

FLÁVIO LÚCIO NUNES DE LIMA

**PROPOSIÇÃO DE METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DO
IMPACTO AMBIENTAL NO DESENVOLVIMENTO DE
PROJETOS ARQUITETÔNICOS**

created with the
trial version of
PDF-Creator.net

**BELO HORIZONTE
ESCOLA DE ARQUITETURA DA UFMG
2006**

**Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais
Núcleo de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo**

Flávio Lúcio Nunes de Lima

**PROPOSIÇÃO DE METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DO
IMPACTO AMBIENTAL NO DESENVOLVIMENTO DE
PROJETOS ARQUITETÔNICOS**

Dissertação apresentada ao curso de mestrado da Escola de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Arquitetura e Urbanismo.

Área de concentração: Teoria e Prática do Projeto de Arquitetura e Urbanismo

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Silke Kapp.

created with the
trial version of
PDF-Creator.net
Belo Horizonte
Escola de Arquitetura e Urbanismo da UFMG
2006



Universidade Federal de Minas Gerais
Escola de Arquitetura
Núcleo de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo

Dissertação intitulada “Proposição de metodologia de avaliação do impacto ambiental no desenvolvimento de projetos arquitetônicos”, de autoria do mestrando Flávio Lúcio Nunes de Lima, aprovada pela banca examinadora constituída pelos professores:

Dissertação defendida em 24 de outubro de 2006 e aprovada pela Banca examinadora constituída pelos professores:

Professora. Silke Kapp - EAUFMG

Professora Denise Morado Nascimento – EAUFMG

Professora Maria Eleonora Deschamps Pires Carneiro – FUMEC

Belo Horizonte, 24 de Outubro de 2006.

Rua Paraíba 697, Funcionários, Belo Horizonte, MG – CEP: 30220-280 –

Tel: (031) 32691800 fax: (031) 3269 1818.

created with the
trial version of
PDF-Creator.net

A Deus e a todos que me apoiaram nessa jornada.

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora professora doutora Silke Kapp, pelos esclarecimentos, orientações e pela paciência.

Ao Prof. Humberto Ramos Roman, pelas valiosas informações e comentários.

À pesquisadora Michele Fossati pela imensa contribuição com valiosas informações.

Às professoras Ana Paula Baltazar e Rita Velloso, pelos ótimos comentários e contribuições.

Ao arquiteto Edmar Ferreira Júnior, pela grande contribuição à pesquisa.

Aos amigos e colegas pesquisadores do grupo MOM, em especial Amanda Olalquiaga, Bárbara Vieira, Larissa Moreira, Natália Arreguy, Rodrigo Marcandier, Rafael Borges, Geraldo Ferreira e Maurício Leonard, pela inestimável ajuda em visitas de campo, discussões, comentários, experimentações e idéias.

À minha família, pelo carinho e apoio incondicional em todos os momentos.

Aos amigos, que animaram e apoiaram nos momentos difíceis.

A Daniela Roscoe, pelo carinho, apoio e ajuda em todos os momentos, em especial na finalização do projeto.

created with the
trial version of
PDF-Creator.net

RESUMO

O impacto das atividades humanas sobre o meio ambiente, em especial as atividades industriais, tem se tornado uma preocupação crescente nas últimas décadas. Neste período, o movimento ecológico evoluiu do simples protesto que clamava pelo fim das atividades industriais para a proposição de estratégias de produção e consumo que possibilitem uma melhor relação com o meio ambiente. Encontros internacionais sobre desenvolvimento e meio ambiente, como a ECO92, determinaram metas e objetivos de desenvolvimento sustentável para os países participantes. Para que estas metas sejam atingidas, várias metodologias de avaliação do impacto ambiental das atividades industriais foram desenvolvidas, destacando-se como mais eficientes aquelas baseadas na análise do ciclo de vida do produto, que possibilitam a intervenção em cada fase deste ciclo.

Estas metodologias também se mostram muito pertinentes para a avaliação dos produtos da indústria da construção civil, responsável por parte considerável do consumo de materiais e energia e dos impactos ambientais gerados. No entanto, pela grande quantidade de dados e pela multidisciplinaridade que elas demandam, a aplicação destas metodologias, dentro do cotidiano de desenvolvimento de projetos arquitetônicos no Brasil, se mostra bastante problemática.

Assim, a revisão bibliográfica das questões relativas à indústria da construção civil e o meio ambiente e das principais metodologias da avaliação ambiental utilizadas, possibilitou a proposição de uma metodologia de avaliação ambiental de caráter qualitativo, que, além de se constituir numa primeira orientação para o profissional ou equipe que desenvolve projetos arquitetônicos, também cumpre a função de auxiliar no desenvolvimento de componentes e processos construtivos, e de gerar um banco de dados e de discussão livre e interativa acerca do desempenho ambiental dos produtos e edificações avaliados. Estes resultados puderam ser parcialmente comprovados pela simulação de aplicação da metodologia proposta em dois projetos de habitações populares.

Palavras-chave: impacto ambiental, avaliação ambiental, análise do ciclo de vida, desempenho ambiental.

ABSTRACT

The impact of human activities over the environment, specially industrial activities, has become a growing concern in the last decades. Through this time, the ecological movement has evolved from a simple protest that called for the end of industrial activities, to the proposition of production and consumption strategies that lead to a better relation with the environment. International meetings about development and environment, such as ECO92, have established sustainable development goals to the participant countries. To achieve these goals, several methodologies of environmental impact evaluation have been developed, and those based on Life Cycle Assessment proved to be the most efficient ones, making possible to act in all the phases of this cycle.

These methodologies are also very important to the evaluation of products from the Construction Industry, responsible for a large part of the material and energy consumption, and the environmental impacts generated. However, because of the huge amount of data and the multidisciplinary aspect of these methodologies, they have been problematic to be applied during the development of architectural projects in Brazil.

The bibliographic review of the issues related to the construction industry, environment, and the main environment evaluation methodologies used, facilitated the proposition of a qualitative environmental evaluation methodology, that, besides being an orientation to the developer of architectural projects, also has the function of helping in the development of construction components and processes, and of generating a data bank with free access about the environmental performance of products and buildings. These results are partially confirmed by the simulation of using the methodology proposed in the evaluation of two housing projects.

Key-words: environmental impact, environmental evaluation, life cycle assessment, environmental performance.

Created with the
trial version of
PDF-Creator.net

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 -	Rede de Interação Ecológica -----	10
Figura 2 -	Interação entre as etapas de uma metodologia ACV -----	15
Figura 3 -	Esquema de variáveis de entrada e saída de uma fase do ciclo de vida de um produto -----	17
Figura 4 -	Diagrama gerado pela metodologia SPeAR -----	36
Figura 5 -	Abrangência do Design Orientado ao Ambiente – DFE -----	40
Figura 6 -	Exemplo de Quadro de Desempenho Ambiental com link do Sumário de Ciclo de Vida em cada campo -----	60
Figura 7 -	Planta unidade habitacional 1 -----	63
Figura 8 -	Perspectiva habitação alternativa -----	96
Quadro 1 -	Quadro de Desempenho Ambiental – Alvenaria estrutural -----	68
Quadro 2 -	Quadro de Desempenho Ambiental – <i>Dry-Wall</i> -----	72
Quadro 3 -	Quadro de Desempenho Ambiental – Esquadria de Alumínio -----	76
Quadro 4	Quadro de Desempenho Ambiental – Cobertura em madeira Paraju e telhas cerâmicas -----	81
Quadro 5 -	Quadro de Desempenho Ambiental – Piso Cerâmico -----	86
Quadro 6 -	Quadro de Desempenho Ambiental – Tubulações em PVC -----	89
Quadro 7 -	Quadro de Desempenho Ambiental – Habitação semi-convencional -----	94
Quadro 8 -	Quadro de Desempenho Ambiental – Estrutura em madeira de lei -----	99
Quadro 9 -	Quadro de Desempenho Ambiental – Painéis em OSB e lã de rocha -----	103
Quadro 10 -	Quadro de Desempenho Ambiental – Piso e Cobertura em Eucalipto -----	107
Quadro 11 -	Quadro de Desempenho Ambiental – Habitação alternativa -----	111

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 –	Distribuição de aspectos de impacto ambiental em três metodologias de avaliação ambiental de edifícios -----	45
Tabela 02 –	Sumário do ciclo de vida Aço/Alumínio -----	51
Tabela 03 –	Fases e aspectos do Sumário do Ciclo de vida -----	56
Tabela 04 –	Exemplo de Quadro de Desempenho Ambiental -----	58

created with the
trial version of
PDF-Creator.net

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACV	- Análise do Ciclo de Vida
GBC	- Green Building Challenge
EIA	- Estudo de Impacto Ambiental
RIMA	- Relatório de Impacto sobre o Meio Ambiente
PBQP-H	- Programa Brasileiro de Qualidade na Produção do Habitat
ISO14000	- International Standard Organization – environmental program
Sistema IDA	- Instrumentos de Apoio ao Projeto de Habitações com Sistemas Construtivos Alternativos
CONAMA	- Conselho Nacional do Meio Ambiente
ECO 92	- Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento
SINDUSCON-MG	- Sindicato das Indústrias da Construção civil de Minas Gerais
EPA	- United States Environmental Protection Agency
SETAC	- Society Environmental Toxicology and Chemistry
LCI	- Life Cycle Inventory
BREEAM	- Building Research Establishment Environmental Assessment Method
LEED	- Leadership in Energy and Environmental Design
USGBC	- United States Green Building Council
SPeAR	- Sustainable Project Appraisal Routine
DFE	- Design for Environment
GBC	- Green Building Challenge
IISBE	- International Initiative for Sustainable Built Environment
PVC	- Policloreto de Vinila

created with the
trial version of
PDF-Creator.net

SUMÁRIO:

1	INTRODUÇÃO	01
2	IMPACTO AMBIENTAL E CONSTRUÇÃO CIVIL	06
2.1	Impacto ambiental	06
2.2	Construção civil	08
2.3	Processos Construtivos	11
3	ACV: APLICAÇÃO E RELAÇÃO COM ISO 14000, EIA/ RIMA E PBQPH	14
3.1	Aspectos Gerais de uma Metodologia ACV	14
3.1.1	Escopo	15
3.1.2	Inventário	16
3.1.3	Análise dos Impactos Ambientais	17
3.1.4	Interpretação	19
3.2	A metodologia ACV e a ISO 14000	19
3.3	ACV e os Estudos de Impacto Ambiental	21
3.4	ACV e o PBQP-H	23
-	-	-
4	METODOLOGIAS BASEADAS EM ACV: BREEAM, LEED, SPeAR, DFE, GBC	26
4.1	BREEAM: Building Research Establishment Environmental Assessment Method	28
4.2	LEED: Leadership in Energy and Environmental Design	30
4.3	SPeAR: Sustainable Project Appraisal Routine	34
4.4	DFE: Design for Environment	39
4.5	GBC: Green Building Challenge	42
4.6	Comparação	44
5	PROPOSTA DE NOVA METODOLOGIA QUALITATIVA	47
5.1	Metodologia proposta e o sistema IDA	47
5.2	Sumário do Ciclo de Vida	49
5.3	Quadro de Desempenho Ambiental	57

6	SIMULAÇÃO DE APLICAÇÃO DA METODOLOGIA PROPOSTA -----	61
6.1	Habitação Semi-convencional -----	61
6.2	Habitação com processo construtivo alternativo -----	94
7	CONCLUSÕES -----	112
7.1	Perspectivas para futuros estudos -----	120
	REFERÊNCIAS -----	122
	ANEXO A -----	126

created with the
trial version of
PDF-Creator.net

Capítulo 1

INTRODUÇÃO

A relação entre as atividades industriais humanas e o meio ambiente tem sido uma preocupação crescente nas últimas décadas. Com o amadurecimento do movimento ecológico e sua transformação em propostas reais de novas maneiras de produção, utilização e descarte dos produtos industriais, a sustentabilidade ambiental deixou de ser uma estratégia alternativa para se tornar uma obrigatoriedade para as empresas e um diferencial competitivo e de marketing. A indústria da construção civil é parte dessa realidade, determinada por novas relações entre seus produtos e o meio ambiente. Ainda que lentamente, ela vem procurando se adequar a novos parâmetros de excelência.

Nesse sentido, um aspecto particular tem sido estudado mais intensamente, inclusive no Brasil: o desempenho energético das edificações na sua fase de uso. Há uma gama extensa de trabalhos brasileiros e internacionais focados tanto na redução do consumo de energia (principalmente para aquecimento/resfriamento e iluminação artificial), quanto no aproveitamento dos recursos naturais disponíveis (como a água de chuva para abastecimento direto, a luz solar para iluminação natural, aquecimento de água e geração de energia elétrica, ou a energia eólica e de biodigestores, por exemplo). Também a escolha de materiais e o desenvolvimento do projeto em si são de grande importância, para uma gestão mais racional dos recursos energéticos no uso da edificação.

Mas apesar de a eficiência energética ser fundamental para a minimização dos impactos ambientais das construções, ela não representa a totalidade de tais impactos, pois abrange apenas uma parte do ciclo de vida da edificação. É necessário ir além e abordar a edificação como um produto industrial que, como todos os outros, passa pelas fases de obtenção de matérias-primas, fabricação de componentes, construção propriamente dita, utilização e reutilização, descarte final e reutilização/reciclagem. Cabe entender todas essas fases e, tendo por ideal um ciclo de vida com reaproveitamento pleno dos recursos naturais, minimizar os impactos ambientais de cada uma delas. O gerenciamento dos materiais, a emissão de poluentes e o consumo de energia em todas as fases são tão importantes quanto o consumo de energia na fase de utilização. Apenas a compreensão dessa totalidade

cíclica permitirá algum domínio real dos impactos ambientais relacionados a uma edificação.

Essa idéia da avaliação global das edificações se desenvolveu consideravelmente nas últimas décadas, sob a forma de metodologias baseadas na chamada *Análise do Ciclo de Vida* ou *Life Cycle Assessment* (ACV). Como se verá ao longo deste texto, já existem diversas certificações internacionais concernentes à ACV, e órgãos governamentais e não governamentais de muitos países têm centrado nela suas estratégias de sustentabilidade nos âmbitos industrial e da construção civil.

No Brasil, as metodologias baseadas em ACV começam a ser pesquisadas com alguma sistematicidade no campo da Engenharia Civil. O estudo de CARVALHO (2002), por exemplo, analisa algumas variantes de cimento Portland com adição de resíduos, utilizando essa estratégia de avaliação. AGOPYAN e SILVA (2002) avaliam diferentes metodologias, desenvolvem desdobramentos da ferramenta *Green Building Challenge* (GBC) e aprofundam a questão dos impactos ambientais relacionados à construção civil. O estudo de SOUZA (2001) trata da implementação do conceito de design sustentável em novos ciclos produtivos e da adoção do design orientado ao ambiente como uma nova estratégia de desenvolvimento de produtos. Todos eles forneceram elementos importantes para a elaboração do presente trabalho.

Mas, por outro lado, a aplicação prática de tais metodologias na construção brasileira ainda é quase inexistente. Há pelo menos duas lacunas evidentes: uma em relação ao desenvolvimento de projetos arquitetônicos, fase absolutamente crítica para a geração de impactos ambientais; outra em relação à avaliação ambiental por parte dos usuários/consumidores das edificações. Quanto à primeira, a aplicação das metodologias existentes parece entrar em conflito com nosso processo mais convencional de desenvolvimento de projetos arquitetônicos, que difere bastante daquele dos países do chamado Primeiro Mundo, onde as etapas de planejamento costumam superar em tempo a própria etapa de execução de uma obra civil. Uma vez que uma avaliação ambiental completa baseada em ACV demanda equipes multidisciplinares, bancos de dados razoavelmente consolidados e um grande número de informações específicas, há dificuldades de integrá-la ao cronograma e aos relativamente poucos recursos despendidos em nossos processos de projetos. Quanto à segunda lacuna, percebemos a inexistência de uma ferramenta acessível aos consumidores das edificações, que lhes permita obter informações acerca da relação entre construção e meio ambiente, para que também eles possam tomar decisões que contribuam para a redução dos impactos ambientais aí implicados, considerando todo o ciclo de vida de uma edificação.

São essas lacunas que o presente trabalho pretende ajudar a preencher, visando tanto a ferramentas para escritórios de arquitetura, que possam se integrar aos procedimentos de projeto já praticados, quanto à estruturação de futuros bancos de dados, acessíveis a toda a população, sobre o desempenho ambiental de componentes e processos construtivos.

Trata-se da proposição de uma nova metodologia de avaliação, com ênfase na gestão de recursos materiais e na geração de resíduos ao longo do ciclo de vida de uma edificação. A metodologia proposta baseia-se nas principais metodologias de ACV utilizadas em todo o mundo, para que estratégias e filosofias semelhantes sejam aplicadas, mas demandando um levantamento menor de informações e possibilitando a aplicação de uma maneira mais simples e rápida. Tal metodologia não se propõe a substituir as existentes, mas a possibilitar a utilização, com as informações já disponíveis, numa etapa crucial, que é a de desenvolvimento do projeto arquitetônico. Também é um objetivo da proposta a utilização da metodologia e de seus resultados num banco de dados que incentive a discussão pública acerca dos impactos ambientais relativos a cada produto da construção.

O pressuposto dessa idéia é que uma avaliação ambiental menos minuciosa, mas utilizada de fato, pode trazer resultados concretos melhores do que nenhuma avaliação (como tem sido praxe) ou do que uma avaliação complexa, mas por ora impossível de ser aplicada no nosso contexto.

A metodologia de pesquisa utilizada para a elaboração do presente trabalho consistiu, inicialmente, na revisão bibliográfica detalhada das ferramentas de avaliação ambiental baseadas em ACV mais utilizadas em todo o mundo. Em seguida, estabeleceu-se uma comparação entre elas, procurando definir vantagens e desvantagens de cada uma, bem como os aspectos que poderiam ser utilizados na proposição de outra ferramenta, atendendo às premissas estabelecidas.

A partir disso, formulou-se uma hipótese da nova ferramenta e sua aplicação foi testada em dois projetos de habitações populares, desenvolvidos sob óticas absolutamente diversas de projeto e de processos construtivos. A comparação entre os resultados obtidos na aplicação da ferramenta proposta, em cada uma das habitações avaliadas, permitiu um panorama sobre o desempenho ambiental dos componentes e processos construtivos envolvidos, além de uma avaliação da própria ferramenta.

Para que a compreensão das metodologias de avaliação ambiental existentes fosse profícua, tornou-se também necessária, antes do estudo de cada uma delas, uma

reflexão sobre como esse tipo de avaliação ambiental se relaciona com a indústria brasileira da construção civil e com outros mecanismos de avaliação ambiental já utilizados no país, como os Relatórios de Impacto sobre o Meio Ambiente (RIMA) e a norma internacional ISO14000.

A exposição que se segue está estruturada em cinco capítulos, além de uma conclusão.

O capítulo 2 aborda a questão dos impactos ambientais relacionados à indústria da construção civil, e como os processos construtivos adotados podem influenciar na gestão de recursos materiais e na geração de resíduos.

O capítulo 3 apresenta a estrutura comum a todas as avaliações ambientais baseada na análise do ciclo de vida de um produto, além de discutir a sua relação com outras formas de avaliar o impacto ambiental já utilizadas no país, como EIA e RIMA, e com normas nacionais e internacionais de gestão da qualidade na indústria, como o programa Brasileiro de Qualidade na Produção do Habitat (PBQP-H) e a norma internacional ISO14000.

O capítulo 4 aborda, caso a caso, as principais metodologias de avaliação ambiental baseadas em análise do ciclo de vida utilizadas no mundo, tanto no âmbito da construção civil, como no universo mais geral da produção industrial, mas sem especificar a categoria de produto a ser avaliado.

O capítulo 5 apresenta a proposta de nova metodologia ou ferramenta de avaliação ambiental, com aplicação baseada em conhecimentos gerais acerca do comportamento dos materiais utilizados na indústria da construção civil e dos processos de fabricação e possibilidades de reaproveitamento a eles relacionados. A metodologia consiste numa avaliação qualitativa do produto, permitindo um panorama geral de seu desempenho ambiental e a comparação com outros produtos ou processos construtivos similares.

O capítulo 6 descreve o teste da ferramenta proposta, mediante sua aplicação em duas habitações, projetadas segundo concepções e processos construtivos diversos. Também são avaliados os resultados obtidos através da aplicação da metodologia e o potencial de divulgação e estabelecimento de um banco de dados livre, pela inclusão desses resultados em um sistema de informação livre, em desenvolvimento na Escola de Arquitetura da UFMG, chamado Sistema IDA.

O capítulo 7 traz as conclusões obtidas no estudo, além das possibilidades vislumbradas pela interação desta pesquisa com o sistema IDA e pela sua utilização

como ferramenta integrada ao processo de desenvolvimento de projetos arquitetônicos.

**created with the
trial version of
PDF-Creator.net**

Capítulo 2

IMPACTO AMBIENTAL E CONSTRUÇÃO CIVIL

2.1 Impacto ambiental

Podemos definir *impacto ambiental* como: “Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de material ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afeta a saúde, a segurança e o bem estar da população, as atividades sociais e econômicas, as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente e a qualidade dos recursos ambientais” (CONAMA, 1986). A preocupação da sociedade com o impacto ambiental de suas atividades, em especial das atividades produtivas, tem aumentado gradativamente nas três últimas décadas. Hoje em dia, toda a sociedade começa a perceber que sua existência, nos moldes atuais, tem sérias conseqüências para o meio ambiente e, portanto, para sua própria sobrevivência.

O impacto ambiental, assim, se torna um meio de percepção da relação de determinada atividade produtiva com o meio ambiente. Percebe-se que apenas a sua minimização, pode levar a uma relação de estabilidade com o meio natural, onde os recursos utilizados acabam por retornar a este meio sem prejudicá-lo.

É importante entender esse impacto considerando não somente os seres humanos e os seres vivos em geral, mas a totalidade dos ecossistemas que os suportam, incluindo água, ar e solo.

A água não só é utilizada na maioria dos processos produtivos, como também sofre com emissões poluentes decorrentes desses processos. A poluição das fontes de água tem conseqüências diretas sobre a saúde da população envolvida, além de afetar atividades agropecuárias e todo o ecossistema em torno daquela fonte. O Brasil possui a maior reserva de água doce do mundo, mas as condições de poluição das águas pioram a cada ano e a disponibilização desse recurso a toda a população é um desafio cada vez maior para o poder público. Nas regiões urbanas, tanto as águas de superfície, quanto os lençóis freáticos mostram-se cada vez mais contaminados, em decorrência da eliminação inadequada de metais pesados, produtos químicos e outros resíduos tóxicos, com sérios impactos sobre o ecossistema e a população.

A poluição do ar é gerada pela emissão de gases e vapores tóxicos. As principais fontes emissoras dessa poluição são: a produção industrial, a geração de energia por

usinas termoeletricas, a queima de resíduos sólidos e os veículos automotores (carros, trens, navios, aviões) movidos a gasolina, álcool, diesel e gás natural. Além dos danos óbvios para a saúde humana, a emissão, sobretudo de dióxido de enxofre (SO₂), monóxido de carbono (CO) e partículas sólidas de fumaça, tem outras conseqüências de proporções mundiais, tais como chuva ácida e aquecimento global pelo efeito estufa.

O solo é “uma coleção de corpos naturais da superfície terrestre que contém matéria orgânica e suporta – ou é capaz de suportar – as plantas. Inclui todos os horizontes que diferem do material rochoso subjacente, como resultado de interações entre o clima, os organismos vivos, os materiais de origem e o relevo” (SILVA, 1996). A *Agenda 21* define como um dos maiores problemas ambientais a desertificação, que é a degradação do solo em áreas áridas, semi-áridas e sub-úmidas secas, resultante de variações climáticas e de atividades humanas, entre outros fatores. A desertificação afeta um quarto da área terrestre total, cerca de um sexto da população mundial e 70% de todas as terras secas, atingindo 3,6 bilhões de hectares. Os resultados mais evidentes da desertificação, em acréscimo à pobreza generalizada, são:

“A degradação de 3,3 bilhões de hectares de pastagens, constituindo 73% da área total dessas terras, caracterizadas por baixo potencial de sustento para homens e animais; o declínio da fertilidade do solo e da estrutura do solo em cerca de 47% das terras secas, que constituem terras marginais de cultivo irrigadas pelas chuvas; e a degradação de terras de cultivo irrigadas artificialmente, atingindo 30% das áreas de terras secas com alta densidade populacional e elevado potencial agrícola” (AGENDA 21, 1992).

Além da desertificação, a contaminação do solo por metais pesados e outras substâncias tóxicas pode afetar qualquer tipo de cultivo e até mesmo contaminar a carne de animais que se alimentam em pastagens cultivadas sobre solo contaminado, além de atingir os lençóis freáticos e se espalhar pelas águas adjacentes.

Diante desse quadro, a minimização do impacto ambiental das atividades produtivas tem assumido importância estratégica, social e até mesmo de diferencial competitivo. Estabeleceram-se, nas últimas décadas, metas e modelos de desenvolvimento, objetivando uma relação mais harmoniosa entre atividades produtivas e meio ambiente, apoiadas no conceito de *desenvolvimento sustentável*. De acordo com a *Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento*, a ECO 92, sediada no Rio de Janeiro, o modelo de desenvolvimento sustentável “...deverá promover a conservação e realimentação das fontes de recursos naturais utilizados na transformação de bens, baseando-se no planejamento de seu uso racional, desde a

extração de matéria-prima até a produção propriamente dita, para que esses recursos continuem disponíveis no futuro”. Segundo a formulação mais geral da Comissão Mundial sobre Desenvolvimento e Meio Ambiente, desenvolvimento sustentável significa "suprir as necessidades do presente sem comprometer a habilidade das futuras gerações em suprir suas próprias necessidades" (1987).

O crescimento da consciência da necessidade de uma interação entre desenvolvimento tecnológico e social e manutenção do meio ambiente levou à adoção gradual, por parte das empresas do setor produtivo, de uma nova estratégia de desenvolvimento e gerenciamento de produtos, mais comumente denominada *Eco-design* ou *Design Sustentável*.

O design sustentável pode ser definido como o processo de projeto de produtos e de suas formas de produção que incorpora considerações ambientais, buscando a otimização dos fluxos mássicos e energéticos ao longo de todo o ciclo de vida do produto. Especificamente, essa forma de atuação tem por objetivo aumento da eficiência no uso de energia, redução e adequação de materiais utilizados na produção e redução das emissões de toxinas, desde a especificação técnica até os estágios de gestão de produtos, passando por reciclagem, remanufatura, recondicionamento e atualização, numa atuação conhecida como "*From cradle to grave*" – do berço à cova.

2.2 Construção civil

A construção civil é um dos setores que mais colabora para a crise ambiental no mundo, considerando a extração de matéria prima, o consumo de energia, a poluição do ar e a geração de resíduos (JOHN, 2000). De acordo com DIMSON (1996), a construção civil consome 25% da madeira e 40% da pedra, cascalho e areia extraídos em todo o mundo anualmente, enquanto edifícios em uso consomem 16% da água e 40% da energia utilizadas. ATKINSON (1996) estima que 8% do total de emissão de gás carbônico da Inglaterra provêm da fabricação de componentes construtivos, sendo que esse percentual aumenta para 17,5% no Japão e 20% na Austrália. Em suma, a construção, a operação e a remoção de edifícios resultam em "grandes danos ambientais, em forma de depredação dos recursos naturais, malefícios à saúde humana, emissão de poluentes nas águas e na atmosfera e outros impactos" (KORTMAN et al., 1997).

Nesse contexto, a geração de resíduos ao longo de todo o ciclo de vida das construções merece especial atenção, pois tende a aumentar com a aceleração da

sociedade de consumo, como ela se organiza hoje. Só em Belo Horizonte, segundo dados do SINDUSCON-MG de 2005, são gerados mais de um milhão de toneladas de entulho não reciclado por ano, ou seja, mais de 3.000 toneladas por dia.

O conceito de resíduo, se pensado numa ótica mais ampla, significa um descontrole entre os fluxos de certos elementos num dado sistema, implicando na instabilidade do próprio sistema. Segundo FIGUEIREDO (1995), a idéia usual de resíduo, lixo, “o que sobra”, decorre da agregação aleatória de elementos bem definidos que, quando agrupados, se transformam numa massa sem valor comercial e com um potencial de agressão ambiental variável segundo sua composição. O autor também afirma que:

“O dilema que se coloca nos dias atuais está na dinâmica irreversível e intensa de alterações globais do planeta. O tempo de vida de um produto no atendimento às suas funções tem sido definido por critérios econômicos com base na maximização dos lucros, seguindo a lógica da chamada obsolescência programada”. FIGUEIREDO (1995).

A indústria da construção civil sofre essa mesma dinâmica. O tempo médio de vida das edificações tem diminuído enormemente nas últimas décadas. Isso se deve tanto à motivação da própria indústria, que, ao construir com mais frequência, aumenta seus lucros, quanto à mudança gradual na relação do homem com o espaço edificado. Hoje, é muito comum o espaço projetado tornar-se inadequado para o uso que realmente ali ocorre pouquíssimos meses após sua construção, às vezes até mesmo antes dela.

Uma das soluções propostas para este quadro é a adoção da chamada *Rede de Interação Ecológica*, isto é, uma forma de gestão dos materiais no processo produtivo com um ciclo de vida alternativo ideal para a utilização industrial de recursos naturais. Essa rede de interação aponta para a necessidade básica de gestão de todos os resíduos, transformando-os em recursos economicamente viáveis.

created with the
trial version of
PDF-Creator.net

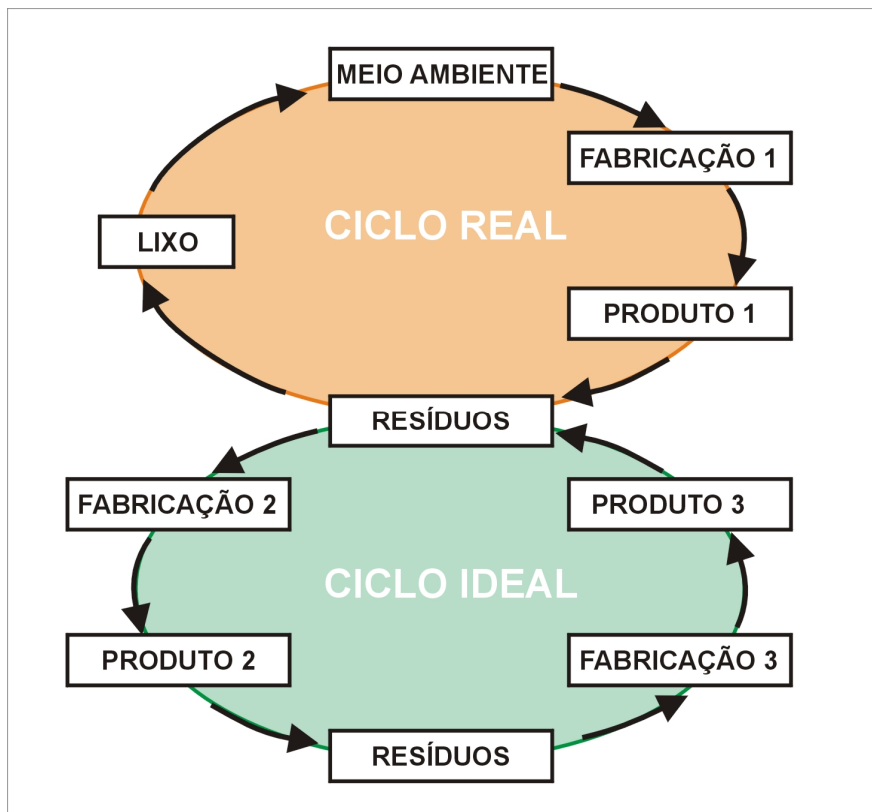


Fig 1: Rede de Interação Ecológica – Fonte: Cavalcante, et al, 2001

A busca por estratégias de melhor gestão do impacto ambiental das atividades da indústria de construção civil tem se ancorado em diversas vantagens para as próprias empresas do setor. Entre elas, podemos destacar: manter bom relacionamento com a comunidade/comprador; tornar seu produto diferenciado e conseqüentemente, melhorar a imagem e participação no mercado; satisfazer os critérios de investidores e melhorar acesso ao capital, através da adequação dos empreendimentos a padrões internacionais de avaliação de impacto ambiental; otimizar o controle de custos através do controle de desperdícios; conservar insumos e energia, havendo, como conseqüência, economia de capital em todas as fases de produção, utilização e descarte das edificações; facilitar a obtenção de permissões ambientais e autorizações para construção de empreendimentos em áreas sujeitas a restrições de proteção ambiental, parcial ou permanente. As empresas que não adotarem, nos próximos anos, iniciativas de controle dos impactos ambientais inerentes à produção, à utilização e ao descarte de seus produtos, estarão em desvantagem no mercado, tanto em relação a outras empresas que já adotarem esses métodos de controle, quanto em relação aos consumidores, que tendem a absorver essas iniciativas como diferencial competitivo na escolha entre um produto e seu concorrente.

