Universidade de São Paulo
FACULDADE DE ARQUITETURA
E URBANISMO

AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO AMBIENTAL EM PROJETOS
– PROCEDIMENTOS E FERRAMENTAS –

CLAUDIO DE CAMPOS
Arquiteto

SÃO PAULO
Estado de São Paulo - Brasil
Fevereiro de 2007

Universidade de São Paulo
FACULDADE DE ARQUITETURA
E URBANISMO

AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO AMBIENTAL EM PROJETOS – PROCEDIMENTOS E FERRAMENTAS –

CLAUDIO DE CAMPOS
Arquiteto

Orientadora: Prof. Dra. **CLAUDIA TEREZINHA DE ANDRADE OLIVEIRA**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de mestre.

SÃO PAULO
Estado de São Paulo - Brasil
Fevereiro de 2007

À minha filha, Júlia, quem espero possa usufruir
ao direito das futuras gerações a um mundo digno.

Agradecimentos

A meus pais, Idenir Bayer de Campos e Januário de Campos, que incondicionalmente sempre me apoiaram e incentivaram na realização de meus objetivos acadêmicos e profissionais.

À orientadora e amiga Claudia Terezinha de Andrade Oliveira, que me honrou com sua orientação durante este trabalho, sempre de forma ética e objetiva, me incentivando e fornecendo oportunidades valiosas de crescimento pessoal.

Ao professor Sylvio Barros Sawaya, por sua disponibilidade e atenção dedicados, permitindo que conhecesse um pouco de seu modo de projetar e de seu trabalho, o que resultou em informações de grande valia a este trabalho.

Ao arquiteto Sérgio Assunção e a toda a equipe da COESF e da Construtora Santa Bárbara, pelo tempo e paciência dedicados e a pela disponibilidade em colaborar com minha pesquisa.

Aos professores Marcelo de Andrade Romero e Carlos Roberto Zibel Costa, pelas sugestões apontadas no exame de qualificação que muito contribuíram ao resultado deste trabalho.

À amiga Regina Perez, por sua disponibilidade em expor seu modo de projetar, além de seu apoio e incentivo.

Aos professores da FAU e da POLI, pelo compartilhamento de suas experiências e conhecimento e pela dedicação e amor no exercício da docência.

Aos colegas de turma, que me enriqueceram com sua convivência, amizade e companheirismo.

E, por fim, a todos que não foram citados aqui, mas que de uma forma ou de outra, contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DAS FIGURAS I

LISTA DAS TABELAS III

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS IV

RESUMO VII

ABSTRACT VIII

INTRODUÇÃO 1

Contextualização do tema 1
Justificativa 6
Objeto 8
Objetivo 8
Método 9
Conteúdo dos Capítulos 9

1 A CRISE AMBIENTAL E A INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO 11

1.1 Contexto 11
1.2 Contribuição da Industria da Construção à Problemática Ambiental 14
1.3 Ações Mundiais para Proteção Ambiental 19
1.3.1 A Inserção Brasil no Contexto Histórico 23
1.3.2 Ações Específicas para a Indústria da Construção 26

2 ASPECTOS CONCEITUAIS E TEÓRICOS 27

2.1 Desempenho Construtivo 27
2.2 Desempenho Ambiental 32
2.2.1 Normas Série ISO14000 32
2.2.1.1 ISO 14001 - Sistemas de gestão ambiental - Especificação e diretrizes para uso ... 32
2.2.1.2 ISO 14004 - Sistemas de gestão ambiental - Diretrizes gerais sobre princípios, sistemas e técnicas de apoio 34
2.2.1.3 ISO14031 - Gerenciamento Ambiental – Avaliação de Desempenho Ambiental - Diretrizes 35
2.3 Avaliação do Ciclo de Vida 39
2.3.1 Princípios da Avaliação do Ciclo de Vida 41
2.3.2 Fases de uma ACV 43
2.3.3 Aplicação da ACV na produção do meio ambiente construído 50
2.4 Impactos ambientais provocados pelas Atividades Humanas 52

2.4.1 Esgotamento de Recursos ... 52
2.4.2 Aquecimento Global ... 53
2.4.3 Redução da Camada de Ozônio ... 54
2.4.4 Poluição ... 55
2.4.5 Acidificação ... 57
2.4.6 Eutrofia ... 57
2.4.7 Poluição tóxica ... 58
2.4.8 Resíduos sólidos ... 59
2.4.9 Outros Impactos ... 60
2.4.10 Causas e efeitos dos impactos ambientais ... 60
2.5 Desempenho ambiental construtivo ... 64

3 O PROJETO E OS IMPACTOS AMBIENTAIS DA INDUSTRIA DA CONSTRUÇÃO ... 66

3.1 As Patologias Ambientais Construtivas ... 67
3.1.1 Patologias Construtivas e Patologias Ambientais Construtivas ... 67
3.1.2 Mensuração da Responsabilidade do Projeto ... 70
3.2 O Projetista Frente aos Aspectos Ambientais ... 74
3.2.1 Projeto e Meio Ambiente: Aspectos Éticos e Jurídicos ... 74
3.2.2 Postura do Projetista frente à Questão do Desempenho Ambiental ... 80
3.2.3 Consideração de aspectos ambientais em projetos ... 82
3.2.4 Inserção dos aspectos ambientais no modo de trabalho do projetista ... 89

4 FERRAMENTAS DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO AMBIENTAL ... 92

4.1 Ferramentas ACV Detalhadas ... 94
4.1.1 Focadas em materiais construtivos ... 94
4.1.2 Focadas em subsistemas construtivos ... 96
4.2 Ferramentas ACV para Projetos ... 97
4.3 Ferramentas CAD – ACV ... 100
4.4 Guias de Produtos Verdes ... 104
4.5 Esquemas de Avaliação de Edifícios ... 106
4.6 Energia Incorporada – Entrada e Saída ... 109
4.7 Considerações ... 111

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS ... 112

5.1 Desafios a enfrentar para o desenvolvimento de metodologias nacionais ... 115
5.2 Sugestões para continuidade desta pesquisa ... 118

REFERÊNCIAS ... 119

ANEXO 1 – QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DO EMPREGO DE CRITÉRIOS DE DESEMPENHO

AMBIENTAL EM PROJETOS **126**

ANEXO 2 - AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO AMBIENTAL CONSTRUTIVO DO EDIFÍCIO I1 DA ESCOLA DE ARTES, CIÊNCIAS E HUMANIDADES - USP LESTE **130**

LISTA DAS FIGURAS

Figura 1.1 - Variações Históricas e Projetadas das Temperaturas na Superfície da Terra. 12
Figura 1.2 - Reinterpretações da Agenda 21 relacionadas ao setor da construção. 26
Figura 2.3 – Demanda / Suprimento 29
Figura 2.4 – Tradução de soluções..... 29
Figura 2.5 – Modelo de sistema de gestão ambiental..... 33
Figura 2.6 – Avaliação de Desempenho Ambiental 36
Figura 2.7 – Interrelacionamento do gerenciamento da organização e operações com condicionantes ambientais 37
Figura 2.8 - Fases de uma ACV..... 44
Figura 2.9 - Representação do ciclo de vida de um produto como uma árvore de processos 46
Figura 2.10 - Normalização do ciclo de vida de sacos de papel e de PEBD (dados fictícios), permitindo comparar contribuições aos aspectos ambientais 48
Figura 2.11 - Indicador de ciclos de vida para sacos de papel e PEBD, tornando-se evidente a preferência por sacos de papel. 49
Figura 2.12 - Ciclo de vida de uma edificação genérica 51
Figura 3.13 - Possibilidade de influência do projeto..... 71
Figura 3.14 - Novo enfoque do Macro Setor da Construção Civil dentro do contexto global..... 83
Figura 3.15 - O ciclo de vida do sistema-produto..... 84
Figura 3.16 – Projeto Baseado em Desempenho promove projeto integral. 87
Figura 3.17 - Conceito de planejamento integrado em PVU (planejamento da vida útil) – ISO15686-6. Projeto pode ser iniciado em qualquer ponto do ciclo de vida. 87
Figura 4.18 - Tela do aplicativo KCL-ECO 3.01, 1999. 94
Figura 4.19 - Telas do aplicativo Athena EIA 3.0 96
Figura 4.20 - Tela do aplicativo EcoQuantum Domestic (IVAM). 97

Figura 4.21 - Tela do aplicativo Eco-Quantum Domestic (IVAM)..... 98
Figura 4.22 - Tela do aplicativo Eco-Quantum Domestic (IVAM)..... 98
Figura 4.23 - Telas dos aplicativos Ecotect e LCAid.....100
Figura 4.24 - Telas dos aplicativos Ecotect e LCAid.....101
Figura 4.25 - Telas dos aplicativos Ecotect e LCAid.....103
Figura 4.26 - Tela do aplicativo-web EcoSpecifier.....104
Figura 4.27 - Tela do esquema LEED.....106
Figura 4.28 - Telas do esquema GBTools. 107
Figura 4.29 - Telas do aplicativo-web EIO-LCA / Carnegie Melon.....109

LISTA DAS TABELAS

Tabela 1.1 - Estimativas de geração de resíduos da construção civil em diferenctes países..... 16
Tabela 2.2 - Requisitos de desempenho para 1 único Requisito do Usuário28
Tabela 2.3 – Operações da organização 38
Tabela 2.4 - Trecho de planilha de impactos ambientais resultante da produção de 1kg de polietileno e 1kg de vidro..... 46
Tabela 2.5 - Exemplo de caracterização: trecho da planilha de impactos para a produção de 1kg de polietileno 47
Tabela 2.6 - Processos de constr. civil e respectivos tempos de vida útil.... 51
Tabela 2.7 – Coleta de lixo segundo origem no Município de São Paulo 60
Tabela 2.8 - Impactos Ambientais - Causas e Efeitos. 61
Tabela 3.9 - Requisito do Usuário - Adequação Ambiental 69
Tabela 3.10 - Avaliação do desempenho técnico-construtivo. Edifícios da CUASO. 70
Tabela 3.11 - Origens das patologias em edificações 72
Tabela 3.12 - Quantitativos das Patologias Ambientais Construtivas Conforme Origem 74
Tabela 3.13 - Os Princípios de Hannover - Willian McDonough Architects - 1992..... 77
Tabela 4.14 - Ferramentas ACV detalhadas..... 95
Tabela 4.15 - Ferramentas de projeto basadas em ACV..... 99
Tabela 4.16 - Ferramentas CAD - ACV 102
Tabela 4.17 - Guias e checklists de produtos 105
Tabela 4.18 - Esquemas de avaliação de edifícios.....108
Tabela 4.19 - Ferramentas de energia incorporada.....110

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A21	Agenda 21
A21CS	Agenda 21 para Construção Sustentável
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACV	Avaliação do Ciclo de Vida
ADA	Avaliação de Desempenho Ambiental
ANA	Agencia Nacional de Águas,
CAD	Computer Aided Design
CBD	Construção Baseada em Desempenho
CENPES	Centro de pesquisas Petrobrás
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CFC	Clorofluorcarbono
CIB	International Council for Research and Innovation in Building and Construction.
CNUMAD	Conferencia das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente,
COV	Compostos Orgânicos Voláteis
CUASO	Cidade Universitária Armando de Salles Oliveira
DCV	Design do Ciclo de Vida
DDT	Dicloro Difenil Tricloroetano
EACH	Escola de Artes, Ciências e Humanidades
ECI	Environmental Condition Indicator (Indicador de Condição Ambiental)
ECO92	Conferencia das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento
EIA/RIMA	Estudos de Impacto Ambiental / Relatório de Impacto Ambiental
EIV	Estudos de Impacto de Vizinhança
EPE	Environmental Performance Evaluation (Avaliação de

	Desempenho Ambiental)
EPI	Environmental Performance Indicator (Indicador de desempenho ambiental)
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais,
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPEC	Instituto de Permacultura e Ecovilas do Cerrado
ISO	International Standardization Organization
LCA	Life Cycle Assessment
LCD	Life Cicle Design
MA	Millenium Ecosystem Assessment
MCT	MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA,
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MME	Ministério de Minas e Energia
MPI	Management Performance Indicator (Indicador de Desempenho Gerencial)
ONU	Organização das Nações Unidas
OPI	Operacional Performance Indicator (Indicador de Desempenho Operacional)
PAC	Patologia Ambiental Construtiva
PAN	Peroxiacilinitratos
PBD	Projeto Baseado em Desempenho
PC	Patologia Construtiva
PCB	Policlorobifeniles
PCT	Policlorotrifeniles
PCV	Planejamento do Ciclo de Vida
PDCA	Plan-Do-Check-Act
PeBBU	Performance Based Building
PIB	Produto Interno Bruto
PNRH	Plano Nacional de Recursos Hidricos
PNUMA	Programa da Nações Unidas para o Meio Ambiente.
PVU	Planejamento da Vida Útil

RCD	Resíduos de Construção e Demolição
RMIT	Royal Melbourne Institute of Technology
SEMA	Secretaria Especial do Meio Ambiente,
SETAC	Society for Environmental Toxicology and Chemistry
SGA	Sistema de Gestão Ambiental
SISNAMA	Sistema Nacional do Meio Ambiente
SNIC	Sindicato Nacional da Indústria do Cimento,
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change
VOC	Volatile Organic Compounds
WBCSD	World Business Council for Sustainable Development
WCED	World Commission for Environment and Development

RESUMO

CAMPOS, C. – Avaliação de Desempenho Ambiental em Projetos – Procedimentos e Ferramentas. São Paulo. 2007. 170p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Universidade de São Paulo.

O objetivo desta dissertação é analisar qualitativamente o ferramental disponível para suporte à melhoria de desempenho ambiental no desenvolvimento de projetos, quanto à viabilidade de aplicação à prática projetual corrente no Brasil. A crescente conscientização de que o consumo sustentável dos recursos naturais é freqüentemente ignorado ou mal interpretado nas práticas projetuais, tem levado os projetistas a assumir suas reais responsabilidades e melhorar o diálogo e a interrelação com outros agentes do macro setor da construção civil. Neste contexto o trabalho procura discutir conceitos básicos sobre o paradigma do projeto orientado ao desempenho, o processo de projeto integrado, bem como assuntos relacionados à indústria da construção. São revistos temas teóricos afetos ao desempenho construtivo, avaliação do ciclo de vida, e ainda aos impactos ambientais decorrentes das atividades antrópicas. São discutidas as responsabilidades e postura do projetista quanto à questão. Por fim, passa-se a uma avaliação qualitativa quanto ao emprego em projetos das diversas classes de ferramentas de avaliação de desempenho ambiental. Essa análise abrangente oferece referências de caráter conceitual e prático para o desenvolvimento e a consolidação de ferramentas para avaliação ambiental, orientadas à produção do ambiente construído no Brasil.

Palavras-chave: Desempenho; Ambiental; Ferramentas; Avaliação; Projeto.

ABSTRACT

The aim of this master thesis is analyze the design tools addressed to improvement of projects considering environmental aspects and their application in current practice design in Brasil. Growing awareness that sustainable consumption of natural resources is often ignored and seldom corrected incorporated into design practices have led the design professionals to take responsibilities and improve their ability to enhance dialogue and contacts with other stakeholders in construction sector. In this context this work seeks to discuss basic concepts on performance-based design paradigm, integrated design process, as well as specific aspects related to construction industry. Theoretical issues connected to construction and building performance, life cycle assessment and environmental impacts resulting from human activities are reviewed. The actual responsibilities of designers and professionals are also discussed. The qualitative evaluation of existing performance assessment tools is made. This comprehensive analysis can provide conceptual and practical references for development and consolidation of specific environmental assessment methods and tools for building and construction in Brasil.

Keywords: Performance, Environmental, Tools, Assessment, Design

INTRODUÇÃO

CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA

O processo de produção do projeto, principalmente nas fases de concepção e de planejamento, mas também nas fases de detalhamento, seja para uma obra nova, uma reforma ou mesmo a criação de um novo componente construtivo, influencia diretamente os níveis de desempenho do espaço ou ambiente construído[1] como um todo. Se o projetista tem em mente que todo o projeto deve satisfazer às necessidades básicas inerentes ao mesmo como funcionalidade, conforto, segurança, estética, aspectos sociais e culturais e outros, o resultado esperado, ou seja, o desempenho esperado para o seu produto certamente será alcançado.

No entanto, se a busca da adequação ambiental na construção civil é o foco, não há solução centrada em uma única linha de atuação. Isso exige um trabalho complementar e seqüencial de diversos projetistas, bem como de diversos agentes de todos os segmentos do Macro Setor da Construção Civil. O arquiteto, sendo basicamente o responsável pelos primeiros traços do projeto, tem uma tarefa importante nesse processo, pois das suas propostas decorrerão todas as demais decisões do projeto, da produção dos edifícios e do ambiente construído como um todo.

Uma nova abordagem da atividade projetual surgiu a partir da busca de soluções ambientalmente adequadas para a construção de edificações. A elaboração de projetos com esta orientação tinha como metas iniciais a redução do uso de recursos naturais e energéticos; a redução da emissão de poluentes no ar, água e solo; a minimização das perdas e resíduos e a

---

[1] Espaço ou ambiente construído é aqui compreendido como o espaço ou ambiente natural que sofreu influência das atividades antrópicas para ser convertido em edifícios, equipamentos comunitários ou em infra-estrutura urbana.

possibilidade de reutilização desses resíduos da própria construção civil ou de outros segmentos industriais.

Com o tempo, esse conceito incorporou as novas diretivas para o desempenho energético das edificações. Segundo esses novos requisitos de desempenho, foram propostos níveis significativos de redução no consumo de energia para o condicionamento interno das edificações. Para tanto, cada detalhe do projeto precisa ser estudado com o propósito de reduzir o consumo energético para a garantia de padrões mínimos de conforto termo-acústico e de iluminação artificial.

Mais recentemente, a evolução deste conceito de projeto direcionado à adequação ambiental incorporou também a necessidade de se projetarem não apenas os edifícios, mas também componentes e elementos construtivos mais duráveis e com baixo impacto ambiental, ou seja, com ciclo de vida mais longo, e com a possibilidade de serem reutilizados ou reciclados ao final de sua vida útil.

Entendendo que a associação dessas ações só podem ocorrer por meio de reflexões, discussões e tomada de decisões, a via mais capacitada a alinhavar todas as decisões é o projeto, que aqui deve ser entendido como um processo capaz de permitir a tomada de decisões que vão determinar o desempenho do ambiente construído ao longo de toda da sua vida útil.

Um dos problemas na atual forma de projetar, decorre da dissociação entre a atividade projetual e a construção em si. Em grande parte das atuais práticas projetuais não se costuma levar em consideração os materiais e os métodos empregados na montagem de componentes pré-fabricados ou certas especificidades do ambiente de trabalho e dos subsistemas da edificação. O resultado é a adoção de uma série de soluções e improvisações em fases adiantadas do projeto ou, em última instância, no próprio canteiro de obras. Na maioria dos casos, esses ajustes são onerosos e inadequados, e resultam em baixo desempenho do componente e da edificação como um todo.

O processo de projeto integrado pode ser considerado um instrumento importante que permite a tomada de decisões na fase de projeto com o propósito de se reduzirem as adaptações e as improvisações no canteiro de obras resultantes de decisões inadequadas de projeto.

Como discutido anteriormente, a prática projetual deve ser baseada no desempenho esperado para o ambiente construído. A preocupação com o desempenho deve ser incluída no projeto desde as etapas iniciais do empreendimento, ou seja, a concepção, o planejamento e o anteprojeto.

As novas técnicas de projeto orientado à análise de desempenho requerem uma abordagem sistêmica e integrada de todo o processo. O enfoque do projeto orientado à adequação ambiental incorpora no processo produtivo das edificações uma série de recomendações (UNIVERSITY OF BRITISH COLUMBIA, 2002), a saber:

- desenvolvimento de novas práticas construtivas para a otimização do desempenho energético das edificações, se comparadas às práticas correntes. Cabe destacar que nesse contexto, o desempenho energético das edificações, em análise geral, diz respeito ao consumo de energia do edifício como um todo, desde sua construção, operação, manutenção, demolição ou eventual desmontagem, e está relacionado à análise do ciclo de vida da edificação;
- otimização no uso da terra, principalmente em grandes centros urbanos onde a necessidade de preservação de áreas verdes torna-se cada vez mais importante em razão do equilíbrio do micro-clima e da conservação de áreas para drenagem e infiltração de águas pluviais;
- redução do consumo de matérias-primas e recursos naturais, principalmente os não renováveis;
- significativa redução das emissões atmosféricas e da geração de resíduos líquidos e sólidos;
- melhores condições de conforto ambiental e salubridade das edificações no que diz respeito ao conforto térmico, acústico, à iluminação e à qualidade do ar;
- maior funcionalidade, adaptabilidade e melhores condições de manutenção das edificações.

O processo de projeto integrado também pode ser visto pela ótica da gestão da qualidade. Face ao aumento da competitividade atual do mercado, a demanda por sistemas de gestão da qualidade interna é crescente nas empresas de projeto e construção. MELHADO (2001) destaca que, se a integração entre as soluções estéticas e formais e as soluções tecnológicas ainda não se dá de forma satisfatória, a gestão da qualidade deveria ser vista como "uma portadora de métodos de integração entre os agentes do empreendimento, e capaz, portanto, de contribuir para um melhor compromisso entre as soluções arquitetônicas e seus atributos tecnológicos e construtivos".

A gestão da qualidade é uma ferramenta importante na otimização do uso de recursos e na viabilização do processo de projeto integrado, além de colaborar para a garantia do desempenho técnico, social e ambiental das edificações.

Segundo a política de desenvolvimento sustentável praticada pela UNIVERSITY OF BRITISH COLUMBIA (2002), o processo de projeto integrado é definido como um processo em que se pode incluir uma ampla gama de profissionais de várias áreas na equipe de projeto nas seguintes especialidades: arquitetura, engenharia, ciência dos materiais, cálculo, físico-química, análise laboratorial, desenho industrial entre outros. Além disso, a equipe de projeto deve estabelecer relacionamento com a equipe de construção desde o início do processo, para definir as diretrizes de desempenho e mantê-las como referência durante todo o desenvolvimento do processo produtivo da obra. Nesse contexto, as novas tecnologias e procedimentos sugeridos para a nova forma de projetar são:

- incorporação de grande volume de materiais reciclados ou com grande teor de resíduos industriais;
- racionalização das técnicas construtivas para redução do desperdício;
- soluções de projeto que minimizem o consumo energético no edifício sem prejuízo do conforto ambiental;
- seleção de materiais e técnicas com base na baixa emissividade de poluentes e na baixa energia incorporada;

- uso de materiais e componentes produzidos localmente com o intuito de reduzir gastos energéticos e reduzir a emissão de poluentes ambientais como gases de efeito estufa, particulados, entre outros;
- reciclagem de recursos naturais na construção, no uso e na manutenção do edifício;
- projeto que permita a desmontagem dos componentes para futuro reaproveitamento ou reciclagem;

O efetivo exercício do processo de projeto integrado não dependerá apenas da conscientização dos profissionais, das metodologias e das inovações tecnológicas; dependerá predominantemente, da retroalimentação do sistema de compilação de soluções satisfatórias e de relação custo/benefício compatível com as demandas sociais, técnicas e ambientais das edificações.

Mais do que preservar o meio ambiente, esse processo de projeto integrado tem a função básica de contribuir para o equilíbrio entre o consumo de recursos naturais e energéticos e a demanda por novas edificações, infra-estrutura e equipamentos urbanos, quer seja para atender ao crescimento vegetativo ou às necessidades específicas de uma dada população, como também para atender à demanda social de universalização do direito de moradia e de acesso ao saneamento básico e à saúde.

Uma vez estabelecida a importância do papel do projetista no processo de produção do ambiente construído e reconhecidas as novas necessidades e os novos paradigmas do processo construtivo contemporâneo, este trabalho foi desenvolvido no contexto da cultura de projeto integrado, voltada à análise de desempenho global do ambiente construído, incluindo aí o desempenho ambiental.

É portanto neste contexto que o trabalho ora apresentado insere-se, ou seja, no contexto em que a busca por construções sustentáveis está diretamente relacionada a uma nova abordagem da prática projetual.

JUSTIFICATIVA

Para compreensão da evolução do problema ambiental pode-se apresentar o exemplo, segundo John (2003), da geração de resíduos durante a produção de materiais e edificações e a conversão também em resíduos de todo o material usado na edificação ao final da sua vida útil (ao final da vida útil eles também se convertem em resíduos). Assim, a massa de resíduos gerados é superior à massa de bens de consumo em longo prazo para qualquer economia. Há inúmeros outros exemplos, relacionados aos diversos tipos de impactos ambientais gerados na produção do meio ambiente construído e, sendo este uma das e base para a maior parte das atividades humanas, está também entre as que geram maior impacto ambiental. Fica patente, portanto, que não há desenvolvimento sustentável[2] sem construção sustentável.

Para que haja desenvolvimento de construções compatíveis com o conceito de desenvolvimento sustentável, é necessária a busca de resultados objetivos. Muitos esforços podem ser dispendidos com poucos resultados efetivos caso não se considerem os impactos ambientais como um item de desempenho, que como tal deve ser, na medida do possível, mensurável.

A busca de desempenho construtivo na produção de edifícios não é recente, tendo sido inclusive objeto de normalização, como pela norma ISO6241/82, porém apenas recentemente a questão do desempenho ambiental tem sido considerada neste segmento. No Brasil, a necessidade de incorporação de critérios ambientais na avaliação de desempenho vem sido gradualmente aceita no segmento da construção civil, o que pode ser demonstrado pelo projeto de norma *Desempenho de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos* (ABNT, 2004), em desenvolvimento, que possui um capítulo referente a adequação ambiental. Este projeto de norma apenas recomenda a adoção de critérios de adequação ambiental, pois considera que as

---

[2] O conceito de Desenvolvimento Sustentável foi definido pela WCED - *World Commission for Environment and Development*.

técnicas de avaliação do impacto ambiental resultante das atividades da cadeia produtiva da construção ainda são objeto de pesquisa e no atual estágio de conhecimento não é possível estabelecer critérios e métodos de avaliação relacionados à expressão desse impacto.

A contribuição do projeto para o desempenho construtivo dos edifício pode ser obtida por meio de pesquisas para a identificação sistemática das causas de patologias construtivas, identificadas pelo não atendimento de requisitos de desempenho. Estudos com este propósito (Simões, 1999; Abrantes, 1995 *apud* Bagatelli, 2002) indicam que a maioria das patologias construtivas são originadas na fase de projeto. Considerando-se que o projeto tenha semelhante contribuição para o desempenho em aspectos ambientais, faz-se necessário buscar meios de garantir decisões, e por conseguinte projetos, que resultem em soluções de melhor desempenho ambiental das construções.

A seleção do sítio para implantação dos empreendimentos e a maneira de ocupação do mesmo, a forma adequada ao edifício para que se obtenham melhores condições em iluminação e temperatura, melhor relação de área ocupada por volume de materiais empregados, utilização de materiais reciclados em novas obras e/ou uso de materiais que possam ser reaproveitados ao final da vida útil do edifício, projeto de edifícios flexíveis para aumento da vida útil do mesmo, uso de materiais e equipamentos com melhor desempenho, entre outras, são ações que cabem ao projetista e que oferecem contribuição decisiva para a produção do edifício com melhor desempenho ambiental, interferindo na construção, no uso, na demolição, enfim, em toda a vida útil do ambiente construído.

As décadas de 1990 e 2000 têm abrigado importantes ações de promoção do desenvolvimento sustentável, como o Protocolo de Kyoto e a Agenda 21, além de certificação ambiental crescente por normas como a série ISO14000. Com participação significativa na produção de impactos ambientais, a indústria da construção deve se adequar às crescentes exigências ambientais, e como grande influenciador destes aspectos, o projeto deve tomar decisões responsáveis.

A prática do desenvolvimento de projeto visando resultados com melhor desempenho ambiental, no entanto, quando existente, é bastante subjetiva. No Brasil, praticamente, não há metodologias específicas e o projetista, quando imbuído da intenção de desenvolver projetos com melhor desempenho ambiental, fica limitado por falta de instrumental e informações, o que restringe ou até impossibilita a prática do projeto orientado à melhoria do desempenho ambiental, refletindo em todo o ciclo de vida do ambiente construído.

