, que é a quantidade de energia usada para produzir um objeto, é uma importante medida porque o uso de fontes de energia não renovável é a principal razão para a degradação ambiental. O autor afirma, ainda, que essa degradação é causada principalmente pelas emissões atmosféricas, em especial o CO2, que contribui para o aquecimento global.

SPERB (2000) coloca que os impactos relacionados aos materiais de construção devem ser avaliados em cinco etapas, levando em consideração o seu ciclo de vida. Devem ser analisados:

- impactos causados pela extração de matérias primas;
- impactos durante a manufatura dos materiais de construção;
- impactos devido ao transporte dos materiais;
- impactos durante a utilização destes materiais em edificações;
- impactos referentes a sua disposição final.

A análise desses impactos ambientais ao longo do ciclo de vida dos materiais, pode ser dividido em duas fases: produção e utilização. A etapa de produção inclui as etapas de extração, processamento, produção e distribuição do material, e os impactos relacionados a esta fase são gastos energéticos, exploração de recursos naturais, aquecimento global, chuva ácida, redução da camada de ozônio, emissão de substancias tóxicas, além de danos à saúde dos operários. Já na fase de utilização estão incluídas as etapas de instalação, uso e disposição final do material, e seus impactos referem-se à durabilidade e manutenção, aos

riscos a saúde dos ocupantes da edificação, à reciclabilidade, ao potencial de reutilização e ao tipo de disposição final de cada material (SPERB, 2000).

A avaliação desses impactos, durante o ciclo de vida dos materiais, é de extrema importância, já que cada uma dessas fases vem a gerar uma determinada reação ao meio ambiente que pode ser evitada, ou diminuída, se forem conhecidas.

Nessa análise ambiental deve ser incluída ainda, a avaliação da durabilidade dos materiais, dando prioridade também àqueles que exigem menores gastos em manutenção. Quanto mais tempo uma edificação durar, mais baixo será o impacto de energia e poluição resultantes da fabricação de seus materiais, segundo ROAF (2006). Isso porque quando o material é durável, não será necessário que novos materiais sejam fabricados para repô-lo, então o impacto causado na sua fabricação passa a ser “dissolvido” pelos anos de vida útil do material.

No relatório DETR[28] (UK, 1998, apud SPERB, 2000) consta que é necessário reduzir a exploração de recursos naturais para a produção de materiais de construção através de estratégias de minimização do consumo, maximização da reciclagem e reutilização de materiais e componentes de edificações.

É importante também que se considere o uso de materiais alternativos a fim de reduzir possíveis impactos ambientais, e que se faça comparações práticas e críticas entre esses materiais, visando selecionar aqueles menos agressores ao meio ambiente.

Muitos países europeus apresentam grande interesse em conhecer os impactos ambientais relacionados aos materiais de construção, e ações nesse sentido já são tomadas em alguns desses países. Um exemplo disso é que produtos danosos à camada de ozônio tiveram sua utilização bastante reduzida, ou até banida em muitos desses países. Outro exemplo é a substituição do PVC (policloreto de vinila), material considerado agressor, por outros como o polipropileno (PP) e o polietileno (PE), nas tubulações hidrosanitárias. (HAL e DULSKI, 1997, apud SPERB, 2000)

Isso mostra a importância de se conhecer os impactos causados pelos materiais, pois a partir desse conhecimento, ações em busca de materiais menos impactantes devem

[28] Departamento de Meio-Ambiente, de Transporte e das Regiões do Reino Unido.

ser cada vez mais freqüentes, e aqueles componentes de alta agressão ao meio ambiente evitados.

3.2. A influência dos materiais na sustentabilidade do edifício

A correta escolha dos materiais a serem utilizados na obra deve se dar de forma consciente considerando-se a distância de sua fabricação, o desempenho térmico, acústico, o custo, a facilidade de operação e de manutenção, etc., fazendo com que o projeto seja mais integrado ao local em que está implantado, com menos impacto ao ambiente (DEL CARLO *et al*, 2002).

Sabendo-se que os efeitos causados ao longo de todo o ciclo de vida dos materiais de construção afetam no impacto ambiental que o edifício venha a gerar, é fundamental que estes sejam tratados e especificados de forma que esses impactos sejam os menores possíveis.

É importante que, além da preocupação com os impactos causados pelo ciclo de vida dos materiais, considere-se também as suas características em relação à fase de construção do edifício. MONTEIRO (2002) relaciona algumas ações que devem ser tomadas, a esse respeito, a fim de reduzir também os impactos gerados nessa etapa de construção:

- **padronização dos materiais** – traz maior agilidade na sua fabricação diminuindo o maquinário necessário, além de ter maior facilidade de reposição, e menor necessidade de qualificação de mão de obra, gerando maior rapidez na obra e menores gastos.

- **consideração da dimensão e peso dos materiais** – a fim de reduzir a necessidade de equipamentos para o transporte e a montagem da obra, gerando menos gastos de energia e combustíveis.

- **interface bem resolvida entre os materiais –** para evitar a necessidade de se adicionar novos materiais para vedações e acabamentos.

- utilização de materiais fornecidos por mais de um fabricante – a fim de facilitar a reposição e complementação de algum material durante a obra, alem de facilitar a eventual manutenção posterior.

- **utilização de materiais de fácil desmonte** – a fim de reduzir perdas na desmontagem e possibilitar o reuso dos materiais em uma nova obra, evitando geração de entulho, e a necessidade de fabricação de novos componentes.

Além dessas ações, o descarte final dos materiais a serem aplicados na edificação deve ser considerado desde a fase de projeto, preocupando-se em saber se o material em questão é rapidamente reabsorvido pela natureza ou se é um material que pode vir a gerar poluição por liberar resíduos perigosos.

Outro aspecto, além do ambiental, que deve ser considerado na seleção dos materiais de construção, é o aspecto econômico. DEL CARLO, *et al* (2002), levantam que atualmente uma das maiores dificuldades dos profissionais da área que já utilizam em seus projetos conceitos de arquitetura de baixo impacto ambiental, é medir os aspectos das vantagens de se optar por escolhas ambientalmente favoráveis, uma vez que essas escolhas nem sempre são as que possuem as maiores vantagens econômicas. Por isso, é importante, de acordo com LIPPIATT *et al* (1996), que seja feito um balanço entre os benefícios ambientais e seus custos econômicos, de forma a identificar aqueles materiais com boa performance ambiental e pouco ou nenhum acréscimo no seu custo.

Sabendo-se das diversas preocupações que o arquiteto deve ter ao especificar os materiais de construção a serem aplicados em seu projeto, é importante que este tenha conhecimento das características dos materiais e seus possíveis impactos ao meio-ambiente. Porém, podem surgir algumas dúvidas ao se tentar relacionar os materiais existentes com essas “novas” exigências que são apresentadas. Assim, serão citados a seguir, alguns materiais de construção tradicionais, e algumas de suas características, de forma a dar uma breve noção dos impactos causados por eles. Não se pretende, aqui, fornecer informações aprofundadas ou definitivas sobre os materiais. Com o item a seguir pretende-se demonstrar algumas características básicas de alguns materiais de forma que o projetista tenha idéia do desempenho dos materiais que está especificando.

3.2.1. Alguns materiais de construção tradicionais

Inúmeros são os materiais existentes que fazem parte da construção de edifícios, estando entre eles os artesanais, como o barro, a taipa, etc; e os industrializados como o tijolo, o cimento, revestimentos cerâmicos etc.

Conhecendo-se a dificuldade em se classificar os materiais de forma a conhecer se sua utilização é, ou não, adequada, apresenta-se uma análise de alguns materiais, sob aspectos ambientais considerados relevantes no processo de escolha dos mesmos, de forma a auxiliar os projetistas nessa decisão.

Será adotada a divisão apresentada por DEL CARLO *et al* (2002), que divide os materiais de construção em três grandes grupos, sendo eles: Materiais Orgânicos, Cerâmicos e Metálicos, e considera alguns dos materiais mais utilizados na indústria da construção civil brasileira. Neste trabalho, será acrescentado a esta classificação, o grupo de Materiais de Acabamento, no qual estão inseridas as tintas e vernizes, o gesso, o carpete, etc.

Além de uma breve caracterização destes materiais e seus impactos, apresenta-se a análise feita por DEL CARLO *et al* (2002)[29] sob os seguintes aspectos ambientais: disponibilidade de matéria-prima, impacto ambiental na sua extração, energia embutida, durabilidade, manutenção, potencial de reutilização e de reciclabilidade, na qual o desempenho dos materiais é classificado em cada um destes aspectos como excelente, muito bom, bom, ruim ou péssimo[30]. Essa análise foi realizada pelo autor apenas para os grupos de Materiais Orgânicos, Cerâmicos e Metálicos. Para o grupo de Materiais de acabamento será realizada, neste trabalho, uma análise com base em dados coletados em bibliografia.

3.2.1.1. Materiais Orgânicos

De acordo com DEL CARLO *et al* (2002) os materiais orgânicos são aqueles com base em carbono, e englobam nessa classificação as madeiras, tanto serradas como com processamento industrial, e os plásticos[31].

---

[29] Essa análise foi feita por DEL CARLO et al (2002), com base nas informações coletadas na publicação "*Building materials energy and environment*", do *The Royal Institute of Architects Austrália*, 1996.

[30] Essa classificação se apresenta bastante subjetiva. No entanto, será mantida neste trabalho respeitando o formato da fonte consultada, já que para fins de uma breve caracterização dos materiais, como se pretende neste trabalho, esta classificação se apresenta de forma satisfatória.

[31] Os plásticos podem ser caracterizados como materiais orgânicos por serem derivados de materiais orgânicos como o petróleo. Essa classificação, apesar de muitas vezes ser questionada, será mantida pelo motivo de que essa é classificação feita pela fonte escolhida para servir de base para essa análise, neste trabalho.

As **madeiras** podem ser serradas, que são aquelas provenientes de reflorestamento, ou com processamento industrial que são os aglomerados, compensados, laminados, etc.

O uso da madeira pode ser tanto estrutural quanto ornamental. Com este material pode-se fazer grandes estruturas de edificações, telhados, etc., assim como diversos tipos de mobiliário, pisos, entre outros.

Segundo o "*The Sustainable Design Resource Guide*"[32] (DENVER AIA, 2006) a madeira possui diversas vantagens ambientais por ser um material natural, renovável e com baixíssimo nível de energia embutida. Por ser renovável, possui também a vantagem de poder ser desenvolvida de forma sustentável, mesmo não sendo essa uma prática constante.

A madeira serrada é a que possui as maiores vantagens ambientais, pois tem alta eficiência quanto à energia embutida e, ainda, funciona como fonte de resgate de CO^2 (KRONKA, 2000, apud DEL CARLO *et al*, 2002).

> *"O uso da madeira de reflorestamento representa inegavelmente aspectos que contribuem para o equilíbrio do meio ambiente, na forma de: alternativa ao uso ostensivo das florestas nativas; proteção aos solos, às nascentes e aos cursos d'água quando corretamente manejadas; redução do efeito estufa seqüestrando CO2 da atmosfera; contribuição na geração de renda* [...]".(BRANDÃO, 1997, apud CORTEZ-BARBOSA et al 2001, p.7).

A estocagem de carbono da madeira é muito eficiente durante quase todo seu ciclo de vida, tanto na própria árvore como na forma de materiais de construção. Assim, mesmo durante sua utilização como material, a madeira apresenta benefícios ao meio ambiente, absorvendo CO2.

As madeiras com processamento industrial também possuem diversas vantagens ambientais, como o maior aproveitamento da madeira e a menor quantidade de sobras na construção.

[32] Guia de recursos para o projeto sustentável, realizado pelo Comitê de Meio ambiente do Denver AIA (Instituto de arquitetos americano de Denver).

No que diz respeito à geração de resíduos, o CANADIAN WOOD COUNCIL (1997, apud CORTEZ-BARBOSA et al 2001) afirma que a manufatura dos produtos em madeira produz pouco resíduo em comparação a outros materiais, e mesmo esses resíduos, como cascas, pó-de-serra, etc., podem facilmente ser reutilizados na produção dos outros derivados da madeiras, como as madeiras de processamento industrial. Ainda em relação à geração de resíduos, WINTER (1998, apud CORTEZ-BARBOSA et al 2001) aponta que a madeira apresenta também vantagem em relação ao consumo de energia, pela possibilidade de aproveitamento de seus resíduos como energia calorífica. CORTEZ-BARBOSA et al (2001, p.7) concluem que:

> "*A madeira possui um potencial altamente favorável ao meio ambiente para ser utilizada como material de construção, por representar um recurso renovável, não fóssil, de baixa demanda energética em seu processo de produção e com grandes possibilidades de aproveitamento do poder calorífico dos resíduos produzidos, alem de ter um importante papel como medida estratégica na diminuição da concentração de CO2 na atmosfera*."

A análise apresentada por DEL CARLO et al (2002) mostra claramente os benefícios da madeira de reflorestamento sobre a madeira nativa, que leva cerca de 80 anos para poderem ser utilizadas, o que justifica sua necessidade de preservação e de ser considerada como péssima disponibilidade de matéria-prima (Tabela 3). No entanto, mesmo comparados com a madeira de reflorestamento, pode-se perceber que os aglomerados e laminados são os que apresentam o melhor desempenho em todos os aspectos.

Apesar de a madeira possuir inúmeras características positivas, ROAF (2006) atenta que o seu uso pode acarretar em alguns impactos negativos se não forem tomados alguns importantes cuidados, como atestar se a madeira é mesmo oriunda de reflorestamento e verificar a distância da sua origem para o local a ser aplicada. O autor levanta essa preocupação afirmando que "*atualmente, apenas um pequeno percentual da madeira disponível comercialmente é certificada como sustentável e, na prática, isso pode ser difícil de obter*" (ROAF, 2006, p.61). A outra preocupação apresentada é quanto à necessidade de transporte desse material, que, muitas vezes, é transportada por grandes distâncias, o que não torna seu uso vantajoso.

Tabela 3 – Desempenho quanto ao impacto ambiental da madeira

ASPECTOS ANALISADOS	MADEIRAS (TIPOS)				
	Nativa	Reflorestamento	Compensado	Aglomerado	Laminados
Disponibilidade de matéria-prima	Péssimo[33]	Muito bom[34]	Muito bom	Excelente	Excelente
Impacto ambiental na extração	Ruim	Muito bom	Muito bom	Muito bom	Muito bom
Energia embutida	Muito bom	Muito bom	Ruim	Bom	Bom
Durabilidade	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom
Manutenção	Ruim	Ruim	Ruim	Bom	Bom
Reutilização	Ruim	Ruim	Péssimo	Bom	Bom
Reciclagem	Péssimo	Péssimo	Bom	Ruim	Muito bom

Fonte: *Building Material Energy and the Environement*. Adaptado por DEL CARLO e KRONKA (2002).

Atenta-se que essa classificação não foi feita baseada nos padrões nacionais, por isso a classificação de disponibilidade de matéria-prima para a madeira nativa ser *péssima* e a de reflorestamento *Muito Boa.* No Brasil a disponibilidade de madeira nativa é enorme, mas essa não recebe tratamento adequado, de forma que sua utilização se dá de forma desordenada, gerando sérios impactos ambientais. Já a madeira de reflorestamento no Brasil, não é tão disponível e nem amplamente divulgada ainda. Isso mostra que o Brasil precisa ampliar suas políticas de preservação das florestas nativas e incentivo ao manejo sustentável e reflorestamento.

Os **plásticos**, segundo LAWSON (1996, apud DEL CARLO *et al*, 2002), são materiais de grande versatilidade, com vasta aplicação nas construções, pois são muito utilizados em tubulações de instalações elétricas, hidráulicas, nos elementos de isolamento, portas, janelas, luminárias, etc. No entanto, este é um material que apresenta certas críticas no que diz respeito aos seus aspectos ambientais, devido aos seus aspectos tóxicos durante a sua produção e ao alto consumo de energia demandado no processo construtivo.

Esse é um material composto por uma mistura de materiais orgânicos, criado através de um processo químico de manufatura, por isso recebe a classificação de material orgânico. As matérias-primas básicas para a produção do plástico são o petróleo, gás

[33] No Brasil, essa classificação poderia se dar como Muito Boa, devido ao grande número de madeira nativa que ainda se tem disponível. No entanto, o impacto da extração dessa madeira vem a ser enorme, já que poucas são as políticas de preservação, manejo sustentável e de reflorestamento no país.

[34] Para o Brasil, essa classificação deveria ser Ruim, já que poucas são as madeiras de reflorestamento disponíveis e amplamente divulgadas no país.

natural e carvão. O petróleo é, tecnicamente, um recurso renovável, porém, o tempo necessário para sua renovação é de milhões de anos, o que faz com que este seja considerado um recurso limitado, tendo, assim, que ser utilizado com cuidado (DENVER AIA, 2006).

Outra colocação em relação aos impactos do plástico é feita por ROAF (2006), que afirma que, depois de sua produção, este material tende a soltar gases na atmosfera, chamados de compostos orgânicos voláteis (VOCs), os quais podem ser prejudiciais se inalados em qualquer quantidade.

Um dos plásticos mais utilizados na construção e no mundo é o PVC, que o Instituto do PVC (2006) conceitua da seguinte forma:

> *"O PVC é um dos plásticos mais utilizados no mundo dado sua enorme variedade de aplicações. O PVC ou Policloreto de Vinila é um dos sintéticos mais importantes dentre as resinas de origem petroquímica. Proveniente de duas matérias-primas naturais (sal marinho 57% e petróleo 43%), foi o primeiro plástico a ser desenvolvido comercialmente e seu processo de produção é eletro-intensivo"* (Instituto do PVC, 2006).

No entanto o PVC é um dos materiais que vem causando polêmica quanto à nocividade de sua utilização, e já foi substituído por outro material nos países europeus. SPERB (2000) explica o que se questiona em relação à utilização do PVC, dizendo que sua produção exige a criação de dois subprodutos intermediários, bicloreto de etileno e cloretileno, ambos tóxicos e cancerígenos, além de os resíduos do processo de produção também serem altamente tóxicos. Paralelo a isso existe o problema do descarte deste material que não deve ser queimado em ambientes abertos por liberar sustâncias altamente perigosas.

ROAF (2006) também comenta algumas características negativas do PVC, alertando que este deve ser evitado por ser particularmente difícil de ser descartado de maneira ecologicamente segura. O autor firma ainda que, apesar deste material ter uma boa reciclabilidade, (tabela 4), os produtos provenientes dessa reciclagem, que vêm sendo apresentados no mercado, são, em geral, de baixa qualidade.