2.3 Processos Construtivos

Um aspecto de grande importância para os impactos ambientais relacionados à indústria da construção civil é a escolha do processo construtivo, pois ela define desde a forma de produção de uma edificação, incluindo os recursos consumidos na fabricação e reunião direta e indireta de componentes, até a eficiência na utilização do espaço edificado e as possibilidades de intervenção posterior (reforma) ou descarte (demolição).

O processo construtivo mais comum no Brasil, aqui denominado *processo convencional*, se caracteriza por: estrutura de concreto armado fundida *in loco*; fechamentos em alvenaria de blocos cerâmicos ou de concreto, reboco de argamassa de cimento, areia e água, acabamento com massa corrida e pintura; esquadrias internas e externas de alumínio, aço ou madeira; acabamento em pintura ou verniz; subcobertura em laje de concreto, pré-fabricada ou moldada *in loco*; cobertura em engradamento de madeira e fechamento superior em telhas cerâmicas, metálicas, de fibrocimento ou de cimento-amianto.

Esse processo convencional apresenta um desempenho ambiental bastante ruim em todas as fases do ciclo de vida: Na fase de produção do espaço edificado, a fusão irreversível dos componentes no local leva a uma percentagem maior de geração de resíduos, especialmente pela necessidade de demolições parciais para a instalação de quaisquer sistemas embutidos (hidráulicos, elétricos, ar-condicionado, redes lógicas). Segundo o SINDUSCON-MG, a geração média de resíduos na indústria da construção civil baixou nos últimos anos de cerca de 20% dos materiais empregados no canteiro de obras, para cerca de 10%. No entanto, esse índice ainda é extremamente alto, sobretudo se considerado em números absolutos, como as mais de três mil toneladas de entulho geradas diariamente apenas na cidade de Belo Horizonte. Além disso, a extração indiscriminada dos principais insumos, como areia e cimento (em seu processo de fabricação), acarreta altos níveis de contaminação de lençóis freáticos e assoreamento de cursos d'água.

Na fase de utilização/reutilização da edificação, o processo construtivo convencional também apresenta deficiências em relação à questão ambiental. Mesmo quando o projeto foi elaborado de maneira a garantir bom desempenho energético, com iluminação e ventilação naturais adequadas, qualquer reconfiguração do espaço edificado (para sua adaptação a novas realidades de uso, que inevitavelmente

ocorrem) leva à demolição de partes da edificação, com a geração de nova massa de resíduos e baixo potencial de reciclabilidade¹.

Na fase de descarte final da edificação, o processo convencional inviabiliza a desmontagem e o reaproveitamento da grande maioria dos componentes construtivos utilizados. Uma esquadria de alumínio ou uma tubulação de PVC são, em princípio, 100% recicláveis, mas sua reciclagem pode ser economicamente inviabilizada pela impossibilidade de separação desses componentes da alvenaria na qual são embutidos. O mesmo pode ser dito em relação ao aço utilizado no concreto armado. Quanto à própria alvenaria e ao concreto fundido *in loco*, a única reciclagem possível é a trituração, para que o pó gerado seja utilizado como agregante inerte – uma vez que a reação química da cura do cimento não é reversível – na produção de novos componentes de concreto. Esse processo obviamente tem capacidade limitada de absorção de resíduos, e jamais será capaz de resolver a questão dos milhares de toneladas que são geradas diariamente.

Em contrapartida, entendemos por *processos construtivos alternativos* aqueles que não são baseados na fusão de elementos construtivos mediante o uso de cimento e água no canteiro de obras. Esses processos geralmente – mas não necessariamente – apresentam um grau de industrialização mais elevado, caracterizando o canteiro de obras pela montagem a seco dos componentes construtivos, utilizando elementos de união que podem ou não possibilitar sua posterior desmontagem e reutilização.

Essa lógica construtiva tem grandes vantagens ambientais em relação à convencional, em todas as etapas do ciclo de vida da edificação. Na fase de produção, possibilita maior controle e gerenciamento de resíduos no ambiente fabril, e sua montagem no canteiro de obras pode, potencialmente, eliminar toda geração de resíduos. Também a instalação de sistemas embutidos – hidráulicos, elétricos, lógicos – pode ser otimizada com *shafts* e painéis desmontáveis, que eliminam a necessidade de demolições.

Na fase de utilização/reutilização da edificação vale o mesmo princípio. A possibilidade de reconfiguração do espaço edificado por desmontagem e remontagem, idealmente com total reaproveitamento dos componentes, além de eliminar a geração de resíduos, reduz sensivelmente o gasto de energia e o fluxo de novos materiais. Assim, ela também abre um novo aspecto de sustentabilidade do empreendimento: se a reconfiguração puder ser feita pelo próprio usuário, sem a necessidade de empresas

¹ Consideramos, neste estudo, como *Alta Reciclabilidade* aquela que permite a reutilização da matéria-prima para a manufatura do mesmo produto, ou de outro de grau de industrialização equivalente. Em contrapartida, entendemos como *Baixa Reciclabilidade*, aquela onde a matéria-prima é reutilizada na execução de outro produto com menor grau de industrialização, num processo cíclico que forçosamente se encerra em poucos ciclos de vida, inviabilizando reciclagens posteriores da mesma matéria-prima.

especializadas ou maquinário, ela contribuirá para a sustentabilidade econômica da edificação.

Podemos perceber que a questão dos impactos ambientais relacionados à indústria da construção civil e às edificações em si vai muito além da análise das fases de construção e de uso desta edificação. São necessárias avaliações ambientais que possibilitem uma real compreensão da relação dessa edificação – e da indústria por trás dela – com o meio ambiente que sustenta, não apenas esta indústria, mas toda a sociedade. As metodologias de estudo destes impactos ambientais que se baseiam na avaliação de todo o ciclo de vida do produto se revelam as mais adequadas para a compreensão desta relação.

created with the
trial version of
PDF-Creator.net

Capítulo 3

ACV: APLICAÇÃO E RELAÇÃO COM ISO 14000, EIA/ RIMA E PBQPH

3.1 Aspectos Gerais de uma Metodologia ACV

O conceito de Análise do Ciclo de Vida, ou *Life Cycle Assessment (ACV)*, surgiu na década de 1990, como parte das estratégias de avaliação dos impactos ambientais de produtos industriais desenvolvidas para o cumprimento das metas estabelecidas na conferência mundial ECO92. Este conceito foi definido em comum acordo pelos participantes da conferência, englobando as estratégias de avaliação que se dedicam à análise do todo o ciclo de vida de um produto.

Segundo a *United States Environmental Protection Agency* ou EPA (1993), o ciclo de vida de um produto abrange as seguintes fases principais:

- **Extração de matéria-prima:** atividade de obtenção da matéria-prima e transporte até o local de processamento.
- **Fabricação do produto:** processo de transformação da matéria-prima em produto final.
- **Embalagem e distribuição:** processo de embalagem do produto e sua distribuição até os locais de venda, com a inclusão de novas matérias-primas, se houver.
- **Uso/ Reuso/ Manutenção:** todas as atividades em que o produto é utilizado, ao longo de toda a sua vida útil.
- **Descarte/ Reciclagem/ Gerenciamento de Resíduos:** fim da vida útil do produto, com reprocessamento e nova inclusão na fase de fabricação, seja do mesmo produto ou em outro sistema tecnológico, numa atividade de reciclagem, além do gerenciamento de eventuais resíduos não reciclados.

A análise de todas essas etapas do ciclo de vida de um produto, que a metodologia ACV utiliza, é conhecida, como mencionado acima, por estratégia do berço ao túmulo – *from cradle to grave*. Em cada fase são examinados os fluxos de entrada de energia, água e matérias-primas e os fluxos de saída de poluentes na água, no ar e no solo. Por exemplo, se utilizarmos a ACV para um edifício, começaremos analisando a extração das matérias-primas para a fabricação dos materiais de construção civil, continuando no transporte, produção, construção, uso do edifício, demolição, deposição do entulho e reciclagem. Em suma, a ACV busca a avaliação do total de

impactos ocorridos em todo o ciclo de vida de um produto, demonstrando, assim o completo desempenho ambiental desse produto em suas condições típicas de fabricação, utilização e descarte.

A aplicação de uma metodologia ACV é um processo complicado, pela grande quantidade de dados que requer. Uma estratégia que pode simplificar parcialmente essa atividade é o agrupamento dos dados em subsistemas ou categorias de avaliação. Na análise desses agrupamentos, determinados conjuntos podem ser descartados, como não geradores de impactos ambientais significativos em comparação com todo o ciclo de vida estudado. No entanto, esse descarte deve ser baseado na comparação dos aspectos em cada caso, pois pode variar completamente, mesmo entre produtos semelhantes.

Algumas etapas principais são comuns à maioria das metodologias existentes para a elaboração de estudos baseados em ACV. Em especial, podemos destacar as quatro etapas definidas pela ISO 14000 e também utilizadas pela já citada EPA e pela *Society Environmental Toxicology and Chemistry* (SETAC). São elas: Escopo, Inventário, Análise dos Impactos Ambientais e Interpretação. Essas etapas sempre devem ser desenvolvidas de forma interativa, ou seja, a cada etapa os parâmetros do escopo devem ser revistos e redefinidos. A figura 2 ilustra essa interação.

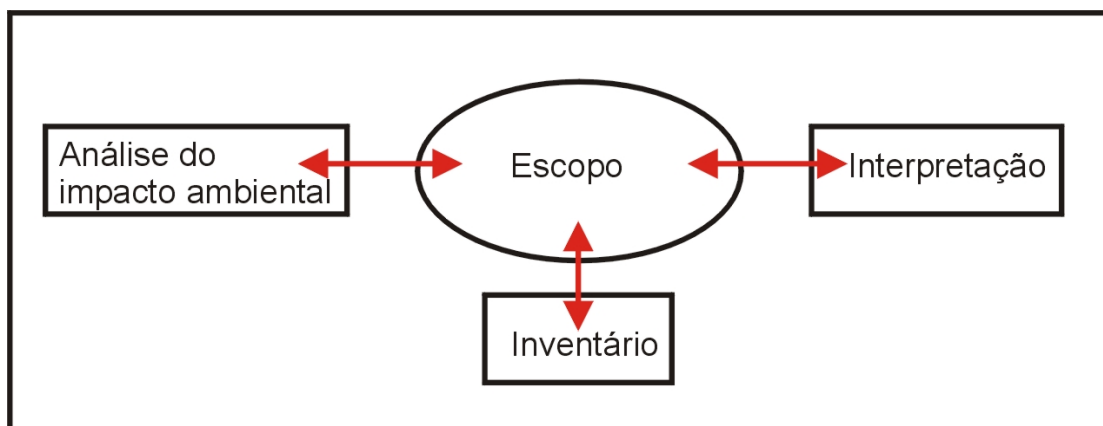


Fig. 2: Interação entre as etapas de uma metodologia ACV. Fonte: (SETAC, 1993)

3.1.1 Escopo

O Escopo é a primeira etapa da elaboração de um estudo de ACV, em que são definidos os propósitos, os parâmetros a serem utilizados e os limites e fronteiras do estudo. Essa etapa, em que ainda não é necessária nenhuma quantificação dos dados, geralmente apresenta a seguinte seqüência de ações:

- Definição de objetivos: comparação de alternativas tecnológicas, avaliação da adequação ambiental de uma tecnologia, avaliação total dos impactos ambientais de um produto, aplicação de selos de certificação ambiental.
- Definição da unidade funcional que será estudada: uma tonelada de um produto, uma edificação, etc.
- Definição dos limites e fronteiras do estudo.
- Definição da localização geográfica e temporal da elaboração do estudo.
- Definição das hipóteses do estudo.
- Justificativa de eventuais limitações técnicas.
- Definição da revisão a ser feita ao final da elaboração do estudo.

3.1.2 Inventário

Na etapa de Inventário é feita a coleta de dados acerca dos aspectos de entrada e saída de recursos materiais, energia e emissão de poluentes, em cada fase do ciclo de vida do produto, bem como acerca do gerenciamento de matérias-primas e utilização de energia. O inventário pode ser realizado como uma atividade independente, chamada de Inventário do Ciclo de Vida ou *Life Cycle Inventory* (LCI).

O LCI tem três áreas principais de decisão: alocação de variáveis de entrada e saída durante o ciclo de vida de um produto, análise dos sistemas de reciclagem e relatório do uso de energia em todo o sistema. Dentro de cada uma dessas áreas, o Inventário pode ser composto por três passos fundamentais: criação de um modelo computacional (opcional), coleta de dados e redefinição do escopo da ACV.

Para a coleta de dados, passo mais crucial do Inventário, é importante o conhecimento sobre que variáveis de entrada e saída podem influenciar cada fase do ciclo de vida do produto. Essas variáveis estão resumidas no esquema da figura 3.

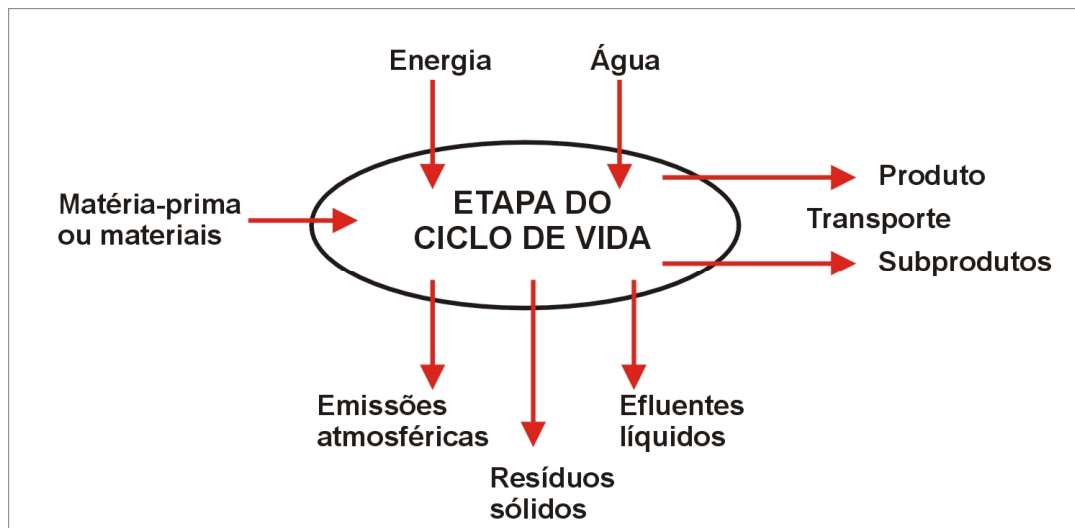


Fig. 3: Esquema de variáveis de entrada e saída de uma fase do ciclo de vida de um produto.

Fonte: (SETAC, 1993)

A apresentação desses dados deverá ser feita de acordo com sua relevância para cada fase do ciclo de vida e para o balanço geral do produto.

Após a compilação dos dados, faz-se, geralmente, uma redefinição do escopo. Ela decorre de comparações da totalidade do ciclo de vida com a contribuição de cada uma de suas fases, que pode ser feita, por exemplo, mediante um balanço de massa e energia de cada fase. Assim, determinada fase poderá ser classificada como negligenciável, de pequena contribuição ou de grande contribuição dentro dos impactos ambientais relacionados a todo o processo analisado.

3.1.3 Análise dos Impactos Ambientais

A etapa de Análise consiste na classificação, caracterização e ponderação dos resultados levantados no Inventário. Tais resultados podem ser agrupados em valores indicativos, muitas vezes denominados *Indicadores* de determinada tendência.

Na análise é necessário considerar todos os impactos ambientais que determinado aspecto do processo pode acarretar. Por exemplo, a emissão de dióxido de enxofre na atmosfera pode provocar chuva ácida, que leva à acidificação dos rios, que causa a mortandade dos peixes, que resulta na perda da biodiversidade daquele ecossistema, etc.

A separação dos dados levantados no Inventário em categorias é um passo fundamental para tornar possível sua análise. A definição das categorias é feita no escopo do estudo, sendo freqüentemente revista diversas vezes. Como há um grau elevado de subjetividade na categorização e análise dos dados, é recomendável a

definição clara das hipóteses levantadas e categorias utilizadas. Recomenda-se abordar apenas categorias relevantes e evitar a definição de categorias que levem à contabilização de um mesmo aspecto ambiental repetidas vezes.

Os aspectos ambientais podem também ser agrupados de acordo com sua abrangência, dividindo-se em impactos globais (como aquecimento global e efeito estufa), regionais (como poluição do ar e destruição de ecossistemas) e locais (como resíduos sólidos e poluição sonora).

A caracterização dos impactos ambientais se dá através da análise dos indicadores que refletem cada categoria elaborada. Essa caracterização pode se basear em normas externas, como parâmetro para a sua análise, ou utilizar algumas estratégias de análise. Segundo SETAC (1993), as estratégias mais efetivas são:

- **Análise de Aspecto:** os dados do Inventário são listados e agrupados de acordo com o seu impacto potencial, nas diferentes fases do ciclo de vida do produto. Tais informações servem à comparação entre produtos equivalentes, por exemplo.
- **Análise de Equivalência:** procura-se a adoção de unidades de medida dos dados que possibilitem sua equivalência com impactos semelhantes causados por outros aspectos ambientais, como, por exemplo, a conversão de aspectos causadores de aquecimento global em emissões de dióxido de carbono.
- **Análise de toxicidade, persistência e bioacumulação:** os aspectos ambientais são analisados em função do seu potencial de toxicidade humana e em relação ao ecossistema, seu potencial de bioacumulação e persistência nesse ecossistema.
- **Análise das exposições e efeitos genéricos:** são analisados os efeitos dos impactos ambientais sobre toda uma população ou um ecossistema de grande porte.
- **Análise das exposições e efeitos em um lugar específicos:** utilizada para evidenciar as conseqüências de um aspecto ambiental sobre um ecossistema específico ou para considerar os efeitos da disposição de um resíduo específico.

A ponderação dos resultados alcançados acerca dos diferentes impactos ambientais é um passo crucial para a avaliação da importância relativa de cada um deles. Pode ser necessário, por exemplo, comparar um processo com expressiva emissão de poluentes atmosféricos a outro, que utiliza fontes de matéria-prima não renováveis.

Tal ponderação pode utilizar definições estabelecidas no escopo do estudo, normas e legislações nacionais e internacionais, valores éticos ou mesmo um consenso entre especialistas do setor. SETAC (1993) propõe uma metodologia baseada nos seguintes parâmetros:

- Escassez: impactos em relação a recursos finitos;
- Área: extensão espacial do impacto;
- Reversibilidade: associado à escala temporal dos impactos;
- Magnitude: refere-se à ordem de grandeza de um impacto, quando comparado com todas as categorias de impactos sendo avaliadas.

3.1.4 Interpretação

Nessa última etapa, os resultados do Inventário e da Análise são comparados com o Escopo, para a elaboração de revisões, conclusões, recomendações futuras e proposta de melhorias em todo o processo estudado.

SETAC (1994) propõe alguns indicadores, que podem ser aplicados a diferentes momentos do processo de elaboração do estudo e se dividem em quantitativos (precisão, complexidade, distribuição, homogeneidade, incertezas) e qualitativos (consistência, aplicabilidade, comparabilidade, representatividade, reprodutibilidade, acessibilidade). Esses indicadores permitem a conferência da conformidade entre resultados e intenções do estudo, e podem levar a eventuais revisões, caso tal conformidade não se apresente.

SETAC (1994) recomenda ainda “a elaboração de uma revisão crítica para a validação e aumento da credibilidade do estudo, elevando também a transparência do processo”. Essa revisão pode ser feita por especialistas internos, especialistas externos e partes interessadas, como ONGs e associações comunitárias, por exemplo.

3.2 A metodologia ACV e a ISO 14000

Internacionalmente, a necessidade de adequação das empresas a novas realidades levou grande parte delas a desenvolver e adotar sistemas de gestão, que procuram o controle dos impactos de seu processo produtivo sobre o meio ambiente. Os sistemas de gestão ambiental passaram a ser normalizados por entidades supra-empresariais. O país precursor nessa iniciativa foi a Inglaterra, com a criação da norma BS7750. Em 1993, a *International Organization for Standardization* criou a comissão encarregada

da elaboração da norma de controle de Sistemas de Gestão Ambiental, que seria posteriormente lançada sob a sigla ISO14000. Essa comissão dividiu-se em subcomitês encarregados de aspectos específicos, sendo um deles a Análise do Ciclo de Vida (além de: Sistemas de Gerenciamento Ambiental; Auditoria Ambiental; Selos Ambientais; Evolução do Desempenho Ambiental; Termos e Definições).

O subcomitê responsável pela Análise do Ciclo de Vida definiu um conjunto de normas para guiar o uso da metodologia e apresentar os princípios para sua realização, a saber:

- ISO14040 – Gestão Ambiental – Avaliação do Ciclo de Vida – Princípios e orientações
- ISO14041 – Gestão Ambiental – Avaliação do Ciclo de Vida – Análise do Inventário do Ciclo de Vida
- ISO14042 – Gestão Ambiental – Avaliação do Ciclo de Vida – Avaliação do Impacto Ambiental
- ISO14043 – Gestão Ambiental – Avaliação do Ciclo de Vida – Interpretação
- ISO14047 – Gestão Ambiental – Avaliação do Ciclo de Vida – Exemplos de Aplicação da norma ISO14042
- ISO14048 – Gestão Ambiental – Avaliação do Ciclo de Vida – Formatação dos dados do relatório e inventário
- ISO14049 – Gestão Ambiental – Avaliação do Ciclo de Vida – Exemplos de aplicação da norma ISO14041

Cabe observar que as normas acima listadas descrevem os requisitos básicos para a condução desse tipo de estudo e procuram garantir que ele seja elaborado de maneira clara, documentada e comprovada, mas não constituem, em si mesmas, uma metodologia para a elaboração da ACV.

A versão brasileira das normas internacionais ISO14000 foi aprovada em 2001, sob a sigla NBR ISO 14040, com princípios básicos para: definição de escopo e inventário, avaliação do impacto do ciclo de vida e análise das melhorias e interpretação a partir dos resultados do estudo.

Pode-se dizer que a ACV mostra-se muito adequada a empresas que adotam sistemas de gestão ambiental, porque os dados gerados pela análise em cada uma das fases do ciclo de vida do produto podem ser integralmente utilizados pelo sistema de gestão ambiental da empresa. Ao se fazer um paralelo entre os requisitos exigidos

pela norma ISO14000 e os estudos e dados gerados pela aplicação da ACV, fica evidente que essa última constitui uma importante ferramenta para a obtenção da certificação por parte das empresas. Uma vez que a norma ISO14000 não apresenta requisitos absolutos, mas exige posturas de controle ambiental, a ACV pode ser plenamente utilizada em sistemas de gestão ambiental, para programas de prevenção à poluição, manutenção de ecossistemas sustentáveis, conservação de recursos naturais e integração a sistemas econômicos e de marketing.

No entanto, há uma diferença básica entre os sistemas de gestão ambiental que se baseiam na norma ISO 14000 e os sistemas de controle de impactos ambientais e gestão da sustentabilidade de um empreendimento imobiliário, implantados em decorrência de uma avaliação feita com o emprego de uma metodologia baseada em ACV. No primeiro caso, é a própria empresa que define os indicadores e parâmetros que serão utilizados na avaliação do seu desempenho ambiental, e também os limites dentro dos quais ela poderá operar. Mais ainda, a empresa pode retirar de seu escopo de trabalho questões fundamentais para a avaliação ambiental, como, por exemplo, a gestão dos resíduos de determinada etapa do ciclo de vida do produto. É conhecido o caso de empresas que declaram que terceirizam a gestão e reciclagem dos resíduos de produção, isentando-se da responsabilidade sobre isto e recebendo posteriormente a certificação da norma, mesmo que tal terceirização nunca ocorra e o lixo industrial se acumule nos aterros sanitários.

Já na implementação de uma avaliação através de uma metodologia baseada em ACV, os indicadores, parâmetros e limites que devem ser respeitados pela empresa em cada critério a ser avaliado são definidos pela equipe multidisciplinar que efetua a avaliação ou, preferencialmente, estabelecidos por uma base de dados comum e adaptados à realidade local. Assim, esses critérios são estabelecidos de maneira científica e em comum acordo com a sociedade e com a comunidade do entorno imediato às etapas de ciclo de vida do produto. Também a terceirização de qualquer critério ambiental avaliado não pode ser usada para isentar a empresa da responsabilidade sobre aquele critério. Emissão, resíduo, uso de energia ou de água são acompanhados até a sua disposição final, sendo avaliados integralmente como parte do desempenho ambiental do produto.

3.3 ACV e os Estudos de Impacto Ambiental

A edificação é um produto industrial, com todas as fases do ciclo de vida de tal produto: obtenção de matéria prima, fabricação, distribuição, utilização/reutilização e

descarte. Cada uma delas gera impactos ambientais consideráveis, que devem ser avaliados adequadamente. No entanto, a maior parte das iniciativas de avaliação de impacto ambiental na indústria brasileira da construção civil tem focado ora a questão do desempenho energético, principalmente na fase de utilização da edificação, ora a gestão ambiental dos chamados "impactos potenciais" de novos projetos.

Para esse último enfoque, a ferramenta de avaliação e controle mais comum têm sido os Estudos de Impacto Ambiental (EIA), geralmente associados a Relatórios de Impacto Ambiental (RIMA). Esse tipo de estudo é centrado apenas na análise de impactos localizados, decorrentes da implantação da obra e de sua utilização prevista, ao passo que não avalia o impacto da construção considerando a produção dos seus materiais, a reutilização do produto e seu descarte final. Portanto, apresenta uma limitação metodológica, porque deixa de levar em consideração aspectos do ciclo de vida da edificação capazes de gerar um impacto ambiental muito mais intenso do que aqueles relacionados às fases de construção e utilização do empreendimento. Tão importante quanto estudar o "impacto potencial" de um empreendimento imobiliário, é analisá-lo em todo o seu ciclo de vida, para que se possa ter uma compreensão total da relação da atividade produtiva da construção civil com o meio ambiente.

Por outro lado, a elaboração de EIAs e RIMAs para a aprovação de projetos e a obtenção de recursos internacionais tem se tornando cada vez mais comum. Trata-se de uma prática que, embora ainda não seja a mais atualizada ou adequada para a avaliação do impacto ambiental dos empreendimentos imobiliários, certamente reflete algum avanço de governos e órgãos de fomento no que tange à questão da sustentabilidade. Nesse sentido, a interação entre EIA/RIMA e estudos de maior profundidade, baseados numa metodologia de ACV, pode ser vantajosa, tanto para o controle ambiental dos empreendimentos, quanto para a sua certificação e aprovação em órgãos nacionais e internacionais. Pelo fato de levantar um número grande de dados acerca de cada uma das etapas do ciclo de vida da edificação e pelo fato de reunir, para a sua implementação, uma equipe multidisciplinar, a metodologia ACV pode ser uma excelente base de informações e análise técnica de dados, sobre a qual se tornaria muito mais adequada a elaboração de Estudos e Relatórios de Impacto Ambiental.

Atualmente, já se pode supor uma tendência internacional de adoção dos relatórios gerados pelas metodologias ACV no campo da construção civil e, num futuro próximo, é de se esperar a obrigatoriedade desses estudos, principalmente para empreendimentos de grande porte. Existem diversas ferramentas metodológicas

baseadas na Avaliação do Ciclo de Vida especificamente voltadas para a construção civil, como LEED, BREEAM e GBC, que serão analisadas no capítulo 4.

Além disso, a metodologia ACV também gerou a classificação internacional de edifícios ecologicamente orientados, denominados *Green Buildings*, orientada por alguns critérios principais (PIETERS, 1996):

“Redução do uso de matérias-primas finitas; promoção do uso de matérias-primas secundárias, recicladas, reutilizadas ou renováveis; redução do volume e separação dos resíduos provenientes da construção; redução do uso de materiais de construção civil que ocasionem forte impacto negativo em qualquer etapa de sua produção, bem como durante a construção ou utilização do edifício; diminuição da utilização de água e energia em todo o ciclo da construção e utilização do edifício; implementação de sistemas de gerenciamento ambiental em todas as etapas do ciclo de vida de uma edificação”. PIETERS (1996).

A utilização do conceito de edifícios ecológicos – *Green Buildings* – no setor da construção civil brasileira ainda é incipiente. Portanto, ainda não dispomos de um conjunto de indicadores ambientais de aceitação e uso comuns. O setor da construção civil e a sociedade percebem cada vez mais a importância de se ter informações sobre o que as empresas fazem em suas relações com o desenvolvimento sustentável, pois há a comparação entre as ações e os resultados.

3.4 ACV e PBQP-H

O *Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade no Habitat* (PBQP-H), instituído em 1998, por decreto do Ministro do Planejamento Paulo Paiva, é um mecanismo de certificação de qualidade e produtividade de adesão voluntária, que tem por objetivo geral:

Elevar os patamares da qualidade e produtividade da construção civil, por meio da criação e implantação de mecanismos de modernização tecnológica e gerencial, contribuindo para ampliar o acesso à moradia para a população de menor renda.

(www.cidades.gov.br/pbqp-h).

Com a qualificação de construtoras e projetistas, melhoria da qualidade de materiais, formação e qualificação da mão de obra, normalização técnica, entre outros, o PBQP-H busca o aumento da competitividade no setor, a melhoria da qualidade de produtos e serviços, a redução de custos e a otimização do uso dos recursos públicos. No longo prazo, ele se propõe a “criar um ambiente de isonomia competitiva que propicie

soluções mais baratas e de melhor qualidade para a redução do déficit habitacional no país”. (www.cidades.gov.br/pbqp-h).

Uma das intenções do PBQP-H, como indicado na citação acima, é a modernização, não só em medidas ligadas à tecnologia no sentido estrito, mas também em tecnologias de organização, de métodos e de ferramentas de gestão. Para concretizar essas intenções, o programa propõe:

- **“Atuação integrada do poder público** para ampliar a otimização dos recursos e das ações, com maior sintonia entre as políticas de habitação municipais, estaduais e federal;
- **Descentralização**, para fazer com que as aplicações correspondam à realidade de cada unidade da federação, ampliando o controle e a efetividade das ações;
- **Parceria entre agentes públicos e privados** para cumprir uma tarefa que é de toda sociedade, pois a ação do poder público, isolada, será limitada;
- **Participação da sociedade civil** para assegurar que as ações do poder público estejam em conformidade com as necessidades e prioridades da população, e contar com a experiência de diversos setores da sociedade.”

(www.cidades.gov.br/pbqp-h).

O PBQP-H passou a integrar o plano plurianual do Governo Federal em 2000, como parte do cumprimento das metas estabelecidas pelo Brasil ao assinar a carta da Conferência do Habitat em Istambul, em 1996. O programa tem a expressa intenção de promover ou implantar a gestão da qualidade no processo de produção da indústria da construção civil.

No entanto, podemos observar uma preocupação muito pequena, no seu escopo, com a questão da qualidade do espaço construído. Aspectos que poderiam ser utilizadas como indicadores dessa qualidade, como eficiência energética da edificação, iluminação e ventilação naturais, gestão da água e outros, relacionados à questão ambiental, não têm grande importância na aferição de qualidade segundo os critérios do PBQP-H.

O aspecto que merece mais destaque em relação à questão ambiental é o da gestão de resíduos no processo da construção civil; medida que é de fundamental importância num sistema de gestão da qualidade, mas que também tem grande destaque num sistema de avaliação ambiental. O programa determina metas de redução e, eventualmente, a eliminação dos resíduos no canteiro de obras. Isso pode ocorrer tanto por meio de procedimentos de qualidade dentro do processo construtivo convencional, quanto por meio da substituição desse processo por outros, que

possuem a característica da montagem no canteiro de obras, em vez da fusão de componentes construtivos. Essas metas são também de grande importância numa avaliação ambiental de todo o processo, pois contribuem para a redução na geração de resíduos na etapa de fabricação do produto e aumentam o potencial de reciclagem do produto, quando acontece a substituição do sistema construtivo convencional por um que permita a desmontagem e o posterior reaproveitamento dos componentes construtivos, procedimento de maior eficiência energética entre todos os tipos de reciclagem.