O desenvolvimento deste trabalho justifica-se pela necessidade de diretrizes para a pesquisa e desenvolvimento de ferramentas que auxiliem a incorporação de aspectos de desempenho ambiental no desenvolvimento de projetos, visto não haver no Brasil ferramentas validade, consolidada e adequada como suporte à pratica projetual nacional e às especificidades locais.

OBJETO

O objeto deste trabalho de pesquisa é o ferramental disponível ou aplicável como suporte ao desenvolvimento de projetos arquitetônicos empenhados em obter melhor desempenho ambiental. São identificados instrumentos aplicáveis ao desenvolvimento do projeto diretamente ou como auxiliares para tomada de decisões.

OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é desenvolver uma análise qualitativa do ferramental disponível para suporte à melhoria de desempenho ambiental no desenvolvimento de projetos, quanto à viabilidade de aplicação à prática projetual corrente no Brasil.

MÉTODO

Dada a natureza descritiva desta dissertação, para o alcance do objetivo proposto o trabalho foi desenvolvido com base no método científico de pesquisa composto das seguintes etapas:

- Formulação do problema: tendo como referência a experiência pessoal deste autor como projetista e gerenciador de obras civis, procedeu-se por meio de revisão bibliográfica a identificação de fatos, circunstâncias e fenômenos acerca do problemas decorrentes dos impactos da construção no meio ambiente; esta etapa permitiu a formulação do objetivo desta pesquisa;
- Construção do marco teórico: a ampliação e o aprofundamento da revisão bibliográfica, orientada aos temas específicos da pesquisa, possibilitou a definição de bases conceituais do desempenho técnico-construtivo com foco no tema desta dissertação, bem como a discussão dos reflexos da atividade projetual no desempenho ambiental das construções; a sistematização de fatos e experiências práticas anteriores deste autor completou a proposição do marco teórico;
- Análises e correlações: com base no levantamento e estudo das ferramentas disponíveis para o projeto em nível nacional e internacional, foi feita uma análise crítica da aplicação e adequação desse ferramental à prática projetual nacional; o marco teórico serviu como plataforma;
- Síntese: as correlações entre os problemas levantados na revisão bibliográfica inicial e o resultado da análise crítica permitiram a proposição de algumas diretrizes factíveis para o desenvolvimento de ferramentas nacionais de análise do desempenho ambiental de projetos;

CONTEÚDO DOS CAPÍTULOS

O primeiro capítulo apresenta o contexto da crise ambiental global, originada pelas atividades humanas, e as principais ações de organizações e países

objetivando mitigar os efeitos daquelas atividades. São apresentados ainda a participação do Brasil e a contribuição e a importância da indústria da construção a este cenário.

No segundo capítulo é apresentado um resumo de aspectos conceituais e teóricos de embasamento, abordando-se o desempenho técnico-construtivo, o desempenho ambiental e as Normas da Série ISO14000, Avaliação do Ciclo de Vida e ainda os impactos ambientais provocados pelas atividades humanas. A partir de tais conceitos é apresentada uma proposta de definição para o desempenho ambiental construtivo.

No terceiro capítulo são relacionados os conceitos dos capítulos anteriores à atividade projetual, apresentando-se a contribuição e responsabilidade do projeto ao desempenho ambiental da indústria da construção, a postura do projetista com relação melhoria do desempenho ambiental, aspectos éticos e jurídicos ambientais da atividade, implicações e meios de viabilização da aplicação de aspectos ambientais em projetos.

O quarto capítulo trata da análise qualitativa das metodologias disponíveis para suporte à decisão em projetos em aspectos ambientais quanto à viabilidade de aplicação ao contexto brasileiro.

O quinto e último capítulo tece considerações finais quanto às diretrizes para o desenvolvimento de ferramentas nacionais de análise do desempenho ambiental de projetos.

1 A CRISE AMBIENTAL E A INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO

1.1 CONTEXTO

A importância de uma relação responsável da humanidade com o meio ambiente é, atualmente, uma questão universalmente aceita. No entanto, estamos a uma longa distância de ter uma relação equilibrada com o meio em que vivemos e do qual necessitamos para nossa sobrevivência. Segundo a World Business Council for Sustainable Development – WBCSD (*apud* MANZINI; VEZZOLI, 2005), poderíamos considerar ambientalmente sustentáveis aqueles sistemas produtivos e de consumo cujo emprego de recursos fosse pelo menos 90% inferior ao aplicado atualmente nas sociedades industrialmente mais avançadas.

A não alteração dos modelos de produção e consumo projeta para as próximas décadas o esgotamento ou rarefação dos recursos naturais, o que elevará seus custos e poderá gerar disputas e conflitos para controle dos recursos remanescentes.

A ONU – Organização das Nações Unidas, em seu *Millenium Ecosystem Assessment* - MA (Avaliação Ecossistêmica do Milênio), concluído em 2005, aponta que “a humanidade tem alterado os ecossistemas mais rapidamente e extensivamente nos últimos 50 anos do que em qualquer período comparável da história da humanidade. Temos provocado demandas crescentes por comida, água, materiais e energia. Enquanto mudanças nos ecossistemas têm melhorado o bem-estar de bilhões de pessoas, eles têm causado uma substancial e irreversível perda na diversidade da vida na terra, e tem excedido a capacidade dos ecossistemas de continuar provendo serviços essenciais”. “Mais áreas de terra foram convertidas em lavouras desde 1945 do que nos séculos XVIII e XIX somados, e aproximadamente 24% da superfície terrestre foi transformada em sistemas de cultivo. Desde aproximadamente 1980, perdeu-se o equivalente a 35% dos manguezais,

20% dos recifes de coral do mundo foi destruído e outros 20% estão em estado de alta degradação ou destruídos." "Os seres humanos usam atualmente de 40 a 50% da água doce corrente(...). Entre 1960 e 2000, a capacidade de armazenamento em reservatórios quadruplicou. Como resultado, estima-se que a quantidade de água armazenada em grandes represas seja de três a seis vezes a quantidade que flui naturalmente nos rios naturais (excluindo-se lagos naturais)."

O uso do carvão, petróleo e gás natural como fontes de energia tem liberado grandes quantidades de carbono anteriormente confinado a camadas de rocha subterrâneas, elevando assim os níveis do dióxido de carbono (CO_2)[3] no ar em aproximadamente um terço. Como conseqüencia, ocorre o aprisionamento de calor do sol na atmosfera, conhecido como efeito estufa.

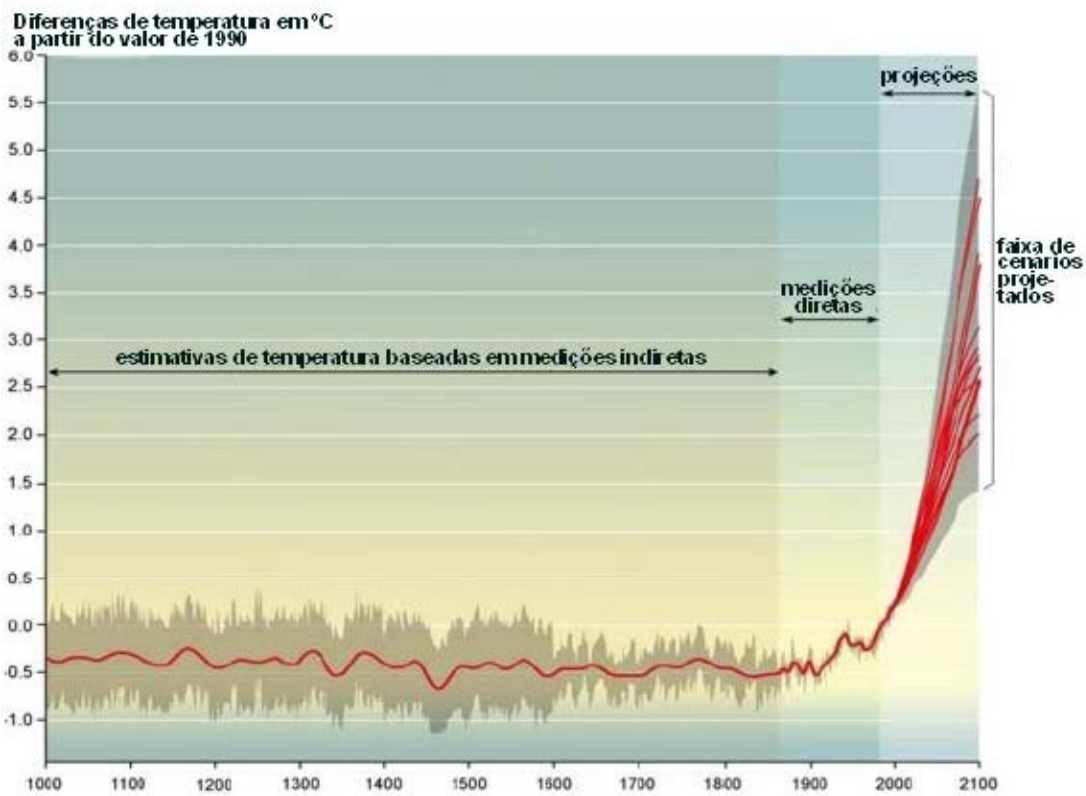


Figura 1.1 - Variações Históricas e Projetadas das Temperaturas na Superfície da Terra. (MA, 2006)

A Figura 1.1 representa a evolução das temperaturas médias globais para os

---

[3] Dióxido de carbono, anidrido carbônico e também conhecido como gás carbônico quando sob pressão e temperatura ambiente; é o gás de efeito estufa resultante das atividades antrópicas mais abundante na Terra; a seguir identificado por sua fórmula química CO2.

últimos 1000 anos resultante desse efeito estufa.

Uma relação equilibrada entre as atividades antrópicas e o meio ambiente tem sido, mais do que simplesmente preservação da natureza (caráter preservacionista dos movimentos ambientalistas), também e principalmente um requisito para a sobrevivência da espécie humana. Necessitamos da utilização dos recursos obtidos da natureza para nossa sobrevivência, mas esta utilização deve levar em conta o caráter finito destes recursos.

As limitações do meio ambiente foram retratadas na década de 1970 com o documento *Limits to Growth* (MEADOWS, 1972), que causou grande polemica à época da Conferência de Estocolmo[4] por sugerir limitações ao crescimento econômico, sobretudo aos países em desenvolvimento.

Para essa relação entre a uso de recursos naturais e sua preservação foi introduzido, há praticamente 20 anos pela WCED[5], o conceito de desenvolvimento sustentável sob o aspecto ambiental. A expressão sustentabilidade ambiental refere-se às condições sistêmicas segundo as quais, em nível regional e planetário, as atividades humanas não devem interferir nos ciclos naturais em que se baseia tudo o que a resiliência do planeta do planeta permite e, ao mesmo tempo, não devem empobrecer seu capital natural[6], que será transmitido às futuras gerações (MANZINI; VEZZOLI, 2005).

Neste contexto, a natureza é representada em termos de “capital natural”, adquirindo valor econômico e caráter de *commodities*. Esta condição ganha importância inversamente proporcional à disponibilidade de recursos ainda existentes. A noção prevalecente de que os recursos naturais fossem infinitos no início da era industrial fazia com que os custos dos recursos

---

[4] Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente Humano, realizada na cidade de Estocolmo, em 1972.

[5] World Commission for Environment and Development, que elaborou o documento Our Common Future, também conhecido como o Relatório Bruntland, estabelecendo o conceito de Desenvolvimento Sustentável.

[6] Capital Natural é o conjunto de recursos não renováveis e das capacidades sistêmicas do ambiente de reproduzir os recursos renováveis (MANZINI; VEZZOLI, 2005).

naturais fossem baixos, e, conforme a disponibilidade destes recursos diminui tendendo ao esgotamento, o capital natural tende a ser economicamente sobrevalorizado.

O desenvolvimento, que representa a melhoria do bem-estar humano, passa então a incorporar os requisitos de sustentabilidade ambiental.

O crescimento das preocupações e ações em âmbito mundial, para promoção de atividades humanas comprometidas com uma relação equilibrada com o meio ambiente está relacionada, sob um ponto de vista mais imediatista, com a tendência ao esgotamento dos recursos naturais e de seu conseqüente aumento de custos e, em uma esfera mais abrangente, aos riscos para a sobrevivência da espécie humana.

1.2 CONTRIBUIÇÃO DA INDUSTRIA DA CONSTRUÇÃO À PROBLEMÁTICA AMBIENTAL

Diversos segmentos das atividades antrópicas produzem impactos ambientais, estando a produção do meio ambiente artificial, ou meio ambiente construído, dentre as que mais contribuem para tal. John (2000) ressalta que praticamente nenhuma atividade humana prescinde de um ambiente construído adequado, estando a construção civil presente em todas as regiões do planeta ocupadas pelo homem. Desta forma, o impacto ambiental da construção civil é proporcional a sua tarefa social.

Em termos quantitativos sobre a contribuição nos impactos ambientais da indústria da construção, os números variam de país a país, mas, situando rapidamente o problema conforme a Agenda 21 para a Construção Sustentável - A21CS (INTERNATIONAL COUNCIL FOR RESEARCH AND INNOVATION IN BUILDING AND CONSTRUCTION – CIB, 2000), as construções na União Européia são responsáveis por mais de 40% do consumo total de energia, por cerca de 30% das emissões de dióxido de carbono (CO_2) e estima-se que o setor da construção gere aproximadamente 40% dos resíduos produzidos pelas atividades humanas.

Com relação ao consumo de recursos naturais, Anink (1996) indica que em meados da década de 1990, 50% deles eram relacionados às edificações nos países baixos.

No Brasil, onde a indústria da construção representa 14,5% do PIB – Produto Interno Bruto, os resíduos de construção e demolição representam mais de 50% da massa dos resíduos sólidos urbanos e a operação de edifícios consome cerca de 18% do consumo total de energia do Brasil, mas cerca de 50% da energia elétrica e esta participação está crescendo (JOHN, 2000).

É apresentada abaixo a contribuição da indústria da construção para os principais grupos de impactos ambientais:

a) Consumo de Recursos Naturais

Pelo porte do setor econômico da industria da construção, este é o maior consumidor de recursos naturais. O Consumo de recursos naturais em determinada região depende de fatores como taxa de resíduos gerados, vida útil ou taxa de reposição das estruturas construídas, necessidades de manutenção, perdas incorporadas nos edifícios, tecnologias empregadas, entre outros.

Embora difíceis de se estabelecer, há algumas estimativas referentes ao montante de recursos naturais consumidos pelo setor. O setor consome entre 14% e 50% dos recursos naturais extraídos no planeta. Nos caso dos EUA, o consumo anual de mais de 2 bilhões de toneladas representa cerca de 75% dos materiais consumidos nesta economia (JOHN, 2000).

Dentre os recursos naturais, possivelmente o de maior importância é a água. Dos principais usos da água apontados pelo *World Water Council* (*apud* SAUTCHUK, 2004) para os propósitos humanos, a extração para uso pela municipalidade é de 10% do total, sendo o restante empregado para agricultura, com 70%, e indústria, com 30%.

b) Geração de Resíduos

O ciclo de vida do meio ambiente construído gera resíduos desde a

produção de materiais e componentes, a construção e as atividades em canteiro de obras, manutenção, uso e, finalmente, na demolição. As atividades de manutenção são motivadas tanto para a correção de falhas de execução quanto à necessidade de reposição de componentes ao fim de sua vida útil.

A quantidade de resíduos gerados é influenciada por diversos fatores, como as tecnologias construtivas empregadas, taxas de desperdício, manutenção, intensidade da atividade produtiva em construção, entre outros, variando estes fatores em cada país, conforme representado na Tabela 1.1.

Os resíduos de construção e demolição - RCD - são um dos responsáveis pelo esgotamento de áreas de aterros em cidades de médio e grande porte, uma vez que eles correspondem a mais de 50% dos resíduos sólidos urbanos. No Brasil, estima-se que é gerado anualmente algo em torno de 68,5 milhões de toneladas de RCD. Além disso, eles são responsáveis por altos custos sócio-econômicos e ambientais nestas cidades em função das deposições irregulares. Por exemplo, na cidade de São Paulo, estes gastos são na ordem de 45 milhões de reais / ano para coleta-transporte-deposição destes resíduos (ANGULO *et al*, 2003).

País	**Quantidade Anual**		**Fonte**	**Observações**
	Mton/ano	**Kg/hab**		
Suécia	1,2 - 6	136 - 680	Tolstoy, Börklund & Carlson (1998); EU(1999)	P.P, 1996
Holanda	12,8 - 20,2	820 - 1300	Lauritzen (1998); Brossink, Brouwers & Van (1996); EU(1999)	
EUA	136 - 171	463 - 584	EPA (1998); Peng, Grosskopf, Kibert (1994)	-1996
Reino Unido	50 - 70	880 - 1120	Detr (1998); Lauritzen (1998)	1995, 1996
Bélgica	7,5 - 34,7	735 - 3359	Lauritzen (1998); EU(1999)	P; 1990-1992
Dinamarca	2,3 - 10,7	440 - 2010		
Itália	35 - 40	600 - 690		
Alemanha	79 - 300	963 - 3658		P.1994-1996
Japão	99	785	Kasai (1998)	1995
Portugal	3,2	325	EU(1999)	Exclui solos
Brasil	na	230 - 660	Pinto (1999)	Algumas cidades apenas

Tabela 1.1 - Estimativas de geração de resíduos da construção civil em diferenctes países. (JOHN, 2000)

c) Consumo Energético

O meio ambiente construído é responsável por um consumo energético significativo em todas as suas fases, desde a produção dos materiais,

construção, manutenção e principalmente o uso. John (2000) afirma que na Inglaterra, o consumo de energia associado à produção e transporte de materiais de construção é de cerca de 10% do consumo total de energia.

O consumo de energia durante a fase de uso das edificações é ainda mais significativo. A demanda de energia em edifícios dos setores residencial e comercial na União Européia (UE), corresponde a 40,7% do total, enquanto 28,3% são referentes ao setor industrial e 31% ao transporte. Na Inglaterra, especificamente, a parcela dos edifícios em operação tem consumo total de energia significativamente maior que na UE, chegando a 72% no primeiro caso (GONÇALVES, 2003). No Brasil, segundo dados de pesquisas governamentais (BRASIL. MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA, 2006), estima-se que no ano de 2005 o setor residencial tenha sido responsável pelo consumo de 31,3% da eletricidade produzida no país; se considerados ainda o uso e operação de edifícios dos setores comercial e público, esse consumo passa para 63,8%.

d) Poluição

As atividades relacionadas à construção, em todas as fases do seu ciclo de vida, lançam poluentes no ar, terra e água, além de emitirem ruídos. Durante o processo produtivo de cimento Portland e cal, por exemplo, é gerada uma grande quantidade de CO_2 de forma direta pela dissociação térmica dos carbonatos e de forma indireta pela queima de combustíveis fósseis. Dados do primeiro inventário brasileiro de emissões antrópicas (BRASIL. MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 2006), indicam que em 1994 a produção de cal e de cimento Portland no Brasil gerou cerca de 13.489 Gg (~13,5x106 t) de CO_2 resultantes do processo da dissociação térmica da matéria-prima; isto representou naquela época um percentual de 5,3 do total de emissões antropogênicas de CO_2 no país[7] de acordo com dados oficiais

---

[7] As emissões antropogências de CO_2 aqui consideradas (emissão total de $254x10^6$ t de CO_2 em 1994) são resultantes da **produção de energia** (queima de combustíveis fósseis e emissões fugitivas) e de **processos industriais** (processos químicos da produção de

(BRASIL. MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 2004). Por meio da manipulação de dados sobre a produção de cimento Portland[8] no Brasil (SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DO CIMENTO, 2006), estima-se que em 2005 as emissões atmosféricas de CO_2 decorrentes da produção de cimento Portland totalizaram aproximadamente $15{,}9 \times 10^6$ de toneladas[9].

Segundo a National Audubon Society (1994), a emissão de CO_2 nos EUA é de mais de 5 bilhões de toneladas / ano, dos quais estima-se que o ambiente construído contribua com mais de 50%. Vale lembrar também a liberação de clorofluorcarbonos (CFCs), produto resultante de atividades relacionadas ao ambiente construído no condicionamento de ar e produção e instalação de isolamento com espuma, estimando-se que aquele produto seja responsável em 25% pela depleção da camada de ozônio.

e) Poluição do Ar Interior

O ar do interior de uma edificação freqüentemente é mais poluído que o do exterior imediato a esta mesma edificação, sendo esta questão fruto do meio ambiente construído.

Os poluentes do ar do interior dos edifícios são: compostos orgânicos voláteis (VOCs – do inglês, Volatile Organic Compounds), microorganismos patogênicos, poeiras, radônio, particulas e fibras. Estes produtos são liberados pelos materiais, pelo solo ou pelas atividades relacionadas ao uso e operação de equipamentos, e de produtos de limpeza (JOHN, 2000).

---

cimento Portland, cal, aço bruto, ferro ligas, alumínio primário, amônia, barrilha, entre outros)

[8] O cálculo das emissões atmosféricas é feito com base no Fator de Emissão – FE, proposto pelo *Intergovernamental Panel on Climate Change* – IPCC, que relaciona a massa de CO_2 liberado por unidade de massa de clínquer produzido; FE = 0,507 (BRASIL. MCT, 2006).

[9] O cimento Portland é freqüentemente citado por ser um dos principais insumos da construção civil e por estar presente em praticamente todas as etapas da produção de edifícios, se consideradas os métodos construtivos correntes no Brasil, notadamente aqueles empregados na auto-construção e em pequenas reformas.

1.3 AÇÕES MUNDIAIS PARA PROTEÇÃO AMBIENTAL

A civilização vive atualmente uma fase inicial de amadurecimento do conhecimento sobre suas relações com o meio ambiente, no entanto a humanidade já preocupava-se com a questão, de maneira ainda incipiente, deste a antiguidade. Civilizações antigas, como a egípcia, chinesa e hindu tinham preceitos ecológicos contidos nos religiosos (VENDRAMINI, 2005). Aristóteles (387 a 322 a.C.) já apontava um colapso da civilização como conseqüência da ética antropocêntrica (CIANCIARDI, 2004).

No século XVIII, o economista Thomas Malthus apontou uma situação de insustentabilidade na proporção dos crescimentos populacional e dos meios de subsistência em seus ensaios sobre o princípio da população.

O final do século XX foi marcado pelo crescimento da conscientização mundial sobre a limitações de nosso habitat quanto a recursos naturais.

Marcos das décadas de 1960 e 1970, como o livro *Silent Spring* (CARSON, 1962), a pesquisa *Limites do Crescimento*(MEADOWS, 1972), desenvolvida para o Clube de Roma, e a Carta de Estocolmo (ONU, 1972), despertaram a sociedade para as diversas facetas dos impactos ambientais negativos. O livro de Carson foi uma das razões para o início dos movimentos ambientalistas na década de 1960, apresentando um alerta à sociedade sobre o uso indiscriminado de produtos químicos sintéticos, desenvolvidos sobretudo durante a Segunda Guerra Mundial, com especial destaque ao DDT (dicloro difenil tricloroetano) que passou a ser utilizado como inseticida com seus conseqüentes impactos ambientais nocivos sobre águas, terra, flora, fauna e a vida humana. A questão ambiental começa a ter crescimento em importância, ultrapassando fronteiras e sendo encarada como uma questão de segurança global.

O texto *Limites do Crescimento*, publicado em 1972 pelo Clube de Roma, apontava cinco fatores restritivos ao crescimento, sendo eles a população crescente, a produção agrícola, a escassez de recursos naturais, a produção industrial e a poluição. Concluiu-se sobre a necessidade de mudança de

conduta, senão o planeta entraria em colapso por esgotamento de alimentos e de matéria-prima (VENDRAMINI, 2005).

Naquele mesmo ano, iniciativas internacionais pautadas por problemas ambientais, como convenções e relatórios, promoveram a “Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente Humano”, em Estocolmo, em que foi produzida a “Declaração da ONU sobre o Meio Ambiente Humano”, mais conhecida como a Carta de Estocolmo. Neste momento começam a ser relacionados o desenvolvimento econômico, a proteção ao meio ambiente e aspectos sociais, e estabelecidos princípios sobre direitos e deveres referentes ao meio ambiente. Em Estocolmo determinou-se a criação do PNUMA – Programa da Nações Unidas para o Meio Ambiente.

Na década de 1980 o conceito de *desenvolvimento sustentável* foi apresentado como um amadurecimento das relações entre as atividades humanas e a preservação do meio ambiente. “Sustentável”, do latim *sustinere*, significa permanecer em existência. O termo “desenvolvimento sustentável” entrou em uso inicialmente no início da década de 1980 com a publicação *World Conservation Strategy by the International Union for the Conservation of Nature* (Estratégia de Conservação Mundial pela União Internacional para a Conservação da Natureza) e ganhou uso corrente com a publicação de *Our Common Future* (Nosso Futuro Comum) – Bruntland Report, de 1987, pela Comissão Mundial em Ambiente e Desenvolvimento, criada em 1983 pela ONU e liderada pela primeira ministra da Noruega, Gro Harlem Brundtland. Este documento estabeleceu a definição mais aceita e difundida para Desenvolvimento Sustentável, para o qual é o “*desenvolvimento que satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazer as próprias necessidades*”.

Em 1992 o Brasil sediou, na cidade do Rio de Janeiro, a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD), a chamada Cúpula da Terra, também chamada RIO 92 ou ECO 92. Nesta conferência foi gerada a Agenda 21, firmada por 178 países, que propõe objetivos a serem alcançados, durante o século XXI, visando o

desenvolvimento sustentável, buscando equilíbrio entre as dimensões ambientais, sociais e econômicas, a chamada *triple botton line*.

Também em 1992, as Nações Unidas adotaram um Tratado Internacional, a *United Nations Framework Convention on Climate Change* (UNFCCC), criando normas gerais para estabilização das concentrações de gases de efeito estufa na atmosfera. A regulamentação da UNFCCC ocorreu na Conferencia das Partes, em reunião realizada em 1997 na cidade de Kyoto, Japão, que aprovou o que ficou conhecido como Protocolo de Kyoto (FRANGETTO, 2002).

No âmbito do Protocolo de Kyoto foram propostos mecanismos de mercado para que os países desenvolvidos também pudessem atingir os objetivos de redução de gases de efeito estufa; um que merece ser destacado e que é de interesse ao Brasil é o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL, que é o único que admite a participação voluntária de países em desenvolvimento. O MDL permite a certificação de projetos de redução de emissões nos países em desenvolvimento e a posterior venda das reduções certificadas de emissão, para serem utilizadas pelos países desenvolvidos como modo suplementar para cumprirem suas metas. Esse mecanismo deve implicar reduções de emissões adicionais àquelas que ocorreriam na ausência do projeto, garantindo benefícios reais, mensuráveis e de longo prazo para a mitigação da mudança do clima. As emissões consideradas são aquelas originárias das seguintes fontes de acordo com as categorias/setores abaixo relacionados:

- Energia
    - Queima de combustível
        - Setor energético
        - Indústrias de transformação e de construção
        - Transporte
        - Outros setores
        - Outros
    - Emissões fugitivas de combustíveis
        - Combustíveis sólidos
        - Petróleo e gás natural
        - Outros
- Processos industriais
    - Produtos minerais
    - Indústria química
    - Produção de metais

Outras produções
Produção de halocarbonos e hexafluoreto de enxofre
Consumo de halocarbonos e hexafluoreto de enxofre
Outros

- Uso de solventes e outros produtos
- Agricultura

Fermentação entérica
Tratamento de dejetos
Cultivo de arroz
Solos agrícolas
Queimadas prescritas de savana
Queima de resíduos agrícolas
Outros

- Resíduos

Disposição de resíduos sólidos
Tratamento de esgoto
Incineração de resíduos
Outros

Esse mecanismo tem permitido ao longo dos últimos quatro anos a validação e o registro de centenas de projetos originários de diversas partes do mundo, gerando uma expectativa concreta de redução de $871x10^6$ toneladas de CO_2e[10] para o primeiro período de obtenção dos créditos de carbono. O Brasil, depois da China e Índia, contribuirá com a terceira maior projeção de redução de emissões, cerca de 130 $x10^6$ de toneladas equivalentes de CO_2e.