Tabela 4 – Desempenho quanto ao impacto ambiental do plástico

ASPECTOS ANALISADOS	Plástico
Disponibilidade de matéria-prima	Bom
Impacto ambiental na extração	Péssimo
Energia embutida	Ruim
Durabilidade	Muito Bom
Manutenção	Muito bom
Reutilização	Péssimo
Reciclagem	Bom

Fonte: *Building Material Energy and the Environement*. Adaptado por DEL CARLO e KRONKA (2002).

Recomenda-se, portanto, que o uso do PVC seja evitado sempre que possível. Este não precisa ser eliminado definitivamente das possibilidades de uso, no entanto, é preciso ser usado com cautela.

3.2.1.2. Materiais Cerâmicos

O grupo de materiais cerâmicos são aqueles inorgânicos e não-metálicos, tendo como composição primária o concreto e produtos para alvenaria, e o vidro. Sendo os principais materiais construtivos deste grupo, o tijolo de barro, pedras (pisos, fachadas), revestimento cerâmico (pisos, paredes e fachadas), cimento e vidro.

LAWSON (1996, apud DEL CARLO et al, 2002), afirma que, dentre os materiais construtivos, o cerâmico é o que requer menor processo de industrialização para chegar até a obra.

Os blocos cerâmicos, mais conhecidos como tijolos, destacam-se pela sua durabilidade e facilidade de fabricação. São produzidos a partir da argila, que é uma matéria-prima abundante na superfície terrestre (INMETRO, 2006). Seu desempenho ambiental é bastante satisfatório, como mostra a tabela 5.

Basicamente, existem dois tipos de blocos cerâmicos, os fabricados com terra crua, e os queimados. Os de blocos de terra crua possuem a vantagem de não serem poluentes por não passarem pelo processo de queima, mas apresentam menor durabilidade. Já os tijolos queimados são mais resistentes e duráveis, porém, precisam de altos níveis de energia para serem fabricados, sendo mais poluentes.

Os revestimentos cerâmicos estão entre os materiais de acabamento mais duráveis, possuem baixa emissão de compostos voláteis e ainda necessitam de poucos cuidados com manutenção.

O cimento é um dos principais componentes utilizados na construção de edifício nos dias de hoje. Mas apesar de possuir algumas vantagens ambientais como durabilidade, manutenção, boa disponibilidade de matérias-primas, etc., é um material que demanda uma quantidade considerável de energia para sua produção e ainda libera grandes quantidades de CO2 na atmosfera, conforme WILSON (2006). Mas, como pode ser analisado na tabela (5), este material possui, no geral, características bem positivas.

Outro material importante a ser considerado é a pedra, que possui desempenho muito bom, mas por ser uma matéria-prima não renovável, sua extração é considerada de alto impacto ambiental. Segundo CORCUERA (2007) as pedras, de um modo geral, não são poluentes, mas o radônio presente em algumas minas de extração pode ser altamente tóxico para os trabalhadores na sua extração. As minas de extração ainda desfiguram a paisagem e envolvem grandes consumos energéticos para a exploração e transporte de pedras.

Tabela 5 – Desempenho quanto ao impacto ambiental dos materiais cerâmicos

ASPECTOS ANALISADOS	MATERIAIS CERÂMICOS				
	Tijolo	**Pedras**	**Revestimento Cerâmico**	**Cimento**	**Vidros**
Disponibilidade de matéria-prima	Muito Bom	Bom	Muito Bom	Muito Bom	Bom
Impacto ambiental na extração	Excelente	Péssimo	Bom	Muito Bom	Bom
Energia embutida	Bom	Muito Bom	Bom	Bom	Bom
Durabilidade	Bom	Muito Bom	Excelente	Excelente	Excelente
Manutenção	Bom	Muito Bom	Excelente	Excelente	Muito Bom
Reutilização	Ruim	Muito Bom	Péssimo	Excelente	Bom
Reciclagem	Excelente	Muito Bom	Ruim	Ruim	Muito Bom

Fonte: *Building Material Energy and the Environement*. Adaptado por DEL CARLO e KRONKA (2002).

Os vidros são materiais amplamente utilizados na construção civil, no entanto, seu uso deve ser avaliado. Apesar de ser um material cuja materia-prima é natural, abundante e não poluente, deve ser utilizado com cautela pois requer grandes quantidade de energia para ser fabricado e suas características isolantes térmicas e acústicas, são pobres. Uma de suas vantagens é que pode ser facilmente reciclado e reutilizável (CORCUERA, 2007).

3.2.1.3. Materiais Metálicos

Os materiais metálicos conquistaram um espaço significativo na arquitetura após a Revolução Industrial, a partir da qual os materiais como ferro e aço passaram a ser produzidos em larga escala (DEL CARLO *et al*, 2002). Alguns dos materiais desse grupo são aço, alumínio, cobre, zinco e chumbo.

Esse é um grupo de materiais com alta energia incorporada, como pode ser visto na tabela 6**,** e conforme é confirmado por ROAF (2006), que ainda comenta que seu processo de produção resulta de degradação ambiental local com seus resíduos.

Conforme apresentado na tabela 6**,** os metais apresentam grande potencial para ser reciclado. No entanto, ROAF (2006) afirma que mesmo sua reciclagem apresenta danos ambientais, pois o processo de fundição requer grande consumo de energia e gera altas emissões de dióxido tóxicas por causa do cloreto encontrado na maioria dos metais.

O aço e o alumínio, como mostrado na tabela 6 possui excelente reciclabilidade. Porém, mais uma vez, ROAF (2006) atenta que os impactos resultantes da sua fabricação inicial são muito fortes e o fato de serem de fácil reciclagem, não compensa os impactos causados na fase de extração e fabricação.

O autor afirma, ainda, que o uso extensivo em edificações não pode ser considerado ecológico e sugere que os metais deveriam ser usados somente em pequenas quantidades para propósitos específicos, como para junção e fixação de materiais.

No entanto, sua utilização não deve ser, tão radicalmente, descartada. Isso porque dependendo do caso, este material pode ser o mais adequado. A característica do uso a que se destina também deve ser considerada. Isso pode ser confirmado, em VILAÇA (2004,

p.83), por Wanderley John[35], que afirma que "*as estruturas em aço, particularmente as treliçadas, permitem vencer grandes vãos com pouco material*". Outra vantagem desse material pode se dar pela sua rapidez e facilidade na montagem. Portanto, o uso a que o material se propõe também deve ser considerado.

Tabela 6 – Desempenho quanto ao impacto ambiental dos materiais metálicos

ASPECTOS ANALISADOS	MATERIAIS METÁLICOS			
	Aço	**Alumínio**	**Cobre**	**Zinco e Chumbo**
Disponibilidade de matéria-prima	Muito Bom	Muito Bom	Ruim	Péssimo
Impacto ambiental na extração	Ruim	Péssimo	Péssimo	Ruim
Energia embutida	Ruim	Péssimo	Ruim	Péssimo
Durabilidade	Muito Bom	Excelente	Excelente	Excelente
Manutenção	Ruim	Muito Bom	Excelente	Excelente
Reutilização	Ruim	Ruim	Péssimo	Péssimo
Reciclagem	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente

Fonte: *Building Material Energy and the Environement*. Adaptado por DEL CARLO e KRONKA (2002)

3.2.1.4. Materiais de Acabamento

Deve-se ter conhecimento das características e do desempenho ambiental dos materiais de acabamento, uma vez que estes são materiais que freqüentemente são modificados ao longo do ciclo de vida do edifício e por isso são amplamente fabricados e precisa-se estar a atento a eles.

Dentre os diversos materiais de acabamento existentes, alguns que podem ser citados e que são muito comuns nas construções são as tintas, vernizes, carpetes, gesso etc.

As tintas, apesar de muitas vezes parecerem inofensivas à saúde humana e ao meio ambiente, apresentam alguns impactos que devem ser considerados no momento de sua escolha. Elas podem afetar a saúde humana por serem tóxicas e por poderem exacerbar problemas de umidade no ambiente que for aplicada. Isso porque grande parte das tintas utilizadas, como as tintas acrílicas, não deixa que a parede "respire", acumulando umidade

[35] Doutor em engenharia civil e professor associado da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP).

dentro das paredes e impedindo o movimento do calor entre esta e o ar do recinto (ROAF, 2006).

ROAF (2006) atenta que deve-se evitar tintas que contenham solventes, álcool banco, metais pesados como o chumbo ou mercúrio, ou formaldeído. Já existem tintas não prejudiciais à saúde e nem ao meio ambiente, que não apresentam compostos tóxicos em sua composição[36].

Uma solução comumente usada como alternativa às tintas, são os papéis de parede. Até mesmo este material precisa ser usado com cautela. ROAF (2006) alerta que ao se escolher esse acabamento, deve-se dar preferência àqueles feitos de papel, e não de materiais sintéticos, como o vinil. O autor explica que o vinil contém substâncias nocivas, como amianto e mercúrio, que são liberadas durante sua fabricação.

Essa recomendação em torno do vinil, também é feita aos pisos. Apesar de práticos e duráveis, os pisos de vinil também apresentam esse inconveniente durante sua fabricação. Este é um material à base de petróleo, portanto, sua fonte é escassa e não-renovável, sendo que é um dos materiais derivados do PVC. MALIN e WILSON (2006) acrescenta que a instalação desse piso é feita com adesivos que dificultam sua possível reciclagem ao fim de sua vida útil.

O gesso é um material freqüentemente utilizado nos interiores das edificações, principalmente como acabamentos de forro e como divisórias de ambientes. No entanto, sua instalação possui a característica de resultar em grandes quantidades de entulho. Segundo ROUSSEAU (1996) esses detritos podem ser reciclados, mas somente se não tiverem sido ‘contaminados’ com tintas ou adesivos.

Um dos produtos que é fabricado com gesso, que é amplamente utilizado nos Estados Unidos e Europa, e que já é bastante utilizado no Brasil, é a divisória em gesso acartonado, ou *drywall*, que mistura estrutura de aço galvanizado com chapas de gesso. Quanto à quantidade de entulho gerado, a Associação Brasileira dos Fabricantes de Chapas para Drywall (2005) afirma que o *drywall* gera muito menos que a alvenaria convencional, e que as placas de gesso são 100% recicláveis para serem aplicadas no processo de produção do cimento.

[36] Essas tintas são chamadas “ecotintas” e serão melhor explicadas no item 3.4.

Uma vantagem que o *drywall*, certamente, possui é a flexibilidade que dá a aos projetos e a rapidez na sua montagem, reduzindo o tempo da obra. Porém, o aço causa diversos impactos ambientais, como já foi apresentado anteriormente. E o gesso, apesar de ser reciclável – lembrando que este não pode receber nenhum tratamento para isso acontecer – é composto por uma matéria-prima não renovável, que é a *gipsita*.

Assim, sua aplicação deve ser pensada conforme as necessidades de cada caso, considerando suas vantagens e desvantagens. Isso se aplica também aos demais materiais. O uso a que o material se propõe deve ser considerado e ponderado no momento da escolha, além de suas características físicas.

É importante, que diversas alternativas sejam pensadas em conjunto, para se chegar a conclusão de quais materiais irão atender de forma satisfatória ao uso destinado, trazendo os menores impactos ao meio ambiente e à saúde humana. Esses, com certeza, serão a opção mais apropriada.

3.3. Gestão dos materiais na construção

3.3.1. Gestão dos resíduos da construção

O Ambiente-Brasil[37] (2005) conceitua resíduos como sendo "*os resultados da sobra de atividades da comunidade em geral, sejam industriais, domésticas, hospitalares, comerciais ou agrícolas e podem se apresentar nos estados: sólido, semi-sólido e líquido*", e os aponta como um dos mais graves problemas mundiais na atualidade.

Os resíduos em geral podem ser divididos em classes que vai de 1 a 3, de acordo com sua nocividade e são detalhados por Ambiente-Brasil (2006), da seguinte forma:

Os resíduos **Classe 1** são *Resíduos Perigosos* e são aqueles que apresentam riscos à saúde pública e ao meio ambiente e exigem tratamento e disposição especiais em função de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade.

[37] Ambiente-Brasil é um portal da Internet, focado no meio-ambiente, que tem a missão de estimular a ampliação do conhecimento ambiental e a formação de uma consciência crítica sobre os problemas e soluções para o meio ambiente.

Os resíduos **Classe 2** são *Resíduos Não-inertes*, que são aqueles que não apresentam periculosidade, porém não são inertes. Tem como propriedades a facilidade de combustão, ser biodegradável e ser solúvel em água, tendo basicamente as características do lixo doméstico.

Já os resíduos **Classe 3** são *Resíduos Inertes* que não são solúveis em água que, quando em contato com o resíduo, continuará potável. Muitos desses resíduos são recicláveis e não se degradam – ou se degradam muito lentamente – quando dispostos no solo. São considerados classe 3 os entulhos de demolição, pedras e areias retiradas de escavação, estando então, a maioria dos resíduos de construção inseridos nessa classe.

Os resíduos da construção civil são aqueles provenientes de suas ações, como construções, reformas, reparos e demolições de edifícios, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos que são os chamados entulhos de obra e podem ser tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc. (CONAMA, 2002).

Os resíduos gerados por todo ciclo de vida da edificação e seus materiais devem receber atenção especial. MONTEIRO (2002, p. 1260) menciona que existem diferentes níveis de aproveitamento dos materiais, sendo eles o **reuso** – quando a reutilização do material é viável sem que seja necessária nenhuma atividade sobre este, ele pode ser aplicado da maneira que foi retirado; o **reaproveitamento** – quando a utilização do material é viável mas necessita que certas alterações sejam feitas, tais como adição ou retirada de certo componente ou produto, alterações de dimensões, moagem, etc.; e a **reciclagem** – quando a utilização do material é viável mas servindo de matéria-prima na elaboração de novos materiais.

Outro fator de extrema importância, que também é colocado pelo autor, é que só o fato de o material ser reaproveitável e reciclável não é suficiente, tem que se ter disponível todo o aparato necessário para o devido tratamento deste material, além da conscientização dos envolvidos quanto à importância dessa ação.

Com o intuito de regulamentar a disposição do entulho gerado pelo processo de construção da edificação, estabelecendo diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão

dos resíduos da construção civil foi criada, pelo Ministério do Meio Ambiente (2002), a resolução CONAMA 307. Essa resolução é baseada em alguns aspectos que devem ser considerados, sendo eles os seguintes:

- a necessidade de implementação de diretrizes para a efetiva redução dos impactos ambientais gerados pelos resíduos oriundos da construção civil;

- a contribuição que a disposição de resíduos da construção civil em locais inadequados traz para a degradação da qualidade ambiental;

- o significativo percentual que os resíduos da construção civil representam dos resíduos sólidos produzidos nas áreas urbanas;

- os geradores de resíduos da construção civil devem ser responsáveis pelos resíduos das atividades de construção, reforma, reparos e demolições de estruturas e estradas, bem como por aqueles resultantes da remoção de vegetação e escavação de solos;

- a viabilidade técnica e econômica de produção e uso de materiais provenientes da reciclagem de resíduos da construção civil, e

- os benefícios de ordem social, econômica e ambiental que a gestão integrada de resíduos da construção civil deverá proporcionar.

Os resíduos específicos da construção civil são classificados pela Resolução CONAMA 307 nas classes A, B, C e D, conforme seus tipos e características, como mostrado na tabela 7 a seguir:

Tabela 7 – Classificação dos resíduos da construção civil.

Classe	Tipo de resíduo
A	Resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, como: ▪ de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infra-estrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem; ▪ de componentes cerâmicos, argamassa e concreto; ▪ do processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto produzidas nos canteiros de obra;
B	Resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras e outros;
C	Resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação, tais como produtos oriundos do gesso;
D	Resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como: tintas, solventes, óleos e outros, ou aqueles contaminados oriundos de demolições, reformas e reparos de clinicas radiológicas, instalações industriais e outros.

Fonte: Adaptado de Resolução CONAMA 307, 2002.

No intuito de diminuir a geração do impacto decorrente da produção de resíduos pela indústria da construção civil, deve-se fazer um gerenciamento desses resíduos, o que a Resolução CONAMA 307 (2002) afirma ser o sistema de gestão de resíduos que "*visa reduzir, reutilizar ou reciclar resíduos, incluindo planejamento, responsabilidades, praticas, procedimentos e recursos para desenvolver e implementar as ações necessárias ao cumprimento das etapas previstas em programas e planos*".

A gestão de resíduos deve se dar através da criação de um Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos na Construção Civil que deve ser composto, segundo a Resolução anteriormente citada, de um Programa Municipal de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil, que deve ser elaborado, implementado e coordenados pelos municípios, devendo estabelecer diretrizes técnicas e procedimentos para o exercício das responsabilidades dos pequenos geradores, em conformidade com os critérios técnicos do sistema de limpeza urbana local; e de Projetos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil, que deverão ser elaborados e implementados pelos geradores de resíduos, tendo como objetivo estabelecer os procedimentos necessários para o manejo e destinação ambientalmente adequados dos resíduos.

A Resolução coloca ainda que o Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil deve ser apresentado juntamente com o projeto do empreendimento para aprovação do órgão competente e deve estar em conformidade com o Programa Municipal já mencionado. E para a realização desse Projeto de Gerenciamento de Resíduos, as seguintes etapas devem ser incluídas:

- *Caracterização*: etapa de identificação e quantificação dos resíduos;
- *Triagem*: deve ser realizada uma triagem dos resíduos na sua origem ou na área destinada licenciada, de acordo com suas classes;
- *Acondicionamento*: esta etapa diz respeito ao confinamento dos resíduos da sua geração até seu transporte, que deve assegurar as suas condições de reutilização e reciclagem.
- *Transporte*: o transporte deve se dar conforme as normas técnicas vigentes, que devem ser conhecidas para cada caso.
- *Destinação*: a destinação dos resíduos depende de sua classe, e das diretrizes estabelecidas na Resolução.

Através do cumprimento dessas etapas, a empresa construtora deverá realizar seu Projeto de Gerenciamento de Resíduos para cada uma de suas obras, devendo esta ser uma ação comum àquelas empresas que apresentem essa preocupação em não contribuir para a degradação ambiental. E às que ainda não possuem essa mentalidade, que a partir da obrigatoriedade dessa ação e do devido respeito à essa obrigatoriedade, passe a agir de forma responsável.

Apesar dessas questões não serem responsabilidade direta do arquiteto, é de grande importância que este tenha conhecimento das ações exigidas e dos perigos que a geração de resíduos acarreta. Assim, ao decidir pelos materiais de construção, o arquiteto deve considerar aqueles cuja geração de resíduos seja pouco danosa ao meio ambiente e à saúde humana.