Uma preocupação maior com os impactos ambientais e a questão da sustentabilidade relativos ao ciclo de vida da edificação seria um grande avanço no sistema de gestão de qualidade proposto pelo PBQP-H, seguindo uma tendência que já podemos identificar em outros programas de qualidade, como, por exemplo, as normas ISO.

created with the
trial version of
PDF-Creator.net

Capítulo 4

METODOLOGIAS BASEADAS EM ACV: BREEAM, LEED, SPeAR, DFE, GBC

A Análise do Ciclo de Vida, ou ACV, é relativamente nova em todo o mundo, sendo discutida há pouco mais de duas décadas. No âmbito da construção civil, ela pode ser traduzida em diversas metodologias de aplicação internacionais. Na Inglaterra, por exemplo, a metodologia BREEAM (*Building Research Establishment Environmental Assessment Method*) foi utilizada voluntariamente para certificar cerca de 30% dos edifícios comerciais erigidos na segunda metade de década de 1990. Outras metodologias, como a LEED, SPeAR, BEPAC, C-2000 e ECO-PROFILE, são utilizadas em países como Estados Unidos, França, Canadá e China, com variações e adequações à realidade de cada país.

Essas metodologias se diferenciam pelos critérios de avaliação e como eles se agrupam e organizam, mas todas têm um mesmo desdobramento em etapas que analisam a utilização de recursos naturais renováveis e não renováveis, a emissão de poluentes no solo, água e atmosfera e o gasto de energia, em cada uma das fases do ciclo de vida da edificação. Enquanto algumas têm 15 a 18 critérios de avaliação, outras podem atingir 181 critérios, divididos nas categorias Anteprojeto, Esquema de Projeto, Desenvolvimento de Projeto, Gerenciamento de Obra e Pós-ocupação.

Podemos enumerar as principais metodologias de avaliação ambiental utilizadas no mundo como as seguintes:

- **BREEAM:** Inglaterra, utiliza 18 critérios de desempenho organizados em três escalas: global, local e interna.
- **BEPAC:** Canadá, constituída por 30 critérios organizados em cinco tópicos ambientais: proteção da camada de ozônio, impacto do uso de energia, qualidade ambiental interna dos edifícios, conservação de recursos naturais e meio ambiente e transporte.
- **SPeAR:** Inglaterra, utiliza um software para gerar diagramas qualitativos do desempenho global do empreendimento. Baseia-se em 20 critérios divididos em quatro categorias: meio ambiente, questões sociais, viabilidade econômica e recursos naturais.

- **C-2000:** Canadá, utiliza aproximadamente 170 critérios organizados em oito categorias: eficiência energética, impacto ambiental, funcionalidade, durabilidade, saúde / conforto / produtividade, adaptabilidade, facilidade de operação e manutenção e viabilidade econômica.
- **Eco-Profile:** Noruega, organiza os critérios de avaliação em quatro áreas: energia, qualidade do ambiente interno, poluição, qualidade do ambiente externo.
- **LEED:** EUA, lista os critérios utilizados em ordem alfabética sem distinção de prioridades ou organização em grupos de interesse.
- **HK-BEAM:** China – é uma variação da BREEAM inglesa, mas com critérios adaptados à realidade chinesa.
- **DFE:** Inglaterra – metodologia de utilização geral que se baseia em *Chek-lists* para avaliação e implementação de melhorias na performance ambiental de uma indústria de seus produtos.
- **GBC:** Consórcio internacional, metodologia desenvolvida em conjunto por vários países, sob patrocínio do governo canadense. A metodologia procura ser flexível, para a adaptação a cada realidade de aplicação. Utiliza 18 critérios principais divididos nas categorias: consumo de recursos naturais; emissões de poluentes na água, ar e solo; qualidade do ambiente interno edificado; longevidade da edificação; processos de fabricação empregados; fatores contextuais.
- **Evaluation Survey Table to Global Environmental Impact:** Japão, organiza seus critérios e subcritérios em sete categorias: redução de emissão de gases relacionados ao efeito estufa, conservação de florestas, redução de gases relacionados à chuva ácida, conservação de recursos hídricos, resíduos sólidos, redução de substâncias relacionadas ao aquecimento global e considerações ecológicas

Em todas essas metodologias, o edifício é considerado como um conjunto de sistemas integrados. Assim, para que se possa reduzir ou eliminar seu impacto ambiental, é necessário que, tanto na fase de projeto, quanto em todas as fases do ciclo de vida da edificação propriamente dita, seja considerado o desempenho ambiental de cada componente e material daquele sistema. Mas, embora o desenvolvimento de novos bancos de dados internacionais e a utilização de mecanismos de ponderação desses dados possa vir a facilitar a aplicação das ferramentas baseadas em ACV, por

enquanto, na grande maioria dos casos, a aplicação dessas metodologias é dificultada pela necessidade do levantamento de um grande número de dados sobre o produto em questão.

No Brasil, isso é particularmente problemático, pois nem os próprios fabricantes de materiais e componentes da construção civil dispõem de informações técnicas que possibilitem uma avaliação objetiva de impacto ambiental, e ainda não há nenhuma base de dados brasileira em desenvolvimento.

Em seguida foi elaborada uma análise um pouco mais aprofundada das metodologias ACV mais utilizadas em todo o mundo, e que, por suas características diversas, constituem exemplos das diferentes abordagens possíveis da mesma questão: a compreensão dos impactos ambientais relacionados ao processo de construção, utilização e descarte de uma edificação.

4.1 BREEAM: Building Research Establishment Environmental Assessment Method

A metodologia BREEAM (*Building Research Establishment Environmental Assessment Method*) foi desenvolvida pela Organização Não Governamental *European Partners for the Environment*, como resultado de uma iniciativa de três setores, público, comercial e pesquisadores privados, estabelecida em 1988. BREEAM foi o primeiro e é o mais conhecido sistema de avaliação ambiental de edificações. Sua primeira versão foi lançada em 1990, tendo passado por uma atualização em 1995.

O propósito fundamental dessa metodologia é o estabelecimento de um Eco-selo de eficiência ambiental, através de uma avaliação dos impactos ambientais relacionados ao ciclo de vida de um produto da indústria da construção civil. A opção pelo Eco-selo é justificada pela idéia de que uma avaliação imparcial pode levar a indústria da construção civil a pensar mais seriamente as questões ambientais e estimular uma competitividade por produtos (edificações) de melhor performance ambiental. Assim, o Eco-selo é visto como um resultado tangível para os esforços das empresas e organizações que se dedicam à redução do consumo de água e energia e minimização dos impactos ambientais em seus processos produtivos.

Seus múltiplos focos passam pela emissão de dióxido de carbono na combustão de combustíveis fósseis em sistemas de aquecimento e ventilação – que contribuem para o aquecimento global e o efeito estufa –, pela canalização de ventos induzida pela

implantação de seqüências de edificações de grande porte em uma vizinhança e pela síndrome de “edifícios doentes”, causada por planejamento inadequado de ventilação e iluminação dos ambientes internos, associado ao uso de materiais com alta incidência de emissão de substâncias voláteis e poluidoras da atmosfera interna. Como indicado na justificativa da BREEAM, “o homem ocidental passa noventa por cento de seu tempo dentro de alguma edificação, e elas são responsáveis por cerca da metade do consumo de energia”. (BALDWIN et. al, 1997).

A metodologia BREEAM avalia a performance ambiental das edificações principalmente através da análise das seguintes questões (DOGGART; BALDWIN, 1997):

- Gerenciamento dos procedimentos operacionais e de manutenção da edificação;
- Gerenciamento dos gastos energéticos e emissão de dióxido de carbono na edificação;
- Qualidade do ambiente interno e externo;
- Emissão de poluentes na água e no ar;
- Emissões relativas às necessidades de transporte e à localização da edificação;
- Gerenciamento do uso do solo e subsolo;
- Conservação e fortalecimento do ecossistema do entorno;
- Gerenciamento dos materiais utilizados baseado nos impactos ambientais relativos ao seu ciclo de vida;
- Eficiência no gerenciamento da água.

A metodologia outorga créditos em cada uma dessas áreas avaliadas, procedendo posteriormente uma média ponderada, que resulta numa nota global da performance ambiental da edificação. De acordo com essa nota, o edifício recebe uma classificação, que pode variar entre: Certificado, Bom, Muito Bom e Excelente. O Selo outorgado ao edifício é frequentemente usado com fins de marketing.

A ferramenta BREEAM procura oferecer vários benefícios à sua aplicação, entre eles:

- “Demonstrar a adequação do empreendimento aos requisitos ambientais vigentes;
- Permitir a integração das melhorias ambientais à política das empresas;
- Promover a melhoria da qualidade ambiental dos espaços edificados;

- Proporcionar um diferencial de marketing aos edifícios certificados;
- Aumentar a margem de lucro dos empreendimentos certificados;
- Promover a comparação entre edificações certificadas, para a melhoria da avaliação em si”.

(www.breeam.org, 2006).

Esse sistema é hoje responsável pela homologação de mais de 30% dos novos edifícios comerciais do Reino Unido, além de uma grande parte dos edifícios institucionais, sendo também incentivado pelo próprio governo britânico, que estabeleceu como meta a certificação no nível EXCELENTE para as novas edificações institucionais a serem planejadas e construídas. (www.breeam.org, 2006). Versões internacionais da metodologia foram adaptadas às condições regionais do Canadá e de Hong Kong, e outros países também estudam a adoção do sistema, como Dinamarca, Noruega, Austrália e Nova Zelândia. (DOGGART; BALDWIN, 1997).

4.2 LEED: Leadership in Energy and Environmental Design

O LEED é uma metodologia de avaliação do impacto ambiental do ciclo de vida de uma edificação, desenvolvida pelo *United States Green Building Council* (USGBC), órgão ligado ao governo federal dos Estados Unidos. Seu objetivo é formar uma base de dados voluntária e de âmbito nacional, contribuindo para o desenvolvimento de edificações de alta performance de sustentabilidade.

A ferramenta LEED outorga um selo de qualidade ambiental chamado *Green Building*, podendo conferir os títulos: Certificado, Prata, Ouro e Platina, de acordo com o número de pontos obtidos nos critérios e eco-indicadores² avaliados. Embora essa estratégia de criação de um selo verde possa ser criticada pela possibilidade de

² Eco-indicador pode ser definido como sendo um “parâmetro tipicamente mensurável, que pode refletir uma característica quantitativa ou qualitativa, de importância vital para que se possa fazer julgamentos sobre as condições atuais, passadas e futuras de um determinado ecossistema”. (HODGE et al. 1999).

No contexto da metodologia da Análise do Ciclo de Vida - ACV, o conceito de eco-indicador descreve, em um único valor quantitativo, uma medida do impacto ambiental causado ao longo de todo o ciclo de vida de um determinado produto, ou de fases deste ciclo, sejam temporais, geográficas ou tecnológicas. A metodologia envolve a agregação de diversos efeitos ambientais através de um sistema de ponderação específico.

exploração comercial do selo em detrimento dos objetivos ambientais e de sustentabilidade, a metodologia se baseia em premissas bastante adequadas dentro de seu foco principal, que é a avaliação da performance ambiental das edificações. As principais premissas da metodologia LEED são:

- Definição do “*Green Building*” – pelo estabelecimento de uma base comum de dados e critérios de avaliação;
- Promoção de práticas de design integradas com as questões ambientais;
- Reconhecimento de lideranças ambientais na indústria da construção civil;
- Estímulo da competitividade ambiental entre empresas;
- Estímulo consciência ambiental do consumidor através da divulgação dos benefícios ambientais dos “*Green Buildings*”;
- Transformação do mercado da construção civil, com a incorporação da responsabilidade ambiental.

Comparada às demais metodologias aqui abordadas, a LEED enfatiza mais a eficiência ambiental da edificação durante sua fase de utilização, embora as outras fases do ciclo de vida também sejam avaliadas. Alguns dos critérios principais de avaliação são: planejamento sustentável do terreno, gerenciamento de água, eficiência energética, gerenciamento de materiais e qualidade do ambiente interno. O USGBC oferece, através da metodologia LEED, além da certificação de edificações e projetos, o treinamento de profissionais das áreas correlatas.

A metodologia LEED se subdivide em várias modalidades, de acordo com o tipo de empreendimento a ser avaliado e os objetivos de avaliação daí decorrentes. São elas (U.S. GREEN BUILDING COUNCIL, 1996):

- “**LEED-NC – New Comercial Construction**”: com foco em novas edificações comerciais, como *shopping-centers* e edifícios de escritórios, mas também é aplicável a reformas e acréscimos, bem como a escolas, edifícios residenciais multifamiliares, plantas industriais, laboratórios e outros.
- **LEED-EB – Existing Buildings**: para edificações existentes, procura a maximização da eficiência ambiental – ou minimização dos impactos – das operações de uso do edifício, aumentando sua sustentabilidade. A meta é oferecer a proprietários e construtores um caminho para a produção de ambientes produtivos, saudáveis, economicamente lucrativos e ambientalmente responsáveis.
- **LEED-CI – Comercial Interiors**: para trabalhos de design de interiores, também tem o objetivo de mostrar como os profissionais dessa área podem influir na

sustentabilidade de um projeto, promovendo decisões ambientalmente favoráveis tanto em termos de materiais e processos de acabamento, quanto na geração de ambientes com um custo ambiental de manutenção mais reduzido.

- **LEED-H – Homes:** para a produção de moradias, procura avaliar também o impacto relativo às fases de utilização e descarte dessas edificações. Está ainda em fase de desenvolvimento, mas, fundamentalmente, consiste na adaptação, para a realidade tipológica das moradias, de critérios aplicados a outros tipos de edificações. Um sistema de participação interativa foi lançado pelo USGBC, onde arquitetos e construtores podem inscrever seus projetos e produtos, para participar no desenvolvimento dessa nova modalidade.
- **LEED-ND – Neighborhood Development:** para o planejamento urbano, em especial o de áreas de moradia, foi desenvolvida pelo USGBC em conjunto com o *Natural Resources Defense Council* e o *Congress for the New Urbanism*. Procura enfatizar questões como a localização de novos centros urbanos, crescimento inteligente, design compacto, deslocamentos e proximidades, misturas de usos e tipologias, e projetos que incentivam deslocamentos de pedestres e bicicletas”.

Os critérios de avaliação e eco-indicadores utilizados por cada modalidade da metodologia variam de acordo com seus objetivos, mas sempre dentro de uma estrutura de conformidade ou não-conformidade, semelhante à utilizada pelas normas ISO14000, onde são outorgados pontos de acordo com o grau de satisfação de cada requisito estabelecido. Mas, em oposição às normas ISO, nas quais a própria empresa determina requisitos e parâmetros aplicados, a metodologia LEED propõe um conjunto de dados aberto e que recebe contribuições universais, que estabelece os parâmetros a serem utilizados, numa postura muito mais adequada a uma avaliação de base científica.

Podemos destacar como critérios principais utilizados pela metodologia LEED os seguintes:

- Redução no uso de aquecimento e resfriamento mecânicos do ar;
- Redução na utilização de água potável;
- Aumento no reaproveitamento de água não-potável para outros propósitos, como irrigação e esgotos;
- Redução no uso de energia elétrica na iluminação interna;
- Aumento no uso de energia de fontes alternativas, como eólica e solar;
- Redução na geração de entulho não reciclado na construção da edificação;

- Aumento no uso de materiais e componentes totalmente recicláveis;
- Uso exclusivo de madeiras certificadas ambientalmente;
- Aumento no uso de materiais locais, diminuindo a necessidade de transporte;
- Otimização do uso e controle de ventilação e iluminação naturais no espaço construído;
- Redução e controle do uso de materiais com características de emissão de subprodutos voláteis e contaminantes do ar, como adesivos, carpetes, tintas e estofados;
- Gerenciamento e redução na geração de resíduos no uso da edificação;
- Seleção e reciclagem desses resíduos³.

Além disso, todas as modalidades de aplicação da metodologia LEED incluem critérios especificamente relacionados à fase de utilização da edificação, a saber:

- Manutenção e limpeza de toda a edificação, incluindo substâncias químicas utilizadas;
- Gerenciamento e manutenção da qualidade do ar interno;
- Eficiência no gerenciamento energético da edificação;
- Gerenciamento no uso da água;
- Gerenciamento e incentivo a programas de coleta seletiva e reciclagem de resíduos;
- Manutenção dos ambientes exteriores;
- Contínuo melhoramento dos sistemas de gerenciamento de energia, água, ventilação e iluminação natural, para atendimento de novos objetivos ambientais estabelecidos.

Embora o objetivo principal da metodologia LEED seja o estabelecimento de um selo verde de eficiência ambiental, proposta bastante controversa para a realidade brasileira devido à tendência de se tornar uma iniciativa mercadológica que se distancia dos objetivos científicos e cria uma reserva de mercado para as empresas detentoras do selo, sua estrutura de avaliação segue parâmetros claros e que cobrem,

³ Para maiores detalhes sobre os critérios adotados e o sistema de pontuação utilizado pela metodologia *LEED*, consultar o **anexo A – Exemplo de Formulário de Avaliação LEED**.

na maioria dos aspectos, todo o ciclo de vida da edificação, proporcionando uma avaliação abrangente do impacto ambiental por ela gerado.

Mais importante do que o selo em si, talvez tenha sido a iniciativa do USGBC de criação de um banco de dados aberto e de participação voluntária, que pode vir a proporcionar um substrato técnico-científico para a definição e o estabelecimento de parâmetros e eco-indicadores na avaliação de edificações. Infelizmente, o banco de dados alimentado pela indústria da construção civil norte-americana não atende às necessidades da mesma indústria no Brasil, que opera dentro de uma realidade sócio-econômica completamente diversa e se baseia em sistemas técnicos e construtivos diferentes dos que são convencionais nos Estados Unidos.

4.3 SPeAR: Sustainable Project Appraisal Routine

SPeAR é uma metodologia de avaliação do impacto ambiental de atividades industriais e comerciais, não necessariamente do ramo da construção civil, desenvolvida pela empresa *Arup Development Company* em função de consultorias por ela prestados em diversos países da Europa, América do Norte, Ásia e África. Ela foi criada para auxiliar empresas e órgãos gestores na definição de objetivos de sustentabilidade e para avaliar essa sustentabilidade ao longo do ciclo de vida de determinado produto/atividade, procurando oferecer alternativas no processo de tomada de decisões.

A *Arup Development Company* oferece serviços relacionados ao planejamento de negócios e ao desenvolvimento de produtos. Equipes multidisciplinares são formadas para atender às solicitações específicas dos clientes, com metodologias de avaliação estratégica em áreas como qualidade do ar, contaminação do solo, responsabilidade corporativa, gerenciamento e planejamento ambiental, relatório ambiental e social, regulação industrial, urbanismo e arquitetura industrial, serviços de mineração, sustentabilidade e gerenciamento de resíduos e de água. Considerando a sustentabilidade como uma questão holística, que permeia todo o processo produtivo e todo o ciclo de vida de um produto ou atividade, tais avaliações devem oferecer aos seus clientes uma integração global da sustentabilidade às estratégias da empresa ou organização. Também por isso, a metodologia sugere processos de avaliação contínua, tanto pelo fato de as variáveis ambientais estarem em constante mudança, como pelo fato de ação de determinada empresa no sentido da sustentabilidade ter conseqüências nos próprios setores avaliados. Trata-se, na verdade, de objetivos

fundamentais na avaliação da responsabilidade ambiental de qualquer atividade produtiva, independente da metodologia utilizada para o diagnóstico.

A metodologia SPeAR busca, portanto, transportar a sustentabilidade da teoria para a prática. Nesse sentido, ela tem pelo menos uma grande vantagem em relação às outras metodologias estudadas, que é o fato de transformar os eco-indicadores levantados em uma informação gráfica, mediante uma escala de cores. A informação assim apresentada pode ser imediatamente apreendida por qualquer pessoa, sem necessidade de recorrer aos valores numéricos que geraram a escala.

A informação gráfica é disposta num diagrama de quatro quadrantes, relativos a proteção ambiental, igualdade social, viabilidade econômica e eficiência no uso de recursos naturais (figura 04). O diagrama se baseia no reconhecimento da interconexão entre tais quatro questões e na concepção de que todas elas têm importância igualmente fundamental, sem distinções hierárquicas. Assim, a metodologia não inclui nenhuma avaliação ponderada entre os quadrantes, mas traz todos eles ao mesmo tempo para o foco das decisões.

Para alimentar os quadrantes, isto é, para alimentar o software que os gera, são utilizados eco-indicadores de outros estudos sobre sustentabilidade, selecionados de acordo com o projeto ou produto em exame. O software avalia cada eco-indicador em relação a dados arquivados, tanto de melhor quanto de pior caso possível, agrupa tais indicadores em conjuntos e os transforma em um indicador gráfico de performance, mostrado no quadrante correspondente do diagrama SPeAR. Cada um dos aspectos é graduado no diagrama com uma barra de cores corresponde a um conjunto de eco-indicadores analisados.

created with the
trial version of
PDF-Creator.net

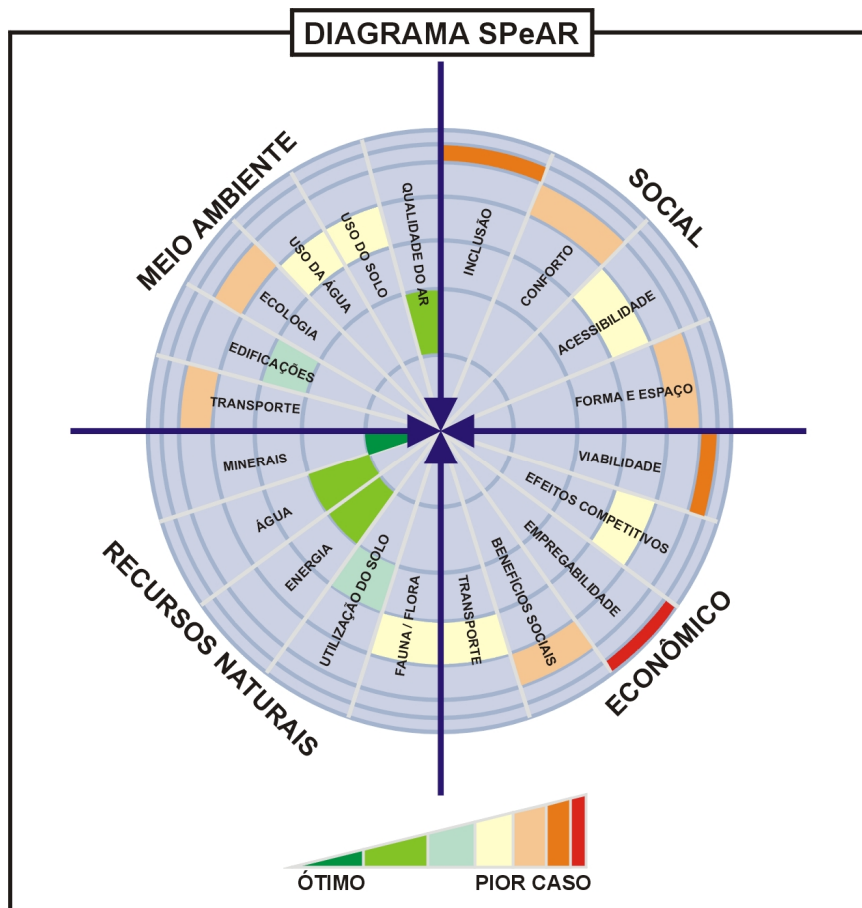


Fig 4: Diagrama gerado pela metodologia SPeAR – fonte: www.arup.com/environment - tradução do autor.

Cabe ressaltar que os aspectos avaliados em cada setor ou quadrante não são variáveis, e sim os eco-índices que os representarão. Tais aspectos são detalhados abaixo.

No setor Meio Ambiente são avaliados:

- **Transporte:** impactos da logística de transporte envolvida, como peso e volume dos produtos, distâncias médias percorridas em cada etapa do ciclo de vida e tipo de transporte mais utilizado (o transporte rodoviário, por exemplo, tem um impacto ambiental muitas vezes superior ao transporte ferroviário ou marítimo).
- **Edificações:** impactos relativos às edificações utilizadas para as atividades em exame e a relação dessas edificações com o entorno natural.
- **Ecologia:** impactos da atividade na biosfera imediatamente adjacente.

- **Uso da água:** gerenciamento da água, incluindo tanto o consumo, quanto a emissão de poluentes em cursos ou massas de água.
- **Uso do Solo:** relação da atividade com o solo e subsolo em que ela se localiza, principalmente quanto à emissão de poluentes e contaminantes.
- **Qualidade do ar:** também principalmente quanto à emissão de poluentes.

No setor Social são avaliados:

- **Inclusão:** possibilidade de a atividade de produção promover a inclusão de portadores de necessidades especiais, idosos e minorias econômica ou socialmente oprimidas.
- **Conforto:** conforto ambiental e ergonomia do trabalho, relativos à atividade, em todas as etapas do ciclo de vida do produto, tanto para profissionais da produção, quanto para usuários diretos e indiretos.
- **Acessibilidade:** possibilidade de uso do produto/atividade por indivíduos portadores de necessidades especiais, idosos e minorias econômica ou socialmente oprimidas.
- **Forma e espaço:** ambientes internos e externos onde ocorrem as atividades de cada etapa do ciclo de vida do produto/atividade.

No setor Econômico são avaliados:

- **Viabilidade:** relação lucro/benefício do produto/atividade, frente às mudanças implementadas no seu ciclo de vida como resultado da avaliação de sustentabilidade.
- **Efeitos Competitivos:** conseqüências, benéficas ou maléficas, das mudanças implementadas, frente ao mercado e aos concorrentes diretos.
- **Empregabilidade:** capacidade do produto/atividade de gerar empregos e renda em cada etapa do seu ciclo de vida.
- **Benefícios Sociais:** benefícios diretos e indiretos que o produto/atividade pode proporcionar ao meio social em que se insere, incluindo programas específicos para esse fim criados pela empresa como iniciativa de responsabilidade social.
- **Transporte:** impacto econômico que os custos de logística e transporte têm no total do ciclo de vida do produto.

No setor Recursos Naturais são avaliados:

- **Fauna/Flora:** gerenciamento desses recursos e os impactos gerados no ecossistema natural.
- **Utilização do solo:** gerenciamento do uso do solo e subsolo e manutenção da capacidade produtiva agrária. Também é avaliada, neste item, a destinação final de áreas de extração de recursos não-renováveis e sua reintegração ao ecossistema natural do entorno.
- **Energia:** gerenciamento de energia em cada etapa do ciclo de vida do produto/atividade, incluindo o consumo quantitativo e o tipo de fontes de energia utilizado.
- **Água:** consumo desse recurso em todas as etapas do ciclo de vida do produto/atividade.
- **Minerais:** gerenciamento de recursos fósseis e não-renováveis, bem como a contrapartida implementada aos processos de extração, que sempre apresentam alto grau de impacto ambiental.

Por já ter sido aplicada em uma grande variedade de atividades e produtos, a metodologia SpeAR acumula uma base de dados bastante completa em planejamento de revitalização urbana, processos de manufatura de produtos e estratégias de reformulação.

Ao procurar promover uma avaliação global da performance ambiental de uma empresa, a metodologia SPeAR busca alcançar uma série de objetivos de grande importância sobre a questão ambiental, com o potencial de trazer vários benefícios à empresa, à comunidade e ao meio ambiente. Entre eles podemos destacar: a tradução do conceito de sustentabilidade em termos consistentes que podem ser diretamente aplicados no contexto das atividades da empresa; a criação de ligações entre a política da empresa e a implementação de medidas ambientais; a incorporação de relatórios de sustentabilidade aos programas de responsabilidade social da empresa; a criação de um meio transparente de verificação da performance de sustentabilidade da empresa; e a indicação clara de potenciais falhas na agenda de sustentabilidade da empresa.

No entanto, a possibilidade desses objetivos serem todos alcançados pela aplicação da metodologia se torna mais remota quando relembramos a sua origem e as condições em que ela é aplicada, dando margem a que a própria empresa avaliada interprete os resultados, uma vez que a metodologia é fruto de uma consultoria

interna. A pouca transparência dessa etapa pode comprometer todo o resultado de aplicação da metodologia.

4.4 DFE: Design for Environment

Para além das metodologias específicas utilizadas, é evidente que a ideia de um design orientado ao meio ambiente tem um papel decisivo em quaisquer modelos de produção sustentável, pois antecipa a avaliação dos impactos ambientais de novos produtos e processos e, conseqüentemente, torna mais viáveis a implementação de medidas mitigadoras desses impactos.

O DFE, *Design for Environment*, enquanto metodologia específica, surgiu também como uma resposta aos compromissos e metas assumidos na conferência mundial sobre desenvolvimento e meio ambiente ECO92. Trata-se de uma estratégia que, como a maioria das metodologias baseadas em ACV, geralmente se associa a programas maiores de gestão ambiental, exigências normativas ou demandas específicas para possibilitar a competitividade em mercados internacionais.

A principal vantagem do DFE é possibilitar respostas com um prazo menor que outras metodologias, principalmente quando na tomada de decisões na fase de projeto, possibilitando reduções bastante significativas nos custos nas unidades de fabricação.

O DFE é constituído por três etapas fundamentais: inventário, análise de impactos e implementação de melhorias (ALLENBY, 1999). Na primeira, é feito o detalhamento da área de abrangência do produto, com a identificação das principais implicações ambientais do processo produtivo e o levantamento dos materiais e fluxos mássicos resultantes da produção. Na segunda, a etapa de análise de impactos, os dados coletados são confrontados com as possíveis mudanças ocorridas no entorno da fábrica e são eleitos eco-indicadores para quantificação dos custos e danos ambientais de cada ciclo. Por fim, na fase de implementação, são determinadas as melhorias que podem ser agregadas ao processo produtivo.

A metodologia do DFE se baseia em *check-lists* de questões de design, procurando solucionar não-conformidades ambientais em cada uma das fases do ciclo de vida de um produto. O DFE nomeia quatro fases principais para a sua intervenção: produção/manufatura, utilização, reciclagem e descarte. A figura 05, *Abrangência do Design Orientado ao Ambiente – DFE*, demonstra o ciclo de vida do produto, seus fluxos mássicos e energéticos de entrada e saída no processo produtivo, além de suas

transformações ao longo do tempo. As respostas às perguntas do *check-list* são constantemente reavaliadas, buscando-se melhorias no processo, tanto do ponto de vista ambiental, quanto da viabilidade do projeto propriamente dito.

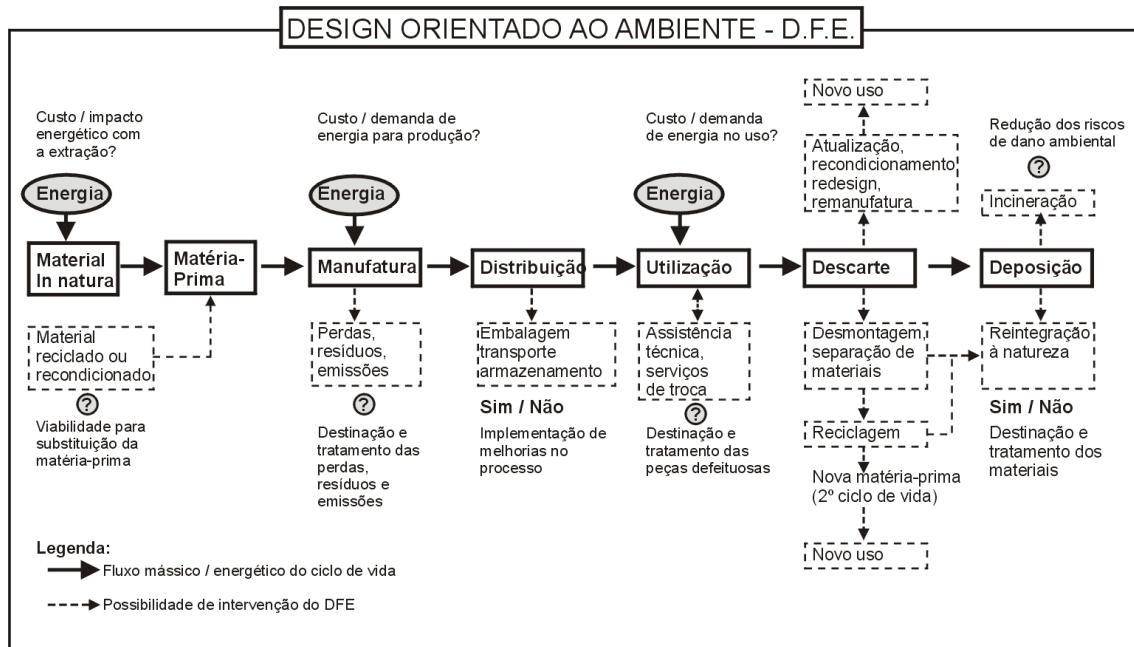


Fig. 5: Abrangência do Design Orientado ao Ambiente – DFE – fonte: Souza, 2002.