Em 2002, foi realizada a Conferencia Mundial sobre o Desenvolvimento Sustentável, em Joanesburgo, África do Sul, a chamada RIO+10, em que foram avaliados os resultados efetivos dos compromissos firmados durante a RIO 92.

Publicada em 2005, a Avaliação Ecossistêmica do Milênio (ONU, 2005) teve por objetivo avaliar as conseqüências que as mudanças nos ecossistemas trazem para o bem-estar humano e as bases científicas das ações necessárias para melhorar a preservação e uso sustentável desses ecossistemas e sua contribuição ao bem-estar humano; este documento constitui-se na primeira avaliação da situação ambiental global.

---

[10] De acorco com o Protocolo de Kyoto, as emissões equivalente de gás carbônico (CO_2e) incluem outros gases de efeito estufa além do CO_2, a saber: metano (CH_4), óxido nitroso (NO_2),Hidrofluorcarbonos (HFCs), Perfluorcarbonos (PFCs) e Hexafluoreto de enxofre (SF_6).

1.3.1 A Inserção Brasil no Contexto Histórico

Poucas ações referentes ao meio ambiente ocorreram no Brasil, conforme aponta Cianciardi (2004), até a década de 1960, como as primeiras normas conservacionistas editadas em 1817 por Dom João para proteção das matas ciliares ao longo dos rios da cidade do Rio de Janeiro, motivadas por problemas no abastecimento de água potável; a promulgação em 1934, por incentivo de Alberto Loefgren, cientista sueco atuante no Brasil, do Código Florestal Brasileiro (Decreto Federal nº23.793/34); e, no mesmo ano, a promulgação do Código de Águas (Decreto Federal nº24.643/34).

A partir da década de 1960, inicia-se a participação brasileira em convenções e reuniões internacionais de preservação e conservacão do meio ambiente, como a Conferência Internacional sobre a Utilização Racional e a Conservação dos Recursos da Biosfera, promovida pela UNESCO – United Nations Education Science and Culture Organization.

A preparação da Convenção de Estocolmo, em 1972, foi vista como uma tentativa dos países desenvolvidos de frear o desenvolvimento dos países subdesenvolvidos (VENDRAMINI, 2005). O Brasil, que neste momento vivia o chamado “milagre econômico”, se posicionou como um dos líderes do bloco contrário a uma firme proteção nacional e internacional do meio ambiente, uma vez que, segundo Cianciardi (2004), o relatório do Clube de Roma, foco principal da Convenção de Estolmo, propunha uma estagnação do desenvolvimento econômico aos países do terceiro mundo com a chamada política de “crescimento zero”.

Tendo adotado uma posição reacionária na Conferência de Estocolmo, o Brasil passou a sofrer pressões para que mudasse sua posição relativa à tutela do meio ambiente, o que provocou a criação da SEMA – Secretaria Especial do Meio Ambiente, em 1973 (VENDRAMINI, 2005).

Em 1981, o Governo Federal, por intermédio da SEMA e a partir da lei nº6938/81, instituiu a Política Nacional do Meio Ambiente (lei nº6938/81) e a criação do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA), composto por conjunto de orgãos e instituições nos níveis federal, estadual e municipal,

ações que marcaram este ano como de especial importância para a proteção do meio ambiente brasileiro. No nível federal, foi criado o CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente, como orgão superior, consultivo e deliberativo. Posteriormente, já em 1989, veio a ser criado o IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais, de caráter executivo.

A crescente importância da questão ambiental fez com que o tema fosse incluído na elaboração da Constituição Federal do Brasil de 05 de outubro de 1988, hoje considerada uma das mais avançadas neste aspecto.

Em 1992, o Brasil sediou na cidade do Rio de Janeiro a já citada Conferencia das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente – (CNUMAD), sendo um dos países signatários da Agenda 21. Também em 1992 foi criado no Brasil o Ministério do Meio Ambiente – MMA, buscando estruturar a política ambiental no país.

Em 1997, o país firma compromissos no estabelecimento de mecanismos de controle da emissão dos chamados gases de efeito estufa, assinando o Protocolo de Kyoto.

Na realização da Conferencia Mundial sobre o Desenvolvimento Sustentável em Joanesburgo, a RIO+10, o Brasil se destacou por suas realizações internas de controle ambiental nas áreas jurídico-institucionais, programas e projetos. Alguns dos exemplos mais relevantes são a Lei de Crimes Ambientais (lei federal nº9605/98), a constituição do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (lei federal nº 9985/00), o Programa Nacional de Florestas, a Lei das Águas (lei federal nº9433/97), e a criação da ANA – Agencia Nacional de Águas, renovando o modelo gestor de recursos hidricos no país (PEDRO, 2002 *apud* CIANCIARDI, 2004). Não se pode deixar de mencionar, ainda, os esforços para criação da Agenda 21 Brasileira.

Em 1999, o então Presidente da República, Fernando Henrique Cardoso, criou a Comissão Interministerial de Mudança Global do Clima – CIMGC, com a finalidade de articular as ações de governo nessa área.

No Brasil, a CIMGC é a Agência Nacional Autorizada – AND que tem a competência de analisar e aprovar projetos de MDL antes da enviá-los à

Secretaria Executiva do MDL, organismo internacional que regulamenta normas e procedimentos, aprova projetos e valida os créditos de carbono. Nos últimos dois anos foram aprovados 111 projetos de MDL na AND brasileira, e mais 32 projetos estão em trâmite (BRASIL. MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 2007).

As operações financeiras com os créditos de carbono já foram regulamentadas pelo Banco Central por meio da Circular n°3291 de 08 de setembro de 2005, e podem ser cursadas diretamente junto aos bancos autorizados a operar no mercado de câmbio. Essa providência propiciará maior agilidade e segurança para o fluxo de recursos decorrentes de negociações dessa natureza[11].

Já como cumprimento dos compromissos assumidos durante a Rio+10, o Brasil apresentou em 2006 seu Plano Nacional de Recursos Hidricos - PNRH, cujo objetivo é assegurar as disponibilidades hídricas em quantidade e qualidade para o seu uso racional e sustentável (AMBIENTE BRASIL, 30/01/06).

Apesar de todos os esforços, o Brasil foi classificado em 34º lugar no Índice de Desempenho Ambiental 2006, feito por pesquisadores da Universidade de Yale e Columbia, nos Estados Unidos, e apresentado no Fórum Econômico Mundial, em Davos (AMBIENTE BRASIL, 20/01/06).

---

[11] Para aprofundamento do tema consultar publicações do Ministério da Ciência e Tecnologia relativas ao Mecanismos de Desenvolvimento Limpo – MDL e sobre o Protocolo de Kioto, disponibilizadas *on line*, no endereço eletrônico: http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/3881.html.

1.3.2 Ações Específicas para a Indústria da Construção

As ações globais e genéricas vem se refletindo nos diversos setores da sociedade a partir da década de 1990, mais especificamente a partir da RIO92 e inicialmente baseadas na Agenda 21.

No setor da construção civil, as interpretações da Agenda 21 mais importantes são (1) a Agenda Habitat II, assinada na Conferência das Nações Unidas realizada em Istambul, em 1996; (2) a *CIB Agenda 21 on Sustainable Construction*, que contempla, entre outros, medidas de redução de impactos através de alterações na forma como os edifícios são projetados, construídos e gerenciados ao longo do tempo; e (3) a CIB/UNEP *Agenda 21 for Sustainable Construction in Developing Countries*.

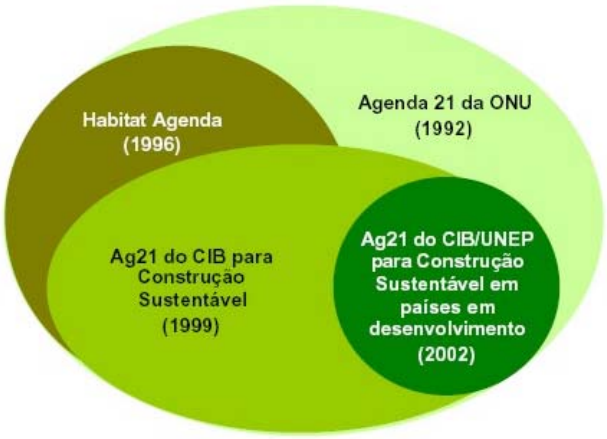


Figura 1.2 - Reinterpretações da Agenda 21 relacionadas ao setor da construção. (SILVA, 2003)

2 ASPECTOS CONCEITUAIS E TEÓRICOS

Antes que se inicie uma abordagem dos aspectos ambientais das construções e seu relacionamento com as atividades de projeto, faz-se necessário que se apresentem alguns conceitos. Neste capítulo são tratados os conceitos de desempenho construtivo, desempenho ambiental, avaliação do ciclo de vida, impactos ambientais das atividades humanas e, baseado nestes, proposta de conceituação para desempenho ambiental construtivo. Estes conceitos serão relacionados no capítulo 3 às atividades construtivas e à importância do projeto neste contexto.

2.1 DESEMPENHO CONSTRUTIVO

Segundo Spekkink (2005), a definição mais simples para o conceito de desempenho é apresentada pelo Relatório CIB#64 (GIBSON, 1982), "Trabalhando com o enfoque de Desempenho em construção" , que define:
"O enfoque em desempenho é a prática de pensar e trabalhar mais termos de fins do que em termos de meios. Isso, no que diz respeito em para que uma construção ou parte dela é requisitada a fazer, e não prescrevendo como ela deve ser construída".
Construção Baseada em Desempenho, prossegue Spekkink, é focada no desempenho requerido para as necessidades do usuário, que significa estar ajustado à finalidade do produto construído, sendo oposto ao enfoque prescritivo, mais tradicional, descrevendo tipo e qualidade dos materiais, método de construção, etc. Este último, embora mais simples de ser aplicado, apresenta riscos de "engessar" mudanças e inovações, que poderiam vir a ter resultados até mais satisfatórios. É mais apropriado o uso misto dos dois modelos, aplicando-se o mais adequado a cada situação.
Definições e estabelecimento de princípios para avaliação do desempenho das construções ou, mais especificamente dos edifícios, foram apresentados

pela ISO - *International Organization for Standardization* através da norma ISO6241 – Padrões de Desempenho em Edifícios, em 1982, objetivando definir o comportamento requerido de edifícios como um todo, partes de edifícios e materiais construtivos, em termos dos requisitos funcionais de seus usuários. Para atendimento à finalidade da norma, são apresentadas, dentre outras, as definições abaixo:

- Usuário: pessoa, animal ou objeto para o qual a construção foi projetada.
- Agente: Algo que age sobre a construção ou parte dela.
- Requisito do usuário: relação de necessidades a serem preenchidas (pela construção).
- Desempenho: O comportamento (de um produto) relacionado ao uso.

Spekkink (2005) aponta que tratando-se os requisitos do usuário em termos técnicos qualificáveis e mensuráveis pode-se falar sobre "requisitos de desempenho", remetendo à definição abaixo:

Requisitos de desempenho em construções são expressos em termos de soluções independentes e de propriedades mensuráveis do edifício, espaços ou subsistemas, que são requeridos para facilitar o uso pretendido.

Um requisito do usuário pode implicar diversos requisitos de desempenho. A Tabela 2.2 representa um exemplo de tradução de um requisito do usuário em seus correspondentes requisitos de desempenho.

Requisitos do Usuário	Requisitos de Desempenho
Fazer reuniões com no máximo 25 pessoas, com arranjos variáveis.	- espaço necessário: 3m² por pessoa - Proporção comprimento : largura ≤ 1,5:1 - Ventilação: mín. 30m³ ar/pessoa/hora - Temperatura: entre 19 a 21ºC - Ruído de fundo: máx. 35 dB(A) - Tempo reverberação: 0,8 – 1,0 seg. - iluminância no plano de trabalho (altura da mesa): mín. 500 lux

Tabela 2.2 - Requisitos de desempenho para um único Requisito do Usuário (SPEKKINK, 2005)

Esta tabela demostra a diferença entre requisitos do usuário e requisitos de desempenho. A primeira é a linguagem que o usuário entende, enquanto que a segunda é a linguagem que somente o especialista entende. A tradução de uma para a outra linguagem é tarefa para o especialista, ou seja, arquitetos e/ou engenheiros consultores.

A tabela demonstra que os requisitos de desempenho descrevem o nível de qualidade em diferentes aspectos para o edifício em uso, sem sugerir nenhuma solução, permitindo ao projetista criar e inovar nas soluções. Para assegurar-se de que as soluções atendam os requisitos de desempenho, elas podem ser avaliadas através de Indicadores de Desempenho (IDs) ou Especificações de Desempenho, podendo estas serem extraídas de propostas de projetos por medições, cálculos e simulações.

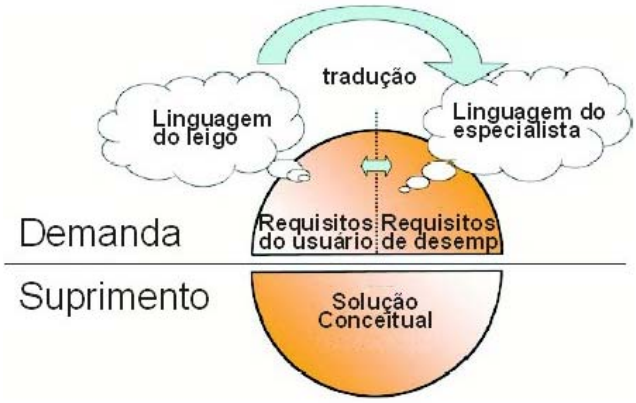


Figura 2.3 – Demanda / Suprimento (SPEKKINK, 2005)

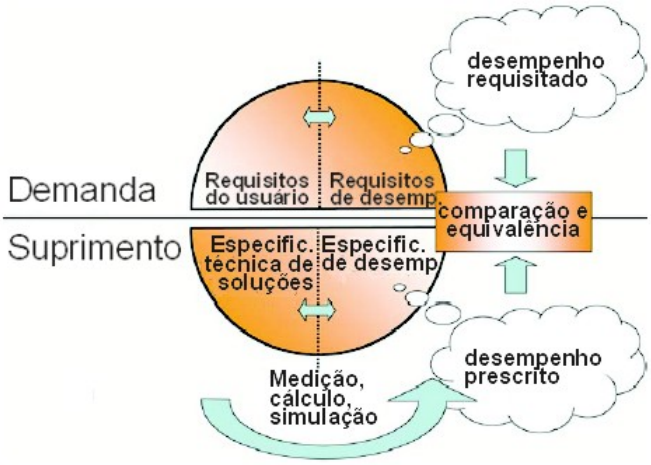


Figura 2.4 – Tradução de soluções (SPEKKINK, 2005)

A distinção entre Indicadores de Desempenho e Especificações de Desempenho está em que o primeiro representa a demanda, a qualidade requerida, e o segundo representa o suprimento desta demanda, o desempenho de soluções de projeto específicas. (SPEKKINK, 2005).

A norma ISO6241 define que normas de desempenho devem incluir relatórios sobre:

a) Requisitos de desempenho (expressos como limites de valores ou graduação) para edifícios ou suas partes sob condições específicas e referente a:

1) Requisitos dos usuários
2) Agentes relevantes para o desempenho do edifício, como clima, condições do terreno ou características de ocupação.

b) Métodos de avaliação de cada característica de desempenho, incluindo desempenho ao longo do tempo, também referindo-se aos requisitos e agentes.

O método de avaliação ou verificação de cada requisito de desempenho pode ser por meio de:

a) Teste: através de medições diretas ou outros meios de determinação sob reais condições de uso ou condições apropriadamente correlacionadas ao uso.
b) Cálculo: indica o alcance de satisfação de requisitos funcionais por meio de modelos teóricos.
c) Julgamento: permite avaliação dos requisitos funcionais através da avaliação baseada na experiência em casos e condições similares.

Os requisitos dos usuários apresentados originalmente pela norma ISO6241 são Estabilidade, Segurança ao fogo, Segurança em uso, Estanqueidade, Higrotermia, Pureza do ar, Conforto acústico, Conforto visual, Conforto tátil, Conforto antropodinâmico, Higiene, Conveniência de espaços para usos específicos, Durabilidade e Economia.

Não foram previstos na lista acima requisitos especificamente ambientais, embora alguns destes requisitos impliquem em avaliação de desempenho

ambiental, como os requisitos pureza do ar e conforto acústico. No entanto, a melhoria de alguns destes aspectos de desempenho é condição para obtenção de melhoria de desempenho ambiental.

Os agentes relevantes para o desempenho do edifício são classificados em mecânicos, eletromagnéticos, térmicos, químicos e biológicos. As origens dos agentes podem ser externas ao edifício ou internas ao mesmo, neste caso podendo ser referentes à ocupação do edifício ou conseqüentes do projeto.

No Brasil, a norma em desenvolvimento *Desempenho de Edifícios Habitacionais até Cinco Pavimentos* (ABNT, 2006), lista os requisitos do usuário apresentados a seguir: Desempenho estrutural, Segurança contra incêndio, Segurança no uso e operação, Estanqueidade, Desempenho térmico, Desempenho acústico, Desempenho lumínico, Saúde, higiene e qualidade do ar, Funcionalidade e acessibilidade, Conforto tátil-visual e antropodinâmico, Durabilidade e manutenibilidade e Adequação ambiental.

Este projeto de norma inclui, além dos requisitos da norma ISO6241 em parte reorganizados, também aspectos como saúde, acessibilidade e adequação ambiental, aspectos esses alinhados com as agendas contemporâneas. A característica de adequação ambiental já é considerada aqui como item de desempenho construtivo, embora ainda de maneira muito insipiente em seu atual estágio de desenvolvimento, apenas nos aspectos de uso racional de água e contaminação do solo e lençol freático. Assim como na norma ISO6241, aqui também alguns dos requisitos de desempenho construtivo interferem nos resultados de desempenho ambiental, e a melhoria destes aspectos de desempenho é condição para obtenção de melhoria também em desempenho ambiental.

2.2 DESEMPENHO AMBIENTAL

Avaliar o desempenho ambiental de um processo implica na adoção de metodologias e procedimentos que permitam a mensuração dos resultados em termos ambientais.

A questão do desempenho ambiental é objeto de normalização, através das normas da série ISO14000 que, com diferenças quanto às suas finalidades específicas, foram desenvolvidas para serem aplicadas por organizações na tarefa não apenas de avaliar o desempenho ambiental, mas principalmente de estabelecer procedimentos para gestão ambiental, certificação, implementação, controle e outros aspectos relacionados.

São apresentadas a seguir linhas gerais das principais normas desta série.

2.2.1 Normas Série ISO14000

2.2.1.1 ISO 14001 - Sistemas de gestão ambiental - Especificação e diretrizes para uso

Norma que especifica Sistemas de Gestão Ambiental (SGA), para aplicação por organizações de diversos portes em diferentes condições geográficas, culturais e sociais. Tem por finalidade equilibrar a proteção ambiental e a prevenção de poluição com as necessidades sócioeconômicas. Contém apenas requisitos que podem ser auditados para fins de certificação e/ou autodeclaração, não especificando requisitos absolutos para o desempenho ambiental além do comprometimento, expresso na política, de atender à legislação e regulamentos aplicáveis com melhoria continua (Figura 2.5)

A aplicação desta norma não garante, por si só, resultados ambientais ótimos, devendo o sistema de gestão ambiental recomendar o uso da melhor tecnologia disponível, desde que a relação custo/benefício seja favorável.

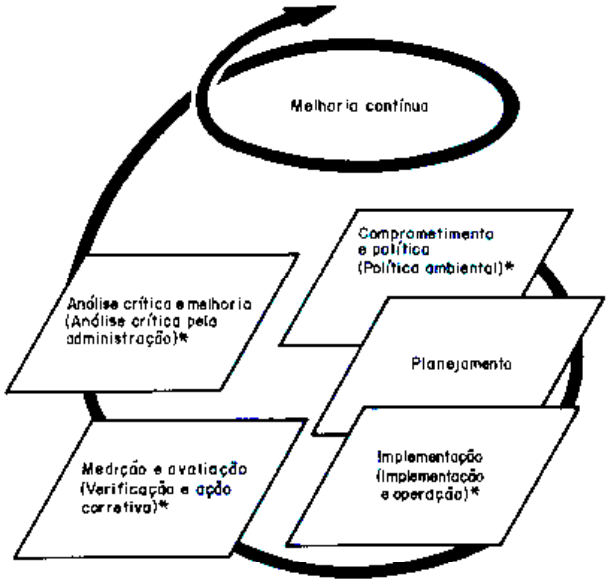


Figura 2.5 – Modelo de sistema de gestão ambiental (ISO14001)

Dentre as definições apresentadas pela norma, destacam-se:

- meio ambiente: circunvizinhança em que uma organização opera, incluindo ar, água, solo, recursos naturais, flora, fauna, seres humanos e suas inter-relações.
- impacto ambiental :qualquer modificação do meio ambiente, adversa ou benéfica, que resulte, no todo ou em parte, das atividades, produtos ou serviços de uma organização.
- desempenho ambiental: resultados mensuráveis do sistema de gestão ambiental, relativos ao controle de uma organização sobre seus aspectos ambientais, com base na sua política, seus objetivos e metas ambientais.

A norma estabelece requisitos de um sistema de gestão ambiental, sendo eles política ambiental, planejamento, implementação e operação, verificação e ação corretiva e análise crítica pela administração.

A Norma contém requisitos de sistemas de gestão baseados no processo dinâmico e cíclico de “planejar, implementar, verificar e analisar criticamente”. É recomendado que o sistema permita a uma organização estabelecer uma política ambiental, identificar os aspectos ambientais decorrentes de atividades, identificar os requisitos legais e regulamentares

aplicáveis, estabelecer prioridades, objetivos e metas ambientais, estabelecer uma estrutura e programas de implementação, facilitar as atividades correlatas ao SGA e favorecer a adaptação às circunstâncias.

2.2.1.2 ISO 14004 - Sistemas de gestão ambiental - Diretrizes gerais sobre princípios, sistemas e técnicas de apoio

A norma ISO 14004 tem como objetivo geral fornecer assistência a organizações na implementação e aprimoramento de um SGA. Ela orienta as organizações como efetivamente iniciar, aprimorar e manter um sistema de gestão ambiental, constituindo-se como ferramenta gerencial interna.

Diferentemente da norma ISO 14001, esta norma não se destina a fins de certificação/registro e auto-declaração, mas orientar os responsáveis quanto à valorização do SGA, comunicação interna e externa, requisitos legais aplicáveis e os aspectos ambientais associados às atividades, comprometimento, definição de responsabilidades, planejamento ambiental ao longo do ciclo de vida do produto ou do processo, estabelecimento de níveis de desempenho, provimento de recursos, avaliação e aprimoramento do desempenho ambiental, auditoria e analise critica do SGA visando melhoria do sistema, e estimulo à prestadores de serviços e fornecedores a estabelecer um SGA.

A Norma provê orientação para o desenvolvimento e a implementação de princípios e sistemas de gestão ambiental e sua coordenação com outros sistemas de gestão.

Os princípios para esta norma são os mesmos que para a ISO14001, em um processo seqüencial e retroalimentado, que são:

1) Comprometimento e Política – de incumbência da alta administração, inclui avaliação ambiental inicial (aspectos legais, desempenho, gestão ambiental, vantagens competitivas) e política ambiental (princípios de ação considerando valores da organização, requisitos das partes, prevenção, coordenação com outras políticas, condições geográficas, leis

e outros critérios ambientais pertinentes).

2) Planejamento – abordando (a) identificação e avaliação de aspectos ambientais ao longo do tempo, quanto à exposição legal, regulamentar e comercial da organização, incluindo impactos sobre a saúde e segurança e a avaliação de risco ambiental; (b) requisitos legais e outros, podendo ser específicos à atividade, específicos aos produtos ou serviços, específicos ao ramo de atividade, leis ambientais gerais e ainda autorizações, licenças e permissões; (c) critérios Internos de desempenho, quando normas externas não atenderem às necessidades ou não existirem; (d) objetivos e metas ambientais, recomendando-se que se considere o estabelecimento de indicadores de desempenho ambiental mensuráveis; (e) programa de gestão ambiental, abrangendo cronogramas, recursos e responsabilidades;
3) Implementação – incluindo (a) capacitação, assegurando recursos humanos, físicos e financeiros, integração entre sistemas de gestão, atribuição de responsabilidades, conscientização, motivação e treinamento; (b) ações de apoio, como comunicação, relato, documentação, controle operacional e atendimento a emergências; (c) medição e avaliação, com ações de medição e monitoramento, correção e prevenção, registros e gestão da informação e auditorias.
4) Análise Crítica e Melhoria Contínua.

2.2.1.3 ISO14031 - Gerenciamento Ambiental – Avaliação de Desempenho Ambiental - Diretrizes

Esta norma fornece diretrizes para projeto e uso de Avaliação de Desempenho Ambiental em uma organização. Embora também seja de finalidade gerencial, esta norma tem um caráter mais operacional que as normas ISO14001 e ISO14004, oferecendo maior aproximação à obtenção de resultados objetivos.

A ISO14031 também apresenta definições, como as transcritas a seguir, em

parte divergindo em relação à norma ISO14001.

- Desempenho Ambiental: resultados do gerenciamento de uma organização em aspectos ambientais.
- Avaliação de Desempenho Ambiental: processo para facilitar decisões gerenciais em relação a desempenho ambiental pela seleção de indicadores, coleta e análise de dados, avaliando informações frente critérios de desempenho ambiental, relatando e comunicando, e periodicamente revisando e aprimorando o processo.

Para esta norma, a Avaliação de Desempenho Ambiental (ADA ou EPE – Environmental Performance Evaluation) é um processo de gerenciamento interno comparando a situação atual de uma organização com um critério de desempenho ambiental, seguindo o modelo de gerenciamento PDCA (Plan-Do-Check-Act) (Figura 2.6).

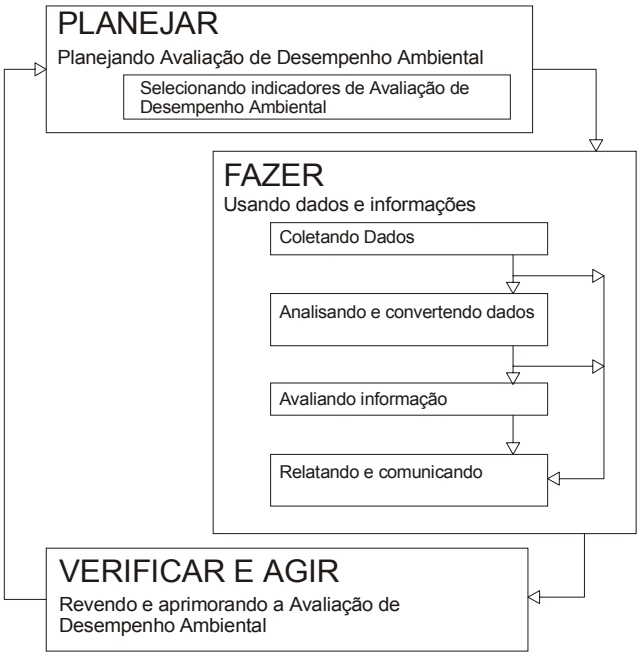


Figura 2.6 – Avaliação de Desempenho Ambiental (ISO14031)

Os indicadores de avaliação de desempenho ambiental (EPEs) são listados a seguir:

- Indicadores de desempenho ambiental (EPI – Environmental Performance Indicator), podendo ser Indicadores de Desempenho

Gerencial (MPI – Management Performance Indicator) e Indicadores de Desempenho Operacional (OPI – Operacional Performance Indicator);

- Indicadores de Condição Ambiental (ECI – Environmental Condition Indicator) – informações sobre as condições do ambiente.