Caso a gestão de resíduos não seja feita de forma adequada, pode-se ter um impacto negativo ao solo, à atmosfera, às águas subterrâneas e superficiais e à saúde da população e do meio ambiente.

3.3.2. Reutilização e reciclagem de materiais e renovação de matérias-primas

A disponibilidade de matéria-prima para a fabricação dos materiais deve ser considerada e deve ser um recurso natural renovável e, de preferência, rapidamente renovável. Os recursos não renováveis só devem ser utilizados em último caso, quando não houver alternativa, e nas menores quantidades possíveis. Além disso, deve ser levado em conta, também, a quantidade de recursos disponível na natureza, já que quanto menor essa disponibilidade, mais agressiva se torna sua extração MONTEIRO (2002).

Diversos são os materiais amplamente utilizados na construção de edifícios que são compostos por matérias-primas não-renováveis. A fim de listar alguns desses materiais, explicitando suas matérias-primas básicas (não-renováveis) e sua disponibilidade no meio ambiente, SPERB (2000) apresenta uma avaliação qualitativa desses materiais, nesse sentido (Tabela 8).

Tabela 8– Avaliação da disponibilidade dos recursos não-renováveis necessários para a produção dos materiais.

MATERIAL DE CONSTRUÇÃO	MATÉRIAS-PRIMAS BÁSICAS	AVALIAÇÃO
AREIA	Silica	Abundante
BRITA	Aluminossilicatos; Silicatos de magnésio e ferro; Carbonatos; Sulfatos.	Abundante
CAL VIRGEM OU HIDRATADA	Calcário	Abundante
CIMENTO PORTLAND	Calcário; Argila; Gipsita	Abundante
CIMENTO AMIANTO	Calcário; Argila; Gipsita; Silicatos de magnésio e Ferro.	Abundante
CONCRETO	Sílica; Aluminossilicatos; Silicatos de magnésio e ferro; Carbonatos; Sulfatos; Calcário; Argila; Gipsita.	Abundante
CERÂMICA	Argila (com óxido de ferro)	Abundante
AZULEJO	Argila (com Quartzo e Feldspato); Chumbo; Estanho; Óxidos.	Não-abundante
LOUÇA	Argila (com Quartzo e Feldspato e praticamente sem óxido de ferro).	Abundante
GESSO	Gipsita	Abundante
VIDRO PLANO	Sílica; Calcário; Dolomita; Feldspato.	Abundante
ALUMÍNIO	Bauxita	Não-abundante
COBRE	Cobre	Não-abundante
ZINCO	Zinco	Não-abundante
AÇO GALVANIZADO	Minério de Ferro; Carbono (Manganês, Silício, Cromo, Chumbo...); Óxido de Zinco.	Não-abundante
AÇO	Minério de Ferro; Carbono (Manganês, Silício, Cromo, Chumbo...)	Não-abundante
POLIESTIRENO (PS)	Estireno (petróleo)	Não-abundante
POLIETILENO (PE)	Etileno (petróleo)	Não-abundante
POLIPROPILENO (PP)	Propileno (petróleo)	Não-abundante
POLICLORETO DE VANILA (PVC)	Eteno (petróleo); Cloreto de Sódio.	Não-abundante

Fonte: PETRUCCI (1980) E LIPPIATT (1998), *apud* SPERB (2000).

Percebe-se, a partir da análise desses dados, que grande parte dos materiais utilizados na construção de edifícios é proveniente de recursos naturais não-renováveis e, por isso, precisam ser utilizados com muita cautela, independente de serem abundantes ou não.

Dentre os materiais citados, os que requerem maior precaução são os metais e os polímeros plásticos, pois, além de serem não-renováveis, suas matérias-primas não são abundantes na superfície terrestre, correndo maiores riscos de serem eliminadas definitivamente. Mesmo aqueles considerados abundantes devem ser utilizados com

bastante atenção, pois podem se tornar escassos com o passar dos anos, se forem usados indiscriminadamente.

Um material que é considerado abundante na superfície terrestre e que não foi contemplado nesta lista, por ser considerada um recurso natural renovável, é a **madeira**, como ressalta SPERB (2000). Porém, a autora alerta que, apesar de ser abundante, é imprescindível que se faça um manejo sustentável das florestas.

O ideal é que se adote a reutilização ou reciclagem de materiais como fonte de matéria-prima, evitando o descarte de materiais no meio ambiente, e diminuindo a extração de recursos naturais. A reutilização de materiais, além de diminuir os impactos causados com a extração de recursos naturais, ainda diminui a agressão que se dá pela da geração de resíduos no processo de manufatura de novos materiais.

Nem sempre é possível reciclar os materiais de construção, uma vez que muitos deles possuem em sua composição elementos que impossibilitam este tipo de tratamento. Para se ter conhecimento da reciclabilidade, ou não, de alguns materiais apresenta-se a análise realizada por SPERB (2000). Essa análise foi baseada na possibilidade de os materiais serem reciclados para exercer a mesma, ou novas funções (Tabela 9).

Dos materiais analisados, percebe-se que quase todos possuem potencial para reciclagem, com exceção da madeira tratada com produtos químicos tóxicos, o PVC e o cimento-amianto.

Assim, espera-se que ao fazer a escolha dos materiais de construção, o projetista opte por aqueles materiais compostos por matérias-primas que sejam facilmente renováveis. Caso isso não seja possível, deve-se considerar aqueles cuja matéria-prima não-renovável seja abundante e que o material seja reciclável. E caso a matéria prima básica do material, não seja renovável e nem abundante, espera-se, no mínimo, que este material seja reciclável ou reutilizável, podendo exercer a mesma ou nova função.

Tabela 9 - Potencial de reciclabilidade de materiais de construção básicos.

MATERIAL	POTENCIAL DE RECICLABILIDADE
Alumínio	Reciclável
Cobre	Reciclável
Zinco	Reciclável
Aço	Reciclável
Poliestireno expandido	Reciclável
Polietileno (PE)	Reciclável
Polipropileno (PP)	Reciclável
Policloreto de vanila (PVC)	Não-reciclável
Cerâmica	Reciclável
Concreto	Reciclável
Cimento-amianto	Não-reciclável
Madeira tratada com produtos químicos tóxicos	Não-reciclável

Fonte: 'Green Building Digest (1995); WILSON (1995); GANDOLLA et al (1994); STEUTEVILLE (1994)', *apud* SPERB (2000).

3.3.3. Materiais regionais

A escolha de materiais fabricados na região em que será realizada a construção deve ser considerada e isso se dá por diversos motivos. Um desses motivos é que a distância entre o local de fabricação dos materiais e a obra, pode influir significativamente na energia demandada no transporte.

DEL CARLO *et al,* (2002), confirma isso, afirmando que uma importante característica a ser observada na escolha dos materiais construtivos, é a sua fácil disponibilidade, ou seja, que sejam encontrados em localidades próximas, não tendo que ser transportados por distâncias muito grandes.

ROAF (2006), alerta que a influência que o transporte exerce sobre a energia embutida do material, muitas vezes, é esquecida. Quanto mais longe um material tiver que viajar, menor será sua eficiência quanto à energia incorporada. Isso deve ser 'pesado' ao fazer a seleção dos materiais, uma vez que, de pouco adianta utilizar um material de baixo impacto ambiental, se os 'custos ambientais' do seu transporte forem maiores.

Alguns dos diversos benefícios de se especificar materiais de origem local e/ou regional são mencionadas por CROWTHER (1995), que afirma que através desse tipo de especificação se estimula a economia local e regional; é reduzida a poluição causada pelo transporte de materiais de fontes distantes; intensifica a eficiência ambiental dos materiais e produtos locais e regionais; encoraja a formação de comércio ambiental na região; promove a consciência da origem dos materiais e produtos usados nos projetos, e aumenta a oportunidade de controle dos recursos da região.

Outra preocupação que se deve ter a este respeito é o fato de que alguns materiais podem ser muito adequados a determinada região, mas inviáveis para outras. Necessitando então que se faça avaliações para conhecer os materiais mais adequados para cada caso.

3.3.4. Materiais certificados

A certificação se apresenta como uma forma de diferenciação dos produtos, como afirma OLIVEIRA[38] (2006, *apud* Editora Flex), pois ela "*garante a implantação eficaz dos sistemas de controle e a garantia da qualidade dos produtos, diminuindo perdas e reduzindo custos".* Assim, a certificação visa comprovar junto ao mercado e aos clientes que a fabricação daquele produto é controlada de acordo com as normas específicas.

A ABNT (2006) aponta como os principais benefícios da certificação:

- Assegurar eficiência e eficácia do produto, serviço ou sistema.
- Assegurar que o produto, serviço ou sistema atende às normas.
- Introduzir novos produtos e marcas no mercado.
- Fazer frente à concorrência desleal.
- Reduzir perdas no processo produtivo e melhorar a sua gestão.
- Melhorar a imagem da organização e de seus produtos ou atividades junto aos clientes.
- Diminuir controles e avaliações por parte dos clientes.

Segundo MESEGUER (1991), dentre os materiais que são produzidos industrialmente existem, os materiais tradicionais e os não tradicionais, sendo que os primeiros, por já serem utilizados há bastante tempo, na sua maioria, são regulamentados

[38] Informação obtida através da página da editora Flex na Internet acessada em 10/11/2006 . Antonio Carlos Barros de Oliveira, Diretor de Certificações da ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.

por normas ou especificações e são mais fáceis de ser controlados, utilizados e ter seu "comportamento" analisado. No caso de materiais não tradicionais, por serem novos no mercado, ainda não são qualificados por uma norma técnica que os regulamente. No entanto, nos dois casos é importante que a qualidade do material seja atestada, seja por um Certificado da Qualidade[39] do produto, por um certificado de garantia fornecido pelo próprio fabricante ou por um selo de conformidade[40]. Essas são as exigências mais comuns nos dias de hoje, e que são obrigatórias para empresas que possuem o Sistema de Gestão da Qualidade implantado.

No entanto, é de fundamental importância que se acrescente a essas exigências a preocupação com as questões ambientais, e essa atitude começa a se fazer presente a partir do atestado de conformidade do produto sob os aspectos referentes ao ciclo de vida dos materiais. Esse atestado é conhecido como "selo verde" e já é uma prática comum entre as empresas fabricantes de materiais de países como Estados Unidos, Japão, Austrália, e diversos outros da União Européia. No Brasil, os selos verdes existentes atingem apenas o segmento das madeiras, uma vez que o país não conta com legislação para estes fins no setor de materiais (ARAÚJO, 2006).

Selo Verde pode ser conceituado como a certificação de produtos com qualidades ambientais, que atesta - através de uma marca na embalagem - que o determinado produto, é adequado ao uso, e apresenta o menor impacto ambiental em relação aos demais disponíveis no mercado (ARQUITETURA ECOLÓGICA..., 2006).

Segundo CARVALHO[41] (2006, *apud* ARQUITETURA ECOLÓGICA..., 2006), esse selo é atribuído com base em critérios ambientais elaborados para cada produto levando em consideração o impacto das fases de extração da matéria-prima e produção. E funciona como um tipo premiação, uma vez que esses critérios são elaborados visando a excelência ambiental para a melhoria dos produtos e processos e se dá de forma voluntária.

---

39 Para obter esse Certificado da Qualidade, o produto deve passar por um processo de análise e testes que irão comprovar que este atende às características a que se propõe. Esse processo de certificação é feito por órgãos certificadores regulamentados que se baseiam em uma série de normas e especificações.

40 O selo de conformidade é composto pelas especificações do produto, normas de autocontrole do fabricante, normas de inspeção, regulamento do selo, e, quando se tratar de um selo reconhecido por órgãos oficiais, a homologação oficial.

41 Informação obtida em artigo da editora Flex na Internet, acessada em 10/11/2006. Rita Carvalho, coordenadora da diretoria de certificação da ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas.

No Brasil a 'certificação verde' que já se encontra disponível é a da madeira. A responsabilidade em promover o manejo e a certificação florestal no Brasil é do Conselho Brasileiro de Manejo Florestal, que representa o FSC[42] no Brasil. Sua missão, segundo o FSC – Brasil (2007), "*é difundir e facilitar o bom manejo das florestas brasileiras conforme Princípios e Critérios que conciliam as salvaguardas ecológicas com os benefícios sociais e a viabilidade econômica".* O FSC não realiza certificações, ele é o responsável por credenciar e monitorar entidades certificadoras que se comprometem a aplicar os princípios e critérios adotados pelo FSC.

> *"Ao comprar um produto florestal certificado pelo FSC, o consumidor tem garantias de que de que a extração da madeira foi realizada de forma ambientalmente adequada. Além disso, o selo indica que os direitos das comunidades que vivem na floresta ou nas proximidades foram respeitados e de que a exploração de madeira resultou em benefícios para a população local. A certificação também exige condições de trabalho adequadas, segurança e melhor qualidade de vida para os trabalhadores. Todo o processo respeita a legislação de cada país, bem como tratados internacionais*" (GREENPEACE-BRASIL, 2005).

Já existem diversos produtos e florestas com selo FSC no Brasil, e a tendência é que cada vez mais produtores estejam aderindo a esta causa. Essa atitude tende, também, a ser aderida pelos fabricantes dos diversos outros produtos da construção civil, no Brasil. No entanto, a exigência do consumidor por ações desse tipo, é uma das grandes influências necessárias para que isso ocorra, além da necessidade de se ter órgãos especializados para fins de certificação de produtos.

[42] FSC - Forest Stewardship Council (Conselho de Manejo Florestal), que é uma organização internacional que promove o manejo responsável das florestas do mundo.

3.4. Alternativas ecológicas para materiais de construção

Materiais de construção fabricados de acordo com alguns critérios de sustentabilidade já fazem parte do mercado da construção civil em diversos países. No Brasil, os materiais considerados "ecológicos" também já começam a ser desenvolvidos.

Produtos ecológicos, ou eco-produtos podem ser definidos, segundo o IDHEA[43] (2006), como:

> *"[...] artigos e/ou bens de consumo elaborados sem agredir o meio-ambiente e a saúde dos seres vivos, a partir do uso de matérias-primas naturais renováveis ou naturais não renováveis, mas reaproveitáveis, recicladas ou que impactem o mínimo possível durante seu processo de fabricação e pós-uso".*

Deixa-se claro, que ao se referir a esses materiais como *"ecológicos"*, não se pretende passar a informação de que estes sejam materiais que não causem impactos ambientais nenhum, e sim que estes podem ser utilizados como alternativas àqueles de alto impacto ambiental. Assim, o termo "material *ecológico*" é utilizado, neste trabalho, como referência aos materiais de baixo impacto ambiental e aos materiais alternativos criados a fim de se obter o mesmo, ou melhor resultado que os tradicionais, mas gerando o menor impacto possível ao meio ambiente.

Alguns materiais ecológicos já disponíveis no Brasil são: as ecotintas minerais a à base d'água, os ecovernizes, as resinas para revestimento de pisos, as resinas para isolamento térmico, as telhas *onduline*, dentre vários outros. Considera-se também como ecológicos, alguns materiais como o bambu, a terra e a madeira (quando proveniente de reflorestamento e manejo sustentável).

Algumas opções de 'tintas ecológicas' já são fabricadas no Brasil, sendo algumas delas, segundo VILLAÇA (2004) e FONTES (2005):

[43] IDHEA – *Instituto para o desenvolvimento da habitação ecológica* – instituto que atua através da prestação de serviços para a construção sustentável e reforma ecológica, e no desenvolvimento de produtos ecológicos. Disponível em www.idhea.com.br

- ***Ecotintas* minerais***,* com insumos de origem vegetal e mineral, não contêm solventes e permitem que haja a transpiração do vapor de água;
- **Tintas e texturas à base de terra crua**, substituindo pigmentos que contêm metais pesados;
- **Tintas à base d'água**, substituindo os solventes, tendo baixo teor de compostos orgânicos voláteis, que são nocivas à saúde.

Em relação às tintas minerais, FONTES (2005) apresenta uma restrição em sua aplicação, pois ela só pode ser aplicada em paredes que tiverem sido regularizadas com massa fina à base de cal, não podendo ser aplicada em paredes feitas com massa corrida ou acrílica. No entanto, essa é uma medida simples de ser resolvida, que não impossibilita seu uso, mas que precisa ser considerada.

A telha onduline, é uma 'telha ecológica' fabricada '*com uma monocamada de fibras vegetais (orgânicas), impregnada com betume sob pressão e calor intensos, não possuindo componentes que possam agredir o meio ambiente'*. Seu fabricante garante, ainda, que essa é uma telha leve, resistente, anticorrosão, de baixa transmissão térmica, impermeável, e muito durável, entre outras. Ela é certificada com 'selo verde' por alguns países europeus. (ONDULINE, 2003).

Outro tipo de cobertura ecológica já disponível são as produzidas com materiais reciclados como embalagens 'longa-vida' e com tubos de pasta de dente. VILLAÇA (2004) afirma que as oriundas dos tubos são compostas de 25% de alumínio e 75% de plástico, suportando até 250kg/m e têm baixa transmissão de calor.

Já existem também, tubulações de esgoto feitas de garrafas plásticas (PET) recicladas. Dessa forma, as garrafas são aproveitadas e ainda geram empregos para os catadores de embalagens (VILLAÇA, 2004).

Outro material produzido através de materiais reciclados é a 'madeira plástica', composta por diversos tipos de plásticos reciclados e fibras vegetais. FONTES (2005) cita como algumas de suas utilizações a construção de *decks*, colunas, guarda-corpos, corrimãos e mobiliários.

O bambu é uma opção que pode ser usada tanto em estruturas quanto nas paredes da edificação. Segundo VILLAÇA (2004), este material possui ótima resistência, crescimento

rápido e é de baixo impacto ambiental, mas sua origem precisa ser verificada, para evitar que estejam sendo extraídos de forma ilegal e inadequada.

A utilização de bambu, madeira e terra, em construções de pau-a-pique, adobe ou taipa, também são alternativas sustentáveis, que podem ser consideradas. Porém, VILLAÇA (2004) alerta que essas construções só valem a pena se a terra for retirada for retirada do próprio terreno ou de locais próximos, assim como a madeira e o bambu, que não devem percorrer longas distâncias para chega no local da obra. E a extração não deve ter impacto negativo no meio.