É importante observar que as melhorias planejadas em consequência da implementação do DFE não são focadas apenas na redução de emissões e resíduos da produção, mas também nas trocas mássicas e energéticas entre cada processo e o ambiente. Também são levadas em conta as implicações do processo no *entorno social*, tais como geração/redução de renda e emprego ou alteração na qualidade de vida da população. O DFE traz também um novo conceito de “lixo”, enfatizando a necessidade de deposição no meio natural exclusivamente de substâncias que possam ser reintegradas e absorvidas sem nenhum impacto não desejável.

Quanto à fase de **Produção/Manufatura**, procura-se a quantificação do consumo de energia e materiais para a produção como prioridade projetual. Também são levantados itens como intensidade de lixo e de emissões do processo⁴.

A inserção do produto no mercado caracteriza o início da fase de **Utilização** do produto. Nela as preocupações ambientais voltam-se para aspectos como a melhor

⁴ Os itens do *check-list* do DFE para a fase de produção são: consumo de materiais e energia para a produção; diversidade de materiais no produto; intensidade de lixo/emissões da produção; grau de perdas na produção; intensidade/demanda de transporte; necessidade de embalagem; tamanho da linha de série (impacto físico da produção); grau de toxicidade da linha de montagem.

consumo de energia no uso do produto e fatores como multifuncionalidade, utilização de refis, emissão de poluentes, e outros. Isso poderá implicar em maior valor de troca para o consumidor, o que leva a uma menor obsolescência precoce do produto⁵. Esse é um dos motivos por que cemitérios de automóveis são muito mais comuns nos EUA, onde seu valor de troca torna-se mínimo em poucos anos, do que no Brasil.

Na fase chamada no DFE de **Reciclagem**, itens como a durabilidade, modularidade e facilidade de desmontagem são contemplados para melhorar a performance ambiental do produto. A diminuição da complexidade construtiva, por exemplo, é um grande facilitador da reciclagem de um produto. Também a facilidade de identificação dos materiais e seus sistemas de união são pontos fundamentais para viabilizar a sua reutilização ou recondicionamento⁶.

A última fase do ciclo de vida de um produto, denominada **Descarte**, é a de contato mais estreito com o meio físico, e, por isso, tratada com maior cuidado. Aspectos como biodegradabilidade, facilidade de incineração sem a presença de fatores de risco ambiental, possibilidade de reintegração à natureza e redução do impacto ambiental pela deposição dos materiais são itens fundamentais analisados⁷.

A agência americana de Proteção Ambiental, *Environmental Protection Agency* – EPA, relaciona três questionamentos principais como ponto de partida para a implementação de um programa de design orientado ao ambiente (Estados Unidos, 2000): “de que maneira a empresa gera impactos ao ambiente? Qual o significado desses impactos? Como a empresa pode melhorar sua performance ambiental?” As respostas a estas perguntas virão por meio da implementação de programas de controle, gestão e redução dos impactos ambientais no processo produtivo, como, por exemplo, os apresentados pela norma ISO 14000, da *International Standard Organization*, que estabelece um conjunto de princípios amplamente aceitos como integralizadores da gestão ambiental com outros sistemas de controle de qualidade.

⁵ Os itens do check-list do DFE para a fase de utilização são: demanda de insumos; consumo de energia no uso do produto; peso, tamanho do produto; facilidade de limpeza; funções de otimização do produto; multifuncionalidade (usos diversos, variabilidade de combinações); intensidade de lixo/resíduo do uso, emissão de poluentes; durabilidade, confiabilidade; valor de troca, resistência, conservação; facilidade de desmontagem, modularidade.

⁶ Os itens do check-list do DFE para a fase de reciclagem são: demandas de materiais e energia para reutilização / atualização / redesign; complexidade da estrutura construtiva do produto; união de materiais (colagem, solda, sistema de fixação, fundição, etc.); capacidade de desmontagem; facilidade de reconhecimento e identificação dos materiais; possibilidade de recriação / redesign do produto; possibilidade de revenda / redistribuição do produto.

⁷ Os itens do check-list do DFE para a fase de descarte são: possibilidade de utilização como nova matéria-prima (2º ciclo de vida); facilidade de decomposição / biodegradabilidade; facilidade de incineração, com a eliminação de fatores de risco ambiental; reduzido grau de impacto ao ambiente com a deposição.

Contudo, como observa BAXTER (1998), “quando queremos avaliar os impactos ambientais da produção sobre o meio natural, dois tipos principais de dificuldades são enfrentados: dificuldades de comparação e de quantificação. Quanto à primeira, é particularmente difícil comparar indicadores ambientais de naturezas diversas como, por exemplo, o impacto de diferentes fontes de energia utilizadas na produção; as fontes são viáveis ou não, a depender da região geográfica onde se encontra a planta industrial. Quanto à dificuldade de quantificação, ela é evidenciada na própria eleição dos eco-indicadores para a avaliação do processo produtivo”. Como mostra MEADOWS (1998), “um indicador revela o comportamento cíclico de um sistema, podendo medir quantidades e qualidades que implicarão num processo de tentativa, erro e aprendizagem para serem aplicadas com eficácia”. Ou seja, as dificuldades de implementação de um programa de design orientado ao ambiente residem em comparar os resultados da produção com ideais de sustentabilidade e em quantificar seus efeitos negativos.

4.5 GBC: Green Bulding Challenge

A metodologia GBC, *Green Building Challenge*, é a mais recente das ferramentas pesquisadas. Trata-se do resultado de um consórcio internacional, patrocinado pelo governo do Canadá, para o desenvolvimento de um novo método para avaliar o desempenho ambiental de edifícios. Seu objetivo é “a criação de um protocolo de avaliação com uma base de dados comum, mas que ainda seja capaz de respeitar as diversidades técnicas e regionais” (COLE; LARSSON, 2000).

O desenvolvimento da metodologia GBC foi caracterizado por ciclos de pesquisa e difusão de resultados. O primeiro desses ciclos teve a duração de dois anos, envolveu cerca de 15 países e culminou numa conferência internacional em Vancouver, Canadá, em 1998, chamada GBC98. O segundo ciclo teve duração de um ano e meio e participação de 19 países. Os resultados foram apresentados na conferência internacional *Sustainable Building 2000*, realizada em Maastricht, Holanda. A partir dessa conferência, o patrocínio de pesquisa e desenvolvimento da ferramenta GBC foi transferido do Governo do Canadá para a IISBE, *International Initiative for Sustainable Built Environment*. O terceiro ciclo de pesquisas, também com duração de dois anos, teve seus resultados divulgados em nova conferência internacional, realizada em Oslo, Noruega. Ele foi o primeiro a ter a participação do Brasil, representado por uma delegação ligada ao governo federal.

O principal resultado do primeiro ciclo de pesquisa e desenvolvimento da ferramenta GBC foi um software de avaliação ambiental, denominado *GBTool*, em alguns aspectos semelhante ao software desenvolvido no âmbito da metodologia SPeAR, mas com um nível de análise bem mais profundo. Esse software, no entanto, foi abandonado em razão da complexidade de utilização, relatada pelas equipes de teste. No segundo ciclo, o software foi substituído por uma série de planilhas de dados, padronizadas de acordo com cada realidade de pesquisa, nas quais são contabilizados os eco-indicadores levantados para cada caso. O conceito-chave de ponderação personalizada dos impactos levantados se manteve, portanto, como característica principal da ferramenta GBC (COLE; LARSSON, 2000), que procura diferenciar-se de outras exatamente pela geração de diversos sistemas de avaliação, cada um deles específico para as necessidades, tecnologias, tradições culturais e realidades sócio-econômicas do país onde será aplicado. Essa ponderação dos dados, que também aparece em metodologias como LEED e SPeAR, é sempre efetuada por uma equipe multidisciplinar de especialistas.

Os principais aspectos avaliados pela metodologia GBC são os usuais: consumo de recursos naturais; emissões de poluentes na água, ar e solo; qualidade do ambiente interno edificado; longevidade da edificação; processos de fabricação; e fatores contextuais. No entanto, à diferença de outras metodologias, a GBC não parte do pressuposto tácito de que a simples presença de equipamentos ou programas de gerenciamento de recursos ambientais levará automaticamente à melhoria no desempenho ambiental. A metodologia GBC também trabalha com um sistema de pontuação de acordo com o desempenho em cada critério ambiental, definido por um ou mais eco-indicadores, mas procura priorizar a investigação principal em si, como fundamental para alcançar resultados pertinentes às particularidades locais. Com esse objetivo, a metodologia orienta que cada equipe de avaliação estabeleça a melhor ponderação entre as diferentes categorias de impacto avaliadas, de acordo com a realidade local.

No entanto, também podemos identificar na metodologia GBC alguns dos problemas de outras metodologias, que ela pretendia ou pretende resolver, sobretudo quando nos voltamos para a sua aplicação no cotidiano de desenvolvimento de projetos arquitetônicos no Brasil. Em parte, essas deficiências se devem ao seu foco na avaliação da edificação construída, mais do que no processo de desenvolvimento do projeto. Mas, mais decisivo é que, por ter sido desenvolvida com a intenção de superar as limitações de outros métodos, a metodologia GBC aprofunda-se em todos os aspectos avaliados, tornando-se, assim, inevitavelmente complexa e de difícil

aplicabilidade prática. As equipes de pesquisa e desenvolvimento reportaram dificuldades quanto à quantidade de dados e quanto à avaliação de aspectos como energia incorporada nos materiais, liberação potencial de substâncias voláteis e reflexos da inserção da edificação no entorno imediato e na comunidade (SILVA, et al, 2003).

4.6 Comparação

Das metodologias estudadas, as que se destinam especificamente à avaliação de edificações e de projetos de edificações são BREEAM, LEED e GBC, enquanto SPeAR e DFE têm uma aplicação mais ampla, podendo ser usadas na avaliação ambiental de qualquer produto industrial, incluindo-se aí as edificações. Elas têm objetivos e modos de trabalho bastante diferentes. Enquanto algumas são focadas na certificação ambiental da edificação, como BREEAM e LEED, outras, como SPeAR e GBC, abrangem o desempenho ambiental em conjunto com questões de sustentabilidade social e econômica em todo o ciclo de vida do empreendimento.

Podemos perceber que as metodologias que se dedicam à certificação ambiental das edificações têm um foco maior nas fases de produção e de utilização, em detrimento da avaliação das outras fases do ciclo de vida. Por outro lado, a inclusão de aspectos de sustentabilidade social e econômica dentre os avaliados, embora de grande importância para a total compreensão das relações da edificação com o meio em torno, torna a avaliação ambiental em si ainda mais complexa e de difícil execução.

Em todas as metodologias estudadas, cada aspecto a ser avaliado é representado por um número de eco-indicadores, variável de acordo com a metodologia. E em todas elas esses dados devem ser levantados e aferidos por equipes multidisciplinares, em um processo bastante extenso e dispendioso. Também o número de eco-indicadores utilizado por cada aspecto da avaliação ambiental nos dá uma indicação do peso desse aspecto, em relação ao todo avaliado.

SILVA (2003) apresenta um quadro comparativo entre BREEAM, LEED e GBC, quanto aos pesos atribuídos aos diferentes aspectos ambientais, em termos da porcentagem de eco-indicadores na avaliação de cada aspecto, em relação ao total (Tabela 1).

Aspecto	BREEAM	LEED	GBC
Estratégias de Implantação	24,7%	20,3%	8,8%
Uso de Água	4,5%	7,3%	4,0%
Uso de Energia	8,3%	21,7%	4,0%
Materiais e resíduos	9,8%	18,8%	12,0%
Prevenção de Poluição	24,5%	0,0%	16,3%
Qualidade ambiente interno	12,4%	18,8%	23,0%
Qualidade dos serviços	1,7%	2,9%	12,0%
Gestão ambiental processo	14,1%	10,1%	10,0%
Desempenho econômico	0,0%	0,0%	10,0%

Tabela 1 – Distribuição de aspectos de impacto ambiental em três metodologias de avaliação ambiental de edifícios Fonte: SILVA et. al, 2003, p.11.

Podemos perceber uma variação apreciável, não apenas na quantidade de dados relativos a cada aspecto avaliado, mas também diferenças expressivas em relação a como esses dados são ponderados e analisados, em cada metodologia estudada. Mas um ponto em comum pode ser apontado: exatamente por serem metodologias baseadas em ACV, todas exigem o levantamento de uma grande quantidade de eco-indicadores e sua posterior ponderação para permitir a elaboração da avaliação global do desempenho ambiental. Esse processo mostrou-se bastante longo e também requer uma equipe multidisciplinar para efetuar de modo mais adequado a ponderação dos resultados. Assim, identifica-se uma barreira para a aplicação de qualquer uma dessas metodologias no cotidiano de desenvolvimento de projetos arquitetônicos no Brasil, geralmente caracterizado por equipes pequenas, formadas quase que exclusivamente por arquitetos. A formação de equipes com profissionais de várias áreas geralmente acontece apenas para o desenvolvimento de projetos de grande porte, que constituem uma porcentagem pequena do total de empreendimentos em construção civil no país.

Dessa maneira, vemos a necessidade de uma metodologia de utilização mais imediata, que possa ser usada pelo arquiteto no cotidiano de seu escritório, orientando-o no desenvolvimento do projeto arquitetônico, em relação a componentes,

processos construtivos, equipamentos de gestão e controle de recursos, e outros aspectos que levem a um melhor desempenho ambiental da edificação.

**created with the
trial version of
PDF-Creator.net**

Capítulo 5

PROPOSTA DE NOVA METODOLOGIA QUALITATIVA

5.1 Metodologia proposta e o sistema IDA

A proposta de uma nova ferramenta para a avaliação do desempenho ambiental de componentes construtivos, sistemas construtivos ou edificações, que se integre no cotidiano de desenvolvimento do projeto arquitetônico, tem por meta se tornar um embrião, um primeiro passo na formação de um banco de dados aberto e de participação voluntária via web, passível de receber contribuições, revisões e críticas por todos os seus usuários. Embora também seja perfeitamente possível que cada profissional efetue e acumule suas próprias avaliações de desempenho ambiental de componentes e sistemas construtivos, nos parece muito mais eficiente que essas informações sejam constantemente disponibilizadas e revisadas publicamente.

Nesse sentido, a presente proposta se insere numa pesquisa em desenvolvimento no Departamento de Projetos da Escola de Arquitetura da UFMG, sob a coordenação da Profa. Silke Kapp, intitulada "Instrumentos de Apoio ao Projeto de Habitações com Sistemas Construtivos Alternativos" (IDA) e financiada pela Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) e pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

"O sistema IDA é um instrumento digital interativo, a ser disponibilizado via web e ampliado paulatinamente pelos seus usuários. Esse instrumento é constituído por um banco de dados de componentes e processos construtivos e por uma interface gráfica com diversos ambientes de interação.

O IDA tem por objetivo disponibilizar informações para auxiliar nas decisões de projeto e construção, especialmente aquelas concernentes à construção habitacional de pequeno e médio porte e geridas participativa ou autonomamente. No horizonte do projeto IDA está a idéia de democratização do acesso aos recursos técnicos e suas respectivas informações.

Tal objetivo decorre da constatação de que a prática de construção e autoconstrução nas metrópoles brasileiras ainda é inteiramente centrada no processo construtivo convencional: estruturas de concreto armado moldadas in loco com vedações de tijolo cerâmico, às quais os demais elementos (como esquadrias, acabamentos, tubulações e equipamentos) são acrescentados mediante desmanches parciais do que foi executado

anteriormente. As principais desvantagens desse processo estão no alto consumo de recursos naturais não renováveis, no pesado trabalho manual de canteiro e na grande quantidade de resíduos sólidos gerados em razão da irreversibilidade da fusão de componentes com água e cimento.”.

(MANUAL DE UTILIZAÇÃO SISTEMA IDA, 2006).

Dentro desse objetivo podemos ver a grande vantagem da inserção de informações sobre o desempenho ambiental dos componentes e sistemas construtivos avaliados. Essa informação tende a ser um importante fator de tomada de decisão, à medida que a conscientização dos profissionais da área, e da própria sociedade, acerca dos impactos ambientais relacionados à construção civil tem crescido bastante e tende a se tornar, também, um diferencial competitivo.

É importante salientar o caráter interativo e multi-colaborativo do sistema IDA:

“O outro conceito fundamental do IDA é a interatividade real. (...) Para que haja interatividade real a programação é aberta e receptiva a dados novos. Além disso, ela é orientada a objetos, isto é, organizada como uma coleção de entidades ou objetos capazes de interagir, e não como uma lista hierárquica de instruções ou funções. Ao mesmo tempo, há a possibilidade de qualquer usuário acrescentar informações novas, tal como acontece, por exemplo, nos *websites* do tipo *wiki* e em softwares colaborativos.

Em conjunto, as características de compartilhamento de responsabilidades e de interatividade real permitem que os dados sejam inseridos no sistema IDA paulatinamente e a partir de diferentes fontes. Isso é importante porque o levantamento desses dados por uma única equipe seria sempre deficitário e parcial. Em muitos casos, nem sequer os fornecedores dispõem de informações claras e completas sobre os seus produtos.”

(MANUAL DO SISTEMA IDA, 2006)

Essas características de compartilhamento de informações também se mostram extremamente úteis ao formato de avaliação ambiental qualitativa aqui proposto, pois, além da disponibilização das avaliações ambientais de componentes já feitas, permitem a outros usuários revisão, acréscimo de informações e comentários sobre aquelas já disponíveis. Assim, a formação de um banco de dados sobre as características ambientais de componentes e processos construtivos pode vir a ser o principal resultado da aplicação da ferramenta de avaliação aqui proposta, contribuindo para a conscientização ambiental de todos os participantes do processo de desenvolvimento e utilização de uma edificação, e tornando-se, a cada revisão,

mais acurada, à medida em que os dados utilizados na análise ambiental são continuamente revisados e criticados por diversos usuários da mesma metodologia.

Esta contínua revisão e aprimoramento das informações geradas pela metodologia proposta mostram-se particularmente importantes para que sua eficácia seja continuamente melhorada, através da substituição de dados mais genéricos acerca do comportamento de cada componente construtivo, em cada fase de seu ciclo de vida, por dados mais específicos, através da participação de fabricantes, usuários e pesquisadores na elaboração desse banco de dados.

5.2 Sumário do Ciclo de Vida

Para ser capaz de acessar uma metodologia de avaliação ambiental em seu cotidiano de desenvolvimento de projetos, o arquiteto necessita que ela seja de fácil utilização, não exigindo que ele interrompa seu trabalho para efetuar a avaliação de decisões já tomadas. Em vez disso, ela deve se integrar ao processo de projeto, proporcionando um panorama geral das conseqüências ambientais dessas decisões.

Partindo desse pressuposto, uma ferramenta menos precisa, mais qualitativa, mas capaz de orientar a escolha de determinados componentes ou processos construtivos, devido ao seu melhor desempenho ambiental, pode contribuir para o desenvolvimento de projetos que, numa posterior análise por uma metodologia ACV completa, apresentarão melhores resultados.

Para que a ferramenta proposta seja de fácil utilização, é fundamental que ela se baseie em informações acessíveis, preferencialmente classificadas em uma escala qualitativa, como: *Ruim; Regular e Bom*. Assim, a classificação pode ser feita com base nos conhecimentos acerca dos processos produtivos, da aplicação e uso dos componentes e das possibilidades de reutilização após o fim de sua vida útil.

A elaboração dessa escala qualitativa se baseia em um *check-list*, que procura cobrir as questões fundamentais relativas ao desempenho ambiental daquele produto, em cada uma das fases do seu ciclo de vida. Esse *check-list* foi concebido para que possa ser respondido com base nos conhecimentos gerais acerca de determinado material, componente ou processo construtivo, minimizando, assim, a necessidade de consulta e tornando-se, assim, semi-independente de dados numéricos acerca dos indicadores de cada produto.

A resposta do *check-list* já é capaz de gerar uma ficha-sumário de comentários acerca do ciclo da vida de um produto, similar aos sumários levantados por algumas metodologias de avaliação de impacto ambiental, quando aplicadas na fase de desenvolvimento de projeto. Um bom exemplo são os sumários elaborados no desenvolvimento do projeto da sede da *Audubon House*, organização não-governamental norte-americana de defesa do meio ambiente e desenvolvimento sustentável (NATIONAL AUDUBON SOCIETY, 1994). Embora estes sumários não se constituam em uma metodologia de avaliação ambiental, no caso do desenvolvimento do projeto arquitetônico da sede da Audubon House – e, por isso, não tenham sido avaliados no capítulo anterior – eles se mostram uma ferramenta auxiliar de grande utilidade na consideração do ciclo de vida de um determinado material ou produto, a ser utilizado em um projeto. Na Tabela 02, vemos uma comparação entre o sumário do ciclo de vida do aço e do alumínio:

Sumário de Ciclo de Vida: Aço

Aquisição de matéria-prima e preparação		
Energia Alto consumo →	Minério de ferro é minerado, gerando resíduos poluidores de água e solo afetando o ecossistema do entorno. O processamento em coque produz emissões poluidoras do ar. Aparas e sucata podem ser usadas no lugar do minério de ferro.	Resíduos Alta emissão →
Estágio de Fabricação		
Energia Alto consumo →	Ferro é produzido em altos-fornos e depois purificado em aço. O aço é transformado em lingotes, chapas e bobinas. Novas emissões poluidoras do ar. O uso de água foi reduzido por novas técnicas de fabricação.	Resíduos Alta emissão →
Construção / Uso / Manutenção		
Energia Consumo médio →	Acabamentos aplicados para proteger o aço da corrosão por exposição às intempéries têm alta taxa de emissão de substâncias voláteis poluidoras do ar.	Resíduos Baixa emissão →
Descarte / Reciclagem / Reutilização		
Energia Consumo médio	Aço pode ser separado com facilidade magneticamente, desde que não ligado a outros materiais. 100% do aço	Resíduos Baixa emissão

→	separado pode ser reciclado, em substituição ao minério de ferro. Emissões nos estágios iniciais também são diminuídas.	→
---	---	---

Sumário de Ciclo de Vida: Alumínio

Aquisição de matéria-prima e preparação		
Energia Alto Consumo →	A extração da bauxita geralmente ocorre em áreas de floresta tropical, o que acarreta em grandes impactos sobre elas. Também implica na geração de resíduos como soda cáustica, lama contaminada e óleo queimado.	Resíduos Alta emissão →
Estágio de Fabricação		
Energia Alto Consumo →	A produção de lingotes de alumínio tem intenso consumo de energia. Uma redução de 90% pode ser alcançada pelo uso de material reciclado. Acabamentos diferentes podem gerar maior emissão de poluição atmosférica	Resíduos Média emissão →
Construção / Uso / Manutenção		
Energia Baixo Consumo →	Necessidade de manutenção muito pequena, dependendo do acabamento utilizado.	Resíduos Média emissão →
Descarte / Reciclagem / Reutilização		
Energia Baixo Consumo →	100% reciclável – uso de alumínio reciclado reduz o consumo total de energia em até 90%. Atualmente apenas cerca de 20% do alumínio usado em construção civil é recuperado e reciclado.	Resíduos Baixa emissão →

Tabela 02: Sumário do ciclo de vida Aço/Alumínio. Fonte: National Audubon Society, 1994, p.34.

De maneira semelhante, mas com uma abordagem mais completa, a resposta ao *check-list* proposto poderá gerar um resumo do desempenho ambiental de determinado produto, e a comparação entre sumários de ciclo de vida e as tabelas de classificação que serão geradas, permitirá ao arquiteto, através de uma informação

visual de percepção imediata, optar pelo componente mais adequado às suas necessidades de projeto e também com menor impacto ambiental.

É também de grande importância salientar o caráter de conscientização e de discussão dos aspectos ambientais relacionados a cada componente construtivo avaliado, devido à sua inclusão em um banco de dados público, permitindo que as informações geradas pela avaliação sejam constantemente revisadas e refinadas, e possibilitando o acesso a essas informações por um número muito maior de usuários de qualquer fase do ciclo produtivo da edificação: arquitetos, engenheiros, operários e usuários do espaço edificado.

O *check-list* proposto abaixo procura cobrir os principais aspectos ambientais do ciclo de vida de um produto. Foi elaborado para gerar respostas qualitativas, na escala de *Ruim* a *Bom*, já mencionada. Assim, as respostas podem se basear nos conhecimentos acerca dos processos produtivos, dos materiais empregados, da sua utilização no processo de construção da edificação, e das possibilidades de reutilização após o fim de sua vida útil, disponíveis em bibliografias sobre materiais e processos de fabricação em geral, além das informações fornecidas pelos próprios fabricantes de determinados produtos. A consulta ao banco de dados a ser gerado pelo uso da ferramenta pode ser uma forma de estudo da questão ambiental na construção civil para iniciantes e usuários.

Embora o *check-list* esteja organizado na seqüência do ciclo de vida de um produto, muitos aspectos dizem respeito mais de uma fase desse ciclo, enriquecendo a abrangência da análise. Assim, os aspectos a serem avaliados são:

- **Matéria-prima de fonte renovável ou não-renovável:**

Diz respeito às fases de *obtenção de matéria-prima* e *descarte/reciclagem* do ciclo de vida do produto. Neste item deve ser analisado se a matéria-prima utilizada na fabricação do produto é de uma fonte renovável certificada, como madeira de reflorestamento, por exemplo, se é de fonte de reciclagem, como alumínio ou PVC reciclado, ou se é de fonte não-renovável, de extração direta da natureza, como pedras ou calcário para a fabricação de cimento, ou de refino indireto, como o plástico produzido a partir do petróleo. Este item não se aplica tão claramente à classificação proposta, uma vez que a matéria-prima ou é de fonte renovável, ou não. No entanto, em produtos que utilizam mais de uma matéria-prima, a ponderação entre aquelas de fontes renováveis e as que não o são vai gerar a classificação proposta.

- **Impacto ambiental da Extração da matéria-prima:**

Diz respeito à fase de *obtenção de matéria-prima*. Neste item deve ser analisado se existe alguma consequência ambiental direta da extração e do preparo da matéria-prima, como a contaminação de massas de água na extração de calcário ou a emissão de poluentes atmosféricos no refino de petróleo. Também deve ser analisado se a extração acarreta transporte do material por grandes distâncias, o que implica em maior impacto ambiental devido a emissões de poluentes pelos veículos utilizados.

- **Utilização de energia:**

Diz respeito a todas as fases do ciclo de vida do produto e da edificação. Este item representa uma série de fatores de maior complexidade de análise, mas que podem ser ponderados em cada fase do ciclo de vida do produto, com especial atenção para o uso de energia elétrica e as consequências ambientais de sua geração. Na fase de obtenção de matéria-prima, deve-se analisar se há a necessidade de um grande gasto de energia para a extração do material; o mesmo deve ser feito na fase de fabricação do produto, sempre em comparação a produtos similares. É importante lembrar que, no caso de edificações, essa fase se desdobra em duas: a fabricação do produto e a construção do espaço edificado. Já na fase de utilização do produto, nos referimos à própria utilização da edificação, e é em relação a ela que devemos analisar se o produto contribui para a economia de energia ou acarreta em maiores gastos. Na etapa de descarte/reciclagem do produto, devemos analisar se o produto demanda uso de energia para a desmontagem e separação de materiais, ou para a reciclagem desses materiais.

- **Utilização de água:**

Diz respeito a todas as fases do ciclo de vida do produto e da edificação. Devido à sua importância em qualquer ecossistema e à facilidade com que se contamina – um litro de óleo pode contaminar um milhão de litros de água – esse recurso necessita de uma gestão especial em todas as fases. Assim, processos que utilizem grande quantidade de água na fabricação ou na construção, sistemas que não minimizam o seu consumo, como a adoção de descargas de caixa acoplada e caixas de acumulação de água pluvial, contribuem negativamente para a avaliação do produto.

- **Emissão de poluentes na água:**

Também diz respeito a todas as fases do ciclo de vida. A adoção de maiores cuidados para se evitar a contaminação nas fases de extração de matéria-prima e fabricação do produto, e o manejo total dos resíduos sólidos e líquidos em todas as fases, evitando a possível contaminação do lençol freático e/ou assoreamento de cursos d'água, pode contribuir positivamente para a avaliação.

- **Emissão de poluentes no ar:**

Também diz respeito a todas as fases do ciclo de vida. Iniciativas para a redução dessa emissão, como a adoção de tintas, seladores e vedantes que não emitem substâncias voláteis e a utilização de matéria-prima reciclada, diminuindo as emissões na extração do material, significam melhorias na avaliação.

- **Emissão de poluentes no solo:**

Também deve ser avaliado em todas as fases do ciclo de vida, com especial atenção para a gestão dos resíduos sólidos, pelo seu potencial de contaminação do solo e assoreamento dos cursos d'água. O gerenciamento de substâncias com potencial de contaminação do solo, como tintas, vernizes e óleos também é de grande importância.

- **Montagem / Desmontagem do(s) produto(s):**

Diz respeito às fases de fabricação (da edificação), utilização/reutilização e descarte/reciclagem. O objetivo deste item é analisar os aspectos de montagem e posterior desmontagem do produto, geralmente em interação com vários outros na edificação, tanto em termos de facilidade – ou da impossibilidade – de reconfiguração do espaço edificado, reduzindo a necessidade de demolição e nova construção, quanto em termos de facilidade de desmontagem e separação de materiais, para sua reciclagem ou reaproveitamento. Esse último aspecto é de grande importância, pois pode inviabilizar a reciclagem de materiais que, de outra maneira, seriam plenamente recicláveis, como o aço em estruturas de concreto, o PVC em painéis *composites* ou o alumínio em perfilados chumbados na alvenaria.

- **Durabilidade / Necessidade de manutenção:**

Diz respeito à fase de utilização/reutilização do produto. A durabilidade do produto ou do espaço edificado está diretamente ligada à necessidade de novas construções, o que implica em novos fluxos de materiais, energia e água, além de novas emissões de resíduos e poluentes. Também a necessidade de manutenção pode resultar em significativo impacto ambiental, por exemplo, pela constante necessidade de aplicação de novos acabamentos com potencial de emissão de poluentes atmosféricos, como tintas e vernizes.

- **Distribuição Geográfica do produto:**

Diz respeito à fase de fabricação. Grandes distâncias podem separar o local de fabricação do produto do de sua utilização na fabricação da edificação, implicando novos impactos ambientais. Esse aspecto é de especial importância quando levamos em conta que a maior parte do transporte de cargas é feita por meio de caminhões,

comprovadamente o sistema mais poluidor por tonelada transportada. Como toda análise de impactos ambientais, essa também deve ser relacionada ao local em que é aplicada. Quanto menores forem as distâncias a serem percorridas em relação ao local, menores serão os impactos ambientais relacionados. Para as análises elaboradas no próximo capítulo, será sempre considerado como referência o estado de Minas Gerais.

- **Reciclabilidade / Reutilização:**

Diz respeito à fase de descarte/reciclagem. Cada material possui, pelas suas características físico-químicas, maior ou menor potencial de reciclabilidade. Enquanto metais e alguns plásticos podem ser utilizados diretamente como matéria-prima na produção de novas peças, outros materiais, principalmente aqueles que passam por transformações químicas não reversíveis, como a cura do cimento e a calcinação das cerâmicas, podem apenas ser moídos e utilizados como pó agregante inerte, na produção de novas peças. Essa última possibilidade, como já visto, é capaz de reciclar apenas uma pequena parte do resíduo gerado. Mas, melhor do que a reciclagem é a reutilização, onde o componente construtivo pode ser integralmente reaproveitado, apenas com novo acabamento externo, ou nem isso. A reutilização é ambientalmente o processo mais eficiente, pois não demanda novos fluxos de material ou de energia e não gera novas emissões poluentes.