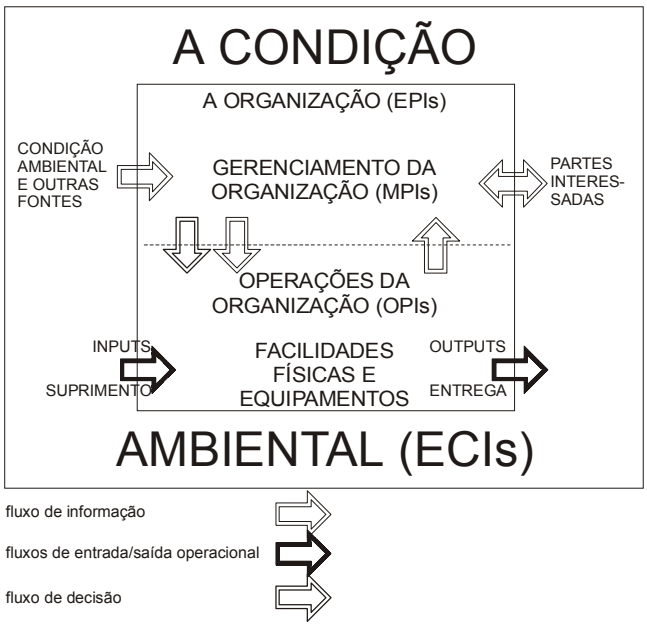


Figura 2.7 – Interrelacionamento do gerenciamento da organização e operações com condicionantes ambientais (ISO14031)

A seleção de indicadores deve buscar apresentar dados quantitativos e qualitativos mais compreensíveis e úteis, ajudando a converter dados mais relevantes em informação concisa sobre os esforços gerenciais a influenciar os desempenhos operacional e organizacional, ou as condições ambientais. Os indicadores são apresentados abaixo conforme suas classes:

MPIs - políticas, pessoas, planejamento de atividades, práticas e procedimentos em todos os níveis da organização.

OPIs - fornecem informações sobre o desempenho ambiental das operações, relacionados a:

- *inputs* (entradas): materiais (processado, reciclado, reusado ou materias primas; recursos naturais), energia e serviços;
- o fornecimento de *inputs* para as operações da organização;
- projeto, instalação, operação e manutenção das facilidades físicas e equipamentos da organização;

- *outputs* (saídas): produtos (produtos principais, sub-produtos, reciclados e reutilizados), serviços, lixos (sólidos, líquidos, perigosos, não perigosos, reciclaveis, reusáveis), e emissões (emissões ao ar, efluentes para a água e solo, ruído, vibração, calor, radiação, luz) resultantes das operações da organização;
- a destinação dos outputs resultantes das operações.

ECIs - informações sobre as condições ambientais locais, regionais, nacionais e globais. Fornecem informações úteis na ausência de medições quanto aos impactos ambientais.

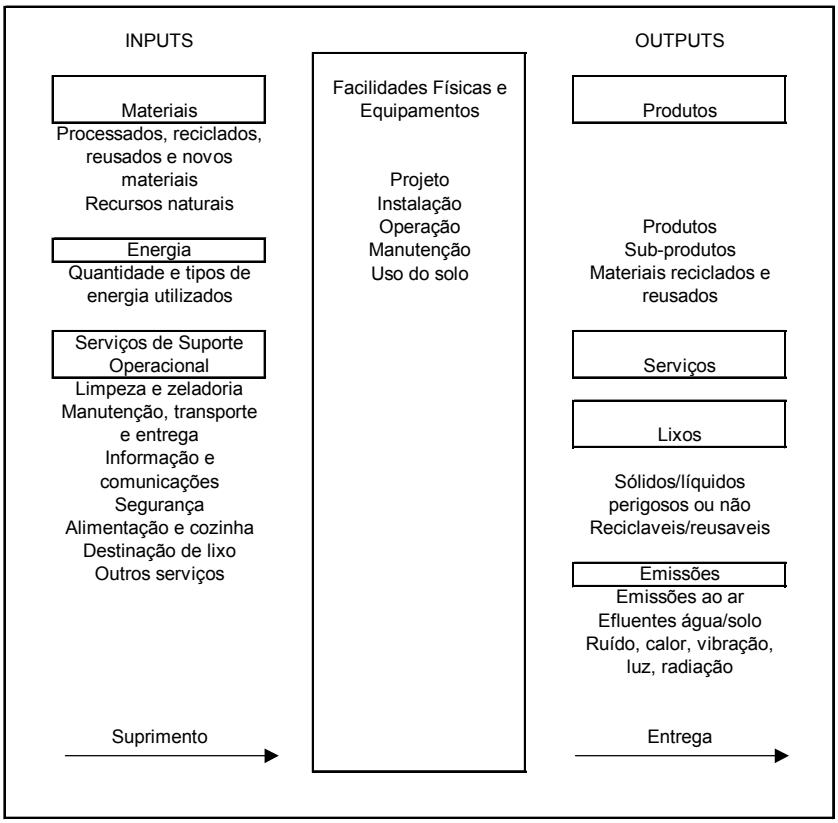


Tabela 2.3 – Operações da organização (ISO14031)

Além das normas acima, das quais foi apresentado um breve resumo conceitual, destacam-se ainda as normas da série ISO14040, abordando a avaliação do ciclo de vida, assunto tratado na próxima seção deste texto.

Embora as normas da série se destinem especificamente à aplicação organizacional, seus conceitos são referenciais ao se tratar de desempenho ambiental.

2.3 AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA

A Avaliação do Ciclo de Vida[12] (ACV) é tratada nas normas da série ISO14040. Segundo a norma ISO14040 (ABNT, 2001), em decorrência da crescente conscientização sobre a importância da proteção ambiental e dos possíveis impactos associados a produtos manufaturados e consumidos tem aumentado o interesse no desenvolvimento de métodos para melhor compreender e diminuir estes impactos, sendo a ACV uma das técnicas em desenvolvimento com este propósito.

Segundo Manzini;Vezzoli (2005), a ACV, como um dos métodos quantitativos de análise e avaliação do impacto ambiental, é uma operação complexa devido a três razões fundamentais, primeiramente pelo impacto ambiental não ser determinado por um produto apenas, mas por um conjunto de processos que o acompanha durante todo o seu ciclo de vida, cuja avaliação é sujeita a muitas incertezas; em segundo lugar, uma vez definido o ciclo de vida inteiro de um produto, ocorrem dúvidas sobre os reais impactos decorrentes devido a uma limitação dos dados disponíveis para análise; e, por fim, o conhecimento sobre o meio ambiente ainda é limitado, sendo as relações de causa e efeito de difícil identificação. A metodologia da ACV, em síntese, é sujeita a críticas por sua complexidade e conseqüente alto custo, muitas vezes inviabilizando sua aplicação, e também por simplificar demais a situação real, não sendo segura do ponto de vista científico e ambiental. Apesar de todas estas questões, a ACV é, com certeza, a metodologia que melhor enfrenta os problemas a que se destina.

Para demonstrar a que tipo de problemas a ACV pode ser aplicada, vamos descrever alguns exemplos. Soares (2006) cita o caso da Califórnia, nos Estados Unidos, que foi o primeiro estado americano a receber veículos elétricos como meio de redução da poluição causada por motores

---

[12] Life Cycle Analysis, Life Cycle Assessment (LCA), Product Line Analysis, Ecological Balance, segundo a terminologia inglesa (Soares, 2006).

tradicionais a combustão. Porém, considerando que, atualmente, a energia elétrica consumida por aquele estado provém essencialmente de combustíveis fósseis, o aumento da demanda de eletricidade poderia tornar o balanço de poluição negativo, comparado com a situação inicial. Outro exemplo seria um questionamento se o uso de embalagens descartáveis apresenta, de fato, conseqüências mais negativas ao meio ambiente do que embalagens retornáveis, considerando-se para estas todas as atividades conexas ao processo, como a coleta, o transporte, a lavagem e a desinfecção, o tratamento dos efluentes gerados, etc.

A produção do meio ambiente construído também apresenta questionamentos semelhantes, que devem ser feitos desde o desenvolvimento do projeto, sobre as diversas soluções possíveis para atendimento a um determinado requisito funcional, qual a que traria menores conseqüencias negativas ao meio ambiente. Concreto armado ou Aço: qual delas seria a solução estrutural de menor impacto ambiental negativo que poderia ser adotada durante o projeto de um edifício? Como avaliar os impactos ambientais da construção de um edifício utilizando-se blocos de concreto como elementos de vedação em comparação à construção do mesmo edifício, caso fossem utilizados blocos cerâmicos?

Como técnica de suporte à obtenção de respostas a questionamentos como os expostos acima, a ACV se apresenta, segundo Soares, como ferramenta de excelência para análise e escolha de alternativas, sob uma perspectiva puramente ambiental. O seu princípio consiste em analisar as repercussões ambientais de um produto ou atividade, a partir de um inventário de entradas e saídas (matérias-primas e energia, produto, subprodutos e resíduos) do sistema considerado. As fronteiras de análise devem considerar as etapas de extração de matérias-primas, transporte, fabricação, uso e descarte (o ciclo de vida). Esse procedimento permite uma avaliação científica da situação, além de facilitar a localização de eventuais mudanças associadas às diferentes etapas do ciclo que resultem em melhorias no seu perfil ambiental.

2.3.1 Princípios da Avaliação do Ciclo de Vida

A Avaliação do Ciclo de Vida foi originalmente definida pela SETAC[13] como sendo um "processo para avaliar as implicações ambientais de um produto, processo ou atividade, através da identificação e quantificação dos usos de energia e matéria e das emissões ambientais; avaliar o impacto ambiental desses usos de energia e matéria e das emissões; e identificar e avaliar oportunidades de realizar melhorias ambientais. A avaliação inclui todo o ciclo de vida do produto, processo ou atividade, abrangendo a extração e o processamento de matérias-primas; manufatura, transporte e distribuição; uso, reuso e manutenção; reciclagem e disposição final". ACV é, portanto, um procedimento de analisar formalmente a complexa interação de um sistema – que pode ser um material, um componente ou um conjunto de componentes – com o ambiente, ao longo de todo o seu ciclo de vida, caracterizando o que tornou-se conhecido como enfoque do "berço ao túmulo" (*cradle-to-grave*). A ACV, segundo Manzini;Vezzoli (2005), leva em consideração os impactos ambientais nos âmbitos da saúde ecológica, da saúde humana e do esgotamento de recursos naturais, não fazendo considerações de caráter econômico e social.

A definição para a Avaliação do Ciclo de Vida é apresentada pela Norma NBRISO14040, de maneira mais objetiva, juntamente com outras definições, dentre as quais destacam-se:

Avaliação do Ciclo de Vida (ACV): Compilação e avaliação das entradas, das saídas e dos impactos ambientais potenciais de um sistema de produto ao longo do seu ciclo de vida.

Ciclo de vida: Estágios sucessivos e encadeados de um sistema de produto, desde a aquisição da matéria-prima ou geração de recursos naturais à disposição final.

Avaliação do impacto do ciclo de vida: Fase da avaliação do ciclo de vida

---

[13] SETAC – Society for Environmental Toxicology and Chemistry. Historicamente, o primeiro organismo em nível internacional a atuar no desenvolvimento da ACV.

dirigida à compreensão e à avaliação da magnitude e significância dos impactos ambientais potenciais de um sistema de produto.

Interpretação do ciclo de vida: Fase da avaliação do ciclo de vida na qual as constatações da análise de inventário ou da avaliação de impacto, ou de ambas, são combinadas consistentemente com o objetivo e o escopo definidos para obter conclusões e recomendações.

Análise do inventário do ciclo de vida: Fase da avaliação do ciclo de vida envolvendo a compilação e a quantificação de entradas e saídas, para um determinado sistema de produto ao longo do seu ciclo de vida.

Silva (2003) apresenta, com base na SETAC, os principais objetivos de uma ACV como sendo:

a) retratar, da forma mais completa possível, as interações entre o processo considerado e o ambiente;
b) contribuir para o entendimento da natureza global e independente das conseqüencias das atividades humanas sobre o ambiente e;
c) produzir informações objetivas que permitam identificar oportunidades para melhorias ambientais.

Genericamente, as ACVs podem ser aplicadas para:

- Avaliação da adequação ambiental (uso eficiente de recursos e redução de emissões) de uma determinada tecnologia, processo ou produto;
- Identificação de oportunidades para melhorar os aspectos ambientais dos produtos em vários pontos de seu ciclo de vida;
- Comparação de alternativas tecnológicas de processos ou produtos diferentes, porém destinados à mesma função;
- na tomada de decisões na indústria, organizações governamentais ou não-governamentais (por exemplo, planejamento estratégico, definição de prioridades, projeto ou reprojeto de produtos ou processos);
- na seleção de indicadores pertinentes de desempenho ambiental, incluindo técnicas de medição; e
- Geração de informações para os consumidores e o meio técnico, que

poderão servir para rotulagem ambiental ou declaração ambiental de produto, e justificar o mantenimento ou não de determinado produto no mercado.

Especificamente na construção civil, o conceito de avaliação do ciclo de vida tem sido aplicado, direta ou indiretamente, em:

- avaliação de materiais de construção, para fins de melhoria de processo e produto ou informação a projetistas (inserção de dados ambientais sistematizados em catálogos);
- rotulagem ambiental de produtos, uma iniciativa incipiente, porém recebendo investimentos crescentes;
- ferramentas computacionais de suporte à decisão e auxílio ao projeto, especializadas no uso de ACV para medir ou comparar o desempenho ambiental de materiais e componentes de construção civil;
- instrumentos de informação aos projetistas; e
- esquemas de avaliação/certificação ambiental de edifícios.

2.3.2 Fases de uma ACV

A avaliação do ciclo de vida, conforme a norma NBRISO14040, deve incluir a definição de objetivo e escopo, análise de inventário, avaliação de impactos e interpretação de resultados, conforme ilustrado na Figura 2.8 e descrições a seguir.

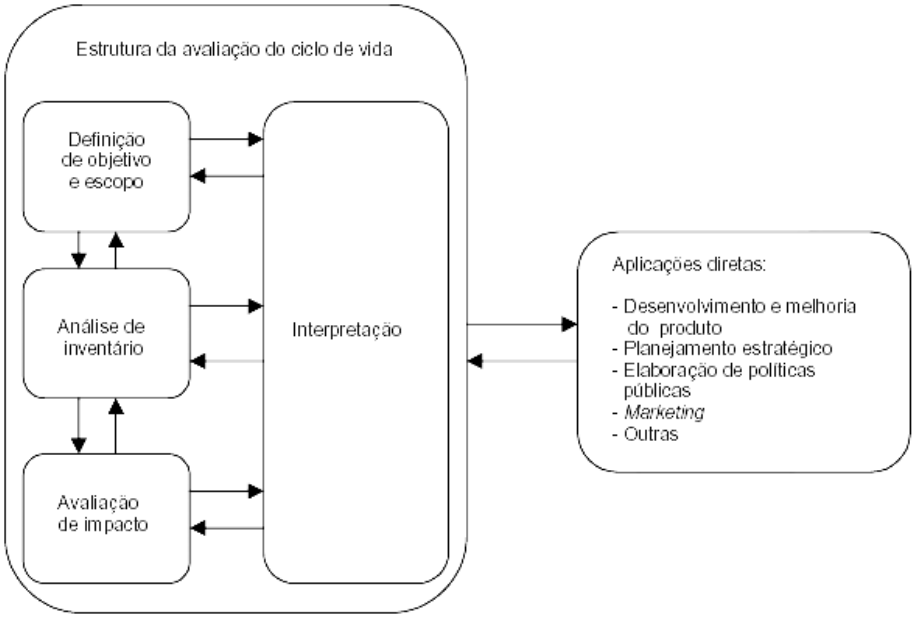


Figura 2.8 - Fases de uma ACV (NBRISO14040)

a - Objetivo do estudo da ACV

O objetivo de um estudo da ACV deve declarar inequivocamente a aplicação pretendida, as razões para conduzir o estudo e o público-alvo, isto é, para quem se pretende comunicar os resultados do estudo.

b - Escopo do estudo

Na definição do escopo de um estudo da ACV devem ser considerados e claramente descritos os seguintes itens:

- as funções do sistema de produto ou, no caso de estudos comparativos, dos sistemas;
- a unidade funcional;
- o sistema de produto a ser estudado;
- as fronteiras do sistema de produto;
- procedimentos de alocação;
- tipos de impacto e metodologia de avaliação de impacto e interpretação

subseqüente a ser usada;

- requisitos dos dados;
- suposições;
- limitações;
- requisitos da qualidade dos dados iniciais;
- tipo de análise crítica, se aplicável; e
- tipo e formato do relatório requerido para o estudo.

Convém que o escopo seja suficientemente bem definido para assegurar que a extensão, a profundidade e o grau de detalhe do estudo sejam compatíveis e suficientes para atender o objetivo estabelecido.
Manzini;Vezzoli (2005) destaca, dentre os itens a serem considerados na definição do escopo, como um dos passos mais importantes da ACV, a Definição da Unidade Funcional, presumindo-se que as medidas e as avaliações sejam feitas baseadas nas serventias do sistema em análise, ou seja, o objeto de estudo em destaque não é tanto o produto físico, mas também a sua função, que representa o serviço e os resultados que vai fornecer. Definida a unidade funcional do produto ou sistema, esta será a entidade usada para medir e comparar.

c - Análise do inventário do ciclo de vida

Análise do inventário envolve a coleta de dados e procedimentos de cálculo para quantificar as entradas e saídas pertinentes de um sistema de produto. Estas entradas e saídas podem incluir o uso de recursos e liberações no ar, na água e no solo associados com o sistema.
Segundo Manzini;Vezzoli, após a definição do sistema de produto e seus limites e, descritos os processos (flow-chart: Figura 2.9), passa-se para a fase de tratamento dos dados, caracterizada, entre outras, pelas atividades de recolha de dados, definição de procedimentos de cálculo, construção de tabelas de levantamento ou de inventário (Tabela 2.4), e, análise dos dados.

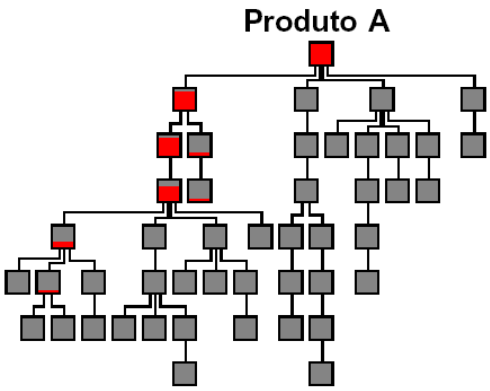


Figura 2.9 - Representação do ciclo de vida de um produto como uma árvore de processos (SILVA, 2003)

Emissões	Polietileno	Vidro	Unidade
CO_2	1,792	0,4904	kg
NO_x	$1{,}091 \times 10^{-3}$	$1{,}586 \times 10^{-3}$	kg
SO_2	$987{,}0 \times 10^{-6}$	$2{,}652 \times 10^{-3}$	kg
CO	$670{,}0 \times 10^{-6}$	$57{,}00 \times 10^{-6}$	kg
...	...	...	...
...	...	...	...

Tabela 2.4 - Trecho de planilha de impactos ambientais resultante da produção de 1kg de polietileno e 1kg de vidro. (SILVA, 2003)

Podem ser feitas interpretações destes dados, dependendo dos objetivos e do escopo da ACV. Estes dados também constituem a entrada para a avaliação do impacto do ciclo de vida.

O processo de condução de uma análise do inventário é interativo. Na medida em que os dados são coletados e é conhecido mais sobre o sistema, podem ser identificados novos requisitos ou limitações para os dados que requeiram uma mudança nos procedimentos de coleta de dados, de forma que os objetivos do estudo ainda sejam alcançados. Às vezes, podem ser identificadas questões que requeiram revisões de objetivo ou do escopo do estudo.

d - Avaliação do impacto do ciclo de vida

A fase de avaliação do impacto da ACV é dirigida, conforme a NBRISO14040, à avaliação da significância de impactos ambientais potenciais, usando os resultados da análise de inventário do ciclo de vida. Em geral, este processo envolve a associação de dados de inventário com impactos ambientais específicos e a tentativa de compreender estes impactos. O nível de detalhe, a escolha dos impactos avaliados e as metodologias usadas dependem do objetivo e do escopo do estudo.

A fase de avaliação de impacto é caracterizada por quatro subfases sucessivas:

- Classificação: correlação de dados de inventário por categorias de impacto. Todos os *inputs* e *outputs* das tabelas de levantamento são classificadas em grupos relativos aos efeitos que provocam na saúde humana, no ambiente e no esgotamento de recursos naturais, grupos esses cujas classes mais conhecidas são detalhadas, no ítem 2.4, mais adiante neste texto;
- Caracterização: modelagem dos dados de inventário dentro das categorias de impacto. Leva a uma agregação de impactos no interior de cada classe de efeito ambiental, considerando-se as diferentes intensidades de efeitos provocados pelas diversas substâncias, aplicando-se fatores de equivalância que indica a contribuição relativa na soma dos resultados. pontos-efeito = fatores de equivalência x quantidade.

Emissões	Quantidade(kg)	Aquecimento Global	Dano à Camada de Ozônio	Toxicidade ao Homem	Acidificação
CO_2	1,792	x1,0	-	-	-
NO_x	$1,091x10^{-3}$	-	-	x0,78	x0,7
SO_2	$987,0x10^{-6}$	-	-	x1,2	x1,0
CO	$670,0x10^{-6}$	-	-	x0,012	-
Pontuação de Efeitos		1,792	0	0,00204	0,0017

Tabela 2.5 - Exemplo de caracterização: trecho da planilha de impactos para a produção de 1kg de polietileno (SILVA, 2003)

- Normalização: possível agregação dos resultados em casos muito específicos e somente quando significativos. Segundo Manzini;Vezzoli (2005), todos os pontos-efeito ambientais são proporcionais a um determinado perfil considerado normal, procedendo-se a normalização através da divisão da pontuação de cada efeito pelo efeito normal relativo.

  Pontos efeito normalizado = pontos efeito / pontos-efeito "normal". Após a normalização, é possível observar a contribuição relativa dos sistemas aos níveis existentes de determinados efeitos (Figura 2.10).Este procedimento fornece uma noção do panorama geral do impacto causado pelo sistema, já que, até a etapa de caracterização, só é possível comparar os efeitos individualmente.

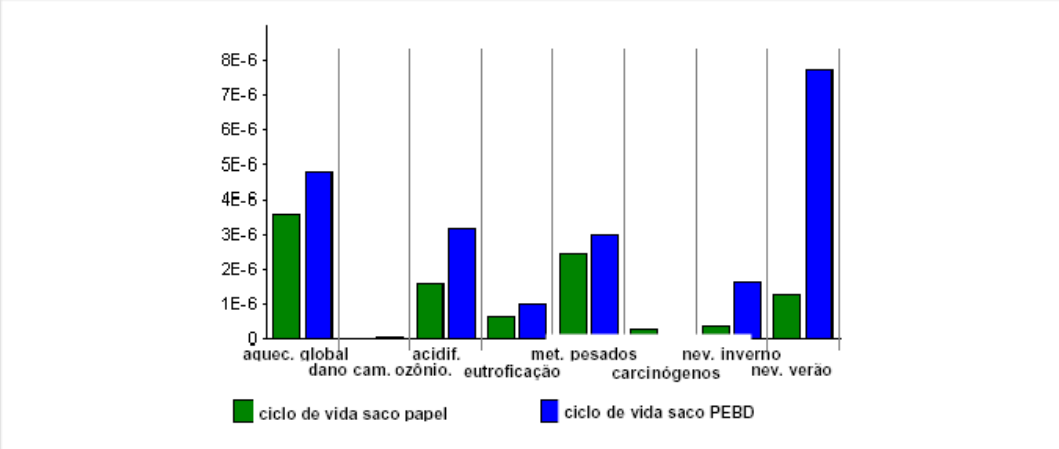


Figura 2.10 - Normalização do ciclo de vida de sacos de papel e de PEBD (dados fictícios), permitindo comparar contribuições aos aspectos ambientais (SILVA,2003)

- Avaliação: são avaliados os contributos das diferentes categorias de impacto, de modo que possam ser comparados (somados) entre si (MANZINI; VEZZOLI, 2005). Avaliação efeito = fator de peso x pontos-efeito normalizado.

  Apesar da normalização facilitar a visualização de resultados, ainda não permite que se faça um julgamento final, pois, até então, os diferentes efeitos ambientais são considerados como de igual importância. Cabe à avaliação (também chamada valoração) atribuir pesos à pontuação

normalizada, de modo a representar a importância relativa de cada efeito. Esta valoração tem caráter notadamente subjetivo, e representa valores sociais, culturais, éticos e políticos. Após esta ponderação, o tamanho das colunas passará, de fato, a representar a gravidade de cada efeito, permitindo que elas sejam somadas para se chegar a um resultado final (indicador), conforme a Figura 2.11 (SILVA, 2003).

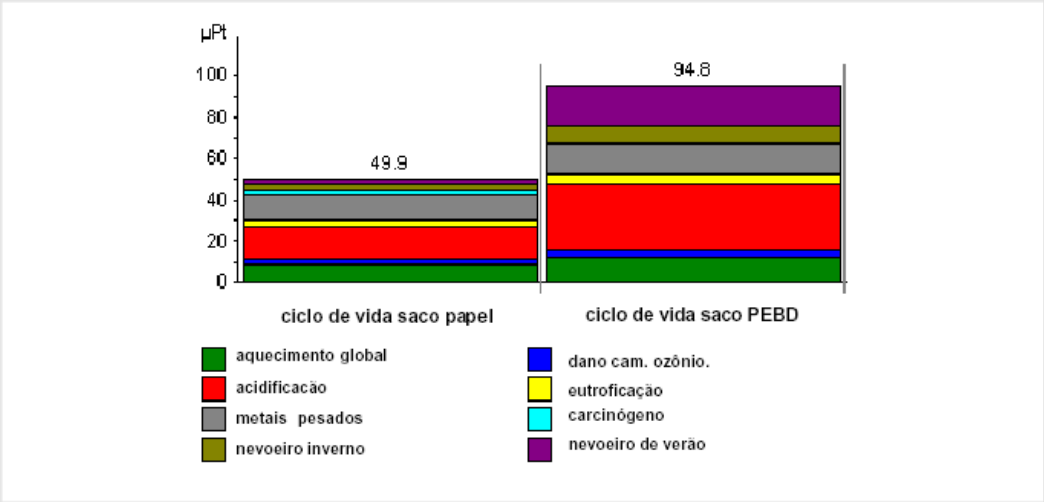


Figura 2.11 - Indicador de ciclos de vida para sacos de papel e PEBD, tornando-se evidente a preferência por sacos de papel (SILVA, 2003).

e - Interpretação do ciclo de vida

Interpretação é a fase da ACV, segundo a NBRISO14040, na qual as constatações da análise do inventário e da avaliação de impacto ou, no caso de estudos de inventário do ciclo de vida, somente os resultados da análise de inventário, são combinados, de forma consistente, com o objetivo e o escopo definidos, visando alcançar conclusões e recomendações.

A norma NBRISO14040, além das quatro fases básicas de uma ACV, acrescenta ainda a fase de análise crítica, destacando-a da interpretação do ciclo de vida. Segundo a norma, o processo de análise crítica deve assegurar que:

- os métodos usados para conduzir a ACV são consistentes com a Norma;
- os métodos usados para conduzir a ACV são científica e tecnicamente

válidos;

- os dados usados são apropriados e razoáveis em relação ao objetivo do estudo;
- as interpretações refletem as limitações identificadas e o objetivo do estudo;
- o relatório do estudo é transparente e consistente.

O escopo e o tipo da análise crítica desejados devem ser definidos na fase de escopo de um estudo da ACV.

2.3.3 Aplicação da ACV na produção do meio ambiente construído

A aplicação da Avaliação do Ciclo de Vida se apresenta com instrumento de grande valia para o setor da construção civil, segundo Soares (2006), visto os expressivos impactos ambientais produzidos nas diversas fases do processo construtivo – desde a fase de extração e fabricação de matérias-primas até a renovação ou demolição da estrutura – avaliados por meio das repercussões de emissões atmosféricas, consumo de recursos naturais, demandas energéticas e geração de resíduos sólidos e líquidos.