Apesar dos benefícios que os materiais ecológicos apresentam, ainda são várias as dificuldades encontradas no Brasil para sua implementação e para o seu reconhecimento através de *selos verdes*. ARAÚJO (2006) aponta que a falta de normalização e/ou legislação para estes fins, no Brasil, faz com que a criação e o reconhecimento desses materiais seja dificultada. O autor afirma ainda que "*as normas ambientais vigentes não garantem que uma empresa não seja poluidora, mas sim que a mesma busque soluções para seus resíduos e documente todas as ações que possam interferir no meio ambiente".*

ARAÚJO (2006) atenta que já existem centenas de produtos ecológicos no mercado, mas que ainda não possuem o devido reconhecimento, e afirma que o Brasil reúne todas as condições para ser um grande produtor de produtos ecológicos e reciclados, já que é o país mais rico do mundo em matérias-primas naturais renováveis, tem um lixo abundante que ainda é pouco aproveitado e possui milhões de toneladas de resíduos agrícolas e industriais mal contabilizados. Com isso, poderia, ainda, gerar inúmeros empregos e exportar grande parte desses produtos.

Assim, percebe-se um grande potencial desperdiçado por falta de educação ambiental e informação prática sobre o assunto, além, claro, de maiores investimentos no setor.

Enquanto os materiais ecológicos não são amplamente implementados no Brasil, de forma a serem comumente aplicados na construção civil, é fundamental que os materiais tradicionais, considerando, também, que muitos desses não possuem equivalentes ecológicos, sejam especificados de forma responsável, de forma a diminuir, ao máximo, seus possíveis impactos.

3.5. O LEED e os *Materiais e Recursos Naturais*

Sendo um dos objetivos deste trabalho estudar a importância da seleção dos materiais de construção, na fase de projeto, para a garantia da sustentabilidade do edifício, fica clara a necessidade de se conhecer mais profundamente a área do LEED de *Materiais e Recursos Naturais* (Anexo 3), elaborado por USGBC (2005). Essa área é composta de um pré-requisito e de 7 créditos, tendo a possibilidade de alcançar a pontuação máxima de 13 pontos.

O pré-requisito trata das formas de estocagem e coleta de materiais recicláveis para o edifício com a intenção de reduzir a quantidade de lixo, produzido pelos seus usuários, descartado de forma inadequada, a fim de dar a esse lixo o destino final adequado. O requerimento é que se crie uma área facilmente acessível que sirva para todo o edifício e seja dedicado à coleta e estoque do lixo reciclável, incluindo pelo menos a seleção de papel, vidro, plástico e metais. Esse pré-requisito não é uma pratica difícil de ser aplicada, no entanto é preciso que a cidade tenha um programa de reciclagem de lixo para que essa coleta seletiva seja eficaz, caso contrário, de nada ou pouco adianta a aplicação desse pré-requisito.

Os créditos requisitados nessa área estão resumidos a seguir com suas intenções, e estratégias para seu cumprimento, de acordo com a versão 2.2 do LEED (2005). Esses créditos tratam de questões que visam ao máximo a redução da geração de resíduos e do desperdício de materiais.

Crédito 1. Reuso do edifício. Este item pede que, quando possível, o edifício seja reaproveitado, reduzindo ao máximo a sua demolição. A intenção deste item é estender o ciclo de vida dos componentes do edifício existente, conservar recursos naturais, reduzir a geração de resíduos e o impacto ambiental causado pela demolição e construção de novos edifícios, já que estes demandam a fabricação de novos materiais, transporte, etc. Sugere-se para este item que seja considerado o reuso de edifícios já existentes, mantendo sua estrutura, fechamentos e elementos e sejam removidos elementos que causem algum risco aos usuários do edifício e melhorados os componentes que tragam eficiência energética e da água, como janelas, sistemas mecânicos e instalações hidráulicas.

Crédito 2. Gestão dos resíduos da construção. A intenção desse item é reverter os escombros da construção, demolição e limpeza do terreno, para áreas próprias, aterros e incineradores, enquanto que os materiais recicláveis e reutilizáveis devem ser enviados para seus locais apropriados ou para o processo de manufatura.

Crédito 3. Reuso dos materiais. A intenção deste item é que materiais e produtos sejam reutilizados na construção de edifícios, com o objetivo de reduzir a demanda de matérias-primas e de reduzir a geração de resíduos. Logo, reduzindo impactos associados à extração e processamento desses recursos. Para isso, deve-se: identificar oportunidades em incorporar materiais reaproveitados e/ou reciclados no projeto do edifício; pesquisar fornecedores potenciais de materiais e considerar o reaproveitamento de materiais como pisos, painéis, portas, caixilhos, mobiliário, tijolos e elementos decorativos.

Crédito 4. Conteúdo Reciclado. A intenção deste item é aumentar a demanda de produtos do edifício que contenham materiais reciclados em sua composição, reduzindo, assim, impactos resultantes da extração de matérias-primas. Algumas ações que devem ser tomadas nesse sentido são: estabelecer metas para utilizar materiais com conteúdos reciclados no empreendimento e identificar materiais e fornecedores que ajudem a atingir essas metas.

Crédito 5. Materiais Regionais. Esse item visa aumentar a demanda por materiais extraídos e fabricados na mesma região da obra, dando suporte ao uso de recursos nativos e reduzindo a necessidade de transporte.

Crédito 6. Materiais Renováveis. Neste sexto item é pretendido que seja reduzida a utilização de matérias-primas não-renováveis e os materiais que demandam longos ciclos para serem renovados, e que estes sejam substituídos por materiais de fácil renovação. É proposto que sejam estabelecidas metas na escolha de materiais facilmente renováveis e identificados produtos e fornecedores para este fim e que seja considerado o uso de materiais como bambu, madeira, linóleo, palha, cortiça, dentre outros.

Crédito 7. Madeira Certificada. Este item propõe que as matas sejam administradas de forma ambientalmente responsável e que se estabeleçam metas para a escolha de madeira certificada e identifiquem produtos e fornecedores que atendam essa determinação.

Alguns desses créditos não fazem parte das decisões que devem ser tomadas na fase de projeto de arquitetura, mas, mesmo assim, é importante que o arquiteto tenha conhecimento de suas exigências. Isso ocorre com o crédito 2 – Gestão de resíduos da construção, que cabe mais à fase de construção do edifício. No entanto, o arquiteto precisa ter conhecimento do quanto o material que está sendo especificado vem a gerar resíduos danosos ao meio ambiente, e como os responsáveis pela obra devem tratá-los.

Além dos requisitos da área de Materiais e Matérias-primas, existem outros que também devem ser considerados no momento da especificação de materiais para o edifício. É o caso do crédito 4, da área de *Qualidade do Ambiente Interno*, que sugere a seleção de materiais com baixa emissão de componentes voláteis.

Conhecidos os créditos e exigências do LEED, sente-se a necessidade de explorar e desenvolver maiores conhecimentos em torno de cada um dos aspectos exigidos por este sistema, no que diz respeito aos materiais de construção, tentando sempre tratar de questões que tenham relação com a realidade brasileira.

3.6. Considerações sobre o LEED e a especificação de materiais

A partir da necessidade de se conhecer as características dos materiais, para que se faça sua correta especificação, propõe-se, neste trabalho, que os aspectos LEED sejam considerados. Esses aspectos demandados pelo LEED, podem ser tanto aplicados na análise dos materiais no que diz respeito ao seu impacto ambiental, quanto podem servir de diretrizes gerais para o arquiteto nesta escolha, na fase de projeto, que é a principal proposta deste trabalho.

Em resumo, as principais exigências LEED para a escolha e tratamento dos materiais requerem que o arquiteto considere alguns cuidados como os citados a seguir, que serão a base para a formulação de diretrizes que serão propostas no capítulo seguinte. Os principais elementos a serem considerados são:

- reaproveitamento dos materiais e estruturas do edifício existente;
- materiais que não gerem resíduos danosos ao ambiente e/ou à saúde humana;

- previsão de tratamento aos escombros da construção, demolição e limpeza do terreno;
- seleção de materiais que possam ser reaproveitados e de fácil desmonte;
- seleção de materiais que possuam componentes reciclados em sua composição;
- uso de recursos nativos, reduzindo a necessidade de transporte;
- redução da utilização de matérias-primas não-renováveis;
- escolha de madeira certificada.

Acrescenta-se, ainda, a esta lista de ações, três itens que não são contemplados diretamente pelo LEED, mas que também possuem grande importância nesse processo de decisão dos materiais de construção a serem utilizados na edificação e que precisam ser considerados. São eles:

- **Durabilidade**: seleção de materiais que tenham longos ciclos de vida, e que sejam de difícil deteriorização.
- **Manutenção**: seleção de materiais que não precisem de constantes manutenções e reposições.
- **Energia Embutida**: seleção de materiais que não demandem muita energia em sua fabricação.

Conhecendo já, a importância da especificação dos materiais para a qualidade ambiental do edifício, além dos principais materiais utilizados na indústria da construção civil brasileira, suas características, principais impactos ambientais que causam, dentre outros aspectos, fica clara a necessidade de se considerar essas questões no momento da especificação dos materiais a serem aplicados no edifício. Para tal, propõe-se, no capítulo seguinte, algumas diretrizes que sirvam de auxílio ao arquiteto nessa tomada de decisão, baseadas nas exigências LEED e no que foi previamente estudado neste trabalho.

CAPÍTULO 04

Critérios para especificação de materiais com menor impacto ambiental

A geração de critérios para especificação de materiais de construção sustentáveis, no que diz respeito ao seu baixo impacto ambiental, tem como objetivo orientar os projetistas na melhor escolha possível de materiais, nesse sentido.

As informações apresentadas neste capítulo não pretendem ser conclusivas e nem definitivas. Consta apenas de uma proposta de auxílio à seleção de materiais com menor impacto ambiental, visto que existe uma escassez de dados neste sentido.

A fim de conhecer, na prática, os critérios que vem sendo adotados para a especificação dos materiais, por parte dos arquitetos que já têm como premissa de projeto os aspectos ambientais da sustentabilidade, foi realizada uma pesquisa de campo, que é descrita a seguir.

4.1. Pesquisa de campo: Critérios da especificação por parte de alguns arquitetos brasileiros

Sendo um dos objetivos deste trabalho saber quais os principais aspectos que devem ser considerados para a especificação de materiais de forma a reduzir, ao máximo, os impactos do edifício no meio ambiente, acredita-se ser importante conhecer as ações que já vêm sendo feitas a respeito disso, no Brasil. Daí o motivo da realização dessa pesquisa de campo.

Com essa pesquisa, será possível saber quais os aspectos considerados importantes pelos arquitetos – que já se preocupam com a preservação do meio ambiente através da arquitetura sustentável – na seleção dos materiais e quais são as principais dificuldades enfrentadas nessa escolha. Assim, pode-se entender, na prática, quais são as questões que já estão sendo levadas em conta na especificação do projeto no Brasil, e onde ainda é preciso evoluir nesse sentido.

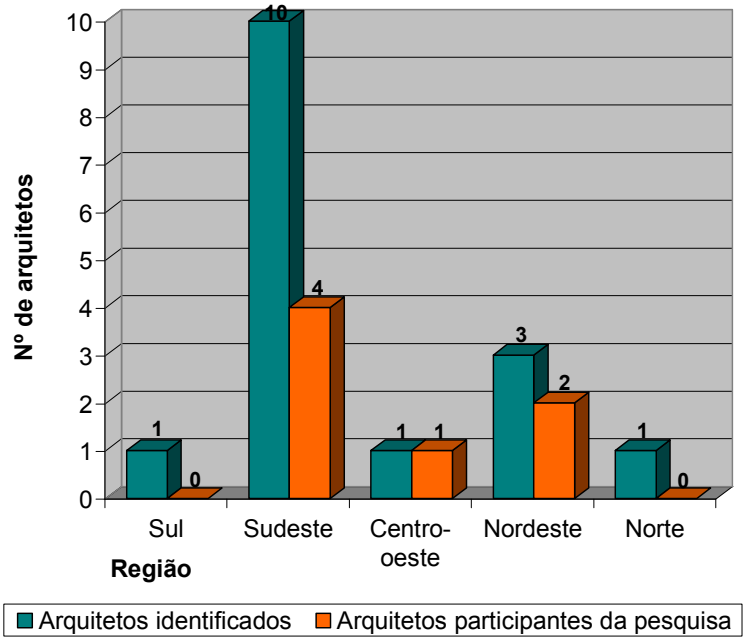
Para a realização da pesquisa de campo foram selecionados alguns arquitetos brasileiros, para quem foram enviados questionários com algumas perguntas em relação a seus critérios de especificação.

O critério utilizado para selecionar os arquitetos para participar da pesquisa foi que tivessem, em seu currículo e/ou na apresentação de suas características de trabalho em

suas páginas pessoais da internet, alguma evidência da sua preocupação em realizar uma arquitetura ambientalmente correta.

Para encontrar esses arquitetos foram consultados alguns órgãos como IAB[44] (Instituto Brasileiro de Arquitetos) e ANAB[45] (Associação Nacional de Arquitetura Bioecológica), sites de busca na internet e comunidades na internet com grupos de discussões em torno do assunto. Foram encontradas algumas dificuldades nessa busca, devido a pouca quantidade de arquitetos brasileiros que já aplicam conceitos de sustentabilidade ambiental em seus projetos, e mais ainda, pela falta de um banco de dados que os evidenciem.

Gráfico 1 – Arquitetos identificados por realizar arquitetura ambientalmente sustentável no Brasil e participantes da pesquisa.



44 No IAB, buscou-se arquitetos cadastrados na área de atuação em *Planejamento Ambiental e Arquitetura Eco-sustentável*. Dentre esses arquitetos, foram selecionados somente aqueles que apresentavam, realmente, alguma evidência de já ter feito ou de estar fazendo projetos baseados nos princípios ambientais da sustentabilidade.

O núcleo consultado foi o IAB - São Paulo, por ser o único que disponibiliza a categorização por área de atuação.

45 A maioria dos arquitetos selecionados foi encontrada através de referências feitas em artigos, cases, parceiros, colaboradores e links disponíveis na página oficial da ANAB. Além disso, foi feito contato telefônico com a associação em busca de indicações de arquitetos atuantes nesse setor. Através desse contato foram indicados alguns poucos arquitetos e a falta de indicações precisas disponíveis foi justificada pelo pequeno número de arquitetos atuantes nesse setor e por estes atuarem de forma pontual, isolada, dificultando a formação de grupos de referência.

Foram identificados cerca de dezesseis arquitetos dentro destes parâmetros, em diversos estados do país (Gráfico 1). Certamente, existem mais arquitetos no Brasil que se encaixam nesse grupo, mas, devido às dificuldades já mencionadas, estes não foram encontrados. Dentre os que foram identificados, conseguiu-se os meios de contato de, somente, doze deles. O contato com esses arquitetos foi feito através de e-mail, e alguns por contato telefônico. Dos doze consultados, apenas sete se dispuseram a participar da pesquisa, sendo esse, então, o universo da pesquisa.

4.1.1. Caracterização do grupo participante da pesquisa

Os arquitetos participantes da pesquisa[46] estão caracterizados no quadro 2, para que se possa conhecer seu tempo de atuação no mercado, seu nicho de atuação, seu tempo considerando questões ambientais em seus projetos e o estado e cidade em que trabalha.

Quadro 2– Caracterização dos arquitetos participantes da pesquisa

	Nicho de atuação	Tempo de atuação	Tempo que incorpora questões ambientais	Local de trabalho
Arquiteto A	Residencial, comercial e paisagismo. Consultoria em arq. Bioclimática e Sistemas sustentáveis.	16 anos	Desde 1999. 7 anos	Brasília, DF
Arquiteto B	Residencial, comercial, institucional, hotelaria e urbanismo.	20 anos	Desde 1986. 20 anos	São Paulo, SP
Arquiteto C	Residencial, escola, pousadas e ecovilas.	22 anos	Desde 1984 22 anos	Belo Horizonte, MG
Arquiteto D	Variado	30 anos	Desde 1993. 13 anos	Maceió, AL
Arquiteto E	Comercial, Residencial e lazer	25 anos	Desde 2001. 4 anos	Rio de Janeiro, RJ
Arquiteto F	Comercial, residencial e hoteleiro	36 anos	Não informado	Fortaleza, CE
Arquiteto G	Residencial e comercial	12 anos	Desde 2000. 6 anos	São Paulo, SP

46 Os arquitetos participantes da pesquisa serão identificados por letras, de forma a ter sua identidade preservada.

4.1.2. Ferramenta utilizada

A ferramenta utilizada para coleta de informações sobre as características de especificação de materiais por parte dos arquitetos consultados foi o **questionário**.

O questionário apresentado aos participantes foi composto de oito questões (anexo 4), sendo cinco objetivas e três subjetivas. Além dessas questões foi sugerido que cada um fizesse algum comentário que considerasse pertinente, em torno do assunto.

As questões objetivas foram formuladas para permitir uma comparação mais clara, entre os dados, ao final da pesquisa. Através das questões subjetivas desejou-se conhecer as diferentes visões de cada um, em relação ao assunto.

As duas primeiras perguntas do questionário foram formuladas com a intenção de saber desde quando e o que motivou esses arquitetos a incorporarem os princípios da sustentabilidade ambiental em seus projetos. A partir da terceira questão procura-se entender um pouco as características e princípios adotados por cada arquiteto no momento da especificação de materiais em seus projetos.

4.1.3. Análise dos principais resultados

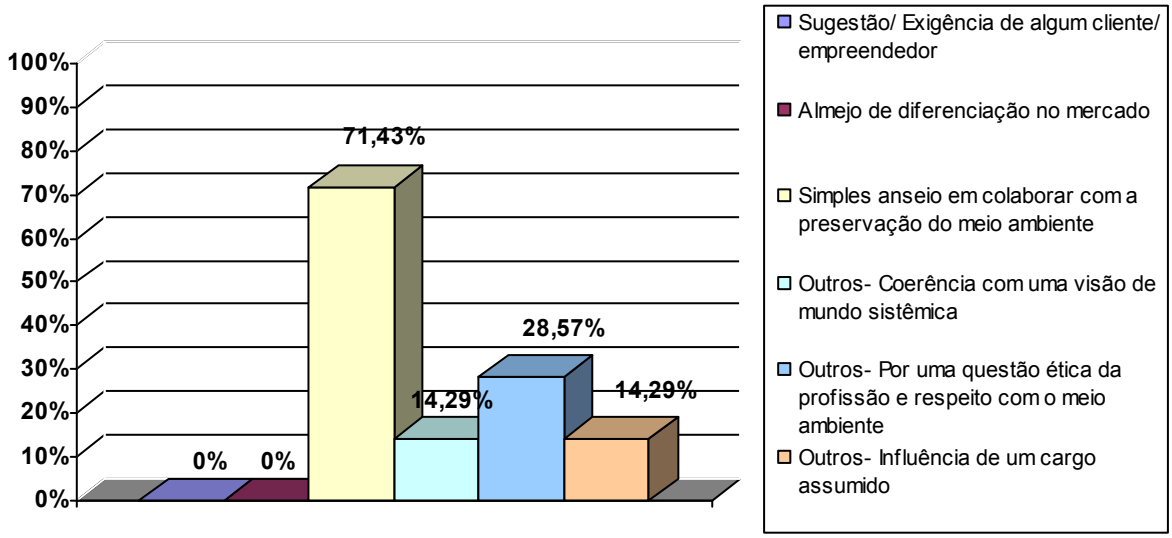
Todos os arquitetos participantes da pesquisa responderam às questões propostas, de forma que se pôde ter uma visão geral das principais características e dificuldades enfrentadas por esse grupo, dentro do assunto proposto. Alguns dos respondentes apresentaram diversos comentários extras em relação ao assunto em questão e ainda forneceram materiais informativos que auxiliaram no entendimento de suas colocações, e ainda serviram como bibliografia para este trabalho.