Também é importante ressaltar, nesse item, a relação entre materiais diversos em um mesmo componente. Quanto maior o número de materiais diferentes utilizados na fabricação do produto ou na sua utilização na fabricação da edificação, em interação com outros produtos, maior será a dificuldade na separação desses materiais para a sua posterior reciclagem. A situação ideal é que o produto seja elaborado com apenas um material, e que seja facilmente destacado de outros produtos na desmontagem da edificação.

- **Biodegradabilidade / Impacto ambiental da deposição:**

Diz respeito à fase de descarte/reciclagem. Este item deve analisar a facilidade com o qual o material se decompõe na natureza e os potenciais riscos da sua deposição em um ecossistema. Enquanto alguns materiais, como madeiras, são totalmente biodegradáveis, podendo até contribuir para a regeneração do solo, outros, como tintas e vernizes, tem alto potencial de contaminação, devido à presença de metais pesados e óleos insolúveis. Outros materiais, ainda, podem ser incinerados sem impacto ambiental representativo, tornando-se, então, fonte alternativa de energia para outros processos de fabricação, em substituição à utilização de combustíveis fósseis,

por exemplo, que representa a inserção, em um ecossistema, de uma grande quantidade de CO₂ e outras substâncias nocivas que antes se encontravam no subsolo.

A aplicação do *check-list* poderá ser facilitada com a sumarização de cada item em suas questões fundamentais: em que fases ele incide e o que deve ser analisado naquele item. Essa síntese pode ser vista na tabela 03:

ITEM	FASES EM QUE OCORRE	O QUE ANALISAR
Matéria-prima de fonte renovável ou não-renovável	Obtenção de matéria-prima, Descarte/Reciclagem	Origem da matéria-prima: fontes renováveis, extrativismo, fontes fósseis, material reciclado.
Impacto ambiental da Extração da matéria-prima	Obtenção de matéria-prima	Possíveis conseqüências ambientais da extração da matéria-prima, como: contaminação ou supressão do ecossistema. Impactos relacionados ao transporte da matéria-prima.
Utilização de energia	Todas	Grande uso de energia elétrica em qualquer etapa do ciclo de vida; se o produto contribui para uso de energias alternativas; se a edificação apresenta ambientes mais eficientes.
Utilização de água	Todas	Se o produto contribui para a diminuição do consumo, em todas as etapas; se a edificação apresenta equipamentos neste sentido.
Emissão de poluentes na água	Todas	A existência de emissões poluidoras em todas as fases do ciclo de vida, incluindo a utilização da edificação.
Emissão de poluentes no ar	Todas	A existência de emissões poluidoras em todas as fases do ciclo de vida, incluindo a utilização da edificação.
Emissão de poluentes no solo	Todas	A existência de emissões poluidoras em todas as fases do ciclo de vida, incluindo a utilização da edificação.

Montagem / Desmontagem do(s) produto(s)	Utilização/Reutilização; Descarte/Reciclagem	Facilidade de montagem e desmontagem do produto na edificação; facilidade de separação de materiais diferentes, para reciclagem.
Durabilidade / Necessidade de manutenção	Utilização / Reutilização do produto e da edificação	Durabilidade média do produto; necessidade de reaplicação de acabamentos.
Distribuição Geográfica do produto	Fabricação do produto/ Aplicação à edificação	Necessidade de grandes transportes do produto até o local de uso; peso e volume relativos do produto.
Reciclabilidade / Reutilização	Descarte/Reciclagem do produto	Facilidade de reciclagem dos materiais do produto, facilidade de reutilização do produto.
Biodegradabilidade / Impacto ambiental da deposição	Descarte/Reciclagem do produto	Potencial de biodegradabilidade do produto, potencial de incineração, ou deposição no solo, sem impacto ambiental.

Tabela 03: Fases e aspectos do Sumário do Ciclo de vida. Fonte: Elaborada pelo autor.

A análise de todo o ciclo de vida de um componente construtivo segundo os itens relacionados será capaz de gerar um **Sumário Ambiental**, onde poderemos, ainda que de forma resumida e eminentemente qualitativa, estimar o impacto ambiental relacionado a toda a vida daquele componente, e compará-lo com o desempenho ambiental, sob a mesma análise, de outros componentes alternativos a aquele analisado.

5.3 Quadro de Desempenho Ambiental

A apresentação dessas informações num **Quadro de Desempenho Ambiental**, onde elas são hierarquizadas por meio de um código de cores, possibilita uma leitura quase instantânea do desempenho em todo o ciclo de vida e facilita em muito a tarefa de comparação entre componentes diferentes. Foram escolhidas as cores mais comumente associadas aos conceitos de bom, regular e ruim. Assim adotou-se a seguinte correspondência: *Bom*: cor verde; *Regular*: cor amarelo; e *Ruim*: cor vermelho, o que também é associado com um sinal de alerta e perigo. Além de permitir uma visualização global, o *Quadro de Desempenho Ambiental* também

propicia uma leitura mais intuitiva e livre da necessidade de se comparar dados numéricos, tornando-se mais fácil para usuários leigos.

A reunião dos *Quadros de Desempenho Ambiental* de todos os componentes utilizados em uma edificação pode, em conjunto com os *Sumários de Ciclo de Vida* correspondentes de cada produto, formar um banco de dados inicial que permite a elaboração de uma primeira análise do impacto ambiental da edificação como um todo, procurando potencializar discussões e ações sobre a questão.

A Tabela 04 traz o esquema básico do *Quadro de Desempenho Ambiental* proposto. Os aspectos que devem ser analisadas em cada fase do ciclo de vida do produto estão marcados em cinza. O usuário deve marcar cada aspecto, à medida que elabora a sua avaliação, com a cor correspondente à classificação dada ao produto, obtendo assim um panorama geral de seu desempenho, pela predominância das cores e sua distribuição no Quadro. A progressão da informação visual na tabela, em uma diagonal descendente aproximada, mostra a progressão da avaliação ao longo do ciclo de vida do produto, sendo alguns itens avaliados em todo esse ciclo.

QUADRO DE DESEMPENHO AMBIENTAL - PRODUTO 1

ITEM / ETAPA DO CICLO DE VIDA	Obtenção da Matéria-Prima	Fabricação do Produto	Aplicação do componente à Edificação	Utilização Reutilização do Produto / Edificação	Descarte / Reciclagem do Produto e da Edificação
Matéria-prima de fonte renovável ou não-renovável					
Impacto ambiental da Extração da matéria-prima					
Utilização de energia					
Utilização de água					
Emissão de poluentes na água					
Emissão de poluentes no ar					
Emissão de poluentes no solo					

Distribuição geográfica do produto					
Montagem / Desmontagem do(s) produto(s)					
Durabilidade / Necessidade de manutenção					
Reciclabilidade / Reutilização					
Biodegradabilidade / Impacto ambiental da deposição					

LEGENDA:

	Bom
	Regular
	Ruim

Tabela 04: Exemplo de Quadro de Desempenho Ambiental. Fonte: Elaborado pelo autor.

É importante ressaltar que, para a utilização prática da metodologia proposta, a melhor solução para apresentação dos dados e comentários que resultam da elaboração do Sumário de Ciclo de Vida é na forma de comentários ativos em uma tabela do programa Microsoft Excel, ou outro semelhante. Assim, o usuário pode visualizar todo o desempenho ambiental ilustrado pelo Quadro e, à medida que tem dúvidas ou deseja maiores informações acerca de algum aspecto analisado, pode acessar as informações geradas sobre aquele aspecto no Sumário de Ciclo de Vida, apenas clicando no campo correspondente da tabela. A apresentação dessas informações se dá em uma janela do tipo *pop-up*, que o usuário pode ou não copiar e imprimir. Na figura 06 vemos um exemplo dessa integração entre as informações do *Sumário do Ciclo de Vida* e do *Quadro de Desempenho Ambiental*.

created with the
trial version of
PDF-Creator.net

QUADRO DE DESEMPENHO AMBIENTAL - ALVENARIA ESTRUTURAL ARMADA					
ITEM / ETAPA DO CICLO DE VIDA	Obtenção da Matéria-Prima	Fabricação do Produto	Aplicação do componente à Edificação	Utilização / Reutilização do Produto / Edificação	Descarte / Reciclagem do Produto e da Edificação
Matéria-prima de fonte renovável ou não-renovável	Red				Red
Impacto ambiental da Extração da matéria-prima	Red				
Utilização de energia	Red	Red	Green	Yellow	Red
Utilização de água	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Green
Emissão de poluentes na água	Red	Red			Red
Emissão de poluentes no ar	Red	Red			Red
Emissão de poluentes no solo	Yellow	Yellow			Red
Distribuição geográfica do produto		Green			Red
Montagem / Desmontagem do(s) produto(s)					Red
Durabilidade / Necessidade de manutenção				Green	Red
Reciclabilidade / Reutilização					Red
Biodegradabilidade / Impacto ambiental da deposição					Red

Comentário:
A fase de obtenção de matéria-prima, pelo uso de maquinário pesado, tem grande emissão de poluentes, o que ainda pode ser acrescido pelo transporte de alguns componentes, como o aço, a grandes distâncias.

LEGENDA: Bom
 Regular
 Ruim

Fig. 6: Exemplo de Quadro de Desempenho Ambiental com link do Sumário de Ciclo de Vida em cada campo – fonte: elaborado pelo autor.

A inserção dos *Sumários de Ciclo de Vida* e *Quadros de Desempenho Ambiental* no Sistema IDA, permitindo não apenas a consulta pública a esse banco de dados, mas, principalmente, a contribuição interativa, voluntária e constante, possibilita a utilização de todo esse sistema de avaliação ambiental com facilidade no cotidiano de desenvolvimento de projetos arquitetônicos, tanto por profissionais que se interessem pela contribuição ao banco de dados interativo, quanto por aqueles que apenas desejem consultá-lo, com o objetivo de desenvolver projetos com uma melhor relação com o meio ambiente.

A análise comparativa entre os quadros gerados para diferentes produtos com funções similares na edificação pode fornecer pistas importantes para a escolha de um determinado produto em detrimento de outro, por seu melhor desempenho ambiental ao longo do ciclo de vida. É importante salientar que esses sumários do ciclo de vida e quadros de desempenho ambiental se constituem em um ambiente para a contínua discussão e revisão das informações utilizadas, tanto por parte de arquitetos e outros desenvolvedores de projetos que utilizam os produtos analisados, quanto por parte dos fabricantes desses produtos e dos usuários das edificações. Assim, a inclusão desses produtos no sistema IDA tem também o potencial de se caracterizar como um meio de discussão dessas questões ambientais relacionadas aos produtos utilizados

na construção civil, reunindo, num ambiente interativo e voluntário, os principais personagens envolvidos no ciclo de vida da edificação.

**created with the
trial version of
PDF-Creator.net**

Capítulo 6

SIMULAÇÃO DE APLICAÇÃO DA METODOLOGIA PROPOSTA

6.1 Habitação Semi-convencional

Para se ter uma percepção da eficácia da ferramenta de avaliação ambiental proposta, foi feita a análise dos principais componentes construtivos de duas unidades habitacionais de mesma planta e metragem, mas de sistemas construtivos totalmente diferentes. Assim, tem-se uma noção real do desempenho ambiental de cada componente avaliado e de cada habitação como um todo, além de se proceder a uma comparação entre o desempenho ambiental das duas edificações.

A primeira habitação é composta por um sistema construtivo semi-convencional: fechamentos externos em alvenaria estrutural armada de blocos cerâmicos; fechamentos internos em sistema *Light Steel Frame*, denominado comercialmente *Dry-Wall* de aço e gesso; esquadrias em perfilados de alumínio, cobertura com laje pré-fabricada de vigotas de concreto e bloco cerâmico, engradamento de madeira Paraju comercial e cobertura com telhas cerâmicas; tubulações hidráulicas em PVC comum, piso em cerâmica e acabamentos internos e externos em pintura.

created with the
trial version of
PDF-Creator.net



Fig 7: planta unidade habitacional 1, de 54m². Fonte: Elaborado pelo autor.

A aplicação da metodologia de análise proposta a cada um dos componentes construtivos do exemplo acima gera os dados expostos a seguir.

Sumário de Ciclo de Vida: Alvenaria Estrutural Armada

Por se tratar de um sistema construtivo capaz de atuar, ao mesmo tempo, como fechamentos e estrutura da edificação, será avaliado como um “produto” único, formado por: bloco cerâmico, vergalhão de aço, areia, cimento e água.

- *Matéria-prima de fonte renovável ou não-renovável*

Todas as matérias-primas utilizadas nesse sistema construtivo são de fontes não-renováveis, caracterizadas pela extração e mineração direta do solo e subsolo. Embora argila, areia e minério de ferro sejam bastante abundantes hoje em dia, são todos recursos finitos – mesmo a areia, que é resultado do processo de erosão – que se esgotarão em algumas décadas ao ritmo de consumo atual. Desses materiais, apenas o aço pode ser reutilizado como matéria prima reciclada, o que reduz substancialmente o uso de energia na fase de preparação e o impacto da extração de minério. A alvenaria formada pelos blocos cerâmicos unidos por argamassa de areia e

cimento pode ser triturada e utilizada como agregante inerte em outros produtos, mas, por ser quimicamente inerte, tem limites claros de agregação.

Avaliação: RUIM.

- *Impacto ambiental da extração da matéria-prima*

Embora os materiais extraídos do meio ambiente por mineração – argila, minério de ferro e areia – não sejam tóxicos à água, ar e solo, sua extração pode assorear cursos d'água, retirar solo fértil e gerar grande quantidade de partículas em suspensão no ar. Por exigir o uso de maquinário pesado, geralmente movido a diesel, há uma emissão significativa de poluentes atmosféricos. Também deve ser levada em conta a supressão dos ecossistemas locais, devido às grandes áreas afetadas pela extração. Os materiais são encontrados com relativa facilidade em todo o estado de Minas Gerais, que também concentra uma boa parte das indústrias de processamento destes materiais, principalmente as siderúrgicas. A utilização em outros estados, que não disponham da produção local, principalmente do aço, acarretará em grandes deslocamentos destes produtos até o local da construção. Nesse caso, novas emissões de poluentes atmosféricos acontecerão com o seu transporte.

Avaliação: RUIM.

- *Utilização de energia*

As atividades de extração e mineração de matéria-prima têm um consumo de energia muito superior às de gestão de materiais renováveis. A transformação do minério de ferro em aço e da argila em bloco cerâmico também apresenta alto consumo energético. A construção da edificação, pelo seu caráter semi-artesanal, não tem grande uso de energia. Embora proporcione bom isolamento térmico, esse sistema exige grande investimento energético para a reutilização do espaço edificado. A fase de descarte/reciclagem, por necessitar de maquinário para a separação dos componentes e materiais – quando isso é possível – também apresenta alto consumo energético.

Avaliação: Obtenção de matéria-prima: RUIM; Fabricação do produto: RUIM; Aplicação do componente à Edificação: BOM; Utilização/Reutilização do produto/edificação: REGULAR; Descarte/Reciclagem: RUIM.

- *Utilização de Água*

A preparação dos materiais utilizados tem um consumo moderado de água. Esse recurso também é bastante utilizado na fabricação da edificação, para a fusão dos componentes construtivos, embora o consumo seja menor do que o que acontece no

processo construtivo definido como convencional no capítulo 2. O uso de *shafts* e painéis removíveis para a instalação hidráulica facilita a sua manutenção e remoção. O processo de descarte/reciclagem não utiliza água.

Avaliação: Obtenção de matéria-prima: REGULAR; Fabricação do produto: REGULAR; Aplicação do componente à edificação: REGULAR; Utilização/Reutilização do produto/edificação: BOM; Descarte/Reciclagem: BOM.

- *Emissão de Poluentes na Água*

A obtenção das matérias-primas apresenta grande potencial de assoreamento de cursos d'água. O mesmo acontece na fabricação dos componentes construtivos, como vergalhões de aço, blocos cerâmicos e cimento, e na sua aplicação à construção da edificação, pelos resíduos gerados. A utilização da edificação não apresenta emissões significativas. A fase de descarte tem risco moderado, pela possibilidade de assoreamento de nascentes e cursos pela deposição de resíduos sólidos.

Avaliação: Obtenção de matéria-prima: RUIM; Fabricação do produto: REGULAR; Aplicação do componente à edificação: REGULAR; Utilização/Reutilização do produto/edificação: BOM; Descarte/Reciclagem: RUIM.

- *Emissão de poluentes no Ar*

A fase de obtenção de matéria-prima, pelo uso de maquinário pesado, tem grande emissão de poluentes, o que ainda pode ser acrescido pelo transporte de alguns componentes, como o aço, a grandes distâncias. A aplicação dos componentes na construção não necessita de maquinário, nem emite poluentes. O maquinário pesado também é muito utilizado nas fases de fabricação dos componentes e de descarte/reciclagem.

Avaliação: Obtenção de matéria-prima: RUIM; Fabricação do produto: RUIM; Aplicação do componente à edificação: BOM; Utilização/Reutilização do produto/edificação: BOM; Descarte/Reciclagem: RUIM.

- *Emissão de Poluentes no Solo*

Tem ocorrência moderada na obtenção de matéria-prima, pela deposição de material de refugo, e na fase de fabricação dos componentes, pela geração de resíduos sólidos. Nas etapas de construção da edificação e de descarte/reciclagem ocorre uma emissão maior pela geração de resíduo sólido – entulho de obra – de reciclagem limitada. No entanto, esse sistema construtivo apresenta uma geração de entulho significativamente inferior ao sistema convencional.

Avaliação: Obtenção de matéria-prima: REGULAR; Fabricação do produto: REGULAR; Aplicação do componente à edificação: REGULAR; Utilização/Reutilização do produto/edificação: BOM; Descarte/Reciclagem: RUIM.

- *Distribuição Geográfica do produto*

Os materiais utilizados e a própria fabricação dos componentes construtivos são bem distribuídos em todo o estado, o que não ocorre em todo o país. Todos os componentes e insumos possuem grande peso, o que acarreta em maiores emissões de poluentes relativas ao seu transporte.

É importante ressaltar que, em outros estados, esta análise apresentaria outros resultados.

Avaliação: BOM.

- *Montagem / Desmontagem do produto*

Embora a montagem do produto “Alvenaria Estrutural Armada” seja simples e apresente geração de resíduos sólidos reduzida, em relação à alvenaria convencional, a utilização da argamassa de cimento para a união dos componentes construtivos impede a separação dos materiais para reciclagem, em especial a do aço utilizado. Assim, um material que poderia ser totalmente reciclado, pode ter esse processo inviabilizado pela impossibilidade técnico/financeira de sua separação dos outros materiais.

Avaliação: Utilização/Reutilização do produto/edificação: REGULAR; Descarte/Reciclagem: RUIM.

- *Durabilidade / Necessidade de manutenção*

A alvenaria estrutural armada apresenta boa durabilidade, com reduzida necessidade de aplicação de novos acabamentos. Acabamentos capazes de emitir poluentes atmosféricos devem ser evitados.

Avaliação: BOM.

- *Reciclabilidade / Reutilização:*

Pelas características de montagem do sistema construtivo, nenhum componente construtivo ou insumo pode ser reutilizado diretamente. Também a reciclagem desses componentes e insumos é bastante reduzida, pela dificuldade de sua separação e pela irreversibilidade das reações químicas de cura do cimento e calcinação dos blocos cerâmicos. Nesse caso, só resta a trituração dos componentes para uso como agregantes inertes.

Avaliação: RUIM.

- *Biodegradabilidade / Impacto Ambiental da Deposição*

Nenhum dos materiais é facilmente biodegradável, podendo permanecer no solo por centenas de anos e modificar o seu PH, embora não tenham alto potencial de contaminação. A incineração desses componentes e insumos é inviável.

Avaliação: RUIM.


As avaliações acima geram o Quadro de Desempenho Ambiental abaixo. Sua análise visual indica um baixo desempenho ambiental da alvenaria estrutural armada, particularmente ruim na fase de descarte/reciclagem. Um processo que não utilizasse armação de aço e argamassa de assentamento (o sistema "Tijolito" seria um exemplo, onde o que ocorre é o encaixe dos blocos, através de ressaltos tipo macho/fêmea que eles possuem) eliminaria boa parte dos impactos negativos.

QUADRO DE DESEMPENHO AMBIENTAL – ALVENARIA ESTRUTURAL ARMADA

ITEM / ETAPA DO CICLO DE VIDA	Obtenção da Matéria-Prima	Fabricação do Produto	Aplicação do componente à Edificação	Utilização Reutilização do Produto / Edificação	Descarte / Reciclagem do Produto e da Edificação
Matéria-prima de fonte renovável ou não-renovável					
Impacto ambiental da Extração da matéria-prima					
Utilização de energia					
Utilização de água					
Emissão de poluentes na água					
Emissão de poluentes no ar					
Emissão de poluentes no solo					
Distribuição geográfica do produto					

Montagem / Desmontagem do(s) produto(s)				Regular	Ruim
Durabilidade / Necessidade de manutenção				Bom	
Reciclabilidade / Reutilização					Ruim
Biodegradabilidade / Impacto ambiental da deposição					Ruim

LEGENDA:

	Bom
	Regular
	Ruim

Quadro 1: Q.D.A. – Alvenaria estrutural. Fonte: elaborado pelo autor.

Sumário de Ciclo de Vida: “Dry-Wall”

A avaliação dos fechamentos internos também será de um sistema construtivo considerado em sua totalidade e composto por: estrutura interna de perfis leves de aço galvanizado, aparafusados, fechada por placas de gesso acartonado, também aparafusadas na estrutura interna.

- *Matéria-prima de fonte renovável ou não-renovável*

Dos materiais usados – gesso, celulose e minério de ferro – apenas a celulose vem de fonte renovável. Gesso e minério de ferro são extraídos por mineração e são fontes finitas, ainda que em longo prazo. Aço reciclado pode ser utilizado, melhorando em muito o gasto energético e os impactos relativos a essa fase. Gesso acartonado pode ser reutilizado ou triturado e usado como agregante inerte.

Avaliação: REGULAR.

- *Impacto Ambiental da Extração da matéria-prima:*

A produção de celulose pode ser feita a partir de resíduos de madeira de outros processos industriais ou a partir de madeiras de reflorestamento, com bom desempenho ambiental. A mineração de gesso e minério de ferro pode assorear cursos d'água e lençóis freáticos, além de suprimir o ecossistema local. A produção de gesso e celulose pode ser encontrada com relativa facilidade no estado, assim como a de aço.

Avaliação: REGULAR.

- *Utilização de energia*

A extração de minério de ferro, bem como a de gesso, tem um maior consumo energético, devido ao uso de maquinário pesado. A conversão da madeira em celulose tem uso moderado. A fabricação dos componentes construtivos apresenta um uso moderado de energia, alto no caso do aço, mas bem menor em relação ao gesso acartonado. Sua utilização na construção da edificação não exige grande uso de energia, pois é livre de maquinário pesado. O processo construtivo permite a desmontagem dos fechamentos e o reaproveitamento de grande parte dos componentes construtivos, sem a necessidade de maquinário pesado. Também a separação e descarte são feitos sem uso de máquinas, e com baixo gasto de energia.

Avaliação: Obtenção de matéria-prima: REGULAR; Fabricação do produto: REGULAR; Aplicação do componente à edificação: BOM; Utilização/Reutilização do produto/edificação: BOM; Descarte/Reciclagem: BOM.

- *Utilização de água*

Não há grande utilização de água nas fases de obtenção de matéria-prima e fabricação dos componentes, embora seja usada na fabricação das placas de gesso acartonado. Para a montagem do espaço edificado e posterior separação para reciclagem e reaproveitamento o uso de água é quase nenhum. O sistema é chamado de *construção a seco*.

Avaliação: Obtenção de matéria-prima: REGULAR; Fabricação do produto: REGULAR; Aplicação do componente à edificação: BOM; Utilização / Reutilização do produto / edificação: BOM; Descarte / Reciclagem: BOM.

- *Emissão de Poluentes na Água*

Ocorre de maneira mais intensa nos processos de mineração de matéria-prima e fabricação dos componentes construtivos. Nas outras etapas é praticamente nula.

Avaliação: Obtenção de matéria-prima: RUIM; Fabricação do produto: REGULAR; Aplicação do componente à edificação: BOM; Utilização / Reutilização do produto / edificação: BOM; Descarte / Reciclagem: BOM.

- *Emissão de Poluentes no ar:*

Ocorre principalmente nas etapas de obtenção de matéria-prima e fabricação dos componentes construtivos, devido aos processos de mineração e redução do metal

em altos-fornos. Há uma liberação de pó de gesso moderada nas etapas de construção da edificação e descarte/reciclagem.

Avaliação: Obtenção de matéria-prima: RUIM; Fabricação do produto: REGULAR; Aplicação do componente à edificação: REGULAR; Utilização / Reutilização do produto / edificação: BOM; Descarte / Reciclagem: REGULAR.

- *Emissão de Poluentes no Solo*

Relativamente baixa em todo o ciclo de vida. A geração de resíduos sólidos é maior durante os processos de extração e tratamento dos materiais, oferecendo potencial de contaminação do solo. Nas outras etapas, essa geração de resíduos é diminuída, pela característica de reaproveitamento dos componentes no processo construtivo.

Avaliação: Obtenção de matéria-prima: RUIM; Fabricação do produto: REGULAR; Aplicação do componente à edificação: BOM; Utilização / Reutilização do produto / edificação: BOM; Descarte / Reciclagem: BOM.

- *Distribuição geográfica do Produto*

Não apresenta problemas em relação à produção de nenhum dos componentes no estado. Os componentes utilizados têm pouco peso e boa capacidade de armazenamento, o que minimiza as emissões poluidoras relacionadas ao transporte.

Avaliação: BOM.

- *Montagem / Desmontagem do Produto:*

A montagem do produto é feita sem a necessidade de maquinário pesado. Todas as uniões utilizadas são passíveis de desmonte e posterior reaproveitamento dos componentes. A reutilização na própria edificação é comum com parte dos componentes. A desmontagem e separação para posterior reciclagem podem ser feitos também sem o auxílio de maquinário pesado.

Avaliação: BOM.

- *Durabilidade / Necessidade de Manutenção:*

O produto montado apresenta durabilidade semelhante ao sistema convencional e as mesmas necessidades de novas aplicações de acabamentos. A manutenção é facilitada pela possibilidade de desaparafusamento de placas para acesso aos sistemas embutidos, sem necessidade de demolições.

Avaliação: BOM.

- *Reciclabilidade / Reutilização*

Todos os componentes metálicos podem ser reutilizados, desde que não se amassem no processo de desmontagem. Os que forem danificados são facilmente separados para reciclagem. Os componentes de gesso acartonado têm uma boa porcentagem de reutilização, e os resíduos podem ser triturados e utilizados como agregantes, embora isso ainda não seja comum.

Avaliação: BOM.

- *Biodegradabilidade / Impacto Ambiental da Deposição*

Nenhum componente é biodegradável, mas possuem baixo potencial de contaminação do meio ambiente. Não podem ser utilizados como combustível em processos de queima, nem devem ser incinerados.

Avaliação: REGULAR.

QUADRO DE DESEMPENHO AMBIENTAL – “DRY-WALL”

ITEM / ETAPA DO CICLO DE VIDA	Obtenção da Matéria-Prima	Fabricação do Produto	Aplicação do componente à Edificação	Utilização Reutilização do Produto / Edificação	Descarte / Reciclagem do Produto e da Edificação
Matéria-prima de fonte renovável ou não-renovável	Amarelo	Amarelo	Amarelo	Amarelo	Amarelo
Impacto ambiental da Extração da matéria-prima	Amarelo	Amarelo	Amarelo	Amarelo	Amarelo
Utilização de energia	Amarelo	Amarelo	Verde	Verde	Verde
Utilização de água	Amarelo	Amarelo	Verde	Verde	Verde
Emissão de poluentes na água	Vermelho	Amarelo	Verde	Verde	Verde
Emissão de poluentes no ar	Vermelho	Amarelo	Amarelo	Verde	Amarelo
Emissão de poluentes no solo	Vermelho	Amarelo	Verde	Verde	Verde

Distribuição geográfica do produto					
Montagem / Desmontagem do(s) produto(s)					
Durabilidade / Necessidade de manutenção					
Reciclabilidade / Reutilização					
Biodegradabilidade / Impacto ambiental da deposição					

LEGENDA:

	Bom
	Regular
	Ruim

Quadro 2: Q.D.A. – *Dry-Wall*. Fonte: elaborado pelo autor.

O quadro mostra um desempenho ambiental claramente superior ao primeiro sistema avaliado. Também se pode perceber um comportamento melhor nas fases de utilização/reutilização e descarte/reciclagem, enquanto as fases de obtenção de matéria-prima e fabricação dos componentes não apresentam a mesma performance.

Sumário de Ciclo de Vida: Esquadrias de alumínio.

- *Matéria-prima de fonte renovável ou não-renovável*

O único material utilizado não é de fonte renovável, sendo obtido por processo de mineração de bauxita, fonte finita e com previsão de esgotamento em pouco mais de duzentos anos. (INDUSTRY AND ENVIRONMENT, 1996). A utilização de material reciclado melhora sensivelmente o desempenho ambiental do processo e pode ser feita indefinidamente.

Avaliação: Obtenção de matéria-prima: REGULAR.

- *Impacto ambiental da extração da matéria-prima*

O processo de mineração acarreta os mesmos problemas da extração do minério de ferro, com possibilidade de assoreamento de lençóis freáticos e cursos d'água, e grande emissão de poluentes atmosféricos, devido ao uso de maquinário pesado. A preparação do material é ainda mais concentrada geograficamente, o que acarretará em novos impactos devido ao transporte, embora eles possam ser um pouco minimizados pelo menor peso do metal, e pela utilização maciça de material reciclado.

Avaliação: RUIM.

- *Utilização de energia*

A transformação da bauxita em alumínio consome grande quantidade de energia elétrica. No entanto, esse consumo pode baixar em até 90% com o uso de material reciclado. (NATIONAL AUDUBON SOCIETY, 1994). A fabricação dos componentes apresenta consumo de moderado a alto de energia, as outras fases apresentam baixo consumo. Com exceção do descarte/reciclagem, que pode exigir o uso de maquinário.

Avaliação: Obtenção de matéria-prima: RUIM; Fabricação do produto: REGULAR; Aplicação do componente à edificação: BOM; Utilização/Reutilização do produto/edificação: BOM; Descarte/Reciclagem: REGULAR.

- *Utilização de Água*

O processo de transformação da bauxita em alumínio utiliza grandes quantidades de água, com alto risco de contaminação. O uso do produto na edificação também requer água para a sua fixação. As outras etapas têm baixo consumo desse recurso.

Avaliação: Obtenção de matéria-prima: RUIM; Fabricação do produto: RUIM; Aplicação do componente à edificação: REGULAR; Utilização/Reutilização do produto/edificação: BOM; Descarte/Reciclagem: BOM.

- *Emissão de poluentes na Água*

Há um risco potencial nas fases de obtenção de matéria prima e fabricação dos componentes. As outras fases não apresentam grandes riscos

Avaliação: Obtenção de matéria-prima: RUIM; Fabricação do produto: RUIM; Aplicação do componente à edificação: BOM; Utilização/Reutilização do produto/edificação: BOM; Descarte/Reciclagem: BOM.

- *Emissão de poluentes no Ar*

Ocorre mais nas fases que necessitam de maquinário pesado: obtenção de matéria-prima, fabricação do produto e descarte/reciclagem, devido à dificuldade de separação do material de outros componentes construtivos.

Avaliação: Obtenção de matéria-prima: RUIM; Fabricação do produto: REGULAR; Aplicação do componente à edificação: BOM; Utilização/Reutilização do produto/edificação: BOM; Descarte/Reciclagem: REGULAR.

- *Emissão de Poluentes no Solo*

Pode ocorrer nas fases iniciais, devido à geração de resíduos sólidos nos processos de mineração e fabricação do alumínio e dos componentes construtivos. Nas outras fases há menor risco, com exceção da possibilidade da inviabilização da reciclagem, por dificuldades de separação do material.

Avaliação: Obtenção de matéria-prima: RUIM; Fabricação do produto: REGULAR; Aplicação do componente à edificação: BOM; Utilização/Reutilização do produto/edificação: BOM; Descarte/Reciclagem: REGULAR.