Apesar de ser um procedimento complexo e, freqüentemente longo, a Avaliação do Ciclo de Vida, segundo Silva (2003), adiciona uma dimensão científica à discussão ambiental e tem recebido investimento crescente em pesquisa na construção civil. A ACV procura retratar objetivamente um determinado produto em termos de fluxos entrada (consumo de recursos) e saída (emissões e resíduos) de um sistema, minimizando a influência de decisões subjetivas dos analistas. É possível a obtenção de uma visão holística sobre o processo de produção e utilização, uma vez que todas as fases geram impactos sobre o ambiente.

Entretanto, é necessário ressaltar que o desenvolvimento de estudos de ACV em edificações requer algumas alterações devido, entre outros

aspectos, às diferenças apresentadas com relação ao ciclo de vida de produtos industriais que envolvem, normalmente, um curto espaço de tempo. Obras civis, ao contrário de produtos com vida útil de semanas ou meses, são, em geral, caracterizadas por uma vida útil que se estende por alguns anos, décadas ou mesmo séculos (Tabela 2.6). Há que se considerar, todavia, que a vida útil não compreende todo o ciclo de vida destas obras, cuja extensão temporal e abrangência são ainda maiores.

vida útil média	Processos de construção específicos
1 a 3 anos	Projeto e construção do edifício/obra
3 a 5 anos	Tempo de manutenção e uso
10 a 15 anos	Tempo médio de uso e renovação parcial
30 a 50 anos	Tempo longo de uso e renovação total
80 a 120 anos	Tempo de vida útil de sistemas estruturais de edificações
Superior a 150 anos	Tempo de vida útil de monumentos

Tabela 2.6 - Processos de construção civil e respectivos tempos de vida útil (SOARES, 2006)

A avaliação do desempenho ambiental de um edifício implica em tratar e analisar informações quanto ao fluxo de recursos e emissões definidos pela implantação e orientação, processo construtivo, materiais empregados, flexibilidade de projeto, planejamento da operação e gerenciamento de resíduos de construção e demolição (Figura 2.12)

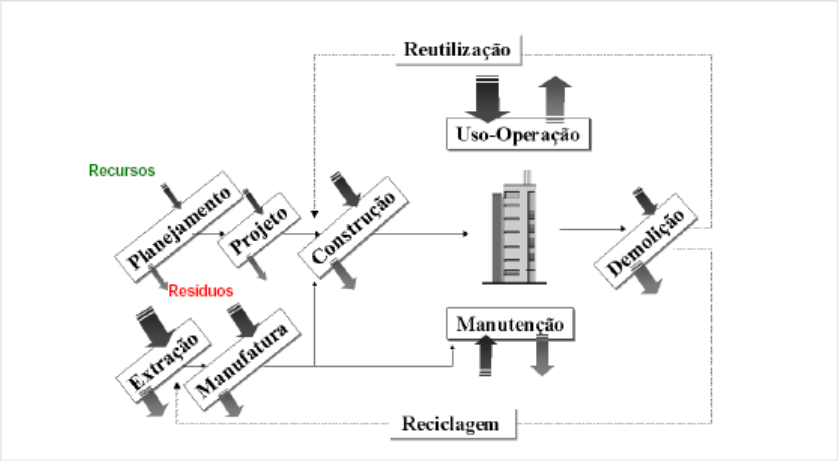


Figura 2.12 - Ciclo de vida de uma edificação genérica (SILVA, 2003)

Para utilização da ACV na produção do meio ambiente construído, faz-se necessário, no entanto, que sejam superadas dificuldades e limitações, particularmente em nosso país. Silva (2003) considera esta utilização, no presente momento, complexa, impraticável e insuficiente. Complexa, pois os edifícios são compostos por inúmeros produtos, com suas árvores de

processos próprias. Impraticável, por ainda não haver dados confiáveis de ACV de materiais de construção nacionais. Insuficiente, considerando-se que há aspectos de desempenho ambiental que não podem ser avaliados através de fluxos de matéria, como aspectos sociais e econômicos.

Podemos considerar, no entanto, que o uso da ACV não exclui a possibilidade de utilização concomitante de outros métodos de avaliação e, se hoje ainda não há dados locais confiáveis sobre ACV, é necessário que se dê os primeiros passos, para que futuramente estes estejam disponíveis.

2.4 IMPACTOS AMBIENTAIS PROVOCADOS PELAS ATIVIDADES HUMANAS

Segundo Manzini;Vezzoli (2005), cada ação humana implica em absorção / aquisição de recursos do ambiente, extraindo-lhe substâncias, e liberação de emissões ao mesmo, ou seja, liberação de substâncias no meio. Cada forma de impacto tem em sua origem uma troca de substâncias entre o meio ambiente e o sistema produtivo.

Em termos de extensão geográfica, os impactos podem ter seus efeitos nos níveis local, quando os efeitos ocorrem no mesmo lugar da causa; regional, com efeitos ocorrendo em uma determinada área geográfica vizinha à área da atividade e; global, impactando no planeta, como por exemplo quanto às mudanças climáticas da terra.

O reflexo em termos dos principais impactos ambientais de todas as atividades durante o ciclo de vida do produto construído são apresentadas nas descrições logo adiante.

2.4.1 Esgotamento de Recursos

Os recursos sujeitos a esgotamento representam os *inputs* do sistema de

produção e consumo. Dentre os recursos empregados neste sistema estão o consumo de água, fontes de energia não renováveis, como os combustíveis fósseis e matérias-primas.

Manzini;Vezzoli (2005) aponta esta questão como um problema para a sustentação econômica do nosso modelo de produção e consumo, assim como um problema vital quanto à sustentabilidade ambiental, podendo prejudicar a sobrevivência e o bem-estar das gerações futuras.

Isto significa que o esgotamento de recursos, caso não evitado, irá provocar graves problemas sociais. Tomando como exemplo de recurso a água, embora tenhamos um grande volume de água disponível em nosso planeta, o percentual de água doce potável é muito pequeno. O redução da disponibilidade de água potável fará com este recurso tenha seu custo multiplicado, tornando-se pouco acessível e resultando em agravamento dos problemas sanitários e de saúde pública. A previsão de esgotamento dos combustíveis fósseis já provoca aumento crescente deste recurso, provocando reações na sociedade no sentido de buscar recursos alternativos, inclusive recursos renováveis.

É importante, portanto, desenvolver e utilizar recursos renováveis. Manzini;Vezzoli (2005) coloca a necessidade de tratar a questão quanto ao grau de renovação dos recursos, ligando a este conceito as possibilidades humanas de consumo. A renovação deve ser entendida em relação à quantidade de recursos consumida, à velocidade de reconstituição e às novas exigências humanas.

2.4.2 Aquecimento Global

A temperatura em nosso meio ambiente é equilibrada com a captura de radiações solares e liberação de radiações infravermelhas. O aquecimento decorrente da presença de gases na atmosfera, como o gás carbônico, gás metano, clorofluorcarnonetos, entre outros, é chamado de efeito estufa e, em condições normais e equilibradas, propicia uma temperatura fundamental à

vida na terra. Se não fosse pelo efeito estufa, a vida como a conhecemos nunca teria surgido na terra; teria sido demasiadamente frio. Algumas estimativas colocam a temperatura média da Terra na faixa de –32ºC a –23ºC se esses gases não existissem (Demillo, 1998 *apud* Frangetto, 2002).

O problema ocorre quando há um aumento de tais gases na atmosfera, provocando uma maior retenção de radiações infravermelhas e desequilibrando termicamente o planeta, chamado aquecimento global. A presença de gases na atmosfera vem aumentando de modo preocupante em decorrência das ações humanas, principalmente após a Revolução Industrial, com o uso de combustíveis fósseis nos meios de produção, elevando, segundo Frangetto (2002), em quase 50% os níveis de concentração de dióxido de carbono (CO_2) – principal gás do efeito estufa – na atmosfera.

Manzini;Vezzoli (2005) aponta como conseqüencias do desequilíbrio do efeito estufa, com o aquecimento global, o derretimento dos gelos polares, aumento do nível das águas e emersão das áreas baixas, desertificação e migração de agentes patológicos das zonas tropicais.

Das ações humanas que provocam aumento dos gases de efeito estufa na atmosfera, as principais são a combustão de petróleo, carvão e gás natural (combustíveis fósseis). Conside-se então que o tráfego, o condicionamento térmico (refrigeração e aquecimento) dos edifícios e o consumo de energia elétrica dos mesmos em locais alimentados por termoelétricas, também contribuem para o efeito estufa (MANZINI; VEZZOLI, 2005). Há que se considerar a contribuição em todo o ciclo de vida das construções.

2.4.3 Redução da Camada de Ozônio

Antes de se falar sobre a necessidade de proteção, deve-se falar antes da função e importância da camada de ozônio. Localizada em uma das camadas mais altas da atmosfera, a camada de ozônio é responsável pela absorção das radiações ultravioletas, nocivas à flora e fauna, sendo que o

maior problema ao ser humano é o aumento dos tumores de pele (MANZINI;VEZZOLI, 2005).

A emissão de diversos gases na atmosfera em decorrência das atividades humanas tem provocado uma redução na espessura da camada de ozônio. Os principais gases responsáveis por esta redução são os CFC – Clorofluorcarbonos, os HCFC e o tetraclorometano, que reagem quimicamente com o ozônio, provocando sua transformação em oxigênio molecular, agindo durante um período de 20 anos.

Dentre as atividades humanas responsáveis pela emissão de gases prejudiciais à camada de ozônio, as principais são o uso de solventes à base de cloro, vernizes diluídos à base de solventes, sistemas de refrigeração e de ar condicionado, o uso de *sprays* e ainda a transformação de polímeros em espuma através dos CFC.

2.4.4 Poluição

A poluição, segundo Dashefsky (2003), refere-se a uma mudança negativa na qualidade de alguma parte da biosfera, sendo comumente classificada em poluição do ar, poluição da água e poluição do solo.

a) Poluição do ar

Dashevsky aponta a existência de cinco poluentes primários do ar, que são monóxido de carbono, hidrocarbonos, compostos nitrogenados, material particulado e dióxido de enxofre, sendo a queima de combustíveis fósseis a principal causa deste tipo de poluição. Os chamados poluentes secundários são formados quando os poluentes primários reagem entre si na presença de luz solar. Manzini;Vezzoli classifica a poluição do ar em fotoquímica ou poluição de verão e a poluição de inverno.

- poluição de verão

A poluição fotoquímica é decorrente das reações provocadas pela luz solar que, ao encontrar hidrocarbonetos e óxidos de nitrogênio na

atmosfera, provenientes da evaporação da gasolina e queima incompleta de combustíveis, reage provocando maior concentração de monóxido de carbono, peroxiacilinitratos (PAN) e outros compostos orgânicos, como os aldeídos e hidrocarbonetos aromáticos policíclicos, compostos cujo aumento de concentração causa problemas respiratórios e irritação nos olhos, deteriora alguns materiais e danifica plantações. Dentre as atividades humanas causadoras deste tipo de poluição, estão a utilização de maquinarias, o aquecimento das habitações, atividades industriais e centrais elétricas.

- Poluição de Inverno

  A poluição de inverno é decorrente das concentrações de SO_2 e material particulado, provocando problemas respiratórios e até mesmo mortes. Dentre as principais atividades responsáveis pelas emissões de SO_2 estão as atividades em industrias, refinarias e centrais elétricas, e na incineração sem sistemas adequados de filtragem das fumaças e gases tóxicos (MANZINI; VEZZOLI, 2005).

b) Poluição da água

A poluição da água ocorre, segundo Dashevsky (2003), quando a qualidade natural da água é degradada, resultando em danos ao ecossistema aquático e/ou tornando os recursos hídricos inadequados ao consumo humano.

A poluição da água é causada por produtos químicos e outras substancias adicionadas à água; resíduos orgânicos, entre os quais os resíduos provenientes dos esgotos; resíduos radioativos; poluição térmica da água, decorrentes de processos industriais de resfriamento; e ainda, os sedimentos provenientes de processos erosivos.

c) Poluição do Solo

A poluição do solo é decorrente da adição ao mesmo de materiais que podem modificar suas características naturais e utilizações. Entre os principais poluentes do solo estão as águas contaminadas, efluentes sólidos e líquidos provenientes de indústrias químicas e de esgoto domiciliar; resíduos provenientes de atividades agrícolas (agrotóxicos); e

o lixo, de origem domiciliar, hospitalar, industrial e nuclear.

2.4.5 Acidificação

Quando os poluentes secundários, como os ácidos sulfúrico e nítrico, que são decorrentes da reação de substâncias entre si através da presença de luz solar, caem sobre a terra com a chuva (a chamada chuva ácida), provocam um aumento de acidez no terreno, nas águas e superfícies urbanas.

O processo descrito, chamado de acidificação, pode impedir, conforme Manzini;Vezzoli (2005), o crescimento de árvores, provocar corrosão de monumentos e edifícios, contaminar os lençóis d'água (morte da flora aquática) e, por fim, causar sérios riscos para a saúde, como problemas respiratórios.

Dentre as causas da acidificação estão algumas atividades agrícolas; a utilização de máquinas; as atividades de industrias, refinarias e centrais elétricas; aquecimento das habitações; uso de produtos à base de amoníaco; e, uso de tintas e adesivos à base de solventes.

2.4.6 Eutrofia

A eutroficação ou eutrofização é um processo de enriquecimento de nutrientes de um meio, que pode ser o terreno, mas os ambientes mais sensíveis a este processo, baseado em Manzini;Vezzoli (2005), são os lagos e as bacias artificiais, onde a lentidão de troca das águas facilita a acumulação de poluentes.

Para Dashefsky (2003), o drástico enriquecimento de nutrientes produz explosão populacional de alguns organismos, como as algas, que quando mortas alimentam bactérias que por sua vez também tem crescimento populacional exagerado, reduzindo os níveis de oxigênio no meio e

provocando a morte do ecossistema e poluição deste meio, comprometendo o fornecimento hídrico.

Dentre as atividades que contribuem para a eutroficação estão os esgotos e descargas industriais e ainda as emissões atmosféricas decorrentes do tráfego urbano.

2.4.7 Poluição tóxica

Como poluição tóxica, Dashevsky (2003) define qualquer substância introduzida no meio ambiente que causa danos ao funcionamento normal de um organismo, podendo ser encontradas no ar, na água e no solo. Este impacto ambiental recebe titulação variada, sendo tratado como toxicidade ecológica pelo aplicativo BEES 3.0 ou por Manzini;Vezzoli (2005), simplesmente como toxinas no ar, água e solo.

Manzini;Vezzoli informa que, para as muitas substâncias que podem ser danosas ao homem e ao ecossistema, os efeitos podem ser diretamente letais ou manifestarem-se após determinado período, podendo ser persistentes (não se degradam com o tempo) e cujo efeito prossegue após sua acumulação e absorção. Estas podem, em uma primeira fase, acumularem-se na água e na terra. Destacam-se entre as toxinas persistentes os metais pesados, os pesticidas clorados, os Policlorobifeniles (PCB) e Policlorotrifeniles (PCT), e ainda petróleo e óleos já consumidos.

Como fatores contribuintes estão a dispersão de substâncias tóxicas das lixeiras não impermeabilizadas adequadamente, descargas de águas industriais e urbanas que contenham metais tóxicos nos corpos hídricos, petróleo e seus derivados, óleos já consumidos, substâncias radioativas e químicas.

As toxinas liberadas no ambiente podem se disseminar através da cadeia alimentar, atingindo desta forma flora, fauna e por fim o homem, acumulando-se nos seus tecidos. A disseminação pode se dar através do consumo de alimentos poluídos, inalação e ingestão de águas contaminadas

e produtos que as utilizem.

2.4.8 Resíduos sólidos

Resíduos sólidos são aqueles “nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades da comunidade, de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição de ruas. Inclui ainda determinados líquidos cujas particularidades tornam inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos de água, ou que exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível” (IBGE, 2004). De maneira simplificada, resíduos sólidos significam lixo.

O problema do gerenciamento dos resíduos sólidos vem se tornando motivo de preocupação crescente de muitos países devido às questões dramáticas, conforme Manzini;Vezzoli (2005), de redução da disponibilidade de espaços para eliminação de lixo, contaminação do solo e lençol freático, geração de odores, riscos de explosões nas descargas e ainda o transporte dos resíduos.

O volume gerado de resíduos sólidos domiciliares ou resíduos sólidos municipais, segundo John (2000), na Europa varia de 296 a 631 kg/hab.ano e sendo estimado no Brasil, pela CETESB[14], em cidades com mais de 500 mil habitantes, em 255 kg/hab.ano, que também estima um volume total gerado no Brasil de 23 milhões de toneladas anuais de resíduos não inertes e perigosos. John aponta, no entanto, que o resíduo sólido municipal é a menor parte do volume total de resíduos gerado, que estima ser de 56 ton/hab.ano, cerca de 5 vezes o consumo total de materiais estimado.

A Tabela 2.7 demonstra levantamento da Prefeitura do Município de São Paulo, através de seu Departamento de Limpeza Urbana, do volume de lixo

---

[14] CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Vinculada à Secretaria Estadual de Meio Ambiente do Estado de São Paulo.

coletado, separando-o conforme sua origem.

Coleta de Lixo segundo Origem no Município de São Paulo

(em toneladas)

	Origem do Lixo				
Ano	**Primário Domiciliar, Varrição e Feiras**	**Industrial(*)**	**Saúde**	**Entulho**	**Diversos**
1980	1.849.185	987.367	38.309	-	30.257
1991	2.493.528	398.745	48.650	-	1.043.828
2000	3.461.906	193.940	33.978	1.678.595	373.488
2001	3.663.366	167.220	33.335	1.416.350	394.182
2002	3.548.934	112.620	33.472	1.488.073	434.857
2003	3.161.814	90.174	32.489	2.194.983	416.136
2004	3.210.000	73.949	31.723	1.598.741	422.384
2005	3.232.000	-	31.393	1.754.269	371.408

Fonte: Prefeitura do Município de São Paulo - Secretaria Municipal de Serviços - Departamento de Limpeza Urbana

(*) Resíduos Sólidos Domiciliares, Comerciais e Instucionais de particulares considerados grandes geradores

Tabela 2.7 – Coleta de lixo segundo origem no Município de São Paulo

Segundo Manzini;Vezzoli (2005), o problema dos resíduos sólidos está relacionado tanto às estratégias de quem produz quanto ao comportamento dos consumidores.

2.4.9 Outros Impactos

As atividades humanas de produção e consumo apresentam ainda outros impactos ambientais, como alteração do habitat, prejuízos à saúde humana e poluição sonora, de grande relevância, porém de avaliação ainda mais difícil que as demais.

2.4.10 Causas e efeitos dos impactos ambientais

A Tabela 2.8relaciona atividades humanas às suas causas e efeitos quanto aos impactos ambientais.

Impactos Ambientais - Causas e Efeitos					
Aspecto Ambiental	**Causa indireta**	**Causa direta**	**Agentes**	**Impacto**	**Efeito**
Aquecimento Global	consumo de energia em casa e no escritório comprar produtos de madeira tropical comer carne	combustão de combustível fóssil: centrais eletricas (>CO_2) viajar de carro (>CO_2) aquecimento habitação (>CO_2) desflorestamento por incêndio (>CO_2) agricultura animais (>CH_4) ferilizantes (>N_2O)	dióxido de carbono (CO_2) clorofluorcarbono (CFC) metano (CH_4) óxidos de azoto (NOX (N_2O)) ozônio (O_3) vapor de água (H_2O)	Bloqueiam as radiações infravermelhas e aumentam a temperatura global da terra	degelo das calotas polares elevação do nível das águas e alagamento de áreas baixas desertificação migração de agentes patogenicos
Redução da Camada de Ozônio	uso de produtos em espuma com CFC compra de alimentos importados (transportados em células	uso de sprays que contenham CFC uso de solventes clorados para lavagem a seco uso de vernizes à base de solventes transformação de polímeros em espuma com CFC refrigeração e condicionamento de ar (>CFC) inseticidas aerosóis aviões supersônicos	clorofluorcarbono (CFC) HCFC tetraclorometano tricloroetano	Na estratosfera provoca a transformação do ozônio em oxigênio molecular, determinando a rarefação da faixa de ozônio que absorve as radiações ultravioletas	danos à flora e à fauna aumentos dos tumores de pele enfraquecimento do sistema imunológico
Poluição de Verão	consumo em casa e no escritório de gás, eletricidade e combustíveis	uso de máquinas emissões de gás (>NOx, CxHy) indústrias, refinarias e centrais elétricas (> NOx) aquecimento das habitações (>NOx) uso de fertilizantes na agricultura (>N_2O)	óxidos de azoto (NOx (N_2O)) hidrocarbonetos no ar (CxHy) luz do sol	a interferência dos hidrocarbonetos no ciclo fotolítico do dióxido de azoto provoca uma alta concentração de ozônio (O3), monóxido de carbono (CO), peroxiacilinitrato (PAN) e outros compostos orgânicos na atmosfera.	alguns compostos orgânicos causam lacrimação e problemas de respiração ao homem. alguns compostos podem ser muito tóxicos para as plantas

Tabela 2.8 - Impactos Ambientais - Causas e Efeitos. Parte 1/3 (MANZINI; VEZZOLI, 2005)

Aspecto Ambiental	Causa indireta	Causa direta	Agentes	Impacto	Efeito
Poluição de inverno	consumo em casa e no escritório de gás, eletricidade e combustíveis	uso de máquinas emissões de gás (>NOx, CxHy) indústrias e refinarias (>SO_2) centrais eletricas (>SO_2) incineração sem filtragem dos fumos tóxicos (>SO_2)	Pequenas partículas dispersas (SPM) dióxido de enxofre (SO_2)	outras concentrações e pequenas partículas dispersas (SPM) e	problemas de respiração até a morte.
Acidificação	alimentar-se de carne e laticínios consumo em casa e no escritório de gás, eletricidade e combustíveis	estrume de gado (>NH_3) uso de máquinas emissões de gás (>NOx, CxHy, COV) indústrias, refinarias e centrais elétricas (> NOx) aquecimento das habitações (>Nox, COV) uso de produto de limpeza que contenha amoníaco (>NH_3) uso de tintas à base de solventes (>COV)	óxidos de enxofre (SO_2,SOx) óxidos de azoto (NOX (N2O)) amoníaco (NH_3) COV	Na atmosfera o NO_2 transforma-se em ácido nítrico (NHO_3), o SO_2 em ácido sulfúrico (H_2SO_4), estes se juntam à água pluvial, tornando-a ácida determinando um acúmulo de acidez no terreno, nas águas e nas superfícies dos estabelecimentos urbanos.	obstáculos ao crescimento das florestas obstáculo ao crescimento das árvores nas zonas urbanas corrosão de monumentos e edifícios contaminação dos lençóis freáticos morte da flora aquática riscos para a saúde (problemas respiratórios)
Eutrofia	consumo de produtos alimentares de cultivo intenso	uso de fertilizantes para jardim (fosfatos e nitratos) agricultura: fertilizantes (fosfatos) e fertilizantes azotatos água de descarga e esgotos (nitratos e fosfatos) uso de detergentes com fosfatos descargas industriais (nitratos, fosfatos) uso de máquina causa emissões de gás (>NOx)	fosfatos (PO_4) nitratos (NO_3) NOx NH_3 N_2O N_2 (gás)	Acúmulo de alimentos, nitratos e fosfatos, nas águas e no terreno além da capacidade de auto depuração. Assimilação das algas que crescem em demasia. A decomposição das algas consome o oxigênio da água	mortandade da fauna aquática por falta de oxigênio contaminação dos lençóis freáticos e lagos que não podem ser usados para alimentação obstáculo à possibilidade de tomar banho em lagos e mares.

Tabela 2.8 - Impactos Ambientais - Causas e Efeitos. Parte 2/3 (MANZINI; VEZZOLI, 2005)

Aspecto Ambiental	Causa indireta	Causa direta	Agentes	Impacto	Efeito
Toxinas na água e no solo	aquisição de bens descartáveis, como brinquedos e aparelhos domesticos, que contenham bateria, isolantes, transformadores, condensadores, recipientes em policlorobifenil (PCB), termômetros ou nanômetros (Hg)	descarga de resíduos industriais e urbanos nos corpos hídricos contendo metais tóxicos, petróleo e seus derivados, óleos e demais substâncias químicas exalação de substâncias tóxicas de depósito de lixo não impermeabilizado uso de substâncias aditivadas com policlorobifenil (PCB)	metais pesados: mercúrio, chumbo, arsênico, cádmio, cromo, níquel, selênio, zinco pesticidas de cloruros (DDT) substâncias químicas policlorobifenil (PCB), PCT, petróleo e óleos queimados	Acúmulo de produtos químicos tóxicos e persistentes (não degradáveis) no solo, na água e, sonseqüentement e nos tecidos animais e vegetais; esta interação pode aumentar a intoxicação.	os metais pesados retornam ao homem através da cadeia alimentar poluição dos lençóis d'água inutilizando a água para consumo, irrigação e recreação. o policlorobifenil (PCB) danifica tecidos hepáticos e cerebrais
Toxinas no ar	compra de bens destinados à incineração	uso de máquinas: combustão de gasolina com chumbo ou combustão de gasolina com benzeno fumar cigarros (>pireno e benzopireno) incineração sem filtragem das fumaças e gases tóxicos (>SO2, dioxina)	inseticidas aerosóis orgânicos de sintese (pesticidas) hidrocarbonetos aromáticos cancerígenos (pireno, benzopireno e benzeno) substâncias como: amianto, berílio, chumbo, mercúrio, cromo, clorato de vinil, dioxinas.	acúmulo de produtos químicos industriais tóxicos no ar; essa interação pode provocar intoxicação	a dioxina (TCDD) provoca cloracne e tumores nos tecidos a inalação do pireno e do benzopireno é altamente cancerígena a inalação do chumbo provoca saturnismo: dano crônico ao sistema nervoso
Lixo	escolha de produtos: -com embalagem múltipla -descartáveis uso de produtos: descartados antes da hora falta de uso secundário falta de venda ou doação eliminação por velhice eliminação de produtos de forma não diferenciada	aumento do fluxo de lixo sólido urbano aumento do fluxo de lixo industrial descarga não legal	embalagens produtos lixo orgânico cinzas subprodutos e descargas industriais	aumento do volume de lixo esgotamento de recursos naturais acumulação de lixo tóxico	a presença do lixo causa: - redução da disponibilidade de espaços para a eliminação de outros - contaminação do solo e de lençóis freáticos - odores e riscos de explosões na lixeira o transporte do lixo implica em consumo de combustíveis, ruídos e poluição

Tabela 2.8 - Impactos Ambientais - Causas e Efeitos. Parte 3/3 (MANZINI; VEZZOLI, 2005)

2.5 DESEMPENHO AMBIENTAL CONSTRUTIVO

Conforme Spekkink (2005) e a norma ISO6241(1982), o desempenho de uma construção está relacionado ao comportamento desta como um todo ou parcialmente quanto aos fins a que é requisitada fazer. Os requisitos são a relação de necessidades do usuário a serem preenchidas por esta construção.

Porém, os requisitos dos usuários, que há pouco mais de duas décadas não incluíam aspectos relacionados ao meio ambiente, hoje já os agregam, ainda que de maneira insipiente. A presença dos requisitos ambientais no rol dos requisitos dos usuários é ainda tímida devido às dificuldades de se tratá-los de maneira objetiva.

Mas, do que consistiriam estes requisitos ambientais dos usuários? Primeiramente, há que se definir quem são os usuários e o que é requisitado por eles. Considerando-se a definição de desenvolvimento sustentável, do ponto de vista ambiental e conforme a Agenda 21, é o "desenvolvimento que satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras satisfazerem suas próprias necessidades". Há que se considerar ainda o direito ambiental, em seu princípio da ubigüidade (ver item 3.2.1), que aponta o caráter global do meio ambiente, uma vez que a poluição e a degradação do meio ambiente não encontram fronteiras e não esbarram em limites territoriais.