Ao serem questionados, na questão dois, sobre o que os motivou a incorporar os princípios de sustentabilidade (aspectos ambientais) em seus projetos (Gráfico 2), percebeu-se que a maioria foi motivada simplesmente pelo anseio em colaborar, da maneira que pode, com a preservação do meio ambiente. Outro motivo que foi colocado, por dois dos arquitetos, de forma livre, foi o fato de a *preservação ambiental consistir em questão ética da atividade profissional do arquiteto*.

A partir desse resultado percebe-se que a maioria dos arquitetos que já adotam as questões ambientais como premissa de seus projetos, o fazem com base na sua própria consciência de que podem e precisam fazer algo para colaborar com a preservação do planeta. O resultado mostra também que os clientes e empreendedores não exerceram nenhuma influência nessa postura, mostrando o quanto estes ainda não se encontram engajados com esta causa.

O almejo de diferenciação no mercado, também não foi um fator que os motivou a incorporar os princípios ambientais a seus projetos. Essa informação mostra que o projeto "ambientalmente correto" ainda não apresenta grande influencia na concorrência de mercado.

Gráfico 2 – Resultado da questão 2: *O que o motivou a incorporar os princípios de sustentabilidade (aspectos ambientais) em seus projetos?*



Nessa questão 2, os arquitetos puderam citar mais de um motivo que os levou a incorporar os principios de sustentabilidade em seus projetos. A porcentagem apresentada revela o quanto cada opção foi mencionada.

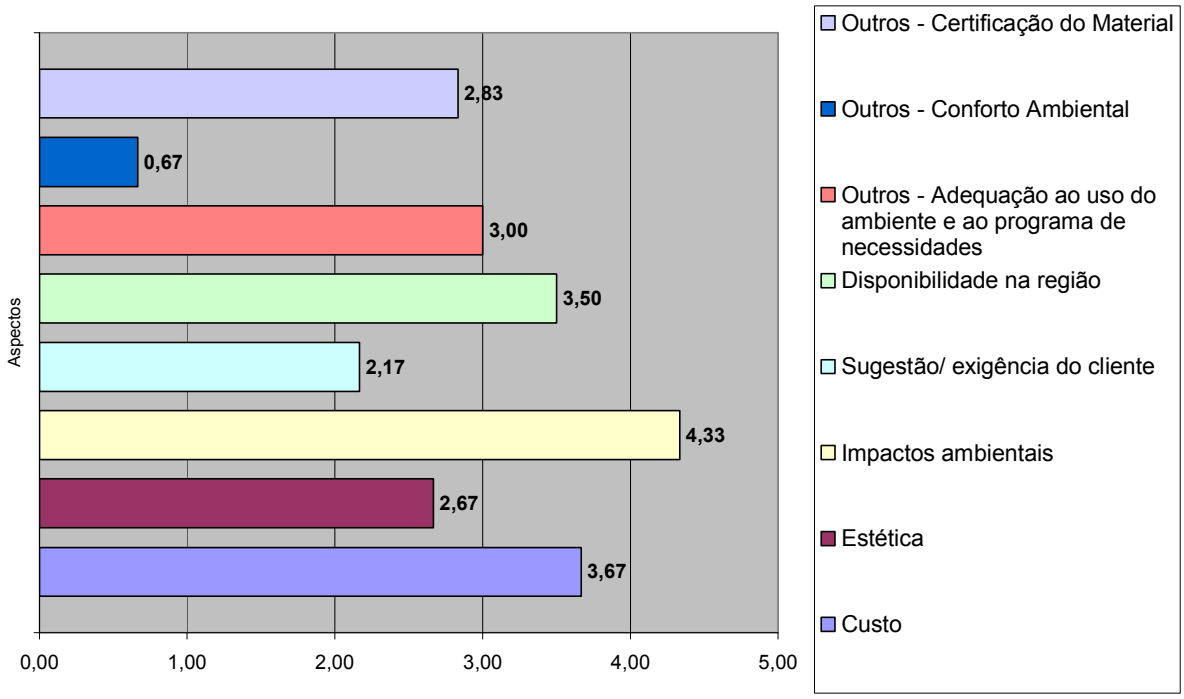
A fim de entender o que mais influencia nas decisões dos materiais a serem aplicados em seus projetos, os arquitetos foram perguntados sobre quais os critérios utilizados para a especificação de materiais (Gráfico 03). Os resultados para essa pergunta foram os mais diversos, sendo que o impacto ambiental dos materiais foi o critério selecionado como o mais importante pela maioria.

Outro critério que os arquitetos mencionaram que exerce bastante influência na decisão dos materiais é o custo dos mesmos, seguido da sua disponibilidade na região.

Esse resultado mostra que esses arquitetos dão preferência aos materiais com menor impacto ambiental e que possuem o melhor custo-benefício. O fato de considerarem a utilização de materiais disponíveis na região é um ponto positivo, pois evita gastos desnecessários com transporte, e a poluição gerada por este.

A *adequação do material ao uso do ambiente e ao programa de necessidades do projeto*, foi apontada de forma espontânea por alguns arquitetos. Este critério ficou classificado como sendo o quarto mais importante no processo de escolha, comparado aos demais. No entanto, levanta-se que dos três arquitetos que o mencionaram, os três apontaram este como sendo o critério **mais importante** a ser considerado. Isso mostra que este é, realmente, um item fundamental a ser atendido na especificação de materiais. Pouco adianta escolher materiais de baixo impacto ambiental se estes não atenderem às necessidades a que se propõem. Por esta lógica, acredita-se que este critério de escolha só não se apresentou como sendo o primeiro mais importante, porque não constava entre as opções disponíveis no questionário.

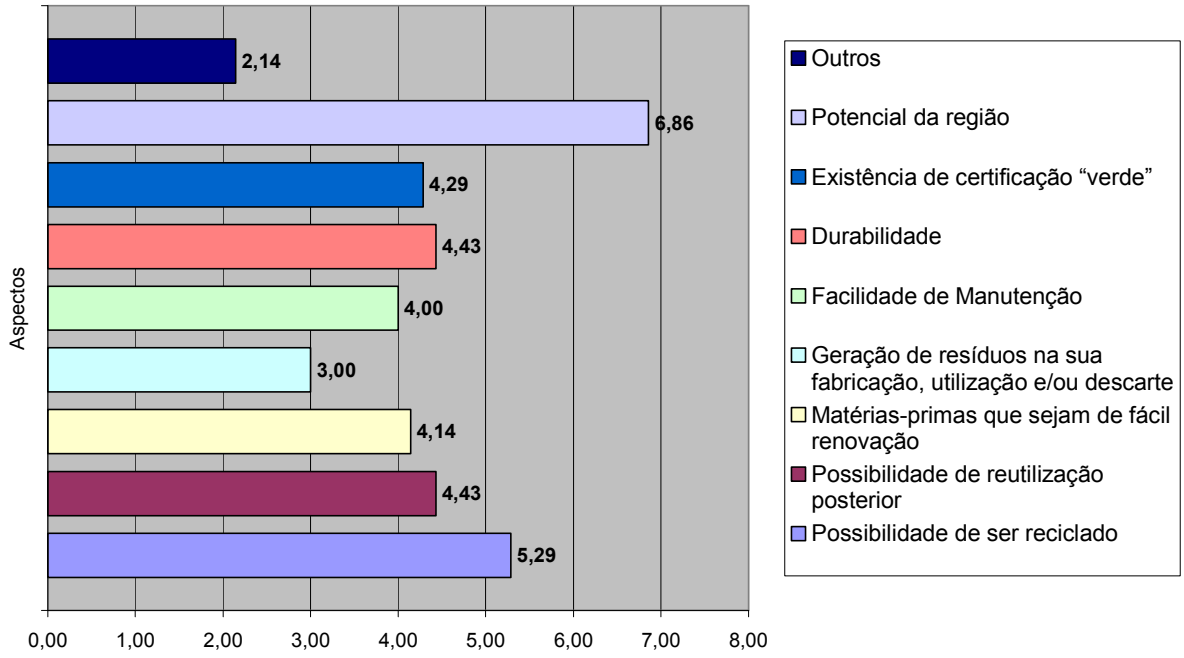
Gráfico 3 – Resultado da questão 03: *Quais seus critérios para a especificação de materiais?* (5 = mais importante e 1 = menos importante).



A influência que os materiais exercem sobre o conforto ambiental do edifício foi mencionada por apenas um arquiteto como sendo importante no auxilio a decisão, e mesmo assim, o peso dado para este critério foi baixo. Esta constatação é, de certa forma, preocupante, pois aparenta que mesmo por esses arquitetos, a estética ainda é considerada mais importante do que o conforto ambiental que o material pode ajudar a proporcionar.

Os impactos ambientais dos materiais foram apontados como os critérios mais importantes a serem considerados na escolha dos materiais. Porém, esses impactos são causados por diversos fatores ao longo do ciclo de vida dos materiais. Os arquitetos foram, então, perguntados sobre quais desses fatores consideram de maior importância na seleção dos materiais, a fim de minimizar os impactos causados por estes (Gráfico 4).

Gráfico 4 – Resultado da questão 4: Sabe-se que são diversos os impactos ambientais causados ao longo do ciclo de vida dos materiais. A fim de minimizar esses impactos, quais os principais aspectos que considera na decisão pelos materiais? (9 = mais importante e 1 = menos importante).



Dentre as diversas opções apresentadas, a que foi apontada como o principal aspecto a ser considerado foi o potencial da região. Esta resposta mostra que esses arquitetos estão preocupados em utilizar materiais regionais, reduzindo a necessidade de transporte por longas distâncias e, ainda, beneficiando a produção local. Esse é, também,

um dos aspectos mais fáceis de ser colocado em prática, e que auxilia consideravelmente na diminuição dos impactos ambientais gerados pela escolha dos materiais.

O grupo de arquitetos consultados destacou que a possibilidade de o material ser reciclado é outro aspecto importante que consideram ao fazer a especificação para seus projetos. Essa atitude é bastante positiva, pois, dessa forma, diminui-se a necessidade de extração de novas matérias-primas.

Os demais aspectos foram classificados, praticamente, sob o mesmo grau de importância, sendo que, a durabilidade dos materiais e a possibilidade de reutilizar os materiais posteriormente, foram considerados mais relevantes.

Percebe-se, nos resultados do gráfico 4, que um dos aspectos que é menos levado em consideração, pelos arquitetos, é a geração de resíduos dos materiais. Deve-se manter atento para esta questão, já que, muitas vezes, os resíduos podem apresentar sérios riscos à saúde humana e ao meio ambiente.

Ainda na questão 4, foi perguntado se, na prática, alguns dos aspectos apresentados são difíceis de ser considerados no momento da decisão dos materiais. As respostas obtidas foram bastante diversas, mas os principais problemas citados foram:

- a dificuldade em encontrar materiais com certificação verde;
- a dificuldade em se obter materiais oriundos de matérias-primas de fácil renovação;
- a dificuldade em utilizar materiais considerando a possibilidade de sua reutilização posterior.

Alguns comentários foram feitos a respeito dessas dificuldades. O arquiteto *E* comenta que os aspectos citados não são de difícil aplicação, porém, no Brasil, a oferta de produtos “sustentáveis” é mínima, o que faz com que sua aplicação seja muito dificultada.

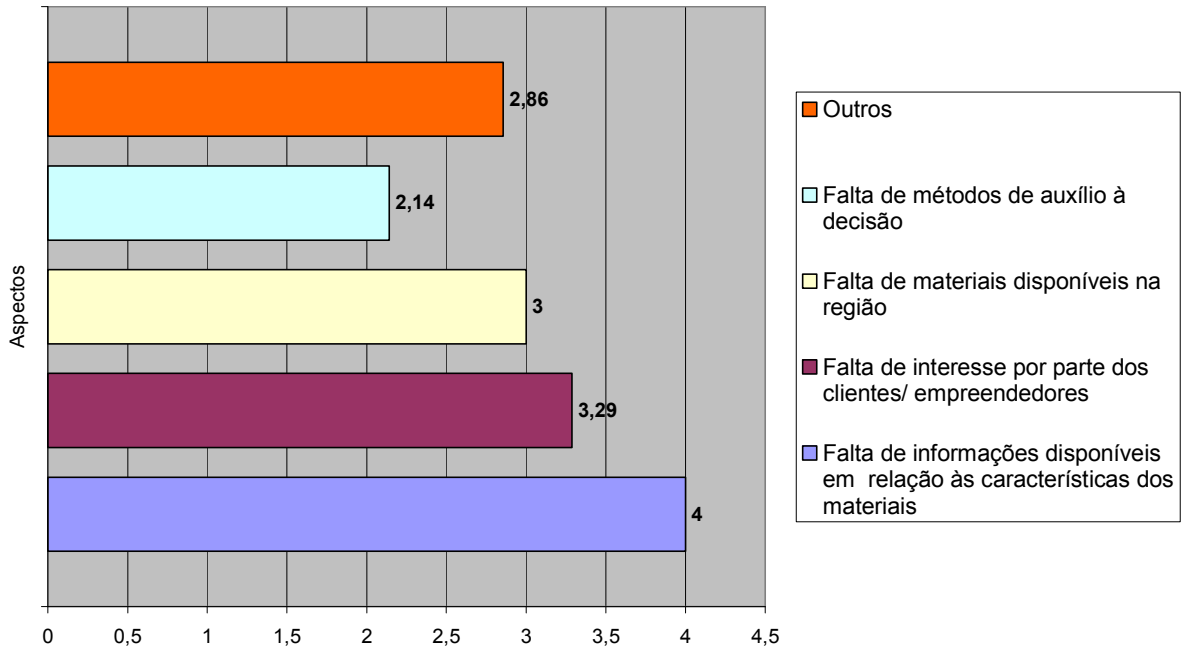
Sobre os materiais certificados, o arquiteto B acrescenta que estes são muito difíceis de serem utilizados por considerá-los raros e caros. E conta, ainda, que isso se aplica principalmente às madeiras, e que, por esse motivo, tem utilizado em seus projetos outras alternativas, como os laminados.

O arquiteto *C* levanta que o mais difícil é compatibilizar todos esses aspectos e sugere que estes sejam priorizados de acordo com o que for mais conveniente para cada projeto e para cada situação.

Na questão 5 (Gráfico 05) pretendeu-se saber quais as principais dificuldades, no geral, que esses arquitetos enfrentam no momento da especificação de materiais tradicionais que sejam de baixo impacto ambiental. E a principal dificuldade apresentada foi a falta de informações disponíveis em relação às características dos materiais.

Vale ressaltar que, as informações sobre as características dos materiais existem, porém, não são sistematizadas de forma acessível a todos. O resultado dessa questão comprova isso. E quando se trata de informações, sobre o desempenho ambiental dos materiais, destinadas ao auxílio da tomada de decisão, se tornam ainda mais difíceis de serem encontradas.

Gráfico 5 – Resultado da questão 5: *Quais as principais dificuldades que enfrenta na seleção de materiais de baixo impacto ambiental?* (5 = mais importante e 1 = menos importante).



Outras dificuldades que receberam pesos altos na pesquisa foi a falta de interesse por parte dos clientes e empreendedores em aplicar materiais de pouco impacto ambiental em seus empreendimentos e também a falta de materiais disponíveis na região.

Um dos arquitetos fez um pertinente comentário sobre a postura que o arquiteto deve ter em relação a seus projetos:

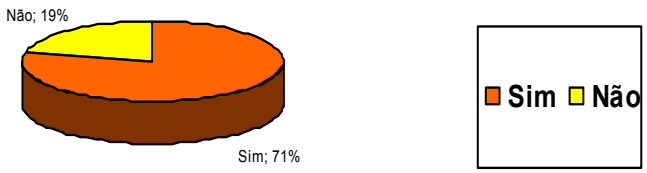
> "*Temos que muitas vezes embutir de forma camuflada os elementos (ambientais no projeto). Pois muitas vezes os envolvidos nos processos não têm consciência (da necessidade de aplicar as questões ambientais), assim, para não parecer 'papo de arquiteto' aplicamos as soluções incorporadas a arquitetura de tal maneira como se fosse natural ao projeto, sem grandes questionamentos[...]*".

Enquanto todos os envolvidos no processo, incluindo clientes, empreendedores, fabricantes, projetistas, construtores, etc, não estiverem engajados nessa causa, a melhor forma de o arquiteto consciente agir é mesmo '*camuflando*' suas decisões no projeto em busca da arquitetura sustentável, fazendo dessas decisões, algo comum, que já faz parte de seus princípios.

Ainda na questão 5, a opção *outros* foi bastante mencionada e recebeu peso alto. Para esta opção foram apresentadas as seguintes dificuldades por alguns respondentes: *"Falta de uma política com benefícios fiscais e financiamentos com taxas mais baixas a empreendimentos sustentáveis*" e a falta de mão de obra especializada em tecnologias sustentáveis em locais distantes das capitais.