- *Distribuição geográfica do Produto*

A concentração da extração e tratamento da matéria-prima acarreta no transporte dos componentes por grandes distâncias, gerando novas emissões atmosféricas. As jazidas do minério não são uniformemente distribuídas, nem tampouco a sua fabricação. A necessidade de transporte irá contribuir para os impactos relacionados ao processo.

Avaliação: RUIM.

- *Montagem/desmontagem do produto*

O processo mais comum atualmente para a fixação de esquadrias de alumínio é o chumbamento de contra-marcos e o posterior aparafusamento da esquadria em si, incluindo alisares de acabamento. Esse processo permite a retirada da esquadria, para sua reutilização ou reciclagem, mas inviabiliza a separação do contra-marco, que se transforma em resíduo sólido, junto com o resto do entulho gerado. No caso de janelas prontas, muitas vezes a separação se torna inviável, devido ao chumbamento do componente construtivo. O uso de chapas de vidro nas esquadrias não é problemático, pois podem ser facilmente separadas para posterior reciclagem.

Avaliação: REGULAR.

- *Durabilidade / necessidade de manutenção*

O alumínio tem uma das menores taxas de corrosão de todos os metais, podendo, por isso, ser utilizado até sem acabamento por muitos anos. A troca de chapas de vidro pode ser feita sem necessidade de desmontagem da esquadria, que também não interfere em outros sistemas embutidos na parede.

Avaliação: BOM.

- *Reciclabilidade / Reutilização*

Alumínio pode ser 100% reciclado, sem a necessidade de adição de material novo e sem limite de ciclos. No entanto, apenas 20% do alumínio utilizado em construção civil são reciclados (CARVALHO, 2002). Isso se deve principalmente às dificuldades de separação do material de outros resíduos sólidos e à inexistência de uma cultura de reciclagem na indústria da construção civil. Novos métodos de fixação podem facilitar em muito a reciclagem do material.

Avaliação: REGULAR.

- *Biodegradabilidade / Impacto ambiental da deposição*

O material não é biodegradável, mas apresenta baixo potencial de contaminação do meio ambiente. Não pode ser incinerado ou usado como combustível.

Avaliação: REGULAR.

QUADRO DE DESEMPENHO AMBIENTAL – ESQUADRIAS DE ALUMÍNIO

ITEM / ETAPA DO CICLO DE VIDA	Obtenção da Matéria-Prima	Fabricação do Produto	Aplicação do componente à Edificação	Utilização Reutilização do Produto / Edificação	Descarte / Reciclagem do Produto e da Edificação
Matéria-prima de fonte renovável ou não-renovável	Amarelo				Amarelo
Impacto ambiental da Extração da matéria-prima	Vermelho				
Utilização de energia	Vermelho	Amarelo	Verde	Verde	Amarelo
Utilização de água	Vermelho	Vermelho	Amarelo	Verde	Verde

Emissão de poluentes na água	Red	Red	Green	Green	Green
Emissão de poluentes no ar	Red	Yellow	Green	Green	Yellow
Emissão de poluentes no solo	Red	Yellow	Green	Green	Yellow
Distribuição geográfica do produto	White	Red	Red	White	White
Montagem / Desmontagem do(s) produto(s)	White	White	White	Yellow	Yellow
Durabilidade / Necessidade de manutenção	White	White	White	Green	White
Reciclabilidade / Reutilização	White	White	White	White	Yellow
Biodegradabilidade / Impacto ambiental da deposição	White	White	White	White	Yellow

LEGENDA:

	Bom
	Regular
	Ruim

Quadro 3: Q.D.A. – Esquadria de Alumínio. Fonte: quadro elaborado pelo autor.

O desempenho ambiental desse componente pode ser bastante melhorado com a adoção de novos métodos de fixação, que possibilitem uma maior taxa de reciclagem. Isso levaria a melhoras significativas nas fases iniciais do ciclo de vida pela utilização maciça de material reciclado.

Sumário de Ciclo de Vida: Laje pré-fabricada em blocos cerâmicos e vigotas de concreto armado.

Subcoberturas em lajes pré-fabricadas de concreto são compostas por vigotas pré-moldadas de concreto armado, intercaladas com blocos cerâmicos, recobertos por uma camada de concreto com armadura disposta horizontalmente num *grid* contínuo.

Assim, seus componentes construtivos principais são os mesmos da alvenaria estrutural armada, ainda que utilizados de maneira diferente e em proporções diferentes: blocos cerâmicos, vergalhões de aço, cimento, areia e água. As considerações ambientais acerca do ciclo de vida desse sistema serão muito semelhantes às da alvenaria estrutural armada, sendo desnecessária uma nova análise se partirmos do pressuposto de que aqui não se trata de resultados quantitativos, mas de um panorama geral, qualitativo, dos processos envolvidos e de suas implicações ambientais. É importante ressaltar que, em relação a esse item, a possibilidade de reaproveitamento de algum componente é ainda menor, pela grande utilização de concreto para a união de todos os componentes. Apenas é preciso lembrar que esse item – a subcobertura – representa uma parte considerável do material utilizado na obra. Se ele apresenta os mesmos problemas ambientais já analisados no ciclo de vida da alvenaria estrutural, esses problemas devem ter seu peso duplicado num balanço geral de toda a edificação.

Sumário de Ciclo de Vida: Telhado em madeira Paraju comercial e telhas cerâmicas.

- *Matéria-prima de fonte renovável ou não-renovável*

O sistema de cobertura é formado por dois materiais principais, peças de madeira de Paraju, também chamada de Maçaranduba (a mais usada no Brasil para esse fim) e telhas cerâmicas. O Paraju é uma árvore que demora cerca de 50 anos pra atingir o tamanho de corte. Sua madeira é classificada como *Hard Wood* pela dureza, densidade das fibras e tempo de crescimento (MACKENZIE, 1994). Como todas as madeiras dessa categoria, raramente é plantada no Brasil, sendo geralmente originada no extrativismo direto de florestas nativas. Apenas uma pequena parte é originada de florestas manejadas e possui certificado ambiental. A adoção de madeiras alternativas e de crescimento rápido, como eucalipto ou até mesmo bambu, pode contribuir enormemente para a diminuição dos impactos relativos a essa fase. A argila utilizada para a fabricação de telhas é um composto de solo, com impacto de extração relativamente baixo. No entanto, não se pode ignorar a contaminação de cursos d'água e a supressão do ecossistema local.

Avaliação: REGULAR

- *Impacto ambiental da extração da matéria-prima:*

O impacto relacionado à extração da madeira de florestas nativas é imenso, pela perda da biodiversidade que implica. A substituição por madeiras de crescimento rápido provenientes de fontes manejadas ou de plantações específicas, pode resolver completamente esse impacto. Embora haja impacto ambiental relativo à extração da argila, ele pode ser considerado baixo, e com baixo risco de contaminação do meio ambiente. Existe abundância desses recursos em praticamente todo o estado de MG, não sendo necessários grandes transportes.

Avaliação: REGULAR.

- *Utilização de Energia*

Há um uso mais intenso de energia nas fases de obtenção de matéria-prima e fabricação dos produtos, devido ao maquinário necessário, às necessidades de transporte e ao peso relativamente alto dos componentes. Nas outras fases do ciclo de vida, o consumo de energia é relativamente baixo. O telhado com cobertura em telhas cerâmicas proporciona um bom isolamento térmico, reduzindo a necessidade de ventilação mecânica ou condicionamento artificial do ar no interior da edificação, o que contribui significativamente para a economia de energia.

Avaliação: Obtenção de matéria-prima: RUIM; Fabricação do produto: REGULAR; Aplicação do componente à edificação: BOM; Utilização/Reutilização do produto/edificação: BOM; Descarte/Reciclagem: BOM.

- *Utilização de Água*

Apenas na fase de fabricação das telhas cerâmicas há consumo considerável de água; nas outras, esse consumo é mínimo. Um sistema de cobertura pode, se associado a um sistema de armazenamento, contribuir para a gestão da água, através do uso da água pluvial armazenada. Infelizmente o sistema de armazenamento não figura na edificação avaliada.

Avaliação: Obtenção de matéria-prima: REGULAR; Fabricação do produto: RUIM; Aplicação do componente à edificação: BOM; Utilização/Reutilização do produto/edificação: BOM; Descarte/Reciclagem: BOM.

- *Emissão de poluentes na Água:*

A emissão de poluentes na água é relativamente pequena em todas as fases do ciclo de vida, como também o potencial de contaminação. Apenas as fases iniciais devem ser levadas em conta como um risco maior em potencial.

Avaliação: Obtenção de matéria-prima: REGULAR; Fabricação do produto: REGULAR; Aplicação do componente à edificação: BOM; Utilização/Reutilização do produto/edificação: BOM; Descarte/Reciclagem: BOM.

- *Emissão de Poluentes no Ar*

Existe apenas na fase de fabricação das telhas cerâmicas, pelo processo de queima. Também as emissões geradas pelo transporte devem ser levadas em conta, devido à relação peso/volume e capacidade de empilhamento dos componentes. O tratamento da madeiras para a sua utilização na edificação também implica no uso de substâncias com alto índice de emissões atmosféricas tóxicas. A fase de reciclagem pode implicar na queima dos componentes em madeira ou na moagem dos componentes cerâmicos; em ambos os casos teremos emissões de poluentes no ar.

Avaliação: Obtenção de matéria-prima: REGULAR; Fabricação do produto: RUIM; Aplicação do componente à edificação: BOM; Utilização/Reutilização do produto/edificação: BOM; Descarte/Reciclagem: REGULAR.

- *Emissão de Poluentes no Solo:*

É baixa em todas as fases do ciclo de vida, e também é minimizada pela não contaminação do solo pelos materiais utilizados. No entanto, a supressão de cobertura vegetal, no caso da extração em florestas naturais, leva à desertificação da área, impacto que não pode ser relevado.

Avaliação: Obtenção de matéria-prima: RUIM; Fabricação do produto: BOM; Aplicação do componente à edificação: BOM; Utilização/Reutilização do produto/edificação: BOM; Descarte/Reciclagem: BOM.

- *Distribuição Geográfica do Produto*

Pela abundância dos materiais em todo o estado, não há a necessidade de grandes transportes, minimizando os impactos relativos a esse item. No entanto, o controle da proveniência da madeira, ou mesmo de sua origem através do manejo certificado de florestas sustentáveis, é bem precário em todo o país, sendo freqüente o transporte de madeiras provenientes de outros estados e sem nenhum certificado ambiental.

Avaliação: REGULAR.

- *Montagem / Desmontagem do produto*

A montagem do sistema é feita em sua maior parte com o auxílio de pregos e parafusos, elementos de união que podem ser retirados posteriormente. As telhas cerâmicas são, na maioria dos casos, apenas encaixadas sobre a estrutura, podendo

ser facilmente retiradas e separadas. O sistema não apresenta dificuldades para a desmontagem e separação dos materiais.

Avaliação: BOM.

- *Durabilidade / necessidade de manutenção*

A durabilidade das telhas cerâmicas é menor do que a de outras feitas com materiais sintéticos, exigindo uma troca mais freqüente das peças que trincam ou se quebram. O próprio sistema exige habilidade para se lidar com as peças, por exemplo, caminhando sobre elas, para que as telhas não sejam danificadas. Intempéries como tempestades tropicais também podem removê-las devido ao sistema de encaixe. Para que a madeira usada não sofra o ataque de pragas, é necessário um acabamento imunizante, feito com substâncias voláteis que emitem poluição atmosférica potencialmente tóxica. Por outro lado, as características de montagem do sistema de cobertura permitem que as peças com defeito sejam identificadas e substituídas, sem a necessidade da remoção de toda a cobertura. Assim, o sistema pode atingir grande durabilidade.

Avaliação: REGULAR.

- *Reciclabilidade / Reutilização*

Todas as peças utilizadas nesse sistema de cobertura têm potencial de reutilização. As peças de madeira também podem ser recicladas transformando-se em celulose ou em resíduos de pequenas dimensões para a fabricação de aglomerados especiais, como o painel OSB. As peças cerâmicas têm a reciclagem mais difícil, pela irreversibilidade do processo de queima, mas podem ser trituradas e retornadas ao solo ou utilizadas como agregante inerte.

Avaliação: BOM.

- *Biodegradabilidade / Impacto ambiental da deposição:*

Embora as peças de cerâmica não sejam biodegradáveis, sua deposição no meio ambiente não apresenta riscos de contaminação. As peças de madeira são totalmente biodegradáveis e podem também ser utilizadas como combustível em processos de queima, em substituição a combustíveis fósseis, como óleo diesel.

Avaliação: BOM.

Created with the
trial version of
PDF-Creator.net

QUADRO DE DESEMPENHO AMBIENTAL – Cobertura em Paraju e telha cerâmica

ITEM / ETAPA DO CICLO DE VIDA	Obtenção da Matéria-Prima	Fabricação do Produto	Aplicação do componente à Edificação	Utilização / Reutilização do Produto / Edificação	Descarte / Reciclagem do Produto e da Edificação
Matéria-prima de fonte renovável ou não-renovável	Regular				Regular
Impacto ambiental da Extração da matéria-prima	Regular				
Utilização de energia	Ruim	Regular	Bom	Bom	Bom
Utilização de água	Regular	Ruim	Bom	Bom	Bom
Emissão de poluentes na água	Regular	Regular	Bom	Bom	Bom
Emissão de poluentes no ar	Regular	Ruim	Bom	Bom	Regular
Emissão de poluentes no solo	Ruim	Bom	Bom	Bom	Bom
Distribuição geográfica do produto		Regular	Regular		
Montagem / Desmontagem do(s) produto(s)				Bom	Bom
Durabilidade / Necessidade de manutenção				Regular	
Reciclabilidade / Reutilização					Bom
Biodegradabilidade / Impacto ambiental da deposição					Bom

LEGENDA:

	Bom
	Regular
	Ruim

Quadro 4: Q.D.A.–cobertura em madeira Paraju e telha cerâmica. Fonte: quadro elaborado pelo autor.

O sistema de cobertura tem um desempenho ambiental bastante razoável, o que se justifica pelo uso da madeira como matéria-prima – mas apenas quando é de fonte renovável – e pela facilidade de separação de materiais e sua reciclagem ou reutilização. No entanto, podemos perceber um desempenho bastante ruim nas fases iniciais do ciclo de vida exatamente devido à dificuldade em se utilizar madeira ambientalmente certificada para este fim, com o mercado sendo amplamente dominado por madeiras de origem extrativista e a inexistência de uma fiscalização eficiente ou de uma cobrança por parte do comprador quanto a isso.

Sumário de Ciclo de Vida: Piso Cerâmico Esmaltado

- *Matéria-prima de fonte renovável ou não-renovável:*

As cerâmicas são compostas por uma mistura de argilas, silicatos, sais e corantes em proporções que variam de acordo com o tipo que se quer produzir. Todos esses materiais são obtidos por mineração do solo e subsolo, sendo, portanto, uma fonte não-renovável finita. A utilização de material reciclado é bastante restrita, devido ao processo de queima, que é irreversível. Material triturado a pó pode ser adicionado como agregante inerte, mas em pequenas quantidades.

Avaliação: RUIM

- *Impacto Ambiental da extração da matéria-prima:*

O impacto ambiental relativo aos processos de mineração reside principalmente no risco de contaminação de massas de água, na deposição de resíduos sólidos, na emissão de poluentes atmosféricos pelo uso de maquinário pesado, no grande consumo de energia por esse maquinário e na supressão do ecossistema local no sítio de mineração. Embora haja relativa abundância dos materiais usados em todo o estado, a fabricação de cerâmicas é restrita a alguns estados, o que acarreta em grandes transportes – muitas vezes a cerâmica adquirida em Minas Gerais vem de caminhão da região Sul, com grande emissão de poluentes atmosféricos, agravada pelo elevado peso do produto.

Avaliação: RUIM.

- *Utilização de Energia*

Ocorre em maior intensidade nas fases iniciais do ciclo de vida, devido ao uso de maquinário pesado, como já mencionado, mas também é significativa na fase de descarte/reciclagem, por frequentemente necessitar de maquinário específico.

Avaliação: Obtenção de matéria-prima: RUIM; Fabricação do produto: RUIM; Aplicação do componente à edificação: BOM; Utilização/Reutilização do produto/edificação: BOM; Descarte/Reciclagem: RUIM.

- *Utilização de Água*

Ocorre principalmente nas fases de fabricação do produto e da edificação. Nas outras, o consumo não é muito significativo.

Avaliação: Obtenção de matéria-prima: RUIM; Fabricação do produto: RUIM; Aplicação do componente à edificação: REGULAR; Utilização/Reutilização do produto/edificação: BOM; Descarte/Reciclagem: BOM.

- *Emissão de Poluentes na Água*

Pode ocorrer nas fases de obtenção de matéria-prima e fabricação do produto. Nas outras, o risco é baixo.

Avaliação: Obtenção de matéria-prima: REGULAR; Fabricação do produto: RUIM; Aplicação do componente à edificação: BOM; Utilização/Reutilização do produto/edificação: BOM; Descarte/Reciclagem: REGULAR.

- *Emissão de Poluentes No Ar*

Também ocorre principalmente nas fases iniciais, agravada pela necessidade de transporte do produto e seu elevado peso. Na fase de descarte/reciclagem pode ocorrer devido à geração de pó e ao uso de maquinário pesado.

Avaliação: Obtenção de matéria-prima: RUIM; Fabricação do produto: RUIM; Aplicação do componente à edificação: BOM; Utilização/Reutilização do produto/edificação: BOM; Descarte/Reciclagem: REGULAR.

- *Emissão de Poluentes No Solo*

Ocorre em maior intensidade na fase de descarte/reciclagem, pela geração de resíduos sólidos. Mas também ocorre nas fases iniciais, devido aos processos de obtenção de matéria-prima e fabricação do produto.

Avaliação: Obtenção de matéria-prima: RUIM; Fabricação do produto: RUIM; Aplicação do componente à edificação: REGULAR; Utilização/Reutilização do produto/edificação: REGULAR; Descarte/Reciclagem: RUIM.

- *Distribuição Geográfica do Produto*

Como a produção do componente construtivo é restrita a alguns estados, grandes deslocamentos podem estar relacionados à sua utilização, implicando em significativo impacto ambiental, principalmente pela emissão de poluentes atmosféricos. Enquanto algumas empresas possuem fábricas no estado de Minas Gerais, outras concentram sua produção no sul do país, trazendo a mercadoria comercializada em caminhões.

Avaliação: RUIM.

- *Montagem / Desmontagem do Produto*

O assentamento da cerâmica se faz por meio de argamassa específica, complementada por rejunte flexível. Essa junção é definitiva e freqüentemente se torna mais resistente do que a própria peça, impedindo totalmente a sua separação posterior. Assim, a desmontagem só se dá por meio de demolição, com a conseqüente geração de entulho, de difícil reciclagem.

Avaliação: RUIM.

- *Durabilidade / necessidade de manutenção*

Se assentado corretamente, o piso cerâmico tem alta durabilidade e quase nenhuma necessidade de manutenção. Novos acabamentos nunca são necessários, se o piso se desgastar, tem que ser substituído. O embutimento de sistemas – hidráulicos, elétricos – no piso é atualmente evitado, exatamente para se evitar demolições prematuras.

Avaliação: BOM.

- *Reciclabilidade / Reutilização:*

A cerâmica tem baixo potencial de reciclabilidade, devido à sua composição química e ao processo de fabricação, e baixo potencial de reutilização, devido ao processo usado para sua junção com outros componentes e insumos na edificação, que inviabiliza a sua separação.

Avaliação: RUIM.

- *Biodegradabilidade / Impacto ambiental da deposição*

Embora não seja biodegradável, o produto tem baixo potencial de contaminação do meio ambiente. No entanto, leva centenas de anos para se decompor. Não pode ser usado como combustível ou incinerado.

Avaliação: REGULAR.

QUADRO DE DESEMPENHO AMBIENTAL – PISO CERÂMICO ESMALTADO

ITEM / ETAPA DO CICLO DE VIDA	Obtenção da Matéria-Prima	Fabricação do Produto	Aplicação do componente à Edificação	Utilização Reutilização do Produto / Edificação	Descarte / Reciclagem do Produto e da Edificação
Matéria-prima de fonte renovável ou não-renovável	Red	White	White	White	Red
Impacto ambiental da Extração da matéria-prima	Red	White	White	White	White
Utilização de energia	Red	Red	Green	Green	Red
Utilização de água	Red	Red	Yellow	Green	Green
Emissão de poluentes na água	Yellow	Red	Green	Green	Yellow
Emissão de poluentes no ar	Red	Red	Green	Green	Yellow
Emissão de poluentes no solo	Red	Red	Yellow	Yellow	Red
Distribuição geográfica do produto	White	Red	Red	White	White
Montagem / Desmontagem do(s) produto(s)	White	White	White	Red	Red
Durabilidade / Necessidade de manutenção	White	White	White	Green	White
Reciclabilidade / Reutilização	White	White	White	White	Red

apenas pelos acidentes e contaminações que ocorrem de tempos em tempos – por ser oleoso, um litro de petróleo contamina um milhão de litros de água, mas também pelo imenso consumo de energia e emissão de poluentes relacionados aos processos de transporte e refino do petróleo. Apenas a utilização massiva de material reciclado pode aliviar os impactos relacionados a esse item, mas a pesquisa e desenvolvimento de plásticos de origem vegetal que substituam o PVC parece ainda mais promissora.

Avaliação: RUIM.

- *Utilização de Energia*

A fase de obtenção e preparação da matéria-prima tem alto consumo de energia, tanto na eletrólise do sal marinho, quanto na extração e refino do petróleo. Também o transporte necessário na fase de fabricação do produto tem grande consumo de energia. Por fim, a fase de descarte/reciclagem também apresenta consumo elevado quando existe a necessidade de maquinário para a separação do material na demolição da edificação.

Avaliação: Obtenção de matéria-prima: RUIM; Fabricação do produto: RUIM; Aplicação do componente à edificação: BOM; Utilização/Reutilização do produto/edificação: BOM; Descarte/Reciclagem: REGULAR.

- *Utilização de Água*

Apresenta consumo elevado apenas na fase de obtenção de matéria-prima, devido ao processo de eletrólise principalmente; nas outras, o consumo é de moderado a baixo.

Avaliação: Obtenção de matéria-prima: RUIM; Fabricação do produto: REGULAR; Aplicação do componente à edificação: BOM; Utilização/Reutilização do produto/edificação: BOM; Descarte/Reciclagem: BOM.

- *Emissão de Poluentes na Água*

Há grande potencial de contaminação nas fases iniciais, mas baixo risco nas fases finais do ciclo de vida do produto.

Avaliação: Obtenção de matéria-prima: RUIM; Fabricação do produto: RUIM; Aplicação do componente à edificação: BOM; Utilização/Reutilização do produto/edificação: BOM; Descarte/Reciclagem: BOM.

- *Emissão de Poluentes No Ar*

Apresenta grandes emissões principalmente nos processos de extração e refino do petróleo e transporte de materiais e produtos. Também há emissões moderadas na fase de descarte/reciclagem, devido ao uso de maquinário. A fase de aplicação do

componente à edificação pode utilizar adesivos com alto índice de emissão de poluentes atmosféricos, mas a quantidade usada é bem pequena.

Avaliação: Obtenção de matéria-prima: RUIM; Fabricação do produto: RUIM; Aplicação do componente à edificação: REGULAR; Utilização/Reutilização do produto/edificação: REGULAR; Descarte/Reciclagem: REGULAR.

- *Emissão de Poluentes No Solo*

Apresenta risco na fase inicial, principalmente pelas características físico-químicas do petróleo e da soda cáustica, que tem elevado potencial de contaminação do solo.

Avaliação: Obtenção de matéria-prima: RUIM; Fabricação do produto: RUIM; Aplicação do componente à edificação: BOM; Utilização/Reutilização do produto/edificação: BOM; Descarte/Reciclagem: REGULAR.

- *Distribuição Geográfica do Produto*

A concentração da produção em certos estados, principalmente os litorâneos, leva à necessidade de grandes deslocamentos do produto até o estado de Minas Gerais, provocando maiores emissões de poluentes atmosféricos. Além disso, a relação peso/volume do produto não contribui para a redução das emissões no transporte, devido à pequena capacidade de compactação para armazenamento.

Avaliação: REGULAR.

- *Montagem / Desmontagem do Produto:*

A montagem da tubulação hidráulica de PVC é feita por rosca ou cola, na maioria dos casos, o que não dificulta o processo de separação para reciclagem. No entanto, o processo tradicional de embutimento das tubulações na alvenaria torna completamente inviável essa separação, levando a um baixíssimo índice de reciclagem. A utilização do produto em sistemas construtivos em que ele não é fixado com cimento, mas dentro de *shafts* com fácil acesso, permitindo a sua separação posterior com facilidade, como na edificação-exemplo que é aqui estudada, pode resolver satisfatoriamente esta questão.

Avaliação: BOM.

- *Durabilidade / necessidade de manutenção*

O material do produto tem boa durabilidade e, se instalado corretamente, e baixa necessidade de manutenção. Em oposição ao método de instalação tradicional, que exige a demolição parcial da edificação quando a manutenção é necessária, a

instalação da tubulação em *shafts* específicos e de fácil acesso, característica de edificações de alvenaria estrutural armada, resolve satisfatoriamente este item.

Avaliação: BOM.

- *Reciclabilidade / Reutilização*

O produto é totalmente reciclável, sem limite de ciclos de vida, mas pode ter a reciclagem inviabilizada em função de sua instalação com o uso de cimento. A porcentagem de componentes de PVC reciclados na indústria de construção civil ainda é muito baixa, principalmente devido à inexistência de uma cultura de separação de materiais, mesmo quando isso é possível. A reutilização raramente ocorre, pois a instalação pode causar micro trincas no produto, além da separação, pelos métodos tradicionais de fixação ser totalmente inviável.

Avaliação: BOM.

- *Biodegradabilidade / Impacto ambiental da deposição*

O produto não é biodegradável e leva centenas de anos para se decompor no meio ambiente. Sua destinação final deve ser obrigatoriamente a reciclagem.

Avaliação: RUIM.

QUADRO DE DESEMPENHO AMBIENTAL – TUBULAÇÃO EM PVC

ITEM / ETAPA DO CICLO DE VIDA	Obtenção da Matéria-Prima	Fabricação do Produto	Aplicação do componente à Edificação	Utilização Reutilização do Produto / Edificação	Descarte / Reciclagem do Produto e da Edificação
Matéria-prima de fonte renovável ou não-renovável					
Impacto ambiental da Extração da matéria-prima					
Utilização de energia					
Utilização de água					
Emissão de poluentes na água					

Emissão de poluentes no ar	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular
Emissão de poluentes no solo	Regular	Regular	Bom	Bom	Regular
Distribuição geográfica do produto	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular
Montagem / Desmontagem do(s) produto(s)	Regular	Regular	Regular	Bom	Bom
Durabilidade / Necessidade de manutenção	Regular	Regular	Regular	Bom	Regular
Reciclabilidade / Reutilização	Regular	Regular	Regular	Regular	Bom
Biodegradabilidade / Impacto ambiental da deposição	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular

LEGENDA:

	Bom
	Regular
	Ruim

Quadro 6: Q.D.A. – Tubulações em PVC. Fonte: quadro elaborado pelo autor.

O quadro mostra um desempenho ambiental bastante ruim nas fases de obtenção da matéria-prima e fabricação do produto, o que pode ser explicado pelo uso do petróleo e os processos de extração, refino e fabricação que ele exige. Também fica claro que o produto apresenta um bom potencial de reciclabilidade, ainda mal explorado na indústria da construção civil.

Sumário de Ciclo de Vida: Habitação 1 – “semi-convencional”

Feita a análise dos componentes e sistemas construtivos principais da habitação selecionada como teste de simulação da metodologia, vemos a necessidade também da análise da edificação como um todo, pois ela representa muito mais do que apenas a soma das partes que a compõem. Assim, poderemos analisá-la acerca de questões como gerenciamento de energia, de água, emissão de poluentes e outros itens que

não são totalmente avaliados apenas com a análise dos sistemas e componentes construtivos.

- *Matéria-prima de fonte renovável ou não-renovável*

Há predominância de matérias-primas de fontes não-renováveis e com baixo índice de reciclagem, fato também agravado pelos métodos de junção dos componentes construtivos que dificultam a desmontagem e separação de materiais que poderiam ser totalmente reciclados. A fonte renovável aparece apenas na estrutura da cobertura, mas também com restrições ambientais, pelo extrativismo sem controle em florestas naturais.

Avaliação: RUIM

- *Impacto Ambiental da extração da matéria-prima*

Também aqui há um impacto ambiental de moderado a alto na maior parte dos materiais utilizados, seja devido aos métodos de extração e ao transporte necessário, seja devido aos processos de preparação destes materiais.

Avaliação: REGULAR.

- *Utilização de Energia*

Embora alguns componentes construtivos exijam maior consumo de energia em sua produção, sua contribuição para a quantidade total de materiais utilizada é pequena, o que melhora o desempenho ambiental nesse item. No entanto, a habitação não apresenta equipamentos que possibilitem a economia de energia, como ventilação convectiva planejada, ou o uso de energia alternativa, como o aquecimento solar da água ou o uso de células fotoelétricas.

Avaliação: Obtenção de matéria-prima: RUIM; Fabricação do produto: REGULAR; Aplicação do componente à edificação: REGULAR; Utilização/Reutilização do produto/edificação: REGULAR; Descarte/Reciclagem: REGULAR.

- *Utilização de Água*

O uso da água nas fases iniciais do ciclo de vida é mais intenso. Nas fases finais não é tão significativo. A edificação também não apresenta equipamentos de economia e armazenamento de água alternativa, como a pluvial. A exceção é o uso de vaso sanitário com caixa acoplada, o que já representa alguma economia.

Avaliação: Obtenção de matéria-prima: REGULAR; Fabricação do produto: RUIM; Aplicação do componente à edificação: REGULAR; Utilização/Reutilização do produto/edificação: REGULAR; Descarte/Reciclagem: BOM.

- *Emissão de Poluentes na Água*

Ocorre principalmente nas fases iniciais, nas outras não é significativo. Existe a possibilidade de contaminação pelos resíduos sólidos na fase de descarte/reciclagem.

Avaliação: Obtenção de matéria-prima: REGULAR; Fabricação do produto: REGULAR; Aplicação do componente à edificação: REGULAR; Utilização/Reutilização do produto/edificação: BOM; Descarte/Reciclagem: REGULAR.

- *Emissão de Poluentes No Ar*

Também ocorre com mais intensidade nas fases iniciais, agravada pelo transporte necessário de alguns componentes construtivos e pelo uso de maquinário pesado, sobretudo para a demolição necessária na fase de descarte/reciclagem. Também deve ser levado em conta o uso de pintura interna e externa, acabamento que tem que ser reaplicado a cada um ou dois anos, e que utiliza produtos que emitem substâncias voláteis tóxicas por períodos prolongados de tempo.

Avaliação: Obtenção de matéria-prima: REGULAR; Fabricação do produto: RUIM; Aplicação do componente à edificação: BOM; Utilização / Reutilização do produto / edificação: REGULAR; Descarte / Reciclagem: RUIM.

- *Emissão de Poluentes No Solo*

Pode ocorrer com mais intensidade na fase inicial, pela predominância de materiais de extração mineral, e na etapa final, pela intensa geração de resíduos sólidos, com possibilidade de contaminação do solo.

Avaliação: Obtenção de matéria-prima: RUIM; Fabricação do produto: REGULAR; Aplicação do componente à edificação: REGULAR; Utilização/Reutilização do produto/edificação: BOM; Descarte/Reciclagem: RUIM.

- *Distribuição Geográfica do Produto*

Os componentes construtivos responsáveis pela maior parte dos materiais utilizados são disponíveis com relativa facilidade em todo o estado de Minas Gerais. No entanto, o transporte de alguns deles acarreta em emissão de poluentes, que pode ser agravada pelo peso elevado dos materiais.

Avaliação: BOM.

- *Montagem / Desmontagem do Produto*

Só é facilitada, permitindo a separação dos materiais, na cobertura e fechamentos internos. Nos demais itens da edificação, o uso de cimento como elemento básico de

união dos componentes construtivos dificulta enormemente a sua separação posterior, na maioria dos casos inviabilizando a reciclagem dos materiais. Assim, eles se transformam em resíduo sólido – entulho de obra, que tem reciclagem difícil e bastante restrita.

Avaliação: RUIM.