O usuário, por esta considerações, não é somente aquele que usufrui diretamente o meio ambiente construído, mas todo aquele que, mesmo indiretamente, é afetado pelo desenvolvimento. Não há limitações temporais nem espaciais, podendo-se considerar como usuário, para o qual devem ser preenchidos requisitos, mesmo aquele que se encontra em um outro país e pertencente às gerações futuras. Considerando-se ainda princípios de ética ambiental (ver ítem 3.2.1), conforme Almeida (2006), há que se considerar não apenas os seres humanos, mas também os seres não humanos, o que

já está previsto na norma ISO6241, que define usuário como pessoa, animal ou objeto para o qual a construção foi projetada.

Os requisitos ambientais de tais usuários refere-se à sua sobrevivência e preservação, e o mantenimento de condições de vida com qualidade, em caráter global, para as gerações atuais e futuras.

Com a incorporação destes novos requisitos dos usuários, as construções passam a ser avaliadas quanto ao seu desempenho ambiental, no entanto, tem que se resolver o problema da objetividade.

Para a avaliação objetiva do desempenho ambiental aplicada à produção do meio ambiente construído faz-se necessário, a exemplo da avaliação do desempenho construtivo, que o problema seja tratado em termos de atendimento de requisitos do usuário. Pode-se dizer que trata-se da avaliação do desempenho ambiental construtivo, mas o que isto significa?

Desempenho ambiental é definido pela norma NBRISO14001, como "resultados mensuráveis do sistema de gestão ambiental, relativos ao controle de uma organização sobre seus aspectos ambientais, com base na sua política, seus objetivos e metas ambientais". A avaliação do desempenho ambiental é feita, portanto, através de resultados mensuráveis quanto a aspectos ambientais.

Relacionando-se as definições de desempenho construtivo, desempenho ambiental e os requisitos ambientais dos usuários, podemos dizer que desempenho ambiental construtivo está relacionado ao comportamento de uma construção ou parte dela, quanto aos requisitos ambientais dos usuários, avaliada através de resultados mensuráveis de seus aspectos ambientais ao longo de seu ciclo de vida.

Os impactos ambientais decorrentes das atividades humanas, particularmente os relacionados a todo o ciclo de vida da produção do meio ambiente construído, alguns dos principais descritos no item 2.4, podem ser avaliados através de um enfoque mensurável, como por exemplo através da metodologia da avaliação do ciclo de vida.

3 O Projeto e os Impactos Ambientais da Industria da Construção

Os limites ambientais são testemunhos de que já não é mais possível conceber qualquer atividade de projeto[15] sem confrontá-la com o conjunto das relações que, durante o seu ciclo de vida, o produto vai ter no meio ambiente (MANZINI; VEZZOLI, 2005).

Segundo Bagatelli (2002), o desenvolvimento de um produto envolve várias atividades interdependentes, compreendendo o *processo ou ciclo de produção*, que no caso da indústria da construção, subdivide-se em geral em projeto, construção/produção, uso/operação, manutenção e demolição. Todas estas subdivisões influenciam no desempenho do produto construído, mas é no processo de projeto que são definidas as características deste produto de modo a atender as *necessidades dos usuários*, revelando-se como uma das fases que mais influenciam o desempenho de uma edificação. Tanto é assim que, a partir de pesquisas realizadas em vários países da Europa, conclui-se que cerca de 35 a 50% das falhas ocorridas nas edificações podem ser seguramente atribuídas à fase de projeto.

O aspectos ambientais devem ser levados em consideração desde a primeira fase do desenvolvimento de um produto, como aponta Manzini;Vezzoli (2005), sendo muito mais eficaz agir preventivamente, já no projeto, do que buscar soluções, de recuperação ou paliativas, para os danos já causados (soluções *end-of-pipe*).

A necessidade de consideração dos aspectos ambientais no desenvolvimento dos produtos, que na indústria da construção são os que compõem o meio ambiente construído, faz com que estes aspectos sejam considerados como *requisitos dos usuários*, da geração atual como também das próximas gerações, sob a ótica do desenvolvimento sustentável, sendo que o modo como estes requisitos são atendidos vai determinar o

---

[15] O texto original utiliza a palavra *design*.

desempenho ambiental do produto construído.

Para uma avaliação do desempenho ambiental do produto construído, é necessária a busca de resultados objetivos. Muitos esforços podem ser dispendidos com poucos resultados efetivos se este aspecto não for considerado como um item de desempenho construtivo, que como tal deve ser, na medida do possível, mensurável.

O projeto neste contexto é compreendido como um processo que não trata apenas de desenhos, cálculos, simulações e análise de soluções técnicas, mas também um processo que deve viabilizar a construção e manutenção dos edifícios nos seus diversos requisitos de desempenho.

3.1 AS PATOLOGIAS AMBIENTAIS CONSTRUTIVAS

Pesquisas de avaliação do desempenho construtivo tem sido conduzidas através do estudo das chamadas patologias construtivas. Todavia, há uma tendência corrente de incorporação de aspectos ambientais aos requisitos de desempenho construtivo, cujo não atendimento possibilitaria a identificação de patologias construtivas relacionadas a estes aspectos.

3.1.1 Patologias Construtivas e Patologias Ambientais Construtivas

Simões(1999) apresenta o estudo das patologias construtivas como sendo o campo da engenharia das construções que se ocupa do estudo das origens, formas de manifestação, conseqüências e mecanismos de ocorrência das falhas e dos sistemas de degradação dos materiais, técnicas e tecnologia da construção.

Como já exposto anteriormente, o desempenho de uma construção está relacionado ao comportamento desta ou parte dela quanto aos fins a que é requisitada fazer, fins estes representados pela relação de necessidades do

usuário a serem preenchidas por esta construção. As chamadas patologias construtivas se caracterizam pelo não atendimento aos requisitos de desempenho construtivos, o que reflete por sua vez no não atendimento das necessidades dos usuários.

Os requisitos dos usuários apresentados pela norma ISO6241, como já exposto anteriormente, são Estabilidade, Segurança ao fogo, Segurança em uso, Estanqueidade, Higrotermia, Pureza do ar, Conforto acústico, Conforto visual, Conforto tátil, Conforto antropodinâmico, Higiene, Conveniência de espaços para usos específicos, Durabilidade e Economia.

Com a incorporação dos aspectos ambientais como um novo requisito do usuário, o qual pode ser nomeado como Adequação Ambiental, são originados novos requisitos de desempenho, cujo não atendimento resulta então no que podem-se chamar de patologias ambientais construtivas.

Devem então ser avaliadas as origens, formas de manifestação, conseqüências e mecanismos de ocorrência das falhas e dos sistemas de degradação dos materiais, técnicas e tecnologia da construção no que se relaciona aos aspectos ambientais.

Da mesma forma que as patologias construtivas são assim consideradas pelo não atendimento aos requisitos de desempenho construtivo, as patologias ambientais construtivas, para serem caracterizadas, devem deixar de atender os requisitos de desempenho ambiental construtivo.

A Tabela 3.9 apresenta uma lista de requisitos de desempenho ambiental que devem ser atendidos para que o requisito do usuário de adequação ambiental seja satisfeito. Os requisitos de desempenho ambiental construtivo elencados tratam dos aspectos de consumo de recursos, produção de poluentes e resíduos e alteração do meio ambiente.

Requisito do Usuário - Adequação Ambiental		
Requisitos de Desempenho Ambiental Construtivo		Funções
15.1	**Consumo Energético**	Consumo energético por unidade de área comparativamente à média local por categoria de edificação.
		Existência de dispositivos racionalizadores para iluminação artificial
		Existência de dispositivos racionalizadores para condicionamento
		Uso de equipamentos baseados em combustíveis eficientes (uso de combustível e emissões)
		Existência de sistema de monitoramento do uso de energia
		Treinamento e conscientização de usuários para uso racional de energia
		Definição de metas de consumo de energia
		Utilização de energia renovável (integral, parcial, não utiliza)
		Energia incorporada por unidade de área comparativamente à média local por categoria de edificação
	Geração de Energia	Existência sistema interno de geração de energia
		Tipo de fonte energética produzida (renovável / não renovável)
15.2	**Consumo de água**	Consumo de água por unidade de área comparativamente à média local por categoria de edificação
		Existência de dispositivos racionalizadores de água
		Reutilização de águas servidas ou tratadas
		Controle da qualidade da água utilizada para consumo
		Treinamento de usuários para uso racional de água
		Procedimentos internos para uso racional de água
	Tratamento e reuso de águas servidas	Sistema interno de tratamento de efluentes
		Separação de águas cinzas e esgoto
		Reutilização de águas servidas
		Volume de efluentes lançados por unidade de área comparativ. à média local por categoria de edificação
		Grau de tratamento para os efluentes lançados na rede pública
15.3	**Consumo de Matérias-Primas**	Comparação de aspectos ambientais dos principais materiais adotados com alternativas disponíveis
		Volume de materiais utilizados por unidade de área comparativ. à média local por categoria de edificação
		Emprego de materiais de reuso
		Emprego de materiais produzidos através de reciclagem
		Uso de materiais com menor impacto ambiental
		Reutilização/Reciclagem de Materiais
15.4	**Geração de Resíduos Sólidos**	Volume de resíduos sólidos produzidos por unid. de área comparativ. à média local por categoria de edif.
		Existência de Programa de Gerenciamento de Resíduos Sólidos
		Separação de resíduos produzidos conforme categoria
		Treinamento de pessoal para identificação e separação de resíduos
		Minimização na geração de resíduos
		Reutilização de resíduos
		Destinação adequada aos resíduos após a saída da obra
15.5	**Emissão de Poluentes (ar)**	Produção de poluentes
		Emprego de sistema de filtragem e tratamento antes do lançamento na atmosfera
		Classificação de poluentes emitidos
15.6	**Qualidade do Ar Interior**	Ventilação adequada
		Sistema de filtragem
		Limpeza do sistema de condicionamento
		Controle de odores
		Controle microbiológico
15.7	**Alteração do Habitat**	Preservação vegetação natural
		Manutenção do perfil natural do terreno
		Ocorrência de Impactos na fauna local
		Impactos no entorno do sítio
		Grau de impermeabilização do solo
		Sistema de captação e contenção de águas pluviais
15.8	**Resíduos Líquidos (Efluentes)**	Volume de efluentes lançados por unidade de área comparativ. à média local por categoria de edificação
		Sistema interno de tratamento de efluentes
		Grau de tratamento de efluentes antes de lançamento no sistema público
15.9	**Ruído e Vibrações**	Geração de ruído de interferência no ambiente interno ao edifício
		Geração de ruído de interferência ao ambiente externo e/ou vizinhança
		Utilização de sistema de isolamento / condicionamento de ruídos existentes
		Geração de vibrações de impacto ao ambiente interno
		Geração de vibrações de impacto ao ambiente externo
		Utilização de sistema de isolamento / condicionamento de vibrações existentes
		Intensidade de ruídos gerados comparativamente à média local para a categoria de edificação
15.10	**Uso Transporte**	Proximidade do edifício para o usuário
		Presença de tranporte coletivo no entorno
		Proximidade aos pontos de fornecimento de materias primas
		Proximidade dos locais de destinação de resíduos
15.11	**Aspectos bioclimaticos**	Orientação adequada
		Utilização de sistemas e materiais construtivos com boa inércia térmica
		Utilização de sistemas passivos de condicionamento térmico
		Utilização de sistemas passivos de condicionamento de iluminação
		Uso de materiais locais

Tabela 3.9 - Requisito do Usuário - Adequação Ambiental

3.1.2 Mensuração da Responsabilidade do Projeto

A pesquisa desenvolvida por Simões (1999) quanto às origens e reflexos das patologias no desempenho técnico-construtivo das edificações identifica estas patologias e classifica-as quanto aos sistemas onde se manifestam, quanto aos requisitos do usuário que não foram atendidos e quanto à origem ou causa das patologias.

Os sistemas (ou orgãos, conforme Simões), são classificados em terrapleno, fundações, estrutura, cobertura, vêdos, pavimentos, vãos, paramentos, equipamentos eletro-mecânicos, equipamentos hidro-sanitários. Os requisitos do usuário são os definidos na ISO6241, já apresentados anteriormente, e as origens ou causas das patologias podem ser o projeto, a execução da obra, os materiais e a manutenção.

Simões quantificou as patologias construtivas em seis edifícios da Cidade Universitária Armando de Salles Oliveira (CUASO), campus da Universidade de São Paulo na capital paulista, sendo avaliados o Edifício Vilanova Artigas (Faculdade de Arquitetura e Urbanismo); o Edifício de História e Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas; o Edifícios I, II e III do Instituto de Ciências Biomédicas; e o Edifício do Instituto de Química.

Os resultados quantitativos das patologias construtivas (Pc) levantados nos seis edifícios conforme suas origens ou causas (projeto, execução da obra, materiais e manutenção) é apresentado sinteticamente na Tabela 3.10.

Quantitativos das patologias construtivas (Pc) destes edifícios conforme suas origens

Edifício	V.Artigas		Hist.Geogr		Biom.I		Biom.II		Biom.III		I.Quim.		Total F.		
Totais das Pcs / Origem das Pc	T	%	T	%	T	%	T	%	T	%	T	%	T	%	CI
	53		69		82		74		68		77		423		
Projeto	53	36,8	65	37,6	80	33,0	70	33,5	66	39,8	77	42,1	411	37,2	1
Execução da obra	23	16,0	23	13,3	37	15,2	32	15,3	20	12,1	20	10,9	155	13,8	4
Material	32	22,2	33	19,1	57	23,4	45	21,5	43	25,9	41	22,4	251	22,4	3
Manutenção	36	25,0	52	30,0	69	28,4	62	29,7	37	22,2	45	24,6	301	26,6	2
Totais	144		173		243		209		166		183		1.118		

Tabela 3.10 - Avaliação do desempenho técnico-construtivo. Edifícios da CUASO (SIMÕES, 1999).

O resultado obtido quanto às patologias construtivas dos edifícios objetos daquela pesquisa, foram quantificadas num total de 1.118, tendo suas origens vinculadas às deficiências e inadequações de:

Projeto – com **411**, correspondendo a **37,2%** (1)

Manutenção – com **301**, correspondendo a **26,6%** (2)

Material – com **251**, correspondendo a **22,4%** (3)

Execução da obra – com **155**, correspondendo a **13,8%** (4)

Concluiu-se, nesta pesquisa, que decorrem da etapa de projeto a maioria das patologias construtivas, originando um percentual de 37,2% das ocorrências. É importante ressaltar que a etapa de projetos, neste estudo, engloba outras atividades, como pesquisa e gerenciamento, entre outras, não se limitando ao projeto propriamente dito. Todavia é evidenciada a responsabilidade dos projetistas na questão do desempenho técnico-construtivo.

Para Bagatelli (2002), o processo de projeto exerce grande influência sobre o desempenho de um empreendimento, pois é durante as etapas de projeto que as características do produto são definidas, sendo considerados aspectos relacionados à sua qualidade, custos e velocidade de construção. À medida que o sistema empreendimento avança no tempo, as possibilidades de interferência vão diminuindo a taxas cada vez maiores.

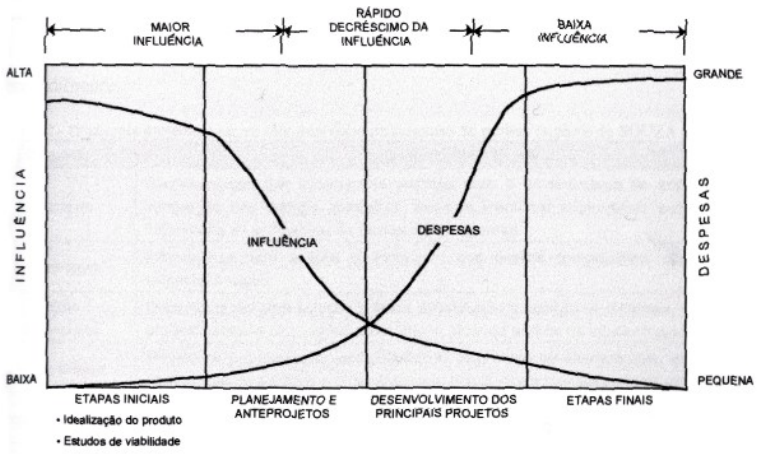


Figura 3.13 - Possibilidade de influência do projeto (BAGATELLI, 2002)

Bagatelli apresenta dados de estudos desenvolvidos por vários pesquisadores que também mostram resultados compatíveis com o de Simões, nos quais são indicados que a maioria das patologias apresentadas ao longo da vida útil de um empreendimento são originadas na fase de projeto, conforme observa-se na Tabela 3.11.

Lichtenstein (1985)		Thomaz (1989)		Abrantes (1995)	
Projeto	41,60%	Projeto	46,00%	Projeto	60,00%
Execução	24,40%	Execução	22,00%	Execução	26,40%
Materiais	17,40%	Materiais	15,00%	Equipamentos	2,10%
Utilização	10,00%			Diversos	11,50%
Diversos	6,60%				

Tabela 3.11 - Origens das patologias em edificações (BAGATELLI,2002)

As significância dos percentuais de patologias construtivas originadas na fase de projeto, pelos resultados apresentados pelos diversos pesquisadores, provoca o questionamento sobre qual seria a contribuição desta fase às patologias ambientais construtivas.

Para a obtenção de respostas a este questionamento, seria de grande valia que se pudesse dispor de uma metodologia similar à empregada para a obtenção dos resultados sobre patologias construtivas. Frente a esta necessidade, foi empreendido um estudo de caso avaliando a adaptabilidade da metodologia empregada por Simões na avaliação dos edifícios da CUASO a um levantamento das patologias ambientais construtivas.

Tal estudo consistiu primeiramente na adaptação da metodologia de referência, através da substituição dos requisitos dos usuários prescritos pela norma ISO6241, empregados na metodologia original, pelo requisito do usuário Adequação Ambiental e seus respectivos requisitos de desempenho ambiental, já apresentados na Tabela 3.9. Inicialmente pretendia-se acrescer às origens das patologias utilizadas na pesquisa de Simões, que são projeto, execução da obra, materiais e manutenção, as origens gerenciamento e uso. Ficariam portanto seis possíveis origens de patologias ambientais construtivas, ou seja, projeto, gerenciamento, execução da obra, materiais, uso e manutenção.

Após a adaptação da metodologia de referência, pretendia-se inicialmente prosseguir no estudo através da aplicação da metodologia em um edifício executado cuja conclusão das obras datassem de aproximadamente 3 anos, tendo seu projeto sido elaborado com aplicação de conceitos de adequação ambiental.

Foi então selecionado um edifício de escritórios de alto padrão com as características necessárias, porém não nos foi possível conduzir a pesquisa sobre tal edifício devido a receios dos proprietários e gerenciadores de que da pesquisa resultassem possíveis impactos comerciais negativos. Em uma nova seleção, o exercício, que consta do Anexo 2 deste trabalho, foi aplicado ao edifício I1 da Escola de Artes, Ciências e Humanidades (USP Leste) da Universidade de São Paulo. Tal edifício, todavia, quando da aplicação do estudo, estava em fase de inauguração, não sendo possível avaliar patologias originadas pelo uso ou pela manutenção.

A condução do estudo de caso apresentou algumas dificuldades, particularmente quanto à vinculação das patologias aos sistemas (ou órgãos) construtivos.

Diferentemente da metodologia empregada para avaliação de patologias construtivas (Pc), nem sempre as Patologias Ambientais Construtivas (Pac) são identificáveis apenas por meio da análise do edifício, mas também, avaliando-se processos e projetos. As Pac identificadas no estudo, referem-se em sua maioria a processos e não ao produto.

Apesar das dificuldades e embora o intuito deste estudo tenha sido avaliar a possibilidade de adaptação da metodologia de referência, foi possível obter resultados indicando que as origens das patologias ambientais construtivas decorrem predominantemente do gerenciamento e do projeto, conforme a Tabela 3.12.

Os resultados obtidos indicam que 38,4% das patologias ambientais construtivas identificadas são originadas pelo gerenciamento e 28,7% delas originadas pelo projeto. Embora o estudo apresentado não possua valor estatístico, pode, apoiado pelas pesquisas de desempenho técnico-

construtivo, sugerir que a contribuição do projeto e o gerenciamento como origem das patologias ambientais construtivas pode ser significativo.

Tabela 6.11		USP Leste - Escola de Artes, Ciências e Humanidades - Edifício I1												
		Quantitativos das patologias ambientais construtivas, originadas pelo **projeto, execução das obras, gerenciamento e materiais** sobre os 10 órgãos do edifício												
		Nº	Projeto		Obra		Gerenciam.		Material		Totais			
Nº Orgão		Total Patolog	Nº Pat	%	Nº Pat	%	Nº Pat	%	Nº Pat	%	Nº Pat	%	%	Class
1	Terrapleno	2	1	12,5	4	50,0	3	37,5			8	100	3,7	5
2	Fundação	1	4	33,3			4	33,3	4	33,3	12	100	5,6	3
3	Estrutura	1	5	25,0	5	25,0	5	25,0	5	25,0	20	100	9,3	2
4	Cobertura													
5	Vedos													
6	Pavimentos	1	3	33,3			3	33,3	3	33,3	9	100	4,2	4
7	Vãos	3	4	50,0			4	50,0			8	100	3,7	5
8	Paramentos													
9	Equipamentos Eletro-mecânicos	1	3	50,0			3	50,0			6	100	2,8	6
10	Equipamentos Hidro-Sanitários	1	2	50,0			2	50,0			4	100	1,9	7
Global	Empreendimento global	11	40	26,8	30	20,1	59	39,6	20	13,4	149	100	69,0	1
Totais		21	62	28,7	39	18,1	83	38,4	32	14,8	216	100	100,0	
Classificação			2		3		1		4					

Tabela 3.12 - Quantitativos das Patologias Ambientais Construtivas Conforme Origem

3.2 O PROJETISTA FRENTE AOS ASPECTOS AMBIENTAIS

3.2.1 Projeto e Meio Ambiente: Aspectos Éticos e Jurídicos

A emersão dos problemas sócio-ambientais desde a segunda metade do século XX produziu, como já visto, inúmeras iniciativas internacionais e nacionais em busca do chamado desenvolvimento sustentável. Estas iniciativas, por sua vez, cumprem seu papel quando são refletidas nos diversos segmentos produtivos e culturais da sociedade.

O segmento responsável pela produção do meio ambiente construído encontra embasamento teórico em estudos filosóficos, éticos, políticos e jurídicos, retroalimentando-os.

Almeida (2006) resume alguns conceitos filosóficos sobre ética ambiental, que estuda a questão sob uma ótica não humanocêntrica, considerando com significância moral não só os seres humanos e os seres conscientes não-humanos (animais), mas também os não-conscientes (plantas e ecossistemas), devendo-se preservar o valor inerente da natureza.

Os movimentos teóricos da arquitetura, refletindo este contexto, apresentam o ressurgimento de interesse pelas questões éticas da arquitetura, sendo uma das características do período pós-moderno (NESBITT, 2006). Dentre os temas da arquitetura pós-moderna estão o da responsabilidade social, contrapondo o compromisso cívico à uma prática autônoma e o paradigma teórico da fenomenologia, contemplando a relação homem-arquitetura-natureza, em que se apoia a sustentabilidade. A relação estabelecida durante o Iluminismo da luta do homem contra a natureza ameaçadora perde importância com a evolução tecnológica pós Revolução Industrial e com uma decorrente crise ambiental global. Nesbitt (2006) afirma que o código de ética da AIA - *American Institute of Architects*, reflete os papéis sociais da arquitetura, incluindo o cuidados com os impactos social e ambiental, respeito e conservação da herança cultural e ambiental e empenho em melhoria do meio ambiente.

Nos diversos ensaios teóricos sobre arquitetura organizados por Nesbitt (2006) sob os aspectos ético e político, Philip Bess, defende uma postura arquitetônica de virtude moral aristotélica como condição necessária à realização das potencialidades do indivíduo e da comunidade, em contraposição à postura individualista nietzchiana. Diane Ghirardo aponta a arquitetura como um serviço que deve estar comprometido com a esfera sócio-política e Karsten Harris culpa a arquitetura pela degradação da vida contemporânea, sendo a modernidade responsável pelas idéias infelizes de que o ambiente físico é uma matéria que pode ser manipulada indiscriminadamente e que a arquitetura faz parte de uma cultura tecnológica que exige “máquinas de viver” em vez de “habitats”. Com um discurso relacionando explicitamente a profissão de arquiteto a padrões éticos e ecológicos e surgindo, segundo Nesbitt, como o mais importante intérprete contemporâneo de uma abordagem sustentável do projeto, William McDonough critica a arquitetura moderna, considerando antiético que os arquitetos continuem a trabalhar como de costume, uma vez que através de uma pesquisa mostrou que todo o sistema contemporâneo de construções é composto por materiais tóxicos. O novo papel dos arquitetos é o de assumir

a liderança do desenvolvimento de novas definições e medidas de prosperidade, produtividade e qualidade de vida.

Segundo McDonough, o conceito de projeto é a primeira manifestação da intenção humana e cita como exemplo dois barcos. O primeiro um veleiro, reciclável, movido por energia eólica e operado por artesãos ao ar livre. O segundo, um barco a vapor, que derrama óleo na água, lança fumaça para o ar e é operado por pessoas trabalhando em seus porões. Os dois barcos são frutos de projetos e como tanto, manifestações das intenções do homem. Quem projetou o barco assume uma posição de liderança, pois as operações realizadas dentro do mesmo são uma conseqüencia do projeto, que é fruto da intenção humana.

McDonough apresenta três características oferecidas pela configuração da Natureza que definem os sistemas vivos. A primeira é que tudo já nos foi dado tudo com que temos que de trabalhar, e todos os materiais que a natureza nos dá retornam constantemente a ela, sem desperdícios e permanentemente reciclado. A segunda característica é que a energia é o fator que permite à natureza fazer uma permanente reciclagem de si mesma e a terceira característica que sustenta esse sistema eficiente e complexo de metabolismo e criação é a biodiversidade. McDonough questiona, enquanto arquiteto, como aplicar ao trabalho essas três características dos sistemas vivos.

Em sua atividade profissional, McDonough deparou-se com a necessidade de descobrir materiais que não fossem prejudiciais à saúde e acabou concluindo que estes materiais não estavam disponíveis no mercado e que todo o sistema de construção de edifícios é essencialmente tóxico. Deparou-se também com a necessidade de plantio de árvores não apenas para reposição ao meio ambiente da madeira utilizada em suas obras, mas também para compensação dos efeitos das mesmas na mudança climática. Incluiu em seus projetos conceitos de prorrogação da vida útil e flexibilização do uso de edifícios, redução da energia incorporada na construção de edifícios, emprego de sistemas de condicionamento de ar que não utilizem clorofluorcarbonetos (CFC) e sistemas de condicionamento natural. Esta

prática profissional foi aumentando a consciência das implicações éticas do projeto não só no que diz respeito aos edifícios, mas a todos os aspectos da atividade humana, refletindo mudanças na concepção histórica de quem e do que possui direitos.

Os Princípios de Hannover
1. Insistir no direito da humanidade e da natureza de coexistir em condições sustentáveis, diversas, saudáveis e de ajuda mútua.
2. Reconhecer a interdependência entre os projetos humanos e o mundo natural e sua dependência deste, com as mais amplas e diversas implicações em todas as escalas. Estender a reflexão sobre os projetos humanos ao reconhecimento dos seus efeitos mais distantes.
3. Respeitar as relações entre o espírito e a matéria. Levar em consideração todos os aspectos dos assentamentos humanos, inclusive estruturas comunitárias, a moradia, a indústria e o comércio do ponto de vista da relação atual e futura entre a consciência espiritual e a consciência material.
4. Aceitar a responsabilidade pelas conseqüencias das decisões do projeto para o bem-estar das pessoas, a viabilidade dos sistemas naturais e seu direito à coexistência.
5. Criar objetos seguros com valor no longo prazo. Não sobrecarregar as futuras gerações de preocupações quanto à manutenção ou à vigilância sobre produtos, processos ou padrões potencialmente perigosos criados por uma atitude desleixada.
6. Eliminar o conceito de desperdício. Avaliar e otimizar o ciclo completo dos produtos e dos processos para imitar os sistemas naturais, nos quais não há desperdício.
7. Ater-se aos fluxos naturais de energia. Os projetos humanos devem tirar suas forças criativas, como o mundo vivo, do influxo perpétuo da energia solar. Absorver essa energia de maneira segura, eficiente e utilizá-la de modo responsável.
8. Compreender as limitações do projeto. Nenhuma criação humana dura para sempre e o projeto não resolve todos os problemas. Os que criam e planejam devem agir com humildade perante a natureza, devem tratá-la como modelo e guia, e não como obstáculo a ser controlado ou do qual é preciso esquivar-se.
9. Buscar o aperfeiçoamento constante a partir do compartilhamento de conhecimento. Encorajar a comunicação franca e aberta entre colegas, patrões, fabricantes e usuários para unir requisitos de sustentabilidade no longo prazo com responsabilidade ética e restabelecer a relação integral entre processos naturais e atividade humana.
Os Princípios de Hannover devem ser entendidos como um documento vivo comprometido com a transformação e o desenvolvimento do entendimento de nossa interdependência com a natureza, de forma que eles possam adaptar-se à medida que nosso conhecimento do mundo evolui.