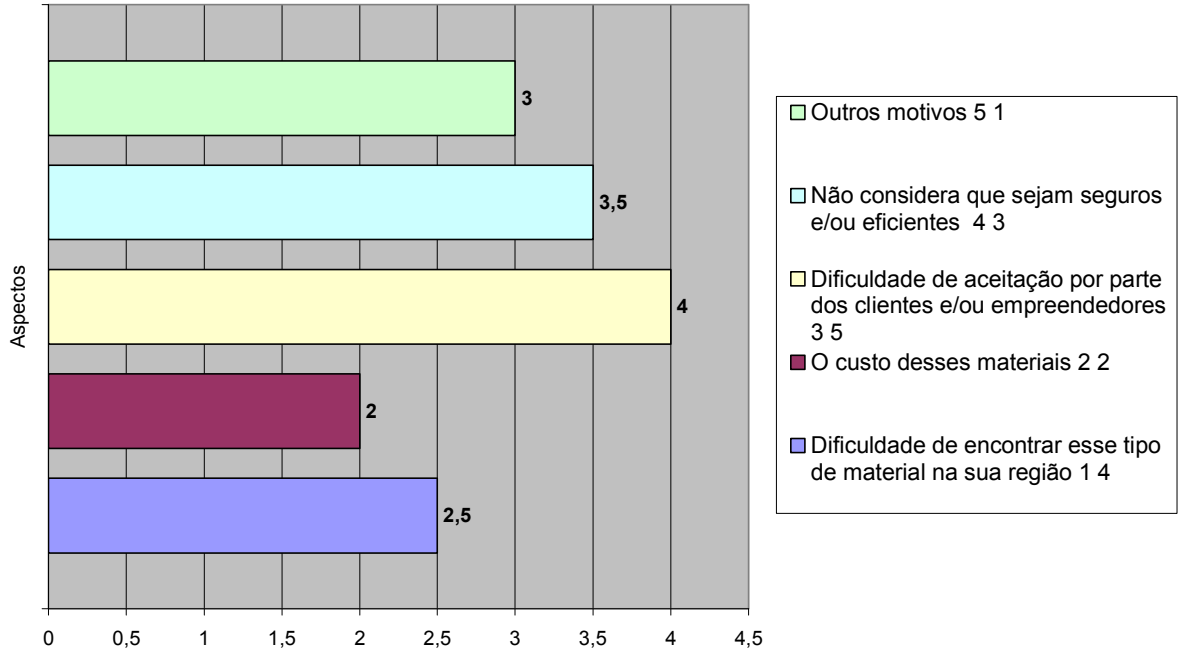
Em relação aos materiais alternativos, ditos "ecológicos", a grande maioria revelou já especificar esses materiais em seus projetos (Gráfico 06), sendo alguns deles: as tintas com pigmentos minerais; tintas a base d'água; telhas *onduline*, telhas de material plástico reciclado; tijolos de solo-cimento; concreto reciclável; forros em placas de papel reciclado de caixa *tetra pak;* talo de babaçu; bambu; madeiras certificadas, etc.

Gráfico 6– Resultado da questão 6: *Costuma especificar materiais alternativos, ditos "ecológicos", para seus projetos?*



Já os arquitetos D e G não costumam especificar esse tipo de material, principalmente, por ser de difícil aceitação por parte dos clientes e empreendedores, e por perceberem certa dificuldade em encontrar esses materiais em sua região. Outros motivos apontados foi a falta de materiais desse tipo com durabilidade, qualidade, estética e preço compatíveis aos materiais tradicionais e a ausência de informações técnicas. Os outros possíveis motivos apresentados a eles foram classificados conforme apresentado no gráfico 07.

Gráfico 7 – Complemento de resposta para questão 06: *Por que não costuma especificar materiais alternativos, ditos "ecológicos", para seus projetos?* (5 = motivo mais importante e 1 = motivo menos importante).



Ao analisar esses resultados, pode-se perceber que o principal motivo para a não-utilização dos materiais ecológicos é a falta de informações a seu respeito. Seja por parte do cliente, que muitas vezes nem sabe da existência desses, seja por parte do arquiteto que ainda tem muitas dúvidas sobre a real eficiência desses materiais.

Para se ter conhecimento da importância que os arquitetos participantes da pesquisa dão à especificação dos materiais em seus projetos, lhes foi perguntado: *qual a influência que a especificação dos materiais exerce no seu ato de projetar?*

As respostas obtidas foram bastante divididas. Metade dos consultados tem essa decisão como sua principal diretriz de projeto. Ou seja, consideram que a partir da seleção dos materiais, e claro, da implantação do edifício, é que as outras soluções são dadas. Já a outra parte dos consultados acredita que a especificação seja um item muito importante, mas que é uma conseqüência das decisões e dos conceitos já adotados para o projeto. Além dessas duas, existe uma terceira opinião, que é dada por um dos arquitetos questionados, que acredita que essa influência seja muito pequena. Muito provavelmente por acreditar que as demais decisões são mais relevantes a ponto de ter influência em seu projeto.

Um dos arquitetos afirmou que os materiais e tecnologias que utiliza, inferem diretamente nos sistemas de modulação e, mesmo, na construção do edifício. Sendo a especificação, então, a base para seu projeto e para a obra em si.

Outro comentário interessante foi feito pelo arquiteto *G* que diz que a especificação dos materiais *"é um item muito importante do projeto, pois grande parte da decisão está a cargo do arquiteto, e tal decisão irá repercutir em custos financeiros e ambientais, além de influenciar no comportamento dos indivíduos e suas relações"*. Foi levantado também, que a especificação de materiais com menores impactos ambientais é algo que já deve estar incorporado às atividades comuns do arquiteto.

Finalizando, os participantes da pesquisa foram questionados sobre a necessidade de diretrizes para o auxílio na seleção dos materiais de baixo impacto ambiental. A grande maioria revela acreditar que a utilização de diretrizes é uma forma interessante de auxílio ao arquiteto no momento de sua decisão.

4.2. Recomendações para seleção de materiais

Os dados em torno dos impactos causados pelos materiais de construção, ainda não estão amplamente disponíveis, principalmente no Brasil, o que dificulta que os arquitetos tenham conhecimento sobre as características de desempenho ambiental desses materiais. Assim, espera-se que o arquiteto entenda quais os fatores que influenciam nesse desempenho e saibam, pelo menos, quais informações devem buscar sobre os materiais, ou

seja, que eles saibam “fazer as perguntas necessárias” ao considerar a seleção dos materiais a serem especificados em seus projetos. Assim, apresenta-se algumas das principais diretrizes que devem ser consideradas no momento da especificação dos materiais, na fase de projeto.

A base utilizada para fazer essas recomendações foi o LEED, a pesquisa bibliográfica realizada e o resultado da pesquisa com os arquitetos. Através desse material pôde-se perceber quais as principais preocupações que o arquiteto deve ter no momento da escolha dos materiais de construção e, a fim de auxiliá-lo nessa decisão, propõe-se as diretrizes apresentadas a seguir.

- **reaproveitamento dos materiais e estruturas do edifício existente**: Analisar o edifício existente para saber se alguns de seus materiais podem ser reutilizados, reaproveitados ou reciclados.
- **materiais que não gerem resíduos danosos ao ambiente e/ou à saúde humana**: Selecionar materiais que não gerem resíduos danosos ao meio ambiente e/ou à saúde humana. Esses resíduos podem ser gerados tanto na produção dos materiais como em seu uso, podendo ser prejudicial á saúde dos usuários do ambiente.
- **previsão de tratamento aos escombros da construção, demolição e limpeza do terreno**: Deve-se prever o tratamento dos resíduos de demolição e construção do edifício e providenciar limpeza do terreno para início da obra. Tomar como base a Resolução CONAMA 307.
- **seleção de materiais que possam ser reaproveitados e de fácil desmonte**: Selecionar materiais que possam ser reaproveitados e facilmente desmontados posteriormente. Principalmente, se houver intenção de fazer mudanças de uso do edifício e/ou reformas ao longo do tempo.
- **seleção de materiais que possuam componentes reciclados em sua composição**: Selecionar materiais compostos por elementos reciclados. Considerar o uso de eco-produtos, ou materiais ecológicos, de baixo impacto ambiental.
- **uso de recursos nativos, reduzindo a necessidade de transporte**: procurar conhecer quais são os materiais fabricados na região, e arredores.
- **redução da utilização de matérias-primas não-renováveis**: Dar preferência aos materiais provenientes de matérias-primas renováveis. Evitar, principalmente, aqueles com matérias-primas não renováveis e que não sejam recicláveis.

- **escolha de madeira certificada**: Especificar madeiras que sejam certificadas, provenientes de reflorestamento. Considerar a certificação FSC.
- **durabilidade dos materiais**: Considerar a durabilidade dos materiais de forma a evitar a necessidade de troca de peças e/ou reposições ao longo do tempo.
- **facilidade de manutenção**: Selecionar materiais que não precisem de constante manutenção, e se for preciso que seja fácil de fazê-la.
- **escolha de materiais com baixa energia embutida**: Considerar a energia incorporada no material a ser especificado. Evitar aqueles que demandem muita energia em sua produção

A partir dessas diretrizes, foi elaborado um fluxograma, em forma de passo-a-passo, para servir como uma ferramenta de auxílio à decisão para ser utilizada por arquitetos no momento da especificação de materiais (figura 5).

As recomendações propostas devem ser atendidas considerando as características de cada caso. Dificilmente será possível atender a todos os aspectos sugeridos, mas quanto mais se conseguir atender, certamente, menos impactos ambientais estarão sendo gerados.

PASSO 01: Possibilidade de reutilização de materiais

Ao iniciar a especificação, já na etapa de estudo preliminar, o primeiro passo a tomar é verificar as possibilidades de aproveitar materiais já utilizados.

Essa ação visa a diminuir a necessidade de fabricação de novos materiais.

Checada essa possibilidade, continua-se a especificação, indo para o passo seguinte.

PASSO 02: Relação com o uso do edifício

Nesse segundo passo, deve-se levantar qual será o **tipo de uso** que o edifício terá, definindo quais dos seguintes aspectos serão priorizados: a flexibilidade, a durabilidade, ou a praticidade do edifício. Essas considerações devem ser feitas ainda na etapa de estudo preliminar.

Dependendo dessa decisão deve-se optar por determinados grupos de materiais, conforme indicado na figura.

Mas ainda é preciso analisar os possíveis impactos desses materiais. Para tal, segue-se para o passo seguinte.

PASSO 03: Recomendações para reduzir possíveis impactos ambientais dos materiais

Definido o(s) uso(s) do edifício e o(s) grupo(s) de materiais que melhor se adequem a ele, recomenda-se procurar quais os materiais disponíveis na região em questão, que também esteja de acordo com a necessidade proposta.

Essa atitude é de **extrema importância**, pois pouco adianta especificar material de baixo impacto ambiental, se este terá que ser transportado por longas distâncias, provocando altas liberações de Co2 e gastos de energia.

Conhecidos esses materiais, deve-se tentar escolher aqueles que atendam, o máximo possível, as recomendações propostas na figura.

Essas decisoes devem ser tomadas na etapa de anteprojeto de arquitetura, devendo ser mais detalhadas nas etapas seguintes.

Sabe-se da dificuldade em atender a todas as recomendações, por isso, sugere-se atender àquelas que forem possíveis de acordo com o cada caso.

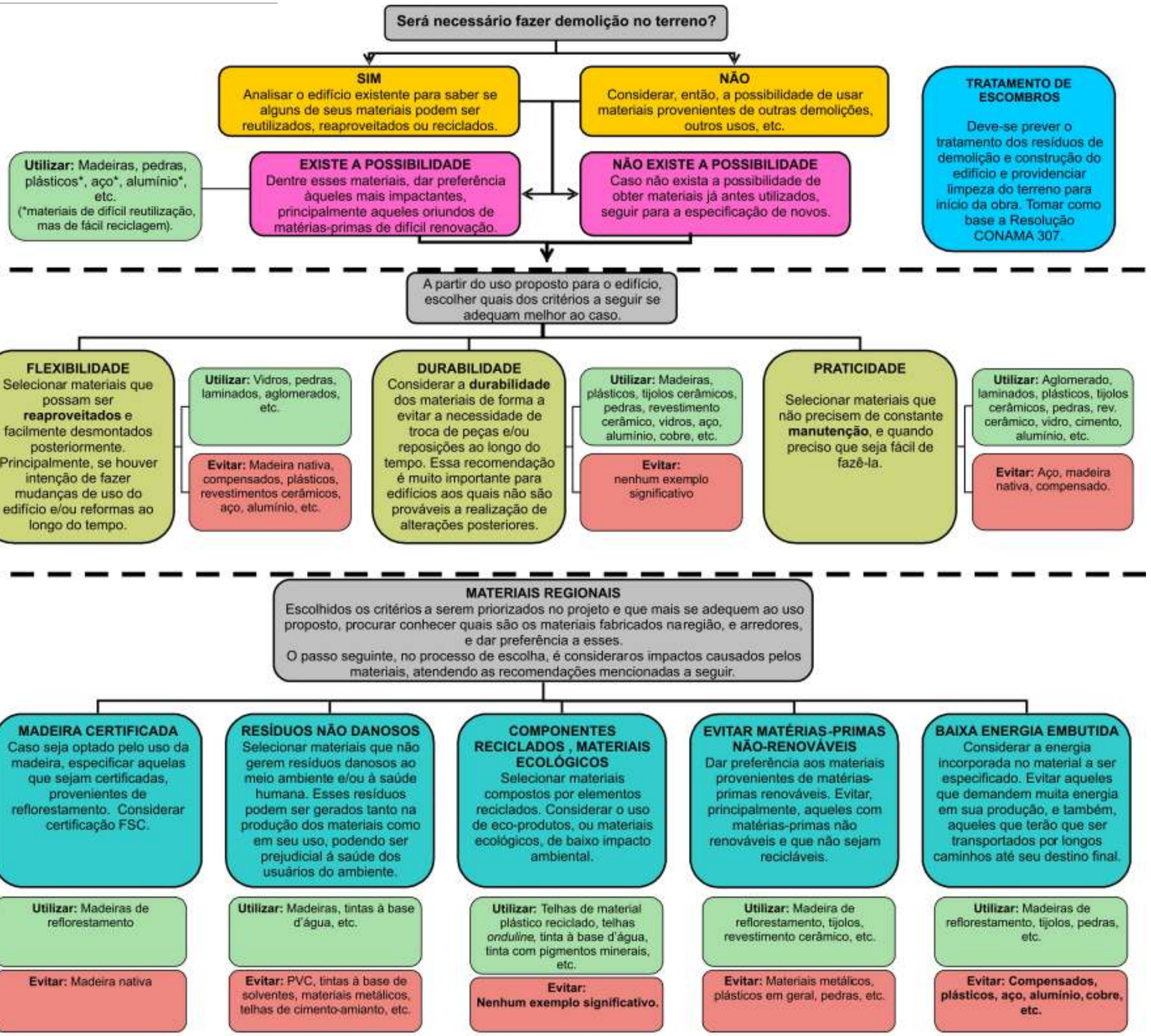


Figura 5 – Recomendações para seleção de materiais para um projeto de arquitetura sustentável

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Atualmente, não é difícil perceber o quanto as ações humanas, alteram, na maioria das vezes de forma negativa, as características do planeta. Fica cada vez mais clara a necessidade de se tomar alguma atitude para mudar o quadro caótico instalado.

A indústria da construção civil é uma das atividades humanas que mais modifica as condições do planeta, gerando grandes impactos no meio ambiente. Impactos esses que, na grande maioria das vezes, vêm sendo ignorados pelos diversos agentes dessa indústria.

Considerando que o projeto do empreendimento e, mais especificamente, o projeto arquitetônico das edificações é parte essencial da construção e que possui enorme influência no resultado final, fica claro que é nesta fase que as principais decisões devem ser tomadas, incluindo aquelas referentes aos aspectos da sustentabilidade ambiental.

Esse trabalho teve como objetivo principal apresentar algumas diretrizes para a seleção dos materiais de construção, considerando sua influência na sustentabilidade ambiental do edifício. Os impactos provocados pelos materiais de construção vão desde a extração, quando recursos naturais são retirados da superfície terrestre, até a sua destinação final. Além disso, a manipulação dos materiais provoca a liberação de resíduos que podem ser prejudiciais à saúde humana e a todo o meio. Dessa forma, entende-se ser imprescindível realizar a especificação de materiais de forma consciente.

Algo que se revelou importante ao longo do trabalho, foi que pouco adianta especificar materiais de forma ambientalmente correta, se decisões importantes a respeito da sustentabilidade do edifício, não forem tomadas ao longo de todo o processo de desenvolvimento do projeto arquitetônico, desde a concepção do empreendimento. Assim, ficou clara a necessidade de apontar como deve se dar o processo de projeto do empreendimento (PP) e sua gestão, visando a sua sustentabilidade. Para tal, foi apresentado um modelo de PP e como alguns aspectos, em vista a sua sustentabilidade ambiental, devem ser pensados em cada uma de suas fases, formando o que se chama de processo de projeto integrado (PPI). Dentre esses aspectos está a correta seleção do terreno, a implantação do edifício, a gestão da água, de energia, escolha dos sistemas e tecnologias, etc.

Sabe-se que as dificuldades enfrentadas ao longo de um PP são grandes, e se tornam ainda maiores no PPI. Mas, se o processo for gerenciado de forma adequada,

considerando as questões certas, nos momentos certos, essas dificuldades serão amenizadas e os resultados muito positivos.

Todos os agentes do PP – arquitetos, empreendedores, clientes, demais projetistas, engenheiros, etc. – devem estar atentos a necessidade de mudança de valores para conseguir alcançar o PPI. Com a equipe toda integrada e buscando os mesmos objetivos, torna-se muito mais fácil de se obter um produto mais eficiente no final. Não se quer dizer que será impossível ao arquiteto agir de forma consciente em seu projeto, caso alguns desses agentes não esteja compromissado em produzir edifícios ambientalmente corretos. Porém, isso torna o processo todo mais difícil, e, certamente, o resultado final não será tão satisfatório.

O projeto de arquitetura, que constitui uma das fases do processo de projeto, vai ser diretamente influenciado pelas decisões tomadas nas fases anteriores. E, principalmente, as suas soluções devem estar baseadas nos aspectos ambientais da sustentabilidade. A especificação de materiais, dentre outras questões, é uma dessas soluções que cabe a esta fase.

Ao conceber o projeto, o arquiteto deve considerar todo o ciclo de vida de vida do edifício e seus componentes, de forma a fazer as escolhas menos impactantes possíveis em cada etapa. Porém, uma dificuldade que se apresenta é a falta de informação em torno desse assunto. Acredita-se que muitos arquitetos não projetem de forma ambientalmente correta, por simples desconhecimento de como o fazer.

Sentiu-se, então, a necessidade de utilizar alguma ferramenta que fornecesse as informações necessárias para um edifício ser considerado ambientalmente sustentável, de forma a conhecer quais ações devem ser tomadas, nesse sentido, na fase de projeto. Assim, decidiu-se por utilizar o sistema de avaliação ambiental LEED como fonte dessas informações. Apesar desse sistema ser destinado à avaliação de edifícios, sua utilização também pode ser destinada ao auxílio de projetos, e isso ocorre, justamente, através das informações que ele dispõe, servindo como *inputs* para todo o processo de projeto, e para o projeto de arquitetura como foi o caso neste trabalho.