- *Durabilidade / necessidade de manutenção*

A edificação tem, em sua maior parte, alta durabilidade. No entanto, a necessidade de manutenção, ainda que esporádica, acarreta em demolição parcial, com geração de resíduos sólidos, e reposição total dos componentes construtivos. A utilização de sistemas hidráulicos em *shafts* específicos, evitando a fixação por meio de argamassa de cimento, contribui positivamente para a manutenção e posterior separação para reciclagem desse item.

Avaliação: BOM.

- *Reciclabilidade / Reutilização*

Apenas os componentes da cobertura, fechamentos internos e algumas esquadrias e tubulações podem ser facilmente reciclados ou reutilizados, mas eles correspondem a uma pequena parte do total de materiais utilizado. A maior parte tem a sua reciclagem parcial ou totalmente inviabilizada pelo uso do cimento como método de fixação.

Avaliação: RUIM.

- *Biodegradabilidade / Impacto ambiental da deposição*

Apenas a estrutura de madeira da cobertura é biodegradável e tem baixo impacto na deposição no meio ambiente. A parte da edificação que se transforma em resíduos sólidos – a maior parte – tem potencial de contaminação do solo.

Avaliação: RUIM.

created with the
trial version of
PDF-Creator.net

QUADRO DE DESEMPENHO AMBIENTAL – HABITAÇÃO SEMI-CONVENCIONAL

ITEM / ETAPA DO CICLO DE VIDA	Obtenção da Matéria-Prima	Fabricação do Produto	Aplicação do componente à Edificação	Utilização Reutilização do Produto / Edificação	Descarte / Reciclagem do Produto e da Edificação
Matéria-prima de fonte renovável ou não-renovável	Red	White	White	White	Red
Impacto ambiental da Extração da matéria-prima	Yellow	White	White	White	White
Utilização de energia	Red	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
Utilização de água	Yellow	Red	Yellow	Yellow	Green
Emissão de poluentes na água	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Yellow
Emissão de poluentes no ar	Yellow	Red	Green	Yellow	Red
Emissão de poluentes no solo	Red	Yellow	Yellow	Green	Red
Distribuição geográfica do produto	White	Green	Green	White	White
Montagem / Desmontagem do(s) produto(s)	White	White	White	Red	Red
Durabilidade / Necessidade de manutenção	White	White	White	Green	White
Reciclabilidade / Reutilização	White	White	White	White	Red
Biodegradabilidade / Impacto ambiental da deposição	White	White	White	White	Red

LEGENDA:

	Bom
	Regular
	Ruim

Quadro 7: Q.D.A. – Habitação semi-convencional. Fonte: quadro elaborado pelo autor.

Podemos perceber o baixo desempenho ambiental da edificação em todas as fases do ciclo de vida, mas em especial nas fases de obtenção de matéria-prima e descarte/reciclagem, o que se deve à predominância de materiais provenientes da extração mineral e à dificuldade de reciclagem dos componentes construtivos. O desempenho nas fases de fabricação da edificação e sua utilização/reutilização pode ser melhorado com a adoção de práticas de projeto que permitam a manutenção e desmontagem dos componentes, e que incluam sistemas de economia e utilização de energia e água alternativas.

6.2 Habitação com processo construtivo alternativo

A segunda habitação a ser analisada foi desenvolvida como Trabalho Final de Graduação do aluno Edmar Ferreira Júnior, no curso de graduação da escola de arquitetura da UFMG, sob a orientação da Profa. Silke Kapp, apresentado no 1º semestre de 2006.

Este projeto tem por premissas a proposição de um sistema construtivo alternativo, que possibilite a autoconstrução da habitação pelos seus próprios usuários, a participação do arquiteto como um consultor deste processo, e a utilização de componentes construtivos alternativos aos tradicionais, permitindo não apenas a autoconstrução, como também uma maior flexibilização do espaço edificado, com a reutilização destes componentes. O sistema proposto baseia-se no sistema desenvolvido pelo *Walter Segal Self Build Trust*, organização não governamental voltada para a autoconstrução baseada em estruturas, fechamentos e coberturas de madeira, mas é totalmente adaptado às peças e componentes comerciais disponíveis no Brasil.

Assim, a habitação a ser analisada tem as seguintes características:

Fundações rasas e econômicas em concreto ciclópico; estruturas de madeira de lei, confeccionadas com bitolas comerciais para telhados; vedações e divisórias não estruturais confeccionadas com painéis de madeira reciclada, denominados comercialmente *OSB*; esquadrias comerciais em alumínio; piso em assoalho de madeira de eucalipto; cobertura plana, confeccionada com painéis de madeira *OSB* e pranchas de eucalipto; instalações elétricas e de telecomunicações convencionais; instalações hidrosanitárias convencionais; gabinetes comerciais para pias, tanques e lavatórios.

(MEMORIAL T.F.G. Edmar Ferreira Júnior, UFMG, 2006)

Para que a análise possa ser comparativa entre as duas habitações, a planta será mantida igual para as ambas, embora o aspecto externo da segunda habitação seja bem diverso da primeira, como vemos abaixo:



Fig 8: perspectiva habitação alternativa. Fonte: T.F.G. Edmar Ferreira Júnior, 2006.

Serão elaboradas as avaliações dos principais componentes desta habitação, como do primeiro exemplo, bem como da edificação como um todo. Segue-se a avaliação dos principais componentes construtivos.

Sumário de Ciclo de Vida: Estrutura em Madeira de Lei.

- *Matéria-prima de fonte renovável ou não-renovável:*

Por madeira de lei entendem-se as madeiras de alta densidade de fibras e alta dureza, também denominadas *Hard Wood* (MACKENZIE, 1994). Essas madeiras são provenientes de árvores de crescimento lento que levam cerca de cinquenta anos para atingir o tamanho de corte. Neste cenário, é comum no Brasil o extrativismo direto das

florestas nativas, sem preocupação em manejo da floresta ou mesmo reposição das árvores retiradas.

Por esse motivo, é fundamental que esta matéria-prima, apesar de renovável, seja proveniente de fonte certificada, que pratica o manejo florestal ou o plantio das espécies.

Existem espécies capazes de fornecer a matéria-prima necessária em todo o estado, minimizando grandes deslocamentos das peças. No entanto, a substituição por espécies de crescimento rápido e largamente cultivadas, como o eucalipto, pode melhorar o desempenho neste aspecto, eliminando o extrativismo criminoso.

Avaliação: REGULAR

- *Impacto Ambiental da extração da matéria-prima:*

A extração da matéria-prima pode ter impacto ambiental quase nulo, se for através do plantio das espécies ou do manejo florestal adequado. No entanto, o extrativismo indiscriminado pode levar ao fim do ecossistema que suportava essas espécies, provocando sua extinção, como no caso do Pau-marfim e do Mogno no Brasil.

Embora o peso relativo da matéria-prima seja elevado, não são necessários grandes deslocamentos, minimizando as emissões poluidoras relativas a este transporte.

Avaliação: BOM.

- *Utilização de Energia:*

Há um consumo de energia mais intenso nas etapas de extração e preparação da matéria-prima, nas outras etapas o consumo é mínimo, nem mesmo há a necessidade de maquinário.

Avaliação: Obtenção de matéria-prima: RUIM; Fabricação do produto: REGULAR; Aplicação do componente à edificação: BOM; Utilização / Reutilização do produto / edificação: BOM; Descarte/Reciclagem: BOM.

- *Utilização de Água:*

Consumo de água mínimo em todo o ciclo de vida, não sendo necessário em nenhuma etapa, com exceção do tratamento inicial da madeira.

Avaliação: Obtenção de matéria-prima: REGULAR; Fabricação do produto: BOM; Aplicação do componente à edificação: BOM; Utilização/Reutilização do produto / edificação: BOM; Descarte / Reciclagem: BOM.

- *Emissão de Poluentes na Água:*

Pode ocorrer na etapa de preparação da matéria-prima, mas o risco é moderado. Nas outras etapas o risco é mínimo.

Avaliação: Obtenção de matéria-prima: REGULAR; Fabricação do produto: BOM; Aplicação do componente à edificação: BOM; Utilização/Reutilização do produto/edificação: BOM; Descarte/Reciclagem: BOM.

- *Emissão de Poluentes No Ar:*

Também pode ocorrer na etapa de preparação da matéria-prima, em virtude do maquinário e transporte envolvido. Processos de acabamento, como vernizes e tintas, podem influenciar negativamente para o aumento de emissões atmosféricas. Nas outras etapas o risco é mínimo.

Avaliação: Obtenção de matéria-prima: REGULAR; Fabricação do produto: REGULAR; Aplicação do componente à edificação: REGULAR; Utilização/Reutilização do produto/edificação: BOM; Descarte/Reciclagem: BOM.

- *Emissão de Poluentes No Solo:*

Apresenta baixos índices de emissão em todas as etapas, resíduos do material são biodegradáveis.

Avaliação: Obtenção de matéria-prima: BOM; Fabricação do produto: BOM; Aplicação do componente à edificação: BOM; Utilização/Reutilização do produto/edificação: BOM; Descarte/Reciclagem: BOM.

- *Distribuição Geográfica do Produto:*

Como há disponibilidade do material em todo o estado, não são necessários grandes deslocamentos de material ou de produtos, desde que seja prevista a utilização de diversas espécies, com preferência para aquela mais abundante no local. Esta ressalva é fundamental quando levamos em consideração o elevado peso do produto, o que resultaria em grandes emissões poluidoras atmosféricas no seu transporte.

Avaliação: BOM.

- *Montagem / Desmontagem do Produto:*

A montagem do produto na edificação é feita de maneira semi-industrial, com ferramentas simples, sem o auxílio de maquinário pesado. Também a desmontagem obedece ao mesmo princípio, sendo muito simples a separação dos materiais.

Avaliação: BOM.

- *Durabilidade / necessidade de manutenção:*

O produto apresenta durabilidade média, se comparado ao tradicional, havendo a necessidade de reaplicação de acabamento e proteção contra pragas e intempéries a cada um ou dois anos. A manutenção é feita sem nenhuma demolição, pois toda a montagem do produto, e sua junção com outros produtos, é passível de desmontagem.

Avaliação: REGULAR.

- *Reciclabilidade / Reutilização:*

O produto é totalmente reciclável, incluindo os elementos de união, e pode ser em grande parte reutilizado, com o corte para comprimentos menores ou o preenchimento de furos antigos e a abertura de novos.

Avaliação: BOM.

- *Biodegradabilidade / Impacto ambiental da deposição:*

Com exceção dos elementos de união, que podem ser separados com facilidade, o produto é biodegradável, com reduzido impacto no caso de deposição no meio ambiente. Pode ser incinerado e usado como combustível, em substituição a combustíveis fósseis.

Avaliação: BOM.

QUADRO DE DESEMPENHO AMBIENTAL – Estrutura em Madeira de Lei

ITEM / ETAPA DO CICLO DE VIDA	Obtenção da Matéria-Prima	Fabricação do Produto	Aplicação do componente à Edificação	Utilização Reutilização do Produto / Edificação	Descarte / Reciclagem do Produto e da Edificação
Matéria-prima de fonte renovável ou não-renovável	Amarelo				Amarelo
Impacto ambiental da Extração da matéria-prima	Verde				
Utilização de energia	Vermelho	Amarelo	Verde	Verde	Verde
Utilização de água	Amarelo	Verde	Verde	Verde	Verde
Emissão de poluentes na água	Amarelo	Verde	Verde	Verde	Verde

Emissão de poluentes no ar	Regular	Regular	Regular	Bom	Bom
Emissão de poluentes no solo	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom
Distribuição geográfica do produto	Regular	Bom	Bom	Regular	Regular
Montagem / Desmontagem do(s) produto(s)	Regular	Regular	Regular	Bom	Bom
Durabilidade / Necessidade de manutenção	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular
Reciclabilidade / Reutilização	Regular	Regular	Regular	Regular	Bom
Biodegradabilidade / Impacto ambiental da deposição	Regular	Regular	Regular	Regular	Bom

LEGENDA:

	Bom
	Regular
	Ruim

Quadro 8: Q.D.A. – estrutura em madeira de lei. Fonte: quadro elaborado pelo autor.

É claro o desempenho ambiental bastante superior desse sistema estrutural em relação ao tradicional, sobretudo na etapa de Descarte/Reciclagem do produto. A adoção de critérios rígidos de fornecimento da matéria-prima, inibindo o extrativismo indiscriminado, pode melhorar ainda mais este desempenho em relação à etapa inicial, onde se mostra um pouco mais problemático.

Sumário de Ciclo de Vida: Fechamentos em OSB e Lã de Rocha.

- *Matéria-prima de fonte renovável ou não-renovável:*

O painel OSB é produzido a partir de resíduos sólidos de madeira agregados com resinas especiais. Pode ser produzido a partir de quase qualquer tipo de madeira e é totalmente reciclável. É uma fonte renovável e de reciclagem.

A lã de rocha é produzida a partir de minerais como o basalto e a sílica, em um processo industrial com maquinário pesado. Não é uma fonte renovável; a matéria-prima é obtida por processos de mineração, que também exigem maquinário pesado. A substituição da lã de rocha por fibra de coco ou similares pode melhorar em muito o desempenho ambiental neste item.

Avaliação: REGULAR

- *Impacto Ambiental da extração da matéria-prima:*

A produção de painéis OSB é uma boa iniciativa ambiental, pois agrega muito valor em um resíduo antes usado como combustível em caldeiras. É uma reciclagem que cria novo produto de maior grau tecnológico.

A produção da lã de rocha tem impacto na extração do material, devido aos processos de mineração, e na sua preparação, devido ao uso de maquinário pesado.

Avaliação: REGULAR

- *Utilização de Energia:*

O consumo de energia é mais intenso na fase inicial, sobretudo devido ao uso da lã de rocha. Nas demais etapas o consumo é mínimo, pois montagem e desmontagem podem ser feitas sem uso de maquinário pesado.

Avaliação: Obtenção de matéria-prima: REGULAR; Fabricação do produto: REGULAR; Aplicação do componente à edificação: BOM; Utilização / Reutilização do produto / edificação: BOM; Descarte / Reciclagem: BOM.

- *Utilização de Água:*

Não há grande consumo em nenhuma fase do ciclo de vida.

Avaliação: Obtenção de matéria-prima: BOM; Fabricação do produto: BOM; Aplicação do componente à edificação: BOM; Utilização / Reutilização do produto / edificação: BOM; Descarte / Reciclagem: BOM.

- *Emissão de Poluentes na Água:*

Pode ocorrer na fase de preparação da matéria-prima, onde há risco moderado. Nas outras etapas o risco é mínimo.

Avaliação: Obtenção de matéria-prima: REGULAR; Fabricação do produto: BOM; Aplicação do componente à edificação: BOM; Utilização / Reutilização do produto / edificação: BOM; Descarte / Reciclagem: BOM.

- *Emissão de Poluentes No Ar:*

Também pode ocorrer na etapa de preparação da matéria-prima, onde há risco moderado. Nas outras etapas o risco é mínimo.

Avaliação: Obtenção de matéria-prima: REGULAR; Fabricação do produto: REGULAR; Aplicação do componente à edificação: BOM; Utilização / Reutilização do produto / edificação: BOM; Descarte / Reciclagem: BOM.

- *Emissão de Poluentes No Solo:*

Risco mínimo em todas as etapas do ciclo de vida do produto.

Avaliação: Obtenção de matéria-prima: BOM; Fabricação do produto: BOM; Aplicação do componente à edificação: BOM; Utilização / Reutilização do produto / edificação: BOM; Descarte / Reciclagem: BOM.

- *Distribuição Geográfica do Produto:*

Não existem impedimentos físicos para a produção dos componentes em qualquer ponto do estado, o que pode diminuir a necessidade de transporte a longas distâncias. A boa relação peso/volume dos componentes também contribui para a redução das emissões relativas a este transporte.

Avaliação: BOM.

- *Montagem / Desmontagem do Produto:*

A montagem dos painéis é feita por meio de parafusos, permitindo a desmontagem sem uso de maquinário e a reutilização das peças. A junção dos painéis com outros componentes construtivos também é feita por aparafusamento, permitindo a total separação posterior.

Avaliação: BOM.

- *Durabilidade / necessidade de manutenção:*

Embora estes componentes tenham durabilidade inferior aos tradicionais, a sua manutenção é facilitada pelo método de montagem, podendo ser totalmente desmontados para dar acesso a sistemas embutidos ou para eventual substituição de componentes.

A necessidade de reaplicação periódica de acabamentos de proteção a intempéries e pragas pode levar a uma maior emissão de poluentes atmosféricos.

Avaliação: REGULAR.

- *Reciclabilidade / Reutilização:*

Todos os materiais utilizados são recicláveis, mas com alguma restrição ao número de ciclos de vida. A reutilização tende a ser mais freqüente, devido à facilidade de desmontagem, sem destruição dos componentes.

Avaliação: BOM.

- *Biodegradabilidade / Impacto ambiental da deposição:*

Embora o painel OSB seja constituído essencialmente de madeira, a presença de resinas torna a sua biodegradabilidade bem mais lenta, não sendo recomendável a sua deposição no meio ambiente.

A lã de rocha não é biodegradável, levando centenas de anos para se decompor. No entanto, apresenta baixo potencial de contaminação.

Avaliação: REGULAR.

QUADRO DE DESEMPENHO AMBIENTAL – Fechamentos em OSB e Lã de Rocha
--

ITEM / ETAPA DO CICLO DE VIDA	Obtenção da Matéria-Prima	Fabricação do Produto	Aplicação do componente à Edificação	Utilização Reutilização do Produto / Edificação	Descarte / Reciclagem do Produto e da Edificação
Matéria-prima de fonte renovável ou não-renovável					
Impacto ambiental da Extração da matéria-prima					
Utilização de energia					
Utilização de água					
Emissão de poluentes na água					
Emissão de poluentes no ar					
Emissão de poluentes no solo					

Distribuição geográfica do produto					
Montagem / Desmontagem do(s) produto(s)					
Durabilidade / Necessidade de manutenção					
Reciclabilidade / Reutilização					
Biodegradabilidade / Impacto ambiental da deposição					

LEGENDA:

	Bom
	Regular
	Ruim

Quadro 9: Q.D.A. – Painéis em OSB e lã de rocha. Fonte: quadro elaborado pelo autor.

Também aqui se pode perceber um desempenho ambiental satisfatório em todas as fases do ciclo de vida, em especial a fase de Utilização/Reutilização do produto, que é muito facilitada pelo método de montagem adotado. A substituição da matéria-prima lã de rocha por outra de origem vegetal pode melhorar o desempenho ambiental nas etapas inicial e final do ciclo de vida.

Sumário de Ciclo de Vida: Piso e Cobertura em Eucalipto.

- *Matéria-prima de fonte renovável ou não-renovável:*

Fonte renovável por definição, madeira de crescimento rápido e de cultura disseminada em todo o estado.

Avaliação: BOM

- *Impacto Ambiental da extração da matéria-prima:*

O impacto da extração é mínimo. Apenas cuidados na cultura do eucalipto devem ser tomados para evitar o esgotamento do solo, como o intercalamento com outras

culturas. Bolsões de vegetação nativa interligados também devem ser mantidos, para permitir a sobrevivência da fauna original.

Avaliação: BOM.

- *Utilização de Energia:*

Consumo moderado na fase de preparação da matéria-prima, pelo uso mais intenso de maquinário elétrico. Nas outras etapas, consumo mínimo.

Avaliação: Obtenção de matéria-prima: REGULAR; Fabricação do produto: REGULAR; Aplicação do componente à edificação: BOM; Utilização/Reutilização do produto/edificação: BOM; Descarte/Reciclagem: BOM.

- *Utilização de Água:*

Mais intensa no ciclo produtivo do eucalipto, mas dentro de um ciclo natural de lavoura. Mínima nas outras etapas.

Avaliação: Obtenção de matéria-prima: REGULAR; Fabricação do produto: BOM; Aplicação do componente à edificação: BOM; Utilização/Reutilização do produto/edificação: BOM; Descarte / Reciclagem: BOM.

- *Emissão de Poluentes na Água:*

Mínima em todas as fases do ciclo de vida.

Avaliação: Obtenção de matéria-prima: BOM; Fabricação do produto: BOM; Aplicação do componente à edificação: BOM; Utilização/Reutilização do produto/edificação: BOM; Descarte/Reciclagem: BOM.

- *Emissão de Poluentes No Ar:*

Pode ocorrer na etapa de preparação da matéria-prima, pelo uso de maquinário pesado e necessidades de transporte.

Avaliação: Obtenção de matéria-prima: REGULAR; Fabricação do produto: REGULAR; Aplicação do componente à edificação: BOM; Utilização/Reutilização do produto/edificação: BOM; Descarte / Reciclagem: BOM.

- *Emissão de Poluentes No Solo:*

Mínima em todas as fases do ciclo de vida.

Avaliação: Obtenção de matéria-prima: BOM; Fabricação do produto: BOM; Aplicação do componente à edificação: BOM; Utilização/Reutilização do produto/edificação: BOM; Descarte/Reciclagem: BOM.

- *Distribuição Geográfica do Produto:*

Devido à disseminação da cultura do eucalipto, não existem restrições para a produção das peças em qualquer parte do estado, diminuindo as necessidades de transporte. O peso elevado dos componentes poderia provocar o aumento das emissões relativas a este transporte.

Avaliação: BOM.

- *Montagem / Desmontagem do Produto:*

Toda a montagem é feita por pregos e parafusos, passível de desmontagem sem maiores dificuldades. Também a desmontagem das interações com outros componentes segue o mesmo padrão.

Avaliação: BOM.

- *Durabilidade / necessidade de manutenção:*

O produto tem durabilidade média, mas é a mesma de um piso de madeira usado em um sistema construtivo tradicional. Os acabamentos podem variar de ceras a sintecos, correspondendo a diferentes emissões atmosféricas.

A cobertura, montada pelo mesmo método, irá necessitar de aplicação bem mais freqüente de camadas de proteção a pragas e intempéries, aumentando também a emissão de substâncias voláteis e tóxicas.

Avaliação: REGULAR.

- *Reciclabilidade / Reutilização:*

O produto é totalmente reciclável, podendo ser também reutilizado em muitos casos, devido à facilidade de desmontagem.

Avaliação: BOM.

- *Biodegradabilidade / Impacto ambiental da deposição:*

O produto é 100% biodegradável, apresentando impacto mínimo na sua deposição no meio ambiente. Pode ser incinerado ou usado como combustível, em substituição a combustíveis fósseis.

Avaliação: BOM.

created with the
trial version of
PDF-Creator.net

QUADRO DE DESEMPENHO AMBIENTAL – Piso e Cobertura em Eucalipto

ITEM / ETAPA DO CICLO DE VIDA	Obtenção da Matéria-Prima	Fabricação do Produto	Aplicação do componente à Edificação	Utilização Reutilização do Produto / Edificação	Descarte / Reciclagem do Produto e da Edificação
Matéria-prima de fonte renovável ou não-renovável	Bom				Bom
Impacto ambiental da Extração da matéria-prima	Bom				
Utilização de energia	Regular	Regular	Bom	Bom	Bom
Utilização de água	Regular	Bom	Bom	Bom	Bom
Emissão de poluentes na água	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom
Emissão de poluentes no ar	Regular	Regular	Bom	Bom	Bom
Emissão de poluentes no solo	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom
Distribuição geográfica do produto		Bom	Bom		
Montagem / Desmontagem do(s) produto(s)				Bom	Bom
Durabilidade / Necessidade de manutenção				Regular	
Reciclabilidade / Reutilização					Bom
Biodegradabilidade / Impacto ambiental da deposição					Bom

LEGENDA:

	Bom
	Regular
	Ruim

Quadro 10: Q.D.A. – Piso e cobertura em Eucalipto. Fonte: quadro elaborado pelo autor.

Podemos perceber que este componente apresenta bom desempenho ambiental em todas as fases do ciclo de vida, tanto pela matéria-prima utilizada, quanto pelos métodos de junção de materiais e componentes propostos.

Como os sistemas hidráulicos e elétricos são os tradicionais, eles não serão avaliados. Mas vale ressaltar que o método de montagem proposto, onde esses sistemas são montados dentro dos painéis de fechamento, e podem ser facilmente acessados pela desmontagem destes painéis, torna fácil a separação desses componentes, para sua manutenção, reciclagem ou reutilização.

Assim, a geração de resíduos sólidos, devido à impossibilidade de separação dos componentes, que acontece no processo construtivo que classificamos como convencional, fica eliminada nesse sistema proposto.

Também neste caso é importante uma avaliação da edificação como um todo, para que aspectos de seu uso e dos ambientes gerados possam ser analisados:

Sumário de Ciclo de Vida: Habitação 2 – Sistema Construtivo Alternativo.

- *Matéria-prima de fonte renovável ou não-renovável:*

Percebe-se uma clara predominância de materiais de fonte renovável, além da possibilidade de reciclagem dos que são de fontes não renováveis.

Avaliação: BOM

- *Impacto Ambiental da extração da matéria-prima:*

Bastante minimizado, pois a maior parte dos materiais é de origem vegetal. Mas ainda existe em relação a materiais de fontes de mineração ou de extração impactante, como o petróleo usado para a produção do PVC.

Avaliação: BOM.

- *Utilização de Energia:*

É substancialmente inferior nas fases iniciais do ciclo de vida, em comparação com o sistema tradicional. No entanto, não existem equipamentos para a utilização de energias de fonte alternativa, como a solar. Também o projeto da edificação não privilegia a ventilação natural, fato que pode se agravar pelo tipo de cobertura proposto, que tem menor isolamento térmico.

Avaliação: Obtenção de matéria-prima: REGULAR; Fabricação do produto: BOM; Aplicação do componente à edificação: BOM; Utilização/Reutilização do produto / edificação: RUIM; Descarte / Reciclagem: BOM.

- *Utilização de Água:*

Como não é necessária para o processo construtivo, o consumo também é bem menor nesta fase. O desempenho poderia ser melhorado com a inclusão de sistemas de armazenamento de água pluvial, por exemplo.

Avaliação: Obtenção de matéria-prima: BOM; Fabricação do produto: BOM; Aplicação do componente à edificação: BOM; Utilização/Reutilização do produto/edificação: REGULAR; Descarte/Reciclagem: BOM.

- *Emissão de Poluentes na Água:*

Quase não ocorre em nenhuma das fases, tendo risco mínimo.

Avaliação: Obtenção de matéria-prima: REGULAR; Fabricação do produto: BOM; Aplicação do componente à edificação: BOM; Utilização/Reutilização do produto/edificação: BOM; Descarte/Reciclagem: BOM.

- *Emissão de Poluentes No Ar:*

Também é bastante reduzido em todas as fases, em relação ao sistema tradicional. Só é agravado pelo uso de maquinário pesado na preparação da matéria-prima e no transporte dos produtos.

Avaliação: Obtenção de matéria-prima: REGULAR; Fabricação do produto: REGULAR; Aplicação do componente à edificação: BOM; Utilização/Reutilização do produto/edificação: BOM; Descarte / Reciclagem: BOM.

- *Emissão de Poluentes No Solo:*

Mínima em todas as etapas do ciclo de vida.

Avaliação: Obtenção de matéria-prima: BOM; Fabricação do produto: BOM; Aplicação do componente à edificação: BOM; Utilização/Reutilização do produto/edificação: BOM; Descarte/Reciclagem: BOM.

- *Distribuição Geográfica do Produto:*

Todos os componentes utilizados podem ser encontrados com facilidade em qualquer parte do estado, sem a necessidade de encomendas que gerariam grandes deslocamentos.

Avaliação: BOM.

- *Montagem / Desmontagem do Produto:*

O sistema construtivo proposto possibilita a desmontagem total da edificação, facilitando a separação dos materiais e a reutilização de grande parte deles.

Avaliação: BOM.

- *Durabilidade / necessidade de manutenção:*

A edificação apresenta menor durabilidade do que a tradicional, e maior necessidade de reaplicação de acabamentos de proteção, principalmente na superfície externa. No entanto, a manutenção de sistemas internos é bastante facilitada pela possibilidade de desmontagem dos painéis de fechamento com acesso a todos os sistemas embutidos.

Avaliação: REGULAR.

- *Reciclabilidade / Reutilização:*

Todos os componentes usados na edificação podem ser reciclados ou reutilizados com facilidade, devido ao método construtivo que torna simples a sua separação, e à sua composição, que permite a sua reciclagem.

Avaliação: BOM.

- *Biodegradabilidade / Impacto ambiental da deposição:*

A maior parte dos componentes utilizados é feita de madeira, que é biodegradável e de baixo impacto na deposição no meio ambiente. Os componentes restantes apresentam impacto bem maior, não sendo recomendável a sua deposição, mas representam uma porcentagem pequena, no total de materiais utilizados.

Avaliação: BOM.

QUADRO DE DESEMPENHO AMBIENTAL – Habitação 2 – Sistema Construtivo Alternativo

ITEM / ETAPA DO CICLO DE VIDA	Obtenção da Matéria-Prima	Fabricação do Produto	Aplicação do componente à Edificação	Utilização / Reutilização do Produto / Edificação	Descarte / Reciclagem do Produto e da Edificação
Matéria-prima de fonte renovável ou não-renovável	Bom				
Impacto ambiental da Extração da matéria-prima	Bom				
Utilização de energia	Regular	Bom	Bom	Ruim	Bom
Utilização de água	Bom	Bom	Bom	Regular	Bom
Emissão de poluentes na água	Regular	Bom	Bom	Bom	Bom
Emissão de poluentes no ar	Regular	Regular	Bom	Bom	Bom
Emissão de poluentes no solo	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom
Distribuição geográfica do produto		Bom	Bom		
Montagem / Desmontagem do(s) produto(s)				Bom	Bom
Durabilidade / Necessidade de manutenção				Regular	
Reciclabilidade / Reutilização					Bom
Biodegradabilidade / Impacto ambiental da deposição					Bom

LEGENDA:

	Bom
	Regular
	Ruim

Quadro 11: Q.D.A. – Habitação alternativa. Fonte: quadro elaborado pelo autor.

Podemos perceber um desempenho ambiental bastante satisfatório em todas as fases, com possibilidade de melhoras na fase de utilização/reutilização da edificação, com a inclusão de equipamentos de armazenamento e uso de fontes alternativas de água e energia.

A comparação entre as duas habitações avaliadas mostra evidentes vantagens ambientais para a segunda, o que pode se explicar principalmente pela utilização massiva de componentes de madeira, fonte renovável, e pelo método construtivo proposto, que permite a desmontagem de todos os componentes com facilidade e sem necessidade de nenhum maquinário de grande porte.

A disponibilização destas avaliações efetuadas, em um banco de dados público e passível de contribuição voluntária e livre, pode dar subsídios a elaboração de novas avaliações, além de fornecer dados importantes sobre os componentes, sistemas construtivos e tipologias de edificações avaliados.

É importante ressaltar que a utilização da metodologia de avaliação ambiental proposta nos dois exemplos de habitação escolhidos tem a finalidade de proporcionar um panorama inicial do desempenho ambiental dos componentes construtivos utilizados e das edificações em si. A inclusão deste panorama no sistema IDA tem o objetivo de criar um ambiente de conscientização ambiental dos personagens envolvidos no processo da construção da edificação, além de permitir e incentivar a discussão das informações acerca do ciclo de vida desses componentes, levando ao contínuo refinamento das avaliações ambientais elaboradas.

Capítulo 7

CONCLUSÕES.

O impacto das atividades humanas tem se tornado uma preocupação crescente em toda a sociedade nas últimas décadas. O conceito de ecologia evoluiu, deixando de ser relacionado ao de uma sociedade “alternativa”, com referência ao movimento *hippie* da década de sessenta. Após uma fase de ativismo militante, caracterizado pela defesa da natureza intocada, que dominou o discurso ecológico no início da década de oitenta, tendo como exemplos extremos as atividades de campo da organização não-governamental *Greenpeace*, tentando impedir a caça de baleias com pequenos barcos infláveis e se acorrentando a árvores para que não fossem derrubadas, o movimento ecológico alcançou um novo estágio de relação com as atividades humanas a partir da década de noventa, quando encontros de participação mundial, como a conferência sobre desenvolvimento e meio ambiente ECO92, lançaram e divulgaram o conceito de desenvolvimento sustentável:

“Desenvolvimento Sustentável é aquele que atende às necessidades presentes sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atender suas próprias necessidades”.

(Comissão Brundtland, 1987, ECO92, 1992).