Tabela 3.13 - Os Princípios de Hannover - Willian McDonough Architects -1992 (NESBITT, 2006)

Os Princípios de Hannover, apresentados na Tabela 3.13, são uma tentativa do grupo Willian McDonough Arquitetos de estabelecer diretrizes éticas gerais para a elaboração de projetos sustentáveis, encomendados pela cidade de Hannover, na Alemanha, para a Feira Mundial do Milênio, cujo tema foi "Humanidade, Natureza e Tecnologia", e apresentados pela primeira vez na ECO92, no Rio de Janeiro.

Citando exemplos de projetos, McDonough narra ter recebido a incumbência de projetar o escritório de um grupo de ambientalistas, cujo diretor afirmou que se qualquer pessoa do escritório ficasse doente por causa da qualidade do ar de seu interior, processaria o arquiteto. Este episódio expôs a responsabilidade, não apenas ética, mas também legal do projetista nas implicações ambientais decorrentes do projeto.

A atividade projetual está, hoje, submetida às responsabilidades do direito ambiental, que parte de convenções e tratados internacionais, vindo por fim refletir na legislação geral e ambiental. No Brasil, princípios de direito ambiental estão presentes não apenas na Constituição Federal, mas também em legislação específica.

Abelha Rodrigues (2006) apresenta os princípios do direito ambiental embasado na Constituição Federal do Brasil e na ciência ambiental. Ele aponta como sendo quatro os princípios básicos do direito ambiental de maior relevância na Constituição:

1) Princípio da Ubigüidade

   Trata-se, conforme os princípios do direito ambiental na Constituição Federal de 1988, do caráter global do direito ambiental, não se podendo pensar no meio ambiente de modo restrito visto que a poluição e a degradação do meio ambiente não encontram fronteiras e não esbarram em limites territoriais. Em matéria ambiental, ao mesmo tempo que se deve pensar em sentido global, deve-se agir em âmbito local, para que se consiga uma atuação sobre a causa da degradação ambiental e não simplesmente sobre o seu efeito.

2) Princípio do Desenvolvimento Sustentável

   Tendo o conceito de desenvolvimento sustentável sido desenvolvido

embrionariamente na Conferência de Estocolmo da ONU, em 1972, e posteriormente no Relatório Bruntland e Agenda 21, sua definição mais aceita é a de ser “o desenvolvimento que satisfaça as necessidades do presente sem comprometer as habilidades das gerações futuras para satisfazer suas próprias necessidades.” (WCED, 1987). Desta forma, segundo Brasil (2006), a satisfação das necessidades atuais não poderá ser degradante às gerações futuras, mesmo que seja compatível com os interesses e necessidades da geração contemporânea, não tendo esta o direito de privar as gerações futuras de um bem indispensável à vida humana e, principalmente, impor ao mundo um fim que poderia ser prevenido.

3) Princípio do Poluidor Pagador

Segundo Abelha Rodrigues, este princípio trata da internalização, pelos agentes econômicos, dos custos sociais da poluição ou externalidades, ou seja, na composição dos custos devem estar previstos todos os aspectos do produto que devem ser internalizados em seu preço. Quando não ocorre a internalização deste custos sociais da produção e consumo, os mesmos são recebidos pela coletividade, enquanto que o lucro é recebido somente pelo produtor. É a socialização de um prejuízo ambiental (como por exemplo os custos públicos da despoluição de um rio), para a privatização de um lucro (neste mesmo exemplo, pelo lançamento de dejetos industriais nos cursos d’água sem o devido tratamento pelo poluidor).

Não se deve confundir este principio como licença para poluir, pois o ônus para o poluidor tem caráter punitivo, para que crie a consciência de que o meio ambiente deve ser preservado, inclusive no processo de produção e desenvolvimento (NUNES, 2006).

Abelha Rodrigues indica, do ponto de vista jurídico, três regras básicas do princípio do poluidor pagador, que são a precaução, a prevenção e a responsabilização. Indica ainda dois subprincípios, que são o princípio do usuário pagador, em que um bem de uso comum do povo, como por exemplo a água, é submetido a um uso incomum, neste caso para

obtenção de lucros, devendo o usuário obter licença e pagar pelo uso; e a função sócio-ambiental da propriedade privada, ou seja, a função ambiental que a propriedade deve ter para a sociedade, em preservar a flora, fauna, belezas naturais, o equilíbrio ecológico e o patrimônio histórico e artístico, bem como evitar a poluição do ar e das águas.

4) Princípio da participação

   A Constituição Federal declarou ser dever de toda a coletividade e do Poder Público atuar na defesa e proteção do meio ambiente. O princípio da participação implica em um dever da coletividade quanto ao direito ao meio ambiente e o fato de sua administração ficar sob custódia do Poder Público não exclui o dever desta coletividade atuar na conservação e preservação do direito do qual é titular. São subprincípios deste os princípios da informação e da educação.

Os princípios do direito ambiental são aplicáveis às atividades do projetista, devendo este estar consciente de suas responsabilidades não apenas éticas quanto legais. O projetista, se estiver devidamente ciente desta responsabilidade, buscará os meios possíveis no atual estágio de conhecimento para aplicação em sua prática profissional, mantendo-se atento para a evolução deste conhecimento.

3.2.2 Postura do Projetista frente à Questão do Desempenho Ambiental

É crucial a responsabilidade do projetista quanto ao desempenho ambiental das construções, exigindo-lhe comprometimento com este aspecto tanto pelo lado técnico, ético e até mesmo legal. Mas, como tem reagido o segmento de projetos dentro da cadeia produtiva da construção?

A questão ambiental não tem passado despercebida pelos projetistas, sendo que alguns deles, que estão comprometidos de alguma maneira com esta questão, tem incorporado aspectos de adequação ambiental em seus projetos. No exterior, alguns arquitetos se destacam pela aplicação destes

aspectos em seus projetos, como o arquiteto Ken Yeang, na Malásia, que segundo Gonçalves(2003) é um dos nomes mais ativos na arquitetura de edifícios altos naquele país, adotando a concepção chamada por ele de edifício alto bioclimático.

No Brasil também há arquitetos preocupados com os aspectos ambientais de seus projetos. Como exemplo de projeto recente, o projeto de Siegbert Zanettini e José Wagner Garcia para o Centro de pesquisas Petrobrás - CENPES, localizado na Ilha do Fundão, no Rio de Janeiro, , desenvolvido juntamente com trinta empresas e um grupo formado por 248 profissionais, entre arquitetos, consultores, engenheiros e pesquisadores, que trabalharam para equalizar todos os itens de ecoeficiência, estudando a forma arquitetônica, os materiais a serem utilizados, o tratamento das superfícies envidraçadas e das proteções solares externas, a orientação solar adequada, o aproveitamento da luz e da ventilação naturais, sistemas para uso racional da água, materiais de baixo impacto ambiental e o emprego de tecnologias limpas (GELINSKI, 2006). Como outro exemplo de projeto incorporando aspectos ambientais em sua concepção, apresentado por Figuerola (2006), porém em um contexto completamente diverso, é a Vila dos Estudantes do Instituto de Permacultura e Ecovilas do Cerrado (IPEC), em Pirenópolis, GO, em que o arquiteto Tiago Ruprecht empregou um conjunto de sistemas construtivos que utilizam recursos naturais da região, como o chamado superadobe, que utiliza sacos de polipropileno para moldagem de paredes e cúpulas.

Em ambos os exemplos citados os projetistas empregam soluções que incorporam aspectos de adequação ambiental e certamente tem méritos pela responsabilidade ambiental adotada no desenvolvimento de seus projetos, mas será que ambos os projetos apresentam de fato bom desempenho ambiental?

Para obter informações, entre outras coisas, quanto ao desempenho ambiental em um projeto que já houvesse sido desenvolvido com preocupações quanto à adequação ambiental, procedeu-se a aplicação do estudo já citado anteriormente de adaptação de metodologia de referência

para avaliação de desempenho pela identificação de patologias construtivas, para fins avaliação de desempenho ambiental.

O estudo, que foi aplicado ao edifício da Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo no campus leste na Capital Paulista (USP Leste), é apresentado no Anexo 2. Pretendia-se, inicialmente, aplicar o estudo a outro edifício que também preenchia alguns requisitos, como o tempo de utilização e o emprego de conceitos de desempenho ambiental em projeto, porém, apesar atender estes requisitos, não foi autorizada a pesquisa pelos responsáveis por recearem que o resultado da mesma pudesse prejudicar a comercialização do edifício.

A questão ambiental já faz parte das preocupações de alguns projetistas, refletindo em seus projetos, como o edifício acima citado no qual não foi autorizada sua avaliação, no entanto este assunto ainda é considerado um "tabu", possivelmente motivo de insegurança por parte dos projetistas, que talvez receiem expor seu modo de trabalho e serem prejudicados comercialmente e até juridicamente, por não disporem de meios objetivos que os permitam assegurar resultados neste requisito.

Seja como for, seria de especial valia que os profissionais de projeto dispusessem de metodologias, instrumentos de suporte à decisão e informações adequadas para aplicação dos conceitos de adequação ambiental em seus projetos de forma objetiva e consequentemente com menores incertezas.

3.2.3 Consideração de aspectos ambientais em projetos

As chamadas agendas ambientais internacionais geralmente representam um compromisso entre países signatários e representam a intenção inicial dos mesmos. Estas agendas, de caráter genérico, são incorporadas nas agendas nacionais e legislação, além das agendas setoriais. A Agenda 21 é o exemplo mais difundido de agenda ambiental internacional, a qual originou uma agenda setorial específica ao segmento da construção civil, a Agenda

21 para a Construção Sustentável (A21CS), que é uma sistematização dos estudos do CIB – International Council for Research and Innovation in Building and Construction.

A A21CS transpõe as diretrizes apontadas na Agenda 21 Global para o macro setor da construção civil (Figura 3.14), em seus diversos segmentos, inclusive no projeto. Aos projetistas, recomenda adotar um enfoque de projeto mais integrado, levando em conta os fundamentos do projeto de construção sustentável, além de ter o *know how* necessário para interpretar a linguagem ambientalista.

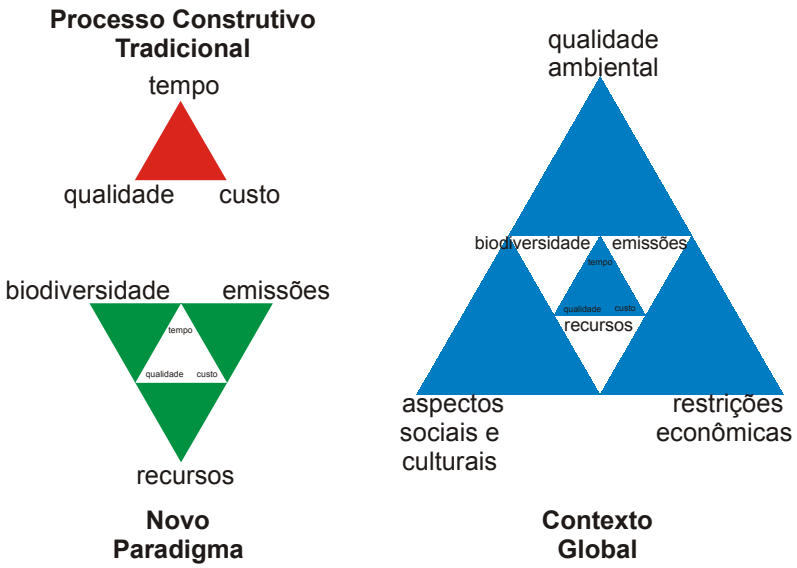


Figura 3.14 - Novo enfoque do Macro Setor da Construção Civil dentro do contexto global (VANEGAS et al, 1996 apud A21CS, 2000)

Segundo a A21CS, os projetistas deveriam considerar qualidades ambientais dos materiais de construção como ponto de partida de seu projeto, projetar partindo da ótica de objetivos ambientalistas para o produto final, atuar com equipes multidisciplinares, e usar métodos e ferramentas que lhes possibilitaria controlar não apenas o custo, mas muitas outras variáveis tais como média de vida e prazos para manutenção, fatores poluentes e de saúde, aquecimento e humidade, tecnologia. Além disso, deveriam preocupar-se com o projeto funcional (vida útil e flexibilidade prolongada durante o uso), durabilidade dos componentes, reaproveitamento e na possibilidade de deconstrução dos componentes.

Estes conceitos estão presentes no que Manzini;Vezzoli(2005) chama de *Life Cicle Design* ou projeto do ciclo de vida inteiro de um produto, em que se deve projetar não apenas o produto, mas o sistema-produto, entendido como o conjunto dos acontecimentos que determinam o produto e o acompanham durante o seu ciclo de vida.

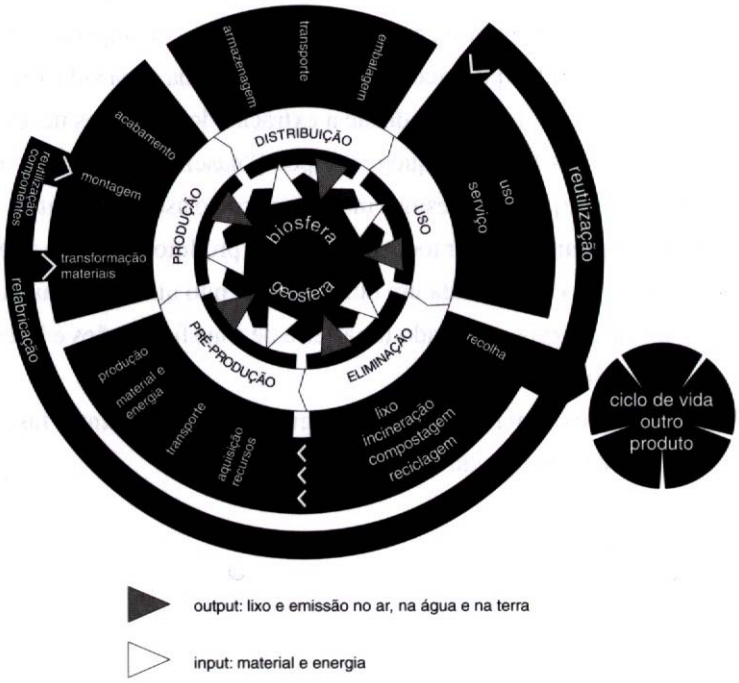


Figura 3.15 - O ciclo de vida do sistema-produto (MANZINI; VEZZOLI, 2005)

O objetivo ambiental básico do projeto do ciclo de vida é reduzir ao mínimo possível seja o input de materiais e de energia, seja o impacto de todas as emissões e dos descartes finais, isto é, o output do sistema-produto inteiro. As estratégias para este resultado passam pela minimização de uso de recursos, escolha de recursos e processos de baixo impacto ambiental, extensão da vida dos produtos e dos materiais e facilidade de desmontagem. Obviamente um bom projeto deve considerar não apenas os requisitos ambientais, mas também os requisitos típicos de prestação de serviço, tecnológicos, econômicos, legais, culturais e estéticos.

No sentido de atingir os objetivos acima, um dos conceitos citados por Manzini;Vezzoli é o da desmaterialização dos produtos, que significa atingir um determinado resultado em termos funcionais usando o mínimo de

recursos ambientais. O valor de referência é o serviço prestado e não o produto.

Este conceito se relaciona ao de Construção Baseada em Desempenho (*Performance Based Building*), ou seja, pensar e trabalhar mais em termos de fins do que em termos de meios, tratando a questão em termos dos requisitos a serem atendidos.

Este conceito se aplica ao Projeto Baseado em Desempenho (PBD), segundo Spekkink (2005) com as definições a seguir:

- "O Projeto Baseado em Desempenho é um projeto da edificação que é baseado em uma conjunto de requisitos de desempenho dedicados relacionados ao uso pretendido do edifício, e que pode ser avaliado com base em especificações de desempenho"; e ainda: "O processo de Projeto Baseado em Desempenho é aquele em que requisitos de desempenho são traduzidos e integrados no projeto do edifício".

Em se tratando de requisitos de desempenho ambiental construtivo, é proposta na Tabela 3.9(Requisito do Usuário - Adequação Ambiental) uma listagem dos mesmos, que devem então ser considerados. A avaliação de desempenho para estes itens deve ser feita a partir de valores de referência dos impactos produzidos em condições normais médias. Portanto, tratar os requisitos de adequação ambiental como os demais requisitos de desempenho, implica que seu desempenho seja avaliado de forma objetiva, quantificando o atendimento requisitado, ou seja, quantificar resultados. Especificamente quanto ao requisito de adequação ambiental, os resultados a quantificar são os impactos ambientais, sendo já listados os mais significativos no item 2.4 deste texto. A avaliação do atendimento aos requisitos ambientais construtivos é feita pela quantificação de seus impactos, ou seja, inventariando os impactos ambientais, sendo então avaliados em relação a valores de referência.

Adotar estes requisitos ambientais construtivos, em outras palavras, significa adicionar a dimensão da adequação ambiental ao Projeto Baseado em Desempenho. Mais do que isso, deve considerar ainda neste

desempenho o comportamento aos fins a que se destina o produto, ao longo de todo o ciclo de vida.

Neste sentido, segundo Trinius (2005), edifícios e bens construídos devem ser objeto de planejamento de atividades que refletem seu desempenho durante sua vida de operação, ou seja, requer Planejamento da Vida Útil (PVU). O PVU compreende um modelo de determinação da expectativa de uma razoável vida útil do edifício e suas partes, e estabelece uma rotina de avaliação de alternativas de projeto. Uma opção de projeto é considerada razoável quanto alcança ou excede requisitos de desempenho durante o tempo de vida previsto em projeto. Uma questão chave a debater aqui é a duração da fase de uso do edifício e a vida útil de seus componentes.

No entanto, tratar do desempenho ambiental construtivo tem um enfoque ainda mais extenso, pois sua avaliação não se encerra com o fim da vida útil do edifício ou seus componentes, mas prossegue após o encerramento da mesma. Pode-se dizer, então, que neste caso trata-se de Planejamento do Ciclo de Vida (PCV), em sintonia com o enfoque de Design do Ciclo de Vida adotado por Manzini;Vezzoli. As considerações de Trinius quanto a PVU são enriquecedoras ao enfoque do desempenho ambiental construtivo, mas devem ser traduzidas neste caso como PCV.

Spekkink aponta a necessidade do inter-relacionamento entre os diversos especialistas atuantes no processo de projeto, numa abordagem de planejamento integrado, onde não interessam tanto o desempenho individual das especialidades, mas o desempenho do resultado final do conjunto (Figura 3.16)

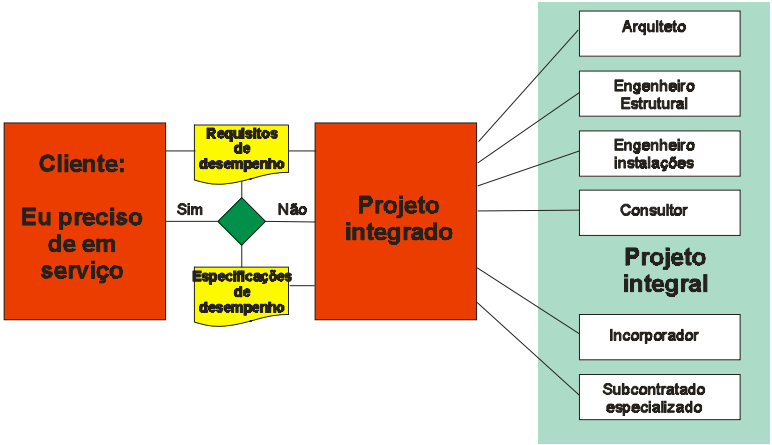


Figura 3.16 – Projeto Baseado em Desempenho promove o projeto integral (SPEKKINK, 2005)

Já para Trinius, devem ser considerados requisitos de desempenho e propriedades de desempenho em diversos níveis de sistema (alto nível, correspondendo ao edifício, e baixo nível, aos componentes e materiais). A aplicação do conceito de planejamento integrado em PVU (Figura 3.17) requer rotinas para o estabelecimento de requisitos de desempenho, incluindo o possível desenvolvimento de requisitos ao longo do tempo. Devem ser inter-relacionados requisitos de alto e de baixo nível. Adicionalmente, o conceito esbarra na disponibilidade de informação de referência de vida útil de produtos construtivos. A fim de que os produtores possam fornecer tais informações em termos de declaração de vida útil de seus produtos, há que se considerar algumas questões.

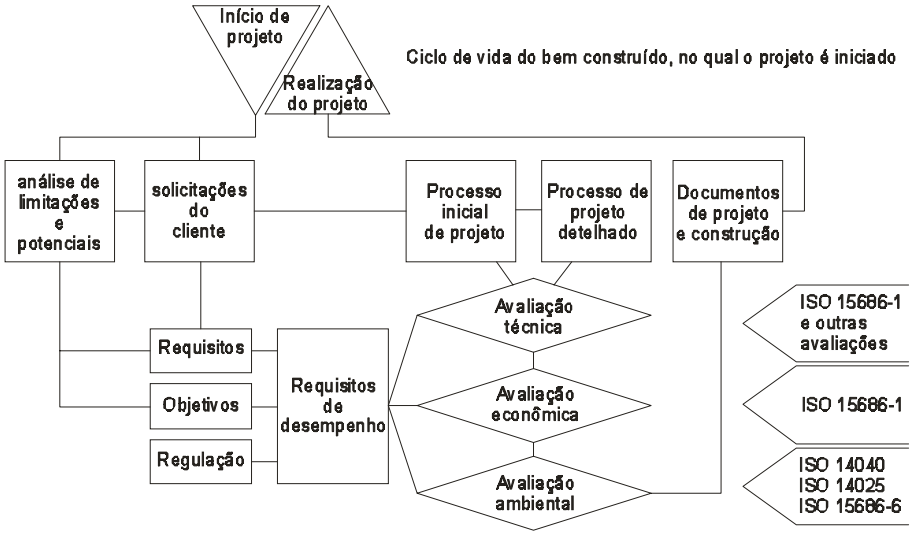


Figura 3.17 - Conceito de planejamento integrado em PVU (planejamento da vida útil) – ISO15686-6. Projeto pode ser iniciado em qualquer ponto do ciclo de vida (TRINIUS, 2005).

A discussão entre aspectos de desempenho e aspectos de sustentabilidade reflete a característica relativamente vaga do termo “construção sustentável”. Este termo não se relaciona ao estabelecimento de *benchmarks* para construção sustentável, mas em considerar aspectos de sustentabilidade durante o projeto e operação dos edifícios.

Na consideração de aspectos de sustentabilidade precisa se relacionar a vida útil e requisitos de desempenho, assim como a própria funcionalidade e duração de serviço são pedras fundamentais no desempenho de um edifício. Ao comparar diferentes opções de projeto, aspectos de desempenho são fatores fundamentais. Isto também significa que a quantificação de custos e de impactos ambientais sem uma referencia comum é pouco significativa. Desempenho ambiental não pode ser descrito sem um bem definido ponto de referencia em desempenho (técnico e/ou econômico) do edifício.

As considerações de Trinius quanto ao conceito de sustentabilidade estão corretas, porém este conceito é mais abrangente do que simplesmente tratar de desempenho ambiental. Para o conceito de sustentabilidade, o aspecto ambiental é apenas uma de suas três bases, sendo as demais os aspectos econômico e o social. A avaliação da sustentabilidade se configura através de um processo híbrido, utilizando subsídios mensuráveis juntamente com os subjetivos. Mas a avaliação do desempenho ambiental construtivo é tratar apenas de um segmento de um problema maior, a sustentabilidade, devendo oferecer respostas objetivas para subsidiar a avaliação deste segundo aspecto que não é, no entanto, o foco deste trabalho.

Pode-se dizer, prosseguindo segundo Trinius, que construção baseada em desempenho e construção sustentável são complementares. Uma afirmação igualmente forte é que construção sustentável precisará que o setor da industria da construção siga uma estratégia baseada em desempenho.

3.2.4 Inserção dos aspectos ambientais no modo de trabalho do projetista

O desenvolvimento de projetos no contexto atual, ou seja, mercado altamente competitivo, prazos limitadíssimos, preocupação com custos finais imediatos e não com custo benefício ou ao menos custos a longo prazo (fazer para vender), maximização de lucros (ou minimização de prejuízos), entre outros fatores característicos do modo de vida contemporâneo, determinam ou formatam um modo de trabalho que deve ser seguido para que o projetista consiga se manter no mercado.

O chamado desenvolvimento sustentável tem como base três pontos, sendo o ambiental, o econômico e o social. No contexto brasileiro, com impostos altos, pessoal com qualificação insuficiente, economia instável e dependente de capital externo, entre outros aspectos, fazem com que o mercado de projetos seja altamente pressionado por seus clientes (nacionais, internacionais ou multinacionais) com relação a custos, o que tem como conseqüencia a desvalorização dos profissionais especializados (baixa remuneração, trabalho informal, ausência de benefícios, falta de estabilidade, descumprimento de direitos trabalhistas), redução de prazos para desenvolvimento de projetos e redução de lucros, apenas exemplificando, conseqüencias estas que acabam refletindo na qualidade final do produto derivado do projeto e recursos limitados para reinvestimento no processo de desenvolvimento, como por exemplo na capacitação de pessoal, aquisição de aplicativos, modificação de processos de trabalho e certificações.

Além destas limitações, que não dizem respeito diretamente às questões ambientais, temos as limitações específicas para incorporação de conceitos de projeto baseado em desempenho e adequação ambiental, que são a ausência ou escassez de informações ambientais objetivas para o segmento, ausência ou escassez de metodologias ou falta de objetividade nas existentes, implicações comerciais, entre outros.

A incorporação dos aspectos ambientais ao segmento de projetos no Brasil deve considerar este contexto, e portanto deve atender a algumas

condições:

- Não onerar o desenvolvimento de projetos;
- Traduzir os aspectos ambientais à linguagem do segmento;
- Facilidade no aprendizado deste novo aspecto a considerar no projeto;
- Adequação ao modo de trabalho atual do projetista;
- Integração/adaptação às atuais ferramentas de trabalho do projetista;
- Minimizar o aumento de prazo para o desenvolvimento de projetos;
- Fornecimento de informações ambientais seguras, objetivas e padronizadas;

No entanto, pode-se considerar que mesmo que sejam preenchidas estas condições para facilitar a adaptação do processo de trabalho em projetos, há que se considerar a possibilidade de haver uma certa inércia e resistência dos profissionais a mudanças. Estas podem ser vencidas, por exemplo, através de exigências de mercado, desenvolvimento e aplicação de normas, formulação de leis específicas e exigências em contratações do setor público.

Esta situação é exposta por Spekkink (2005), para o qual profissionais de projeto geralmente não estão muito atentos ao projeto baseado em desempenho. A este respeito uma distinção pode ser feita entre duas diferentes abordagens:

1. Projetistas atendem estes aspectos quando há programas de necessidades dos clientes que sejam baseados em desempenho e a legislação construtiva.
2. Projetistas definem seu trabalho com um design funcional mais uma série de critérios de desempenho, preferível à forma de projetar tradicional, em termos de desenhos técnicos e especificações. A idéia geral é que o contratante estabeleça a demanda por aspectos de desempenho, o que em geral funciona melhor com projetos para o setor público que ao privado.