Através da associação do LEED com as etapas de projeto de arquitetura pôde-se ter uma visão geral de quais são as decisões que devem ser tomadas nessa fase e quando elas devem ser tomadas. Contudo, somente essa relação ainda não pareceu suficiente para servir como uma ferramenta-auxilio de projeto eficiente, servindo mais como uma base de informações gerais. Para fazer as melhores escolhas de projeto, é

preciso que o arquiteto tenha informações mais aprofundadas em relação a cada uma das decisões que devem ser tomadas em um projeto integrado, como eficiência energética, eficiência da água, seleção dos materiais, etc.

Assim, neste trabalho, foram mostrados alguns aspectos que devem ser considerados para a correta especificação dos materiais, desencadeando na proposta de algumas das principais diretrizes que devem ser atendidas nessa escolha. Mesmo que não sejam informações aprofundadas sobre o desempenho ambiental dos materiais, estas diretrizes servem para que o arquiteto saiba, ao menos, com que questões deve se preocupar, e saiba o que deve pesquisar em relação aos materiais que está escolhendo. A proposta de diretrizes é uma forma de levar ao arquiteto algumas dessas informações.

Todos os aspectos mencionados nas diretrizes são muito importantes, no entanto, é extremamente difícil considerá-los em sua totalidade e até mesmo definir quais desses são mais importantes. O que se deve fazer é analisar a situação em questão e aplicar todos os aspectos que forem possíveis a cada caso. Cada arquiteto terá que escolher os critérios que irá priorizar e usar o bom senso para decidir quais recomendações deve seguir, dependendo da situação.

Para se basear em questões mais técnicas na decisão por quais aspectos priorizar, além de somente utilizar sua intuição, o arquiteto poderia fazer uso de alguma ferramenta, como por exemplo, uma matriz de prioridades, através da qual ele conseguiria ver o que deveria ser priorizado para cada caso. Portanto, fica a proposta de serem criadas matrizes para este fim, em trabalhos futuros.

Seguramente, existem diversos outros aspectos a serem considerados na especificação de materiais para um edifício sustentável, além dos citados neste trabalho. Através das diretrizes propostas, buscou-se dar um panorama geral dos principais pontos a serem considerados pelos arquitetos, no momento da especificação dos materiais em seus projetos.

A pesquisa com alguns arquitetos brasileiros, com reconhecida atuação na área da arquitetura ambientalmente correta (sustentável) demonstrou, que a maioria destes realiza seus projetos, mais por intuição do que por ter recebido alguma formação técnica e específica nesse sentido.

Portanto, entende-se que é preciso inserir na formação profissional as bases para a produção de uma arquitetura ambientalmente correta.

Deixa-se então, a sugestão, para trabalhos futuros, para que seja desenvolvida alguma metodologia para o ensino de projeto arquitetônico nas faculdades de Arquitetura, na qual as questões de sustentabilidade devem ser aplicadas, não só no seu aspecto ambiental, como também social e econômico. Dessa forma os ‘novos arquitetos’ já iniciariam suas carreiras executando ‘projetos sustentáveis’ como sendo algo natural de sua profissão.

Espera-se que logo as questões de sustentabilidade sejam respeitadas e estejam sendo aplicadas ao projeto de forma intrínseca e grave, como já vem acontecendo com as questões de conforto ambiental e eficiência energética.

BIBLIOGRAFIA

ADEME. ***Bâtiment et demarche HQE***. 2004. Disponível em www.ademe.fr . Acessado em 04/09/2006.

ADDENDA – College d'experts. ***Assistance Maïtrise d'Ouvrage – Optimisation Energétique et Environnementale des Bâtiments***. 2006. Disponível em: www.addenda.fr . Acessado em 24/08/2006.

AFONSO, Cíntia M. **Sustentabilidade: caminho ou utopia?** 1. ed. São Paulo: Annablume. 2006.

AMBIENTE-BRASIL. Portal da Internet. Disponível em www.ambientebrasil.com.br. Acessado em 04/08/2006.

ARAÚJO, Márcio A. **Produtos ecológicos para uma sociedade sustentável**. 2006. IDHEA – Instituto para o Desenvolvimento da Habitação Ecológica. Artigo. Disponível em www.idhea.com.br/artigos2.asp . Acessado em 11/11/2006.

ARQUITETURA ECOLÓGICA: O novo tom da arquitetura. Editora Flex, São Paulo. Disponível em: www.flexeventos.com.br/artigos_arqecologica. Acessado em: 04/12/2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS FABRICANTES DE CHAPAS PARA DRYWALL. **Meio Ambiente**. 2005. Disponível em: www.drywall.org.br . Acessado em 10/01/2007.

AUSTIN ENERGY. ***Green Building Program.*** Disponível em www.austinenergy.com . Acessado em 26/06/2006.

BARRETO, Guilherme J.M.;CARNEIRO, Christian A.G.V.; QUELHAS, Osvaldo L.G.; FISCHER, Ricardo de C.A. **A qualidade ambiental como diferencial competitivo em empresas da construção civil**. In: Encontro Nacional, 2º e Encontro Latino Americano sobre edificações e comunidades sustentáveis, 1º., 2001. Canela, Rio Grande do Sul. Artigo Técnico. ANTAC,2001.

BERTEZINI, Ana L. **Métodos de avaliação do processo de projeto de arquitetura na construção de edifícios sob a ótica da gestão da qualidade**. 2006.Dissertação (Mestrado Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Construção Civil, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

CARDOSO, Francisco F.; DEGANI, Clarice M. **Avaliação ambiental de edifícios: A experiência francesa e a realidade brasileira.** In: Encontro nacional de tecnologia do ambiente construído, 10º., 2004. São Paulo. 13p. Artigo Técnico. 2004.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução Nº 307: diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil**. 2002.

CORCUERA, Daniela. **Edifícios de Escritórios: O Conceito de Sustentabilidade nos Sistemas de Vedação Externa.** 1999. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

CORCUERA, Daniela. **Tecnologia dos materiais e otimização dos sistemas construtivos**. Apostila do Curso SISB, ANAB – Brasil. São Paulo, 2007.

CORTEZ-BARBOSA, Juliana; INO, Akemi. **Madeira, Material de baixo impacto na construção: análise do ciclo de vida**. In: Encontro Nacional, 2º e Encontro Latino Americano sobre edificações e comunidades sustentáveis, 1º. 2001. Canela, Rio Grande do Sul. Artigo Técnico. ANTAC, 2001.

CROWTHER, Richard L. ***Sustainable Design Resource Guide***. Introdução. Denver AIA Committee on Environment. 1995. Disponível em: http://www.aiasdrg.org . Acessado em: 05/04/2006.

CTE – Centro de Tecnologia de Edificações; NGI – Núcleo de Gestão e Inovação. **Programa de gestão da qualidade no desenvolvimento de projeto na construção civil**. Apostila organizada para o programa. São Paulo, 2001.

CTE – Centro de Tecnologia de Edificações. **CTE associa-se ao USGBC e consolida o uso do LEED no Brasil**. São Paulo, 2006. Artigo Publicado em 17/10/2006. Disponível em www.cte.com.br . Acessado em 04/12/2006.

CURWELL, S; HAMILTON, A. ***Towards sustainable urban development: identifying the role for the development and construction industry professional***. In: Encontro Nacional sobre edificações e comunidades sustentáveis, 1º. 1997. Canela, Rio Grande do Sul. Artigo Técnico. ANTAC, 1997.

DEGANI, Clarice M.; CARDOSO, Francisco F. **A sustentabilidade ao longo do ciclo de vida de edifícios: a importância da etapa de projeto arquitetônico**. In: NUTAU, 2002. Artigo Técnico. 2002.

DEL CARLO, Ualfrido; KRONKA, Roberta. **Sustentabilidade e o Material Construtivo: Critérios de escolha de material construtivo com menor impacto ambiental**. In: Cadernos Técnicos – AUT, No. 9. São Paulo, 2002, p.35-50.

DEL PRETTE, Lucas; ZANIN, Maria. **Aplicação de princípios de sustentabilidade na pesquisa sobre reciclagem de materiais.** In: Encontro nacional sobre edificações e comunidades sustentáveis, 3º., 2003, São Carlos. Artigo Técnico.

Denver AIA Committee on the environment. ***Sustainable design resource guide***. Disponível em www.aiacolorado.org/SDRG/home.htm. Acessado em 05/04/2006.

Doerr Architecture. Site oficial. Disponível em www.doerr.org . Acessado em 09/12/2005.

FABRÍCIO, Márcio, M. **Projeto simultâneo na construção de edifícios**. 2002. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-graduação em Construção Civil, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

FONTES, Bruna M. **Lojas apostam em tintas mais saudáveis**. 2005. Folha de São Paulo, Caderno Construção, 9 jan. 2005. Disponível em www.primamateria.com.br . Acessado em 13/11/2006.

FOSSATI, Michele; ROMAN, Humberto R.; SILVA, Vanessa G. **Metodologias para avaliação ambiental de edifícios: uma revisão bibliográfica**. In: Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção. 4º., 2005, Porto Alegre. Artigo Técnico.

FSC – Brasil. Site Oficial. Disponível em: www.fsc.org.br . Acessado em 12/01/2007.

GREENPEACE BRASIL. **Cresce a demanda global por produtos certificados pelo FSC**. Artigo publicado em 18/05/2005. Disponível em www.fsc.org.br . Acessado em 12/01/2007.

GUERRA, Antônio J.T.; CUNHA, Sandra B. da. **Impactos ambientais urbanos no Brasil**. 2 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.

HERMAN Miller White Paper. **LEED: *A standard for future generations*** - *A conversation with HOK*. 2004. Disponível em www.hoksustainabledesign.com . Acessado em 14/06/2006.

HOK architecture. Site oficial. Disponível em www.hok.com . Acessado em 21/06/2006.

INMETRO. Disponível em: www.inmetro.gov.br/consumidor/produtos/tijolo.asp . Acessado em 16/11/2006.

JOBIM, Margaret S. S.; JOBIM, Helvio F. **Gerenciamento sustentável das cadeias de suprimentos e especificação de materiais e componentes na construção civil**. In: NUTAU, 2002. São Paulo. Artigo Técnico.

KRONKA, Roberta C. **Arquitetura, sustentabilidade e meio ambiente**. In: Encontro Nacional, 2º e Encontro Latino Americano sobre edificações e comunidades sustentáveis, 1º. 2001, Canela, Rio Grande do Sul. ANTAC, 2001. Artigo Técnico.

KRAEMER, Maria E.P. **Gestão ambiental: um enfoque no desenvolvimento sustentável**. 2004. Artigo Técnico. Disponível em: www.artigocientifico.com.br . Acessado em: 10/08/2006.

LIPPIATT, Bárbara C.; NORRIS, Gregory A. ***Selecting environmentally and economically balanced building materials***. In: Sustainable Building Technical Manual: Green Building Design, Construction and Operations. Cap. 2. Ed. Public Technology Inc., 1996.

LOOTS, M.J; IRURAH, D.K. ***Towards integration of sustainability performance assessment outcomes into design decision-making processes for buildings in Southern Africa.*** In: "The 2005 World Sustainable Building Conference – SB05", 2005,Tokio. Artigo Técnico.

MELHADO, Sílvio B. **Qualidade do projeto na construção de edifícios: aplicação às empresas de incorporação e construção**. 1994. Tese (Doutorado Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Construção Civil, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo,1994.

MENDLER, Sandra F.; ODELL, William; LAZARUS, Mary Ann. ***The HOK guidebook to sustainable design***. 2. ed. Ed. Willey, 2005.

MESEGUER, Álvaro G. **Controle e garantia de qualidade na construção**. 1991. Sinduscon. São Paulo.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat**. Site Oficial. Disponível em www.cidades.gov.br . Acessado em 19/07/2006.

MINISTÉRIO DAS RELAÇÕES EXTERIORES – Site oficial. Disponível em www.mre.gov.br . Acessado em 07/12/2005.

MONTEIRO, Bárbara K. **Identificação das características relevantes para a sustentabilidade de sistemas construtivos.** In: NUTAU, 2002. Artigo Técnico.

NORIE/UFRGS. **Grupo Edificações e Comunidades Sustentáveis**. 2006. Disponível em www.cpgec.ufrgs.br/norie . Acessado em 21/09/2006.

OLIVEIRA, Daniel P.; LEITE, Fernanda L.; SCHMITT, Carin M.; BONIN, Luis C. **Considerações sobre a introdução de requisitos ambientais para projeto de edificações no contexto brasileiro**. In: Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios. 4º. Rio de Janeiro, 2004. Artigo Técnico.

ONDULINE. ***Onduline*: A 'telha ecológica'**. 2003. Disponível em: www.onduline.com.br . Acessado em 10/12/2006.

PATACO, Vera; VENTURA, Magda; RESENDE, Érica. **Metodologias para trabalhos acadêmicos e Normas de apresentação gráfica**. 2. ed. Rio de Janeiro: Editora Rio, 2004.

PFEIFFER, Peter. **Gerenciamento de projetos de desenvolvimento: conceitos, instrumentos e aplicações**. Rio de Janeiro, 2005. Ed. Brasport. Patrocínio Caixa Econômica Federal.

PCC/USP. **Reciclar para Construir**. 2006. Disponível em www.reciclagem.pcc.usp.br . Acessado em 25/09/2006.

ROAF, Susan. **Ecohouse: A casa ambientalmente sustentável**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

ROUSSEAU, David. ***Materials***. Chapter 16. In: *Sustainable Building Technical Manual: Green building material, construction, and operations*. 1996. Public Tecnology Inc.

SALGADO, Mônica S. **Metodologia para seleção de sistemas construtivos destinados à produção de habitações populares**. 1996. Tese (Doutorado). COPPE - Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 1996.

SALGADO, Mônica S. Apostila para a disciplina de mestrado: **Gestão da Qualidade e Administração de Equipes**. Rio de Janeiro: Proarq/FAU/UFRJ, 2002.

SALGADO, Mônica S. **Notas de aula.** Disciplina de mestrado: **Gestão do processo do projeto na construção de edifícios**. Rio de Janeiro: PROARQ – FAU – UFRJ, 2005.

SALGADO, Mônica S. Apostila para disciplina de mestrado: **Gestão do processo do projeto na construção de edifícios**. Rio de Janeiro, v. 1. PROARQ – FAU – UFRJ, 2006.

SILVA, Maria A.C.; SOUZA, Roberto de. **Gestão do processo de projeto de edificações**. 2003. 1. ed., São Paulo: O Nome da Rosa, 2003.

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

SILVA, Vanessa G; SILVA, Maristela G.; AGOPYAN, Vahan. **Avaliação de edifícios no Brasil: da avaliação ambiental para avaliação de sustentabilidade**. 2003. Revista Ambiente Construído, Porto Alegre, v.3, n.3, p.7-18. Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2003.

SILVA, Vanessa G; SILVA, Maristela G.; AGOPYAN, Vahan. **Avaliação do desempenho ambiental de edifícios: Estágio atual e perspectiva para desenvolvimento no Brasil.** In: Encontro Nacional, 2º e Encontro Latino Americano sobre edificações e comunidades sustentáveis, 1º, 2001, Canela, Rio Grande do Sul. ANTAC, 2001. Artigo Técnico.

SPERB, Márcia R. **Avaliação de tipologias habitacionais a partir da caracterização de impactos ambientais relacionados a materiais de construção.** 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

USGBC - US Green building council. **LEED.** ***Green Building Rating System – for new construction and major renovations***. 2005. v. 2.2. Disponível em www.usgbc.org . Acessado em 02/02/2006.

USGBC - US Green building council. **LEED. *Foundations of the Leadership in Energy and Environmental design - product development and maintenance manual*.** 2006a. disponível em www.usgbc.org . Acessado em 02/02/2006.

USGBC - US. GREEN BUILDING COUNCIL. 2006b. Site Oficial. Disponível em www.usgbc.org . Acessado em 24/01/2006.

VILLAÇA, Lúcia V. **Materiais de bem com o meio ambiente**. Revista Arquitetura e Construção, Nov. 2004. Disponível em www.primamateria.com.br . Acessado em 13/11/2006.

VOSGUERITCHIAN, Andréa B.; MELHADO, Silvio. **Gestão de projetos de arquitetura considerando aspectos de sustentabilidade**. In: Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção. 4º., 2005, Porto Alegre, Rio Grande do Sul. Artigo Técnico.

WILSON, Alex. ***Cement and concrete: environmental considerations***. *Environmental Building News.* Março/Abril, 1993. Article, Volume 2, Number 2. Disponível em: www.buildinggreen.com Acessado em 02/11/2006.

WILSON, Alex; MALIN, Nadav. ***Should we phase out PVC?***. *Environmental Building News*. Janeiro/Fevereiro, 1994. *Article, volume 3, number 1*. Disponível em: www.buildinggreen.com Acessado em 02/11/2006.

WBCSD - World Business Council for Sustainable Development. ***Environmental Assessment: A Business Perspective***. 1996.

ZAMBRANO, Letícia M. A.; BASTOS, Leopoldo E.G.; SLAMA, Jules G. **Gestão ambiental e avaliação do desempenho da edificação: estudo de caso na indústria farmacêutica**. In: Encontro nacional de tecnologia do ambiente construído, 10º., 2004. São Paulo. Artigo Técnico.

ZAMBRANO, Letícia; BASTOS, Leopoldo E.G.; FERNANDEZ, Pierre; BONNEAUD, Frédéric; CASTELLS, Alain. ***Architectural design and environmental performance: the ADDENDA method through case study*.** In:Conference on Passive and Low Energy Architecture, 23., 2006, Genova, Switzerland, PLEA, 2006.

ANEXOS

ANEXO 1

Green Architecture Checklist: Residential Buildings.

(DOERR Architecture, 2006)

Traduzido pela autora

- **Localização "verde" e Uso do terreno *(Green siting and land use)*:**

- propõe a construção de edifícios em áreas já exploradas e urbanizadas a fim de preservar localidades ainda não exploradas;
- projetos de múltiplos usos, integrando residência e comércio, reduzindo assim, a necessidade de deslocamento e utilização de automóveis;
- implantação de edificações em locais de fácil acesso ao transporte público, vias para bicicletas e pedestres, minimizando o uso de automóveis. Outra forma de minimizar o uso de automóveis é induzir os moradores a trabalharem em suas casas, mas para isso deve-se trabalhar o layout em forma de home-office[47];
- renovação de edifícios antigos, ao invés de demoli-los. Renovar edifícios já existentes é a forma mais ecológica de construção.
- A implantação da edificação deve se dar de forma a minimizar os impactos ambientais. Espaços abertos e o as espécies locais devem ser preservados e valorizados, e o local de implantação do edifício deve ser o que já se encontra prejudicado;
- A edificação deve ser situada de forma a preservar a vegetação existente.