Sob a ótica do conceito de desenvolvimento sustentável foram se desenvolvendo teorias, técnicas e metodologias que permitissem às atividades humanas, principalmente as atividades ligadas à produção industrial, reconhecidamente a mais impactante sobre o meio ambiente, o estabelecimento de uma situação de gerenciamento dos recursos naturais utilizados e das emissões conseqüentes do processo fabril, que possibilitasse a existência da atividade industrial sem prejuízo ao meio ambiente.

Dentro dessa nova ótica de desenvolvimento industrial sustentável, a indústria da construção civil ocupa um lugar de destaque, em virtude do imenso volume de recursos naturais e energéticos que utiliza, e em função de existir literalmente em todo o mundo, embora com diferentes tecnologias e níveis de impacto sobre o meio ambiente.

Estudos anteriores já comprovaram que grande parte da madeira, minerais, água e energia consumida em todo o mundo são utilizadas pelos produtos da construção civil.

Além disto, as técnicas atuais de fabricação dos produtos deste segmento industrial, principalmente as tradicionalmente usadas no Brasil, provocam a geração de uma quantidade imensa de resíduos sólidos, que não é adequadamente reintegrada ao meio ambiente, tornando-se uma fonte de contaminação e um problema de proporções cada vez maiores. É impressionante o dado do SINDUSCON-MG de que são geradas diariamente, apenas na cidade de Belo Horizonte, 3.000 toneladas de entulho de obra, com uma mínima parte disto sendo reciclada. Esse quadro ainda tende a se agravar mais com a tendência que se percebe no mercado da construção civil de diminuição do tempo de vida médio das edificações, fato que se deve tanto pela possibilidade de aumento dos lucros das empresas envolvidas no processo, quanto pela freqüente impossibilidade de flexibilização e adaptação do espaço edificado a novas demandas de ocupação, levando a sua demolição parcial ou total.

Diante desse quadro, novas estratégias de controle do processo produtivo foram propostas. Percebeu-se claramente a necessidade de uma compreensão mais ampla dos impactos ambientais relacionados a este processo, e que esses impactos deveriam ser avaliados não apenas durante o processo de fabricação do produto, mas em todas as fases da “vida” desse produto. Essa vida, que antes se definia pelo período que ia da obtenção da matéria-prima até o descarte final do produto, se transformou, com as novas estratégias propostas, em um ciclo de vida fechado, onde todos os recursos utilizados devem ser reaproveitados no final, num ciclo de vida inicialmente denominado Rede de Interação Ecológica.

Esse conceito também se aplica à indústria da construção civil. Embora o ciclo de vida dos produtos relacionados a essa indústria seja ligeiramente diferenciado, englobando duas fases de fabricação – a do componente construtivo e a da edificação em si - ele também se aplica a ambos os produtos, componente construtivo e edificação, mostrando a existência de diversos impactos ambientais em cada uma de suas fases.

A questão do impacto ambiental relacionado à construção civil não é ignorada pelos órgãos de controle desse mercado no país. Estudos de Impacto Ambiental (EIA) e Relatórios de Impacto sobre o Meio Ambiente (RIMA) já são exigidos há muitos anos para aqueles empreendimentos considerados de grande potencial de impacto. No entanto, estes estudo e relatórios têm o foco nas fases de construção e utilização da edificação, tendo pouca ou quase nenhuma preocupação com as outras fases do seu ciclo de vida. Além disto, só são exigidos e, por conseguinte, só são elaborados para empreendimentos de grande porte, salvo raras exceções. Assim, o somatório dos impactos causados pelos milhares de empreendimentos médios e pequenos, que

supera em muito aquele causado apenas pelos de grande porte, permanece não estudado e não alterado.

O governo brasileiro também lançou e incentiva a adoção do PBQP-H, *Programa Brasileiro de Qualidade na Produção do Habitat*, que se caracteriza pela adoção de procedimentos de qualidade relativos à produção habitacional, culminando com a certificação da empresa. Esse certificado tem sido cada vez mais exigido em certos planos de incentivo à produção habitacional através da liberação de recursos específicos por órgãos como a Caixa Econômica Federal e o Banco Internacional de Desenvolvimento. No entanto, por mais importante que seja a questão ambiental, ela é muito pouco abordada nesses procedimentos de qualidade adotados pelo PBQP-H, resumindo-se apenas ao gerenciamento dos resíduos sólidos gerados na fase de construção da habitação.

Outra tendência do setor da construção civil é a adoção da norma internacional ISO14000 – *International Standard Organization*, que se refere ao gerenciamento ambiental de suas atividades. Esta adoção é alavancada por exigências do mercado internacional e também pelo diferencial de marketing que pode oferecer, num universo de consumidores que aos poucos vão se tornando mais sensíveis a esta questão. A própria norma já traz em seu escopo, especificamente na seção ISO14040, a estratégia mais adequada para a avaliação de todo o impacto ambiental relacionado a um produto, que é a Avaliação do Ciclo de Vida deste produto, denominada internacionalmente ACV.

No entanto, a norma ISO14000, talvez por ter fins lucrativos, não estabelece critérios rígidos de controle dos impactos ambientais relacionados aos produtos e seus ciclos de vida, deixando muitos parâmetros fundamentais em aberto, passíveis de serem definidos pela própria empresa produtora. Esta estratégia dá margem a iniciativas pouco lícitas de não gerenciamento dos impactos existentes, seja pela simples declaração de que serão terceirizados, seja pelo estabelecimento de limites de emissões ou de gerenciamento de recursos compatíveis com a tecnologia disponível na empresa, mas não com o meio ambiente.

Dessa maneira, a estratégia mais adequada para a avaliação de todo o impacto ambiental relacionado ao ciclo de vida de uma edificação é a utilização de uma metodologia baseada em ACV desenvolvida com bases científicas, que estabeleça critérios e parâmetros isentos e possíveis de serem aplicados por diferentes empresas e profissionais relacionados à construção civil e em qualquer tipo de edificação.

Diversas metodologias de avaliação ambiental de edificações baseadas em ACV foram desenvolvidas nos últimos anos. A pioneira foi a BREEAM, (*Building Research Establishment Environmental Assessment Method*), desenvolvida na Inglaterra e já utilizada para a avaliação de mais de 30% das edificações comerciais recentes do país. Esta metodologia se caracteriza pela certificação da edificação, à qual é outorgada uma nota, que varia de *Certificada* a *Excelente*, dependendo do desempenho em cada critério avaliado, dentro de uma estrutura de avaliação pré-estabelecida.

A mesma estrutura básica e os mesmos objetivos de certificação da edificação caracterizam a metodologia *LEED – Leadership in Energy and Environmental Design*, desenvolvida pelo *USGBC – United States Green Building Council*, órgão do governo dos Estados Unidos. Essa metodologia, através de uma série de critérios e eco-indicadores estabelecidos, promove uma avaliação do desempenho ambiental da edificação em todas as fases do seu ciclo de vida, mas dá maior ênfase na etapa de utilização da edificação. Também aqui é outorgado um certificado, chamado *Green Building*, à edificação, variando de *Certificado* a *Platina*, de acordo com o número de pontos obtido na avaliação.

Outra metodologia estudada é chamada de *S.P.e.A.R. - Sustainable Project Appraisal Routine*. Essa metodologia foi desenvolvida pela empresa *Arup Development Company*, e é aplicada comercialmente em diversos países em todo o mundo, em serviços de consultoria. Apesar de se tratar de uma metodologia comercial, apresenta vantagens bastante interessantes, sobretudo na apresentação gráfica das informações avaliadas, facilitando em muito a leitura do desempenho global da edificação, em cada um dos quatro focos da avaliação: meio ambiente, recursos naturais, aspectos sociais, aspectos econômicos.

A metodologia *GBC – Green Building Challenge*, desenvolvida como resultado de um esforço de pesquisadores de vários países sob o patrocínio inicial do governo canadense, busca a criação de um protocolo de avaliação ambiental de edificações com base de dados comum, mas capaz de respeitar as questões locais que influenciam esta avaliação. Essa metodologia não tem o objetivo de certificar a edificação, mas sim o de avaliá-la ambientalmente em todas as etapas do seu ciclo de vida. Entre seus diferenciais podemos destacar a avaliação do desempenho de equipamentos de economia, gerenciamento e utilização de fontes alternativas de energia, água e materiais, enquanto nas outras a presença destes equipamentos já pressupõe a sua eficiência. A metodologia GBC também procura estabelecer um sistema de ponderação dos eco-indicadores avaliados específicos para cada caso.

Esse sistema é estabelecido pela equipe multidisciplinar que elabora a avaliação ambiental da edificação.

A metodologia *DFE – Design for the Environment*, baseia-se em uma estrutura diferente das outras estudadas. Ela estuda os fluxos de materiais e energia em cada fase do ciclo de vida, buscando a sua otimização, com a conseqüente redução dos impactos ambientais relativos a este fluxo, em todo o ciclo. Para alcançar este objetivo, a metodologia faz o uso de *chek-lists* elaborados para cada fase do ciclo de vida do produto. Estes *chek-lists* são a base de todo o trabalho: a resposta a cada item possibilita o levantamento dos dados que são analisados para que se possa estabelecer uma série de ações a serem implementadas em resposta a cada questão do *check-list* considerada de baixo desempenho ambiental. Embora não seja uma metodologia específica para a avaliação ambiental de edificações, como o são LEED, BREEAM e GBC, a metodologia DFE traz uma ótica de trabalho bastante objetiva, que se encaixa parcialmente nos objetivos propostos para esta pesquisa, principalmente o de maior agilidade na avaliação ambiental, possibilitando a sua integração mais efetiva no processo de desenvolvimento de projetos arquitetônicos, como ele ocorre tradicionalmente no Brasil, além da divulgação e discussão das questões ambientais em um ambiente interativo.

O estudo destas cinco metodologias de avaliação ambiental, três específicas para a avaliação de edificações – *BREEAM*, *LEED* e *GBC* - e duas de aplicação genérica a qualquer categoria de produto – *SPeAR* e *DFE*, possibilitou a constatação de que, em todos os casos, a sua aplicação não é adequada ao processo convencional de desenvolvimento de projetos arquitetônicos no Brasil, pois todas exigem a formação de equipes multidisciplinares e o levantamento de uma série de dados quantitativos para que possam ser minimamente aplicadas. Embora seja inegável a eficiência das metodologias baseadas em ACV para o conhecimento dos impactos ambientais relativos a todo o ciclo de vida de um produto, e a implementação de melhorias em cada uma das fases deste ciclo, a utilização destas metodologias implica necessariamente em uma interrupção do processo de desenvolvimento do projeto, para que as decisões projetuais até então tomadas sejam avaliadas e, em cada caso, repensadas e/ou substituídas. Nesse sentido, a proposição de uma metodologia simplificada mais qualitativa, que seja capaz de orientar o arquiteto – ou o usuário da edificação – acerca do comportamento ambiental geral de determinado componente construtivo, processo construtivo, ou mesmo da edificação como um todo, pode suprir essa lacuna, integrando-se perfeitamente nesse processo de desenvolvimento do projeto como ele ocorre, sem significar uma interrupção ou atraso no mesmo.

Dessa maneira, a metodologia proposta para a avaliação ambiental baseou-se em conhecimentos acerca dos processos gerais de trabalho com cada tipo de material ou componente, em cada fase do seu ciclo de vida, sem se ater aos valores numéricos acerca destas fases, como emissões de poluentes ou quantidade de energia gasta. Estes dados foram avaliados qualitativamente, em termos de *BOM*, *REGULAR* ou *RUIM*, de acordo com sua relevância dentro de todo o ciclo de vida daquele componente construtivo ou produto. A partir destes conhecimentos gerais acerca dos processos de fabricação, modos de uso e possibilidades de descarte de cada tipo de componente construtivo, foi elaborado um *Check-list* geral sobre cada uma das fases de seu ciclo de vida. A reunião das respostas a cada item deste *check-list* gera um documento que se caracteriza com um **Sumário do Ciclo de Vida** do produto, no que tange aos seus aspectos ambientais. Este sumário já possibilita uma leitura bastante interessante das principais questões que devem ser levadas em conta na relação do produto avaliado com o meio ambiente. Ele já se constitui num documento que fornece informações bastante úteis sobre os impactos ambientais em todo o ciclo de vida do produto. No entanto, a visualização dessas informações, distribuídas ao longo das fases do ciclo de vida, não é facilitada pela forma de texto corrido do Sumário que resulta da aplicação do *check-list*.

Assim, a transformação do Sumário de Ciclo de Vida em um **Quadro de Desempenho Ambiental**, onde as informações do sumário do ciclo de vida são transformadas em uma escala de cores, distribuída para cada item do *check-list* nas fases do ciclo em que ele se aplica, possibilita uma leitura muito mais imediata do desempenho ambiental global daquele produto, tanto por parte de arquitetos e outros participantes do processo de desenvolvimento do projeto da edificação, quanto por parte dos usuários desta edificação, interessados em modificá-la para que melhor se adapte ao seu uso, ou em seu descarte final.

Resumindo todas as informações do sumário do ciclo de vida em uma única tabela, o Quadro de Desempenho Ambiental também se torna um documento importante que pode ser compartilhado e constantemente revisto e atualizado, principalmente através de um mecanismo de contribuição livre e voluntária, como o sistema IDA, em desenvolvimento na Escola de Arquitetura da UFMG. Nesse sistema, o Quadro de Desempenho Ambiental será apresentado e manipulado em um Software de edição de planilhas, como, por exemplo, Microsoft Excel. Assim, os campos coloridos da planilha tornam-se ativos, mostrando os comentários elaborados no Sumário do Ciclo de Vida sobre cada item do *Check-list*, relativo a cada fase do ciclo de vida do componente. Deste modo, o usuário tem acesso, ao mesmo tempo, a todas as informações do

Sumário do Ciclo de Vida, enquanto visualiza todo o desempenho ambiental do componente ou sistema analisado, apresentado pelo Quadro de Desempenho Ambiental.

A inclusão desses documentos, o Sumário do Ciclo de Vida e o Quadro de Desempenho Ambiental, no conjunto de informações que o sistema IDA disponibiliza acerca de cada componente construtivo pode orientar a escolha do usuário do sistema acerca do comportamento ambiental destes componentes, permitindo que ele faça comparações entre diversos componentes e processos construtivos, podendo optar por aquele que, além de ser o mais adequado às suas necessidades, seja também o de melhor desempenho ambiental, contribuindo para uma relação mais benéfica com o meio ambiente. Além disto, essa inclusão irá formar um banco de dados sempre em crescimento e constante revisão, fornecendo informações de desempenho ambiental sobre todos os componentes disponibilizados pelo sistema. Seguindo a lógica e a estrutura de desenvolvimento do Sistema IDA, essas informações de caráter ambiental também serão de caráter totalmente interativo, podendo ser discutidas e revisadas pelos usuários a qualquer momento.

O papel de tornar-se um ambiente para a discussão e aprimoramento contínuo das informações acerca do desempenho ambiental dos componentes construtivos, mostra-se tão importante quanto aquele inicialmente proposto, de possibilitar uma primeira avaliação ambiental do ciclo de vida destes componentes, facilitando a sua escolha durante o processo de desenvolvimento do projeto. Esse fórum de discussão das questões ambientais, proporcionado pelo sistema IDA, será de grande importância para o refinamento das informações disponíveis, através da contribuição voluntária dos seus participantes, sejam eles fabricantes dos produtos em discussão, arquitetos e outros participantes do desenvolvimento de projetos, ou usuários que experimentaram novas possibilidades de utilização e/ou reciclagem daquele componente construtivo. Assim, podemos perceber que a contínua reutilização da metodologia proposta levará também a um contínuo aprimoramento das informações ambientais acerca do desempenho ambiental de cada componente construtivo, processo construtivo, ou mesmo edificação como um todo.

O teste de simulação da aplicação da metodologia proposta também mostrou que ela pode ser de grande utilidade no cotidiano de desenvolvimento de projetos, permitindo que a avaliação ambiental ocorra de maneira integrada ao desenvolvimento do projeto, sem interrompê-lo e sem necessitar de um grande número de dados numéricos, muitas vezes impossíveis de se obter no âmbito de um escritório de arquitetura. Também foi possível perceber a utilidade da metodologia proposta para a comparação

de componentes construtivos e processos construtivos diversos, como os dois escolhidos nas habitações-exemplo. A escolha de duas habitações com a mesma planta básica, mas com um repertório de componentes e processos construtivos tão diferente, foi feita com a intenção de ilustrar esta comparação, e o resultado, que mostra claramente um desempenho ambiental bastante superior da habitação 2, desenvolvida a partir de uma proposição de processo construtivo alternativo ao convencional, já era esperado, justamente pela maior adequação desse processo construtivo alternativo proposto à filosofia de ciclo de vida da edificação dentro de uma rede de interação ecológica, onde todos os recursos materiais utilizados são – de alguma maneira – reaproveitados, não se transformando em resíduos que potencialmente gerariam impactos sobre o meio ambiente.

Os pontos considerados regulares ou negativos, em cada avaliação elaborada, podem ser revistos e repensados, a partir da disponibilização destas avaliações no sistema IDA, quando novas informações acerca de cada item da avaliação ambiental poderão ser acrescentadas em tempo real.

Esperamos, assim, que a disseminação da metodologia de avaliação ambiental proposta, através do sistema IDA, não apenas possibilite a comparação rápida do desempenho ambiental de componentes e processos construtivos análogos, como também propicie um fórum de discussão e contínuo aprimoramento das informações disponíveis acerca das características ambientais relacionadas ao ciclo de vida desses produtos, e das próprias edificações que eles constituem, levando a uma relação mais positiva entre o ciclo de vida dessas edificações e o do ecossistema planetário em que vivemos.

7.1 Perspectivas para futuros estudos

Embora de grande importância para o campo da construção civil, em especial o de desenvolvimento de projetos arquitetônicos, a questão do impacto ambiental relacionado à atividade da arquitetura ainda é muito pouco estudada no Brasil. Assim, abrem-se inúmeras possibilidades de continuidade e aprofundamento desta pesquisa, que se coloca como um passo inicial neste sentido, por entender que o processo decisório de escolha de processos, sistemas e componentes construtivos, durante o desenvolvimento de projetos arquitetônicos, tem imensa responsabilidade sobre o impacto ambiental que essas edificações irão gerar em todo o seu ciclo de vida.

Deste modo, vemos, como perspectivas para futuros estudos, questões como:

- Avaliação do impacto ambiental relacionado a diferentes processos de autoconstrução;
- Elaboração de banco de dados de desempenho ambiental de componentes construtivos;
- Comparação do impacto ambiental em processos de projeto que incorporam flexibilização;
- Comparação do impacto ambiental entre projetos elaborados com a utilização da metodologia proposta e projetos convencionais.

Muitas outras perspectivas se descortinam, pela grande pertinência do assunto em relação ao momento em que a sociedade se encontra. Esperamos que este estudo seja seguido por outros tantos, no sentido de uma relação equilibrada entre o ser humano e o meio ambiente.

REFERÊNCIAS

ALLENBY, Braden R. *Industrial Ecology: policy framework and implementation*. New Jersey: Prentice-Hall, 1999.

AGENDA 21. Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, 1992.

ATKINSON, Carol *et al.* *Life cycle embodied energy and carbon dioxide emissions in buildings*. *Industry and Environment Magazine*, Florida, v. 19, n. 2, p. 29-32, Apr./Jun. 1996.

BAXTER, M. *Projeto de Produto – guia prático para o desenvolvimento de novos produtos*. São Paulo: Edgard Blucher, 1998.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável e da Agenda 21 Nacional. In *Agenda 21 Brasileira – Bases para discussão*. Brasília, 2000.

BOGUSKI, T.K. *et al.* *LCA Methodology. Environmental life-cycle assessment*. New York: Mc Graw- Hill, 1996.

CARVALHO, A. B. M. *Normas de Gestão Ambiental. Gerenciamento Ambiental*, São Paulo, v. 3, n. 35, p. 42-62, abr. 1995.

CARVALHO, Juliana. *Análise de ciclo de vida Ambiental aplicada a construção civil – estudo de caso: comparação entre cimentos Portland com adição de resíduos*. Apres. Em 2002, 126 fls, Engenharia Civil – Gestão da Construção, Universidade federal de São Carlos, São Paulo: def. em 2002.

CIAMBRONE, D. F. *Environmental life cycle analysis*. New York: CRC Press LLC, 1997.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. N-7 001. *Resolução CONAMA Nº 001*. 23 de Janeiro de 1986. Publicado no D.O.U. de 17/02/86.

COLE, R.J.; LARSSON, N. *Green Building Challenge: lessons learned form GBC98 and GBC2000*. In: Sustainable Buildings, 2000, Maastricht. Proceedings... Maastricht: NOVEM; CIB; GBC, 2000. p. 213-215.

COLE, Raymond J. *Emerging trends in building environmental assessment methods*. Building Research & Information, Washington, v. 26, n. 1, p. 3-16, Jan./Feb. 1998.

DIMSON, Barry. *Principles and Challenges of sustainable design and construction*. Industry and Environment Magazine, Boston, v. 19, n. 2, p. 42-58, Apr./Jun. 1996.

DOGGART, J.; BALDWIN, R. *BREEAM International: regional similarities and differences of an international strategy for environment assessment of buildings*. In: INTERNATIONAL CONFERENCE BUILDINGS AND THE ENVIRONMENT, 2., 1997, Paris. Proceedings... Paris: CIB Task Group 8; Environmental Assessment of Buildings, 1997. p. 83-90.

ESTADOS UNIDOS. Agência de Proteção Ambiental – EPA. *Integrated environmental management systems: implementation guide*. Washington, 2000.

FRANÇA, Júnia Lessa, VASCONCELOS, Ana Cristina. *Manual para normalização de publicações técnico-científicas*. Belo Horizonte, Ed. UFMG, 2004.

FIGUEIREDO, Paulo Jorge Moraes. *A sociedade do lixo – os resíduos, a questão energética e a crise ambiental*. Piracicaba, Unimep, 1995.

FOUST, Thomas D. *Future perspective: environmental life-cycle assessment*. Florida Mc Graw- Hill, 1996.

HODGE, R. Anthony; HARDI, Peter; BELL, David. *Seeing change through the lens of sustainability*. The International Institute for Sustainable Development. Costa Rica, 1999.

HUANG, Ellen A.; HUNKELLER, David J. *Using lifecycle asesment in large corporantions: a survey of current practices*. In: HUNKELLER, David J. Moving Ahead with ISO 14000. New York: Mc Graw- Hill, 1997. p. 239-251.

INDUSTRY AND ENVIRONMENT. *Construction and the environment: facts and figures*. vol. 19. nº 2. France. April- June. 1996.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MEIO AMBIENTE – IBAMA. *Recursos hídricos*. Disponível em: <www.ibama.gov.br>. Acesso em: 04 fev. 2005.

JOHN, V. M. *A construção, o meio ambiente e a reciclagem: reciclar para construir*. Disponível em: <www.reciclagem.pcc.usp.br>. Acesso em: 29 abr. 2005.

KEOLEIAN, Gregory A.; MENEREY, Dan. *Sustainable development by design: review of life cycle design and related approaches*. *Air & Waste*, Washington, v. 44, n. 3, p. 645 – 668, maio 1994.

KNIGHT, Alan. *International Standards for Environmental Management: the work of ISO/TC 207*. *Industry and Environment*, Boston, v. 17, n. 3, p. 30-38, Jul./Sep. 1996.

KORTMAN, Jaap *et al.* *Eco: quantum development of LCA based tools for buildings*. In: DEUXIÈME CONFÉRENCE INTERNATIONALE BÂTIMENT ET ENVIRONNEMENT, 10, 1997, Paris. Anais: Deuxième Conférence Internationale Bâtiment et Environnement. Paris: MacGraw-Hill, 1997. P. 125-148.

LARSSON, Nils. *Public/ private strategies for moving towards green building practices*. *Industry and Environment*, New York, v. 19, n. 2, p. 23-25, Apr./Jun. 1996.

LIPPIATT, Barbara C. *Building for environment and economic sustainability technical manual and user guide*. National Institute Standards and Technology. Department of commerce technology administration. Ohio, 1998.

MACKENZIE, Dorothy. *Green Design*. New York: Rizzoli International Publications, 1994.

MEADOWS, Donella. *Indicators and information systems for sustainable development: a report to the Balaton Group*. Canadá: The Sustainability Institute, 1998.

NATIONAL AUDUBON SOCIETY. *Audubon House: building the environmentally responsible, energy efficient office*. John Wiley Inc. Nova York, 1994.

NBR ISO 14000: *Gestão Ambiental – normas gerais*. São Paulo, Saraiva, 2002.

NBR ISO 14040: *Gestão Ambiental: avaliação do impacto ambiental – princípios e aplicações*. São Paulo, Saraiva, 2002.

ORNSTEIN, Sheila Walbe. *Desempenho do ambiente construído, interdisciplinaridade e arquitetura*. São Paulo, FAUUSP, 1995.

PIETERS, Guus. *The construction industry and the environment in Europe*. *Industry and Environment*, Londres, v. 19, n. 2, p. 25-30, Apr./Jun. 1996.

SILVA, V.G. *Avaliação do desempenho ambiental de edifícios*. Revista Qualidade na Construção, São Paulo, n. 25, p. 14-22, 2000.

SILVA, V. G., SILVA, M. G., AGOPYAN, V. *Avaliação de edifícios no Brasil: da avaliação ambiental para avaliação de sustentabilidade*. Revista Ambiente Construído, Porto Alegre, n. 3, p. 7-18, 2003.

SILVA, V.G.; SILVA, M.G.; JOHN, V.M.; AGOPYAN, V. Environmental Assessment of buildings: towards an appropriate to Brazillian environmental Agenda, In: SUSTAINABLE BUILDING 2002, Oslo. Proceedings... Oslo: iiSBE; CIB; Biggforsk, 2002.

SISTEMA IDA. *Manual de utilização*. Belo Horizonte, Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais, não publicado.

SOCIETY OF ENVIRONMENTAL TOXICOLOGY AND CHEMISTRY – SETAC. *Life-cycle assessment data quality: a conceptual framework*. Florida, 1994.

SOCIETY OF ENVIRONMENTAL TOXICOLOGY AND CHEMISTRY – SETAC. *A conceptual framework for life-cycle impact assessment*. Florida, 1993.

SOUZA, Paulo Fernandes de Almeida. *Design orientado ao ambiente: uma questão de prioridade*. Brasília, UNB, 2002.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – EPA. *Development of pollution prevention factors methodology based on life-cycle assessment: lithografic printing case study*. Ohio, 1994.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – EPA. *Life-cycle assessment: inventory guidelines and principles*. Ohio, 1993.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY USA – EPA. *Environmental FACT sheet: management standards proposed for cement Kiln Dust Waste*. Ohio, 1999.

U.S. GREEN BUILDING COUNCIL. *LEED (Leadership in Energy and Environmental Design): Environmental Building Rating System Criteria*. San Francisco: USGBC, April 1996.

WALZ, R. *et al.* *Life-cycle-analysis: a methodology to analyse ecological consequences within a technology assessment study*. IJTM. (Special Publication on Technology Assessment). Inderscience Enterprises. Londres, 1996.

www.epe.be – European Partners for the Environment – acesso em 10/03/2006.

www.institutodopvc.org – Instituto do PVC – acesso em 15/06/2006

www.sinduscon-mg.org.br – Sindicato da Indústria da Construção de Minas Gerais – acesso em 10/02/2006.

www.sustainable-development.gov.uk – site do departamento de desenvolvimento sustentável do governo britânico – acesso em 25/01/2006.

created with the
trial version of
PDF-Creator.net

ANEXO A

Exemplo de Formulário de Avaliação LEED



LEED-CI

LEED-CI Version 2.0 Registered Project Checklist

Project Name:

Project Address:

Yes ? No

		Possible Points	7
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Sustainable Sites	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 1 Site Selection - Select a LEED Certified Building - OR - Locate the tenant space in a building with following characteristics (up to 3 points):	3
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Option 1A Brownfield Redevelopment	1/2
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Option 1B Stormwater Management: Rate and Quantity	1/2
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Option 1C Stormwater Management: Treatment	1/2
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Option 1D Heat Island Reduction, Non-Roof	1/2
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Option 1E Heat-Island Reduction, Roof	1/2
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Option 1F Light Pollution Reduction	1/2
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Option 1G Water Efficient Irrigation: Reduce by 50%	1/2
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Option 1H Water Efficient Irrigation: No Potable Use or No Irrigation	1/2
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Option 1I Innovative Wastewater Technologies	1/2
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Option 1J Water Use Reduction: 20% Reduction	1/2
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Option 1K Onsite Renewable Energy	1/2 to 1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Option 1L Other Quantifiable Environmental Performance	1/2 to 3
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 2 Development Density and Community Connectivity	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 3.1 Alternative Transportation, Public Transportation Access	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 3.2 Alternative Transportation, Bicycle Storage & Changing Rooms	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 3.3 Alternative Transportation, Parking Availability	1

Yes ? No

		Possible Points	2
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Water Efficiency	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 1.1 Water Use Reduction - 20% Reduction	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 1.2 Water Use Reduction - 30% Reduction	1

Yes ? No

		Possible Points	12
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Energy & Atmosphere	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Prereq 1 Fundamental Commissioning	Required
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Prereq 2 Minimum Energy Performance	Required
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Prereq 3 CFC Reduction in HVAC&R Equipment	Required
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 1.1 Optimize Energy Performance - Lighting Power	3
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 1.2 Optimize Energy Performance - Lighting Controls	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 1.3 Optimize Energy Performance - HVAC	2
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 1.4 Optimize Energy Performance - Equipment and Appliances	2
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 2 Enhanced Commissioning	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 3 Energy Use, Measurement & Payment Accountability	2
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 4 Green Power	1

created with the
trial version of
PDF-Creator.net

Yes	?	No			Possible Points	14
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Materials & Resources			
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Prereq 1	Storage and Collection of Recyclables	Required	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 1.1	Tenant Space, Long Term Commitment		1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 1.2	Building Reuse, Maintain 40% of Interior Non-Structural Components		1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 1.3	Building Reuse, Maintain 60% of Interior Non-Structural Components		1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 2.1	Construction Waste Management, Divert 50% From Landfill		1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 2.2	Construction Waste Management, Divert 75% From Landfill		1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 3.1	Resource Reuse, 5%		1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 3.2	Resource Reuse, 10%		1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 3.3	Resource Reuse, 30% Furniture and Furnishings		1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 4.1	Recycled Content, 10% (post-consumer + 1/2 pre-consumer)		1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 4.2	Recycled Content, 20% (post-consumer + 1/2 pre-consumer)		1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 5.1	Regional Materials, 20% Manufactured Regionally		1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 5.2	Regional Materials, 10% Extracted and Manufactured Regionally		1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 6	Rapidly Renewable Materials		1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 7	Certified Wood		1

Yes	?	No			Possible Points	17
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Indoor Environmental Quality			
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Prereq 1	Minimum IAQ Performance	Required	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Prereq 2	Environmental Tobacco Smoke (ETS) Control	Required	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 1	Outside Air Delivery Monitoring		1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 2	Increased Ventilation		1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 3.1	Construction IAQ Management Plan, During Construction		1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 3.2	Construction IAQ Management Plan, Before Occupancy		1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 4.1	Low-Emitting Materials, Adhesives and Sealants		1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 4.2	Low-Emitting Materials, Paints and Coatings		1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 4.3	Low-Emitting Materials, Carpet Systems		1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 4.4	Low-Emitting Materials, Composite Wood and Laminate Adhesives		1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 4.5	Low-Emitting Materials, Systems Furniture and Seating		1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 5	Indoor Chemical and Pollutant Source Control		1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 6.1	Controllability of Systems, Lighting		1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 6.2	Controllability of Systems, Temperature and Ventilation		1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 7.1	Thermal Comfort - Compliance		1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 7.2	Thermal Comfort - Monitoring		1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 8.1	Daylight & Views - Daylight 75% of Spaces		1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 8.2	Daylight & Views - Daylight 90% of Spaces		1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 8.3	Daylight & Views - Views for 90% of Seated Spaces		1

Yes	?	No			Possible Points	5
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Innovation & Design Process			
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 1.1	Innovation in Design		1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 1.2	Innovation in Design		1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 1.3	Innovation in Design		1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 1.4	Innovation in Design		1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 2	LEED™ Accredited Professional		1

Yes	?	No			Possible Points	57
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Totals (pre-certification estimates)			
Certified 21 to 26 points Silver 27 to 31 points Gold 32 to 41 points Platinum 42 to 57 points						

(Fonte: www.usgbc.org)

created with the
trial version of
PDF-Creator.net