- **Projeto do edifício "verde" *(Green building design)*:**

- otimização do espaço interno, de forma a minimizar o tamanho geral do edifício e a utilização de recursos na construção.
- Eficiência no consumo energético através do melhor aproveitamento da iluminação natural, de altos níveis de isolamento térmico, de janelas refletoras do calor etc.
- Garantia do conforto ambiental através de soluções simples de projeto, como o aproveitamento da iluminação natural, utilização da ventilação cruzada, implantação do edifício levando em consideração a melhor orientação para o local, etc.
- Utilização da energia solar para o aquecimento da água.

[47] Home-office é o termo usado para residências com características também de escritório, podendo ser usada para os dois fins.

- Otimização no uso dos materiais. Os resíduos podem ser minimizados se o uso e desperdício de materiais for reduzido, através de edifícios com formas geométricas simplificadas, se a estrutura do edifício não for supercalculada, se as especificações forem feitas de forma correta, etc.
- Inserção no projeto de facilidades para que os usuários pratiquem a reciclagem de seus resíduos. Locais para depósito e seleção de lixo já devem ser colocados em locais que tragam praticidade aos usuários.
- Captação de águas pluviais deve ser considerada para uso na irrigação de jardins, caixas de descargas, lavagem de carros, etc.

▪ **Material "verde" *(Green materials)*:**

- Evitar o uso de materiais e equipamentos que contenham componentes que agridam a camada de ozônio;
- Deve-se dar preferência a materiais produzidos na própria região, a fim de reduzir custos e poluição decorrentes de seu transporte;
- Utilização de materiais recicláveis ou provenientes de reciclados;
- Seleção de fornecedores de madeira responsáveis. A madeira selecionada deve, preferencialmente, ser certificada e o vendedor deve provar que a procedência da madeira é legal;
- Materiais que desprendam gases poluentes devem ser evitados, como produtos compostos por formaldeídos e compostos orgânicos voláteis (VOCs).

▪ **Equipamentos "verde" (*Green equipaments)*:**

- Deve-se fazer uso de lâmpadas e dispositivos elétricos de alta eficiência. Lâmpadas incandescentes devem ser substituídas por fluorescentes que são muito mais econômicas;
- Com a utilização e melhor aproveitamento da energia solar, o uso de aquecedores deve ser reduzido;
- Utilização de dispositivos eficientes para controle do uso da água.

ANEXO 2

Project Checklist

Sustainable Sites — 14 Possible Points

Prereq 1	**Construction Activity Pollution Prevention**	Required
Credit 1	**Site Selection**	1
Credit 2	**Development Density & Community Connectivity**	1
Credit 3	**Brownfield Redevelopment**	1
Credit 4.1	**Alternative Transportation**, Public Transportation Access	1
Credit 4.2	**Alternative Transportation**, Bicycle Storage & Changing Rooms	1
Credit 4.3	**Alternative Transportation**, Low Emitting & Fuel Efficient Vehicles	1
Credit 4.4	**Alternative Transportation**, Parking Capacity	1
Credit 5.1	**Site Development**, Protect or Restore Habitat	1
Credit 5.2	**Site Development**, Maximize Open Space	1
Credit 6.1	**Stormwater Design**, Quantity Control	1
Credit 6.2	**Stormwater Design**, Quality Control	1
Credit 7.1	**Heat Island Effect**, Non-Roof	1
Credit 7.2	**Heat Island Effect**, Roof	1
Credit 8	**Light Pollution Reduction**	1

Water Efficiency — 5 Possible Points

Credit 1.1	**Water Efficient Landscaping**, Reduce by 50%	1
Credit 1.2	**Water Efficient Landscaping**, No Potable Use or No Irrigation	1
Credit 2	**Innovative Wastewater Technologies**	1
Credit 3.1	**Water Use Reduction**, 20% Reduction	1
Credit 3.2	**Water Use Reduction**, 30% Reduction	1

Energy & Atmosphere — 17 Possible Points

Prereq 1	**Fundamental Commissioning of the Building Energy Systems**	Required
Prereq 2	**Minimum Energy Performance**	Required
Prereq 3	**Fundamental Refrigerant Management**	Required
Credit 1	**Optimize Energy Performance**	1–10
Credit 2	**On-Site Renewable Energy**	1–3
Credit 3	**Enhanced Commissioning**	1
Credit 4	**Enhanced Refrigerant Management**	1
Credit 5	**Measurement & Verification**	1
Credit 6	**Green Power**	1

Materials & Resources — 13 Possible Points

Prereq 1	**Storage & Collection of Recyclables**	Required
Credit 1.1	**Building Reuse**, Maintain 75% of Existing Walls, Floors & Roof	1
Credit 1.2	**Building Reuse**, Maintain 95% of Existing Walls, Floors & Roof	1

LEED for New Construction Version 2.2
October 2005

Credit 1.3	**Building Reuse**, Maintain 50% of Interior Non-Structural Elements	1
Credit 2.1	**Construction Waste Management**, Divert 50% from Disposal	1
Credit 2.2	**Construction Waste Management**, Divert 75% from Disposal	1
Credit 3.1	**Materials Reuse**, 5%	1
Credit 3.2	**Materials Reuse**, 10%	1
Credit 4.1	**Recycled Content**, 10% (post-consumer + 1/2 pre-consumer)	1
Credit 4.2	**Recycled Content**, 20% (post-consumer + 1/2 pre-consumer)	1
Credit 5.1	**Regional Materials**, 10% Extracted, Processed & Manufactured Regionally	1
Credit 5.2	**Regional Materials**, 20% Extracted, Processed & Manufactured Regionally	1
Credit 6	**Rapidly Renewable Materials**	1
Credit 7	**Certified Wood**	1

Indoor Environmental Quality 15 Possible Points

Prereq 1	**Minimum IAQ Performance**	Required
Prereq 2	**Environmental Tobacco Smoke (ETS) Control**	Required
Credit 1	**Outdoor Air Delivery Monitoring**	1
Credit 2	**Increased Ventilation**	1
Credit 3.1	**Construction IAQ Management Plan**, During Construction	1
Credit 3.2	**Construction IAQ Management Plan**, Before Occupancy	1
Credit 4.1	**Low-Emitting Materials**, Adhesives & Sealants	1
Credit 4.2	**Low-Emitting Materials**, Paints & Coatings	1
Credit 4.3	**Low-Emitting Materials**, Carpet Systems	1
Credit 4.4	**Low-Emitting Materials**, Composite Wood & Agrifiber Products	1
Credit 5	**Indoor Chemical & Pollutant Source Control**	1
Credit 6.1	**Controllability of Systems**, Lighting	1
Credit 6.2	**Controllability of Systems**, Thermal Comfort	1
Credit 7.1	**Thermal Comfort**, Design	1
Credit 7.2	**Thermal Comfort**, Verification	1
Credit 8.1	**Daylight & Views**, Daylight 75% of Spaces	1
Credit 8.2	**Daylight & Views**, Views for 90% of Spaces	1

Innovation & Design Process 5 Possible Points

Credit 1.1	**Innovation in Design**	1
Credit 1.2	**Innovation in Design**	1
Credit 1.3	**Innovation in Design**	1
Credit 1.4	**Innovation in Design**	1
Credit 2	**LEED Accredited Professional**	1

Project Totals 69 Possible Points

Certified 26–32 points Silver 33–38 points Gold 39–51 points Platinum 52–69 points

LEED for New Construction Version 2.2
October 2005

ANEXO 3

Créditos LEED de *Materiais e Recursos Naturais*

Traduzido pela autora

Crédito 1. Reuso do edifício. Este item pede que, quando possível, o edifício seja reaproveitado, reduzindo ao máximo a sua demolição. A intenção deste item é estender o ciclo de vida dos componentes do edifício existente, conservar recursos naturais, reduzir a geração de resíduos e o impacto ambiental causado pela demolição e construção de novos edifícios, já que estes demandam a fabricação de novos materiais, transporte, etc.

Esse crédito é dividido em 3 sub-itens, cada um deles, quando atendido, corresponde a 1 ponto:

1.1. Manutenção de 75% das paredes existentes, lajes e telhados: Esse sub-item tem como requerimento a manutenção de pelo menos 75% da estrutura existente e do fechamento do edifício.

1.2. Manutenção de 95% das paredes existentes, lajes e telhados: O requerimento deste sub-item é o mesmo do anterior, mas exige a manutenção de 95% do edifício.

1.3. Manutenção de 50% dos elementos internos não-estruturais: É requerido que 50% dos elementos não-estruturais do edifício – paredes internas, portas, pisos, telhas, etc – seja conservado.

Ações como tecnologias potenciais e estratégias para o cumprimento deste item:

- Considerar o reuso de edifícios já existentes, previamente ocupados, mantendo sua estrutura, fechamentos e elementos.
- Remover elementos que causem algum risco aos usuários do edifício e melhorar componentes que tragam eficiência energética e da água, como janelas, sistemas mecânicos e instalações hidráulicas.

Crédito 2. Gestão dos resíduos da construção. A intenção desse item é reverter os escombros da construção, demolição e limpeza do terreno, para áreas próprias, aterros e incineradores, enquanto que os materiais recicláveis e reutilizáveis devem ser enviados para seus locais apropriados ou para o processo de manufatura.

Esse crédito é dividido em 2 sub-itens, cada um deles, quando atendido, corresponde a 1 ponto:

2.1. Reverter 50% dos resíduos: O requerimento para este sub-item é que se recicle ou aproveite pelo menos 50% de materiais não-perigosos dos escombros da construção e

demolição. Deve ser desenvolvido e implementado um planejamento para a gestão dos resíduos que, pelo menos indique o seu tratamento e destino.

2.2. Reverter 75% dos resíduos: As recomendações são as mesmas para o item 2.1, mas considerando 75% reciclagem e/ou reaproveitamento dos resíduos.

Ações como tecnologias potenciais e estratégias para o cumprimento deste item:

- Estabelecer objetivos e adotar um planejamento para a gestão dos resíduos da construção para alcançá-los.
- Designar uma área específica no canteiro de obra para a separação e coleta de materiais recicláveis.
- Identificar quem serão os encarregados pela segregação dos materiais e quem será o responsável pela reciclagem.

Crédito 3. Reuso dos materiais. A intenção deste item é que materiais e produtos sejam reutilizados na construção de edifícios, para reduzir a demanda de matérias-primas e para reduzir a geração de resíduos. Logo, reduzindo impactos associados à extração e processamento desses recursos.

Esse crédito é dividido em 2 sub-itens, cada um deles, quando atendido, corresponde a 1 ponto:

3.1. Reuso dos materiais 5%: É pedido que sejam usados materiais reaproveitados, reciclados, de forma que a soma desses materiais seja, pelo menos, 5% do valor total de materiais previstos no projeto.

3.2. Reuso dos materiais 10%: A mesma exigência anterior, mas considerando 10% de economia no custo total de materiais.

Ações como tecnologias potenciais e estratégias para o cumprimento deste item:

- Identificar oportunidades em incorporar materiais reaproveitados e/ou reciclados no projeto do edifício e pesquisar fornecedores potenciais de materiais.
- Considerar o reaproveitamento de materiais como pisos, painéis, portas, caixilhos, mobiliário, tijolos e elementos decorativos.

Crédito 4. Conteúdo Reciclado. A intenção deste item é aumentar a demanda de produtos do edifício que contenham materiais reciclados em sua composição, reduzindo assim, impactos resultantes da extração de matérias-primas.

Esse crédito é dividido em 2 sub-itens, cada um deles, quando atendido, corresponde a 1 ponto:

4.1. Conteúdo Reciclado 10%: Deve-se utilizar materiais com conteúdo reciclado de forma que a soma desse conteúdo no produto pronto e metade do conteúdo antes do consumo seja, pelo menos, de 10% do valor total dos materiais da obra.

4.2. Conteúdo Reciclado 20%: a recomendação é a mesma do item anterior, mas levando em consideração que a soma deve dar pelo menos 20%.

Ações como tecnologias potenciais e estratégias para o cumprimento deste item:

-Estabelecer metas para utilizar materiais com conteúdos reciclados no empreendimento;

- Identificar materiais e fornecedores que ajudem a atingir essas metas;
- Durante a construção é preciso certificar-se de que esses materiais estão, de fato, sendo aplicados;

Crédito 5. Materiais Regionais. Esse item visa aumentar a demanda por materiais extraídos e fabricados na mesma região, dando suporte ao uso de recursos nativos e reduzindo a necessidade de transporte.

Esse crédito é dividido em 2 sub-itens, cada um deles, quando atendido, corresponde a 1 ponto:

5.1. Material Regional 10% extraído, processado e fabricado regionalmente: Devem ser utilizados materiais que tenham sido extraídos, coletados e fabricados em até 500 milhas de distância do empreendimento, alcançando, no mínimo, 10% do valor total dos materiais empregados.

5.2. Material Regional 20% extraído, processado e fabricado regionalmente: A recomendação para este sub-item é a mesma, mas o valor a ser alcançado precisa ser de 20%.

Ações como tecnologias potenciais e estratégias para o cumprimento deste item:

- Estabelecer metas para utilizar materiais regionais no empreendimento;
- Identificar materiais e fornecedores que ajudem a atingir essas metas;
- Durante a construção é preciso certificar-se de que os materiais regionais estão, de fato, sendo aplicados;
- Considerar a diversidade de atributos ambientais, econômicos e de performance no momento da seleção dos materiais e produtos.

Crédito 6. Materiais Renováveis. Neste sexto item é pretendido que seja reduzida a utilização de matérias-primas não-renováveis e os materiais que demandam longos ciclos para serem renovados, e que estes sejam substituídos por materiais de fácil renovação.

Para este item a recomendação é que sejam usados materiais e produtos de fácil renovação, alcançando o numero de 2,5% do custo dos materiais totais.

Ações como tecnologias potenciais e estratégias para o cumprimento deste item:

- Estabelecer metas na escolha de materiais facilmente renováveis e identificar produtos e fornecedores para este fim;
- Considerar o uso de materiais como bambu, madeira, linóleo, palha, cortiça, dentre outros;
- Durante a construção certificar-se de que os materiais renováveis estão, de fato, sendo aplicados.

Crédito 7. Madeira Certificada. Este item propõe que as matas sejam administradas de forma ambientalmente responsável.

No mínimo 50% de materiais e produtos em madeira devem ser feitos de madeira certificada.

Ações como tecnologias potenciais e estratégias para o cumprimento deste item:

- Estabelecer metas para a escolha de madeira certificada e identificar produtos e fornecedores que atendam essa determinação;
- Durante a construção certificar-se de que os materiais renováveis estão, de fato, sendo aplicados e quantificar esse uso.

ANEXO 4

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO

PROARQ - PROGRAMA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA

QUESTIONÁRIO

A partir deste questionário, pretende-se conhecer seus critérios adotados para a especificação dos materiais em seus projetos, assim como, algumas das dificuldades que enfrenta nesse ato.

Caso tenha algum comentário a fazer em relação as questões abaixo ou alguma outra colocação que considere importante, no final do questionário há um espaço destinado para este fim.

Caracterização geral
Há quanto tempo atua no mercado?
Qual seu nicho de atuação? (comercial, residencial, industrial, etc.)

1. **Desde quando começou a incorporar os princípios de sustentabilidade** (aspectos ambientais) **em seus projetos?**

_____

_____

_____

2. **O que o motivou a isso?**

( ) Sugestão/ Exigência de algum cliente/ empreendedor

( ) Almejo de diferenciação no mercado

( ) Simples anseio em colaborar com a preservação do meio ambiente

( )Outros motivos. Quais? _____

_____

3. **Quais seus critérios para a especificação de materiais?** (Favor numerar de 1 a 6, conforme a ordem de prioridade para você. Considerar 1 = Mais importante, 6 = Menos importante)

a. ____ Custo

b. ____ Estética

c. ____ Impactos ambientais

d. ____ Sugestão/ exigência do cliente

e. ____ Disponibilidade na região

f. ____ outros. Quais?_____

4. **Sabe-se que são diversos os impactos ambientais causados ao longo do ciclo de vida dos materiais. A fim de minimizar esses impactos, quais os principais aspectos que considera na decisão pelos materiais?** (Favor numerar conforme a ordem de prioridade que você considera de 1 a 9. Sendo 1 = Mais importante, 9 = Menos importante)

a. **____ Possibilidade de ser reciclado**
b. **____ Possibilidade de reutilização posterior**
c. **____ Matérias-primas que sejam de fácil renovação**
d. **____ Geração de resíduos na sua fabricação, utilização e/ou descarte**
e. **____ Facilidade de Manutenção**
f. **____ Durabilidade**
g. **____Existência de certificação "verde**" (madeira de reflorestamento, materiais ecológicos, etc.)
h. **____ Potencial da região** (uso de recursos da região reduzindo a necessidade de transporte de longas distâncias)
i. **____ Outros. Quais? _____**

_____

Algum dos aspectos citados acima são difíceis de considerar, na prática?

_____

5. **Quais as principais dificuldades que enfrenta na seleção de materiais de baixo impacto ambiental?** (Favor numerar de 1 a 5, conforme a ordem de prioridade para você. Considerar 1 = Mais importante, 5 = Menos importante)

a. **____ Falta de informações disponíveis em relação às características dos materiais**
b. **____ Falta de interesse por parte dos clientes/ empreendedores**
c. **____ Falta de materiais disponíveis na região**
d. **____ Falta de métodos de auxílio à decisão**
e. **____Outros. Quais? _____**

_____

6. **Costuma especificar materiais alternativos, ditos "ecológicos", para seus projetos?** (materiais reciclados, materiais feitos de fibras, tintas minerais, etc.)

( ) SIM. Quais? _____

_____

( ) NÃO. Por quê? (numerar conforme a ordem de prioridade que você considera de 1 a 5. Sendo 1 = Mais importante, 5 = Menos importante)

a. **____ Dificuldade de encontrar esse tipo de material na sua região**
b. **____ O custo desses materiais**

c. ____ **Dificuldade de aceitação por parte dos clientes e/ou empreendedores**

d. ____ **Não considera que sejam seguros e/ou eficientes**

e. ____ **Outros motivos.** Quais? _____

7. **Sente necessidade de diretrizes para uma melhor especificação de materiais de baixo impacto ambiental? Conhece alguma ferramenta que forneça essas diretrizes? Já utilizou alguma como base?**

_____
_____
_____
_____

8. **Qual a influência que a especificação dos materiais exerce no seu ato de projetar?**

_____
_____
_____
_____
_____

Caso deseje fazer mais alguma consideração, sinta-se à vontade para fazer no espaço abaixo:

Muito Obrigada pela sua participação!