No entanto, antes da incorporação dos aspectos ambientais serem considerados obrigatórios ao desenvolvimento de projetos, é necessário que se disponham de metodologias que atendam as condições de aceitação

acima listadas, além de diversas outras de caráter técnico.

Tratar da incorporação de um novo conjunto de variáveis extremamente complexo ao processo projetual, e em linguagem completamente distinta ao segmento não é tarefa fácil. Há, portanto, uma série de exigências a serem cumpridas para que tais metodologias sejam apropriadas para enfrentar a tarefa.

Do ponto de vista instrumental, o segmento já dispõe de algumas metodologias cujo uso já está sedimentado na prática profissional, algumas em fase insipiente de desenvolvimento, e há outras ainda por desenvolver. Os Estudos e Relatório de Impacto Ambiental (EIA/RIMA) e Estudos de Impacto de Vizinhança (EIV) já estão sedimentados na prática profissional, porém não se destinam à avaliação de desempenho e geralmente tratam o problema quanto aos impactos de abrangência regional.

O instrumental necessário deveria tratar os aspectos de adequação ambiental de maneira objetiva (mensurável), preferencialmente baseada em resultados de acordo com os conceitos de Construção Baseada em Desempenho, que permita compatibilização com Sistemas de Gestão Ambiental e que a avaliação seja feita considerando o ciclo de vida do produto-processo.

4 FERRAMENTAS DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO AMBIENTAL

Iniciativas ao redor do mundo originaram diversas ferramentas para avaliação de desempenho ambiental, que variam em suas áreas de aplicação, relevância geográfica e qualidade de dados.

Um estudo coordenado pelo *Royal Melbourne Institute of Technology* (ENVIRONMENT AUSTRALIA, 2001), analisou as ferramentas de avaliação de desempenho ambiental no setor de edifícios e construções, e desenvolveu estratégias para o uso destas ferramentas, visando melhorar o setor no aspecto ambiental. O projeto teve 3 estágios, iniciando-se por uma investigação internacional das ferramentas, dados existentes e sua disponibilidade; teste das mesmas e montagem de uma matriz; e por fim, a elaboração de uma estratégia para promoção dos resultados.

Este estudo classificou as ferramentas de avaliação de desempenho ambiental em seis categorias:

1. Ferramentas ACV (Avaliação do Ciclo de Vida) detalhadas. Podem ser focadas em: (a)materiais e (b) sub-sistemas e processos.
2. Ferramentas de projeto, que usam ACV como base, simplificados para atuar como indicador de pontos ou uma agregação de impactos nos componentes construtivos ou processos.
3. Ferramentas CAD[16]/ACV – ferramentas que lêem informações de arquivos CAD e calculam a agregação de impactos ambientais do projeto.
4. Guias e checklists de produtos “verdes” – guias qualitativos para produtos.
5. Esquemas de avaliação de edifícios – Estas ferramentas avaliam se o

[16] CAD - *Computer Aided Design* ou Projeto Auxiliado por Computador

edifício tem bom desempenho. Aplicam-se para avaliação pós-ocupação e também em avaliação de projetos.

6. Ferramentas de energia incorporada – Usam análise de entrada/saída para determinar energia incorporada e parâmetros ambientais dos materiais. Podem ser usadas para seleção dos materiais, priorizando aspectos mais importantes do edifício.

Com base na classificação acima, apresenta-se a seguir uma breve descrição das categorias, uma análise da aplicabilidade de cada uma no desenvolvimento de projetos e um quadro resumo de cada categoria, contendo listagem das principais ferramentas com informações sobre as fases do ciclo de vida avaliadas (produção, uso e descarte), as categorias de impactos ambientais (emissão de gases de efeito estufa - GEE ou do inglês: *greenhouse*, eficiência energética, poluição do ar, depleção da camada de ozônio, toxicidade, poluição da água, consumo de água, produção de resíduos sólidos, qualidade do ar interno), características do banco de dados da ferramenta, análise de custos e comentários.

4.1 FERRAMENTAS ACV DETALHADAS

4.1.1 Focadas em materiais construtivos

De modo genérico, as ferramentas desta categoria comparam e analisam ciclos de vida completos de produtos e processos, do berço ao túmulo. São compostas por aplicativos e por bancos de dados, podendo estes ser direcionados a atividades específicas.

A organização dos aplicativos normalmente é baseada em módulos, primeiramente um organograma ou um fluxograma, com blocos indicando processos, os quais devem ser alimentados com informações de entradas (matérias primas, recursos, energia, etc.) e saídas (produtos finais, emissões, resíduos, etc.) inter-relacionadas com os demais através de fluxos, além de impactos dos meios de transporte. Além deste, normalmente existem módulos de relatórios e/ou inventário, com informações detalhadas dos resultados obtidos através dos cálculos efetuados (Figura 4.18).

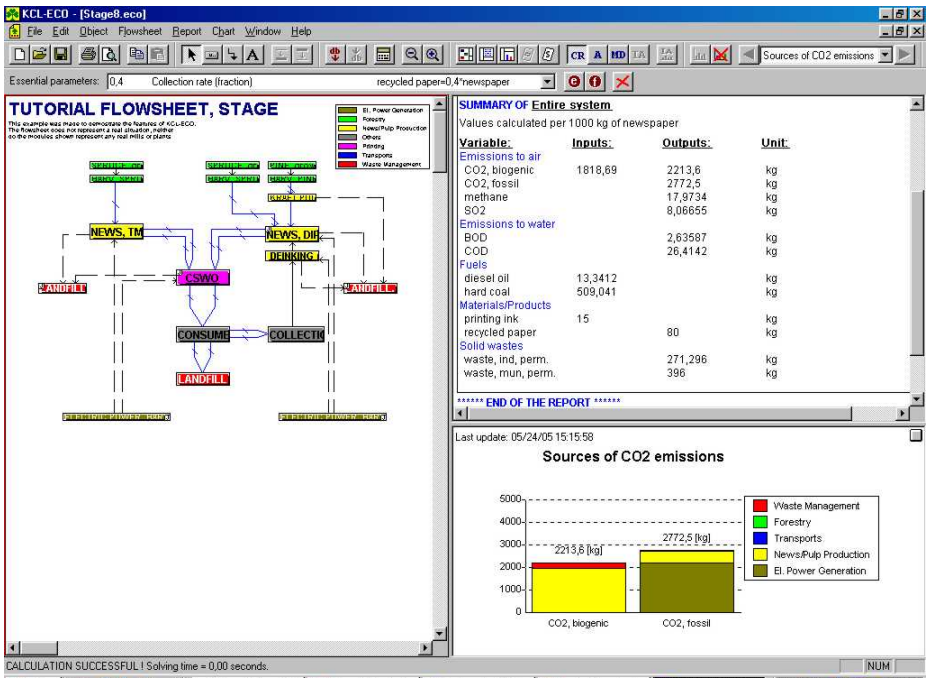


Figura 4.18 - Tela do aplicativo KCL-ECO 3.01, 1999.

São analisados cada componente de um processo ou produto, com seus respectivos sub-componentes e os impactos de cada um deles. Alguns

aplicativos possuem diversos métodos de avaliação de impactos.

Os resultados são apresentados por módulos gráficos que podem expressar os seguintes processos: caracterização, normalização, ponderação, atribuição de peso e pontuação única. É uma característica desejável, mas nem sempre presente, a habilidade de efetuar comparações de impacto entre processos alternativos. Podem estar presentes recursos de avaliação de incertezas.

Ferramentas de ACV Detalhadas

Ferramentas	Abrangencia ACV			Categorias de Impacto									B. Dados		Custos de Ciclo de Vida	Comentários
	Materiais	Uso	Descarte	Gás Ef. Estufa	Cons. Energia	Poluição do Ar	Dep.Cam.Ozonio	Toxicidade	Poluição Água	Cons. Água	Res. Sólidos	Qual. Ar Interno	Presente	Editável		
Boustead (Ing)	S	S	S	S	S	S	S	S	S		S	N	S	S		Ferramenta para para construção do Inventário de Ciclo de Vida de processos. Possui extenso banco de dados de ICV, aberto e editável.
GaBi (Alem)	S	S	S	S	S	S	S	S	S		S	N	S			Ferramanta ACV Alemã baseada em processos de engenharia.
KCL-ECO (Fin)	S	S	S	S	S	S	S	S	S		S	N	S	S		Desenvolvida inicialmente para a indústria de papel. Efetua ACV baseado no fluxo de massa das entradas e saídas de um produto.
LCAiT (SE)	S	S	S	S	S	S	S	S	S		S	N	S			Desenvolvido a partir de 92, como ferramenta para auxiliar o projeto de produtos.
PEMS (Ing)	S	S	S	S	S	S	S	S	S		S	N	S			Ferramanta independente capaz de fornecer tanto ICV quanto ACV. Pode ser usado para estudos ACV completos ou segmentados, podendo ser utilizado por profissionais iniciantes ou experientes.
SimaPRO (PB)	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	N	S	S	Possíve	Modelagem direcionada mais ao produto que ao edifício e utulizada em setores como a industria de concreto na Europa.
TEAM (Fra)	S	S	S	S	S	S	S	S	S		S	N	S		S	Ferramenta para análise do ciclo de vida ambiental e de custos para produtos e tecnologias. Possui BD com mais de 600 módulos com cobertura mundial.

Legenda: S=Sim N=Não

Tabela 4.14 - Ferramentas ACV detalhadas (BUILDING LCA PROJECT, 2001)

Esta categoria de ferramentas, embora trate as informações de forma objetiva e considere o ciclo de vida do processo-produto, é pouco viável de ser aplicada ao desenvolvimento de projetos, por se mostrar de difícil utilização e por exigir conhecimento prévio de características da produção ou obra, que ainda estão em definição na fase de projetos. No entanto seria de extrema valia se empregado pela indústria de materiais construtivos no

intuito de fornecer aos usuários e profissionais dados ambientais de produtos, podendo auxiliar na formação de um banco de dados de ACV dos materiais de construção no Brasil, sem o qual nenhuma ferramenta baseada em ACV possa ser utilizada.

4.1.2 Focadas em subsistemas construtivos

Esta categoria de ferramentas normalmente é estruturada em subsistemas construtivos, como por exemplo fundações, superestrutura ou vedações, para entrada de dados e escolha de materiais, ou seja, em linguagem própria do segmento, baseadas em banco de dados, simplificando a montagem dos processos. As avaliações são baseadas em ACV para as alternativas de projetos e escolha de materiais. Os bancos de dados contém diversas alternativas de escolha para cada elemento a ser determinado, incluindo uma pré-seleção de materiais. Permite comparar graficamente os diversos impactos entre alternativas de projeto distintas.

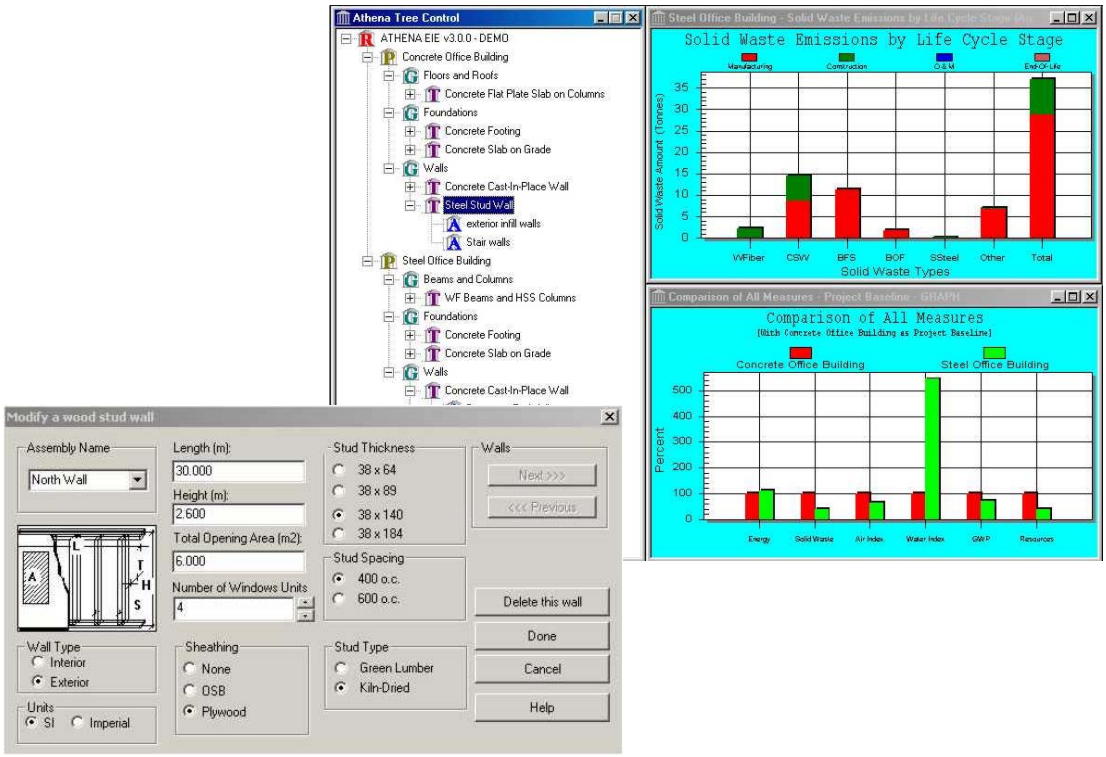


Figura 4.19 - Telas do aplicativo Athena EIA 3.0

O objetivo destas ferramentas é facilitar o uso e aplicação por arquitetos, designers e demais profissionais envolvidos no desenvolvimento de projetos e especificações (ENVIRONMENT AUSTRALIA, 2001).

As análises efetuadas por esta categoria de ferramentas podem ser menos precisas que as ferramentas ACV focadas em materiais, porém podem ser mais facilmente empregadas e com isso obter maior aceitação do usuário. Pode ser utilizada durante a fase de conceituação do projeto, porém, por sua forma de utilização, é melhor aplicável após a elaboração do projeto. A forma de organização através de sub-sistemas é uma característica interessante, pois facilita a compreensão e manuseio pelo projetista.

4.2 FERRAMENTAS ACV PARA PROJETOS

As ferramentas de ACV para projetos trabalham através da inserção, pelo usuário, de dados quantitativos de todos os elementos do projeto/obra, e através de um banco de dados ambientais de materiais, calculam-se os impactos cumulativos de todo o projeto, permitindo-se avaliar quais elementos contribuem mais para o impacto do conjunto. O projetista, baseado nestas informações, pode simular o uso de outras alternativas e adotar a que apresente melhor resultado. A estrutura é similar a aplicativos destinados a orçamentos, mais familiares aos profissionais, porém ao invés de custos, quantificam-se impactos ambientais.

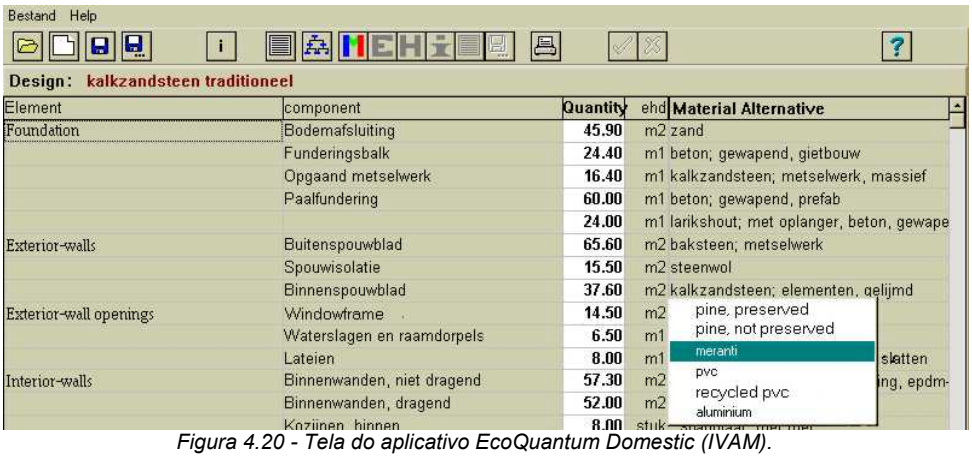


Figura 4.20 - Tela do aplicativo EcoQuantum Domestic (IVAM).

Os módulos gráficos podem apresentar comparações dos impactos dos diversos sub-sistemas do projeto, permitindo avaliar quais são mais significativos no contexto, e individualmente comparar e selecionar alternativas de materiais onde a substituição represente uma efetiva redução de impactos cumulativos no projeto.

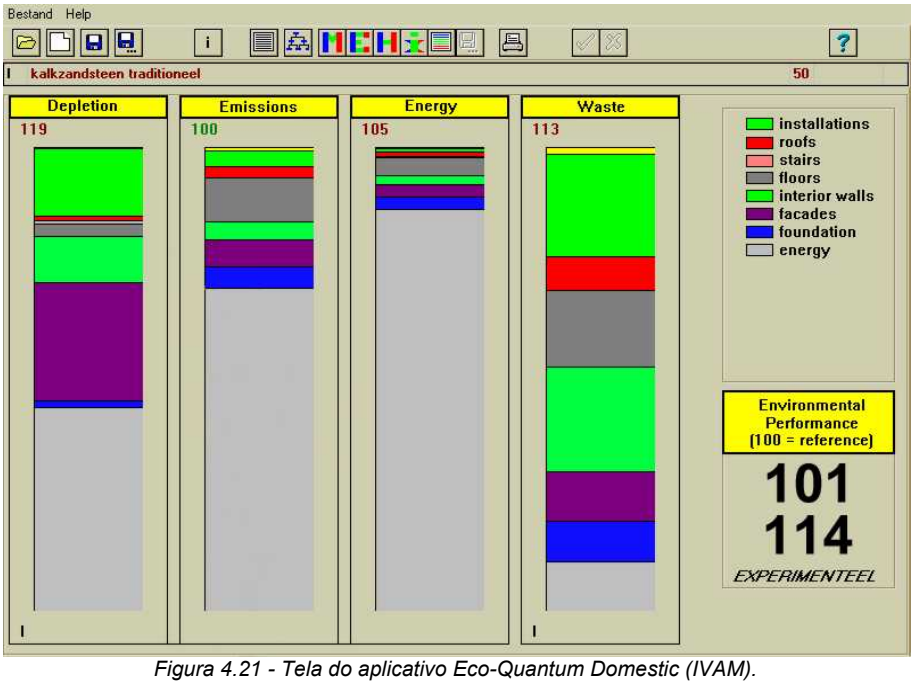


Figura 4.21 - Tela do aplicativo Eco-Quantum Domestic (IVAM).

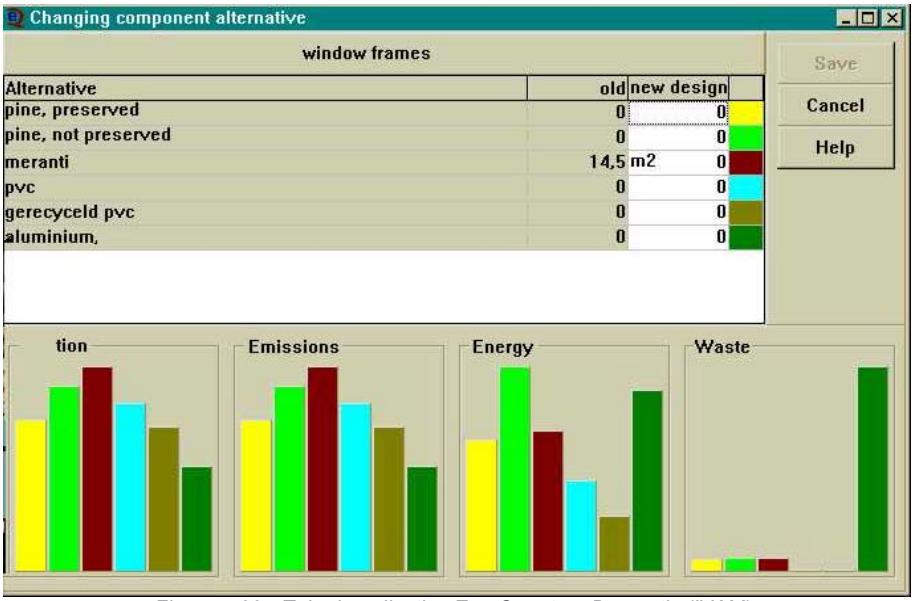


Figura 4.22 - Tela do aplicativo Eco-Quantum Domestic (IVAM).

A forma de interação com o usuário e apresentação de resultados permite

utilização do aplicativo na fase do projeto, ou seja, durante a elaboração do mesmo, sem a necessidade de avaliá-lo posteriormente pela análise dos materiais ou componentes individualmente, cujos resultados teriam de ser reinseridos no processo por meio de revisões de projeto.

Ferramentas de Projeto baseadas em ACV

Ferramentas	Abrangencia ACV			Categorias de Impacto									B. Dados		Custos de Ciclo de Vida	Comentários
	Materiais	Uso	Descarte	Gás Ef. Estufa	Cons. Energia	Poluição do Ar	Dep.Cam.Ozonio	Toxicidade	Poluição Agua	Cons. Agua	Res. Sólidos	Qual. Ar Interno	Presente	Editável		
BRI-LCA (Jap)	S	S	S	S	S	N	N	N	N	N	N	N	S	?	N	Baseado em energia e CO2, permite comparação de opções
Athena (Can)	S	S	S	S	S	S	N	S	S	N	S	N	S		N	Athena SM Inst. incorporou a Forintek C corp. levando adiante trabalho iniciado em 91.
BEE (Fin)	S	N	S	S	N	S	S	S	S	?	S	N	S	?	N	Usado para acumulação de energia incorporada e emissões na produção de materiais de construção, consumo de energia e emissões e volume de entulho para edifícios
BES	S	N	S	S	S	S	N	S	S	N	S	N	S	?	N	Classifica praticas de 1 a 5, em 16 questões em 3 categorias: depleção de recursos, poluição e energia incorporada.
Eco Methods (Fra)	S	S	N	S	S	S	N	S	N	?	S	S	S		N	Série de arquivos excel para análise de cada passo do processo de edificação, baseado na necessidade de solução dos impactos dos materiais. Tem 3 sub-ferramentas: Ecopt (pré-projeto), Ecopro (projeto) e Ecoreal (especificação e construção)
ECOit (NL)	E	E	E	E	E	E	E	E	E	N	E	N	S limi	N	N	Ferramenta simples e rápida em classificação, com "eco-points" por quilo de material e processos.
Eco Quantum (NL)	S	S	S	S	S	S	S	S	S	?	S	N	S		N	Programa abrangente e objetivo em todos os níveis do projeto. Planejado para analisar um edifício em 1 hora.
Eco Scan (NL)	E	E	E	E	E	E	E	E	E	N	E	N	S	S	N	É uma ferramenta de modelagem rápida e simples, baseada em eco-indicadores e traça perfis ambientais baseado em eco-pontos por kg de materiais e processamento.
Envest (UK)	S	S	S	E	E	E	E	E	E	N	E	N	S		N	Foi desenvolvido para simplificar o processo de projetar edifícios ambientalmente amigáveis. São inseridos dados de projeto (altura, numero de pavimentos, área de janelas, etc) e escolhas de elementos.
LCAit	S	S	S	E	E	E	E	E	E	N	E	N	S	N	N	Software baseado em gráficos simples que permite ao usuário ajustar graficamente o ciclo de vida de um produto e o balanceamento de entradas/saídas de materiais. O programa permite ao usuário criar fluxos de processos e transportes em blocos. É fácil arra
LISA (Aus)	S	S	S	S	S	S	N	N	N	S	N	N	S	N	N	LISA (LCA in Sustainable Architecture) é uma ferramenta ACV simplificada de suporte a decisão para construção. Foi desenvolvida em resposta às solicitações de arquitetos e profissionais da indústria por uma ferramenta ACV simples de assistencia ao design
Optimize (Can)	S	S	S	S	S	S	S	S	S	?	S	S	S	?	S	Estima custos diretos e indiretos, peso, energia incorporada e emissões para edifícios constridos e para seu ciclo de vida.
SIA D0123 (Ch)	S	N	N	S	S	S	S	S	S	S	S	N	S	?	N	Catálogo de avaliação referente a elementos e materiais de construção.

Legenda: S=sim , N=não , E= Ecopoints

Tabela 4.15 - Ferramentas de projeto basadas em ACV (BUILDING LCA PROJECT, 2001)

4.3 FERRAMENTAS CAD – ACV

Esta categoria de ferramentas relaciona ACV com aplicativos CAD (*Computer Aided Design* ou Projeto Auxiliado por Computador), fornecendo informações sobre impacto ambiental e energia incorporada.

Através de interfaces gráficas e modelagem tridimensional do projeto, a ferramenta fornece suporte às decisões de projeto, inclusive na fase conceitual e intuitiva, através de respostas sobre comportamento dos componentes e materiais especificados e de soluções de projeto, permitindo análises interativas das soluções propostas e seus respectivos impactos.

O modo de trabalho com o aplicativo inicia-se com a elaboração de um modelo CAD tridimensional do projeto, atribuindo-se aos componentes especificações de materiais baseado em banco de dados com informações sobre ciclo de vida. O aplicativo, automaticamente efetua o levantamento quantitativo de materiais e serviços, recurso normalmente utilizado para orçamentos, e deste ponto em diante opera de maneira similar às ferramentas de projeto baseadas em ACV, calculando o impacto cumulativo de todo o projeto, permitindo-se avaliar quais componentes contribuem mais para o impacto do conjunto. Aqui também, o projetista, pode simular o uso de outras alternativas, porém a interface gráfica permite selecionar visualmente cada componente do modelo tridimensional e atribuir ao mesmo novas especificações, comparando e adotando a que apresente melhor resultado.

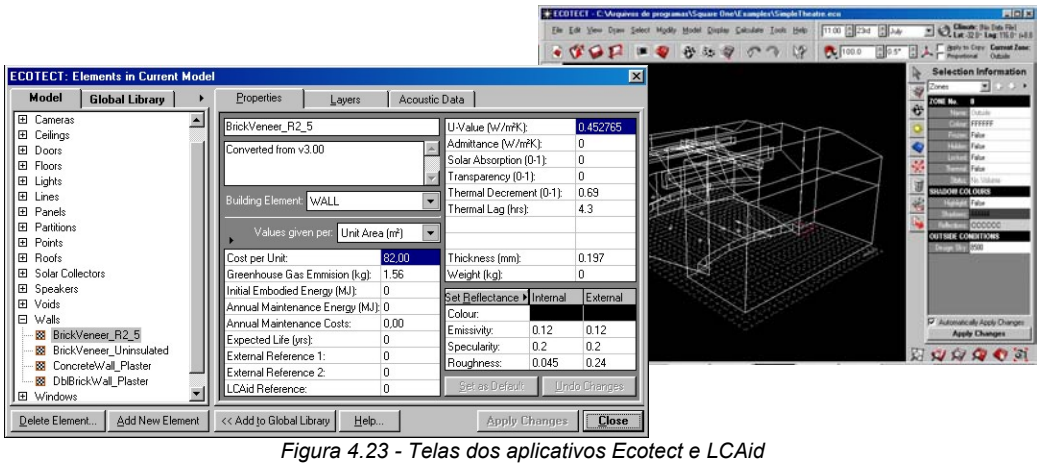


Figura 4.23 - Telas dos aplicativos Ecotect e LCAid

A extração de uma lista de quantidades de materiais do modelo 3D permite a inserção destes dados em um módulo de análise ACV, que pode fornecer resultados de desempenho ambiental apresentada em termos de estágios do ciclo de vida ou avaliações comparativas das decisões, determinando-se uma das soluções de projeto como base de comparação. Para as avaliações são considerados diversos eco-indicadores, como emissões de gás, energia incorporada, depleção de ozônio, acidificação, nutrificação, fumaça, carcinogênicos, metais pesados, lixo sólido, consumo de água e consumo de combustíveis, assim como nas demais ferramentas ACV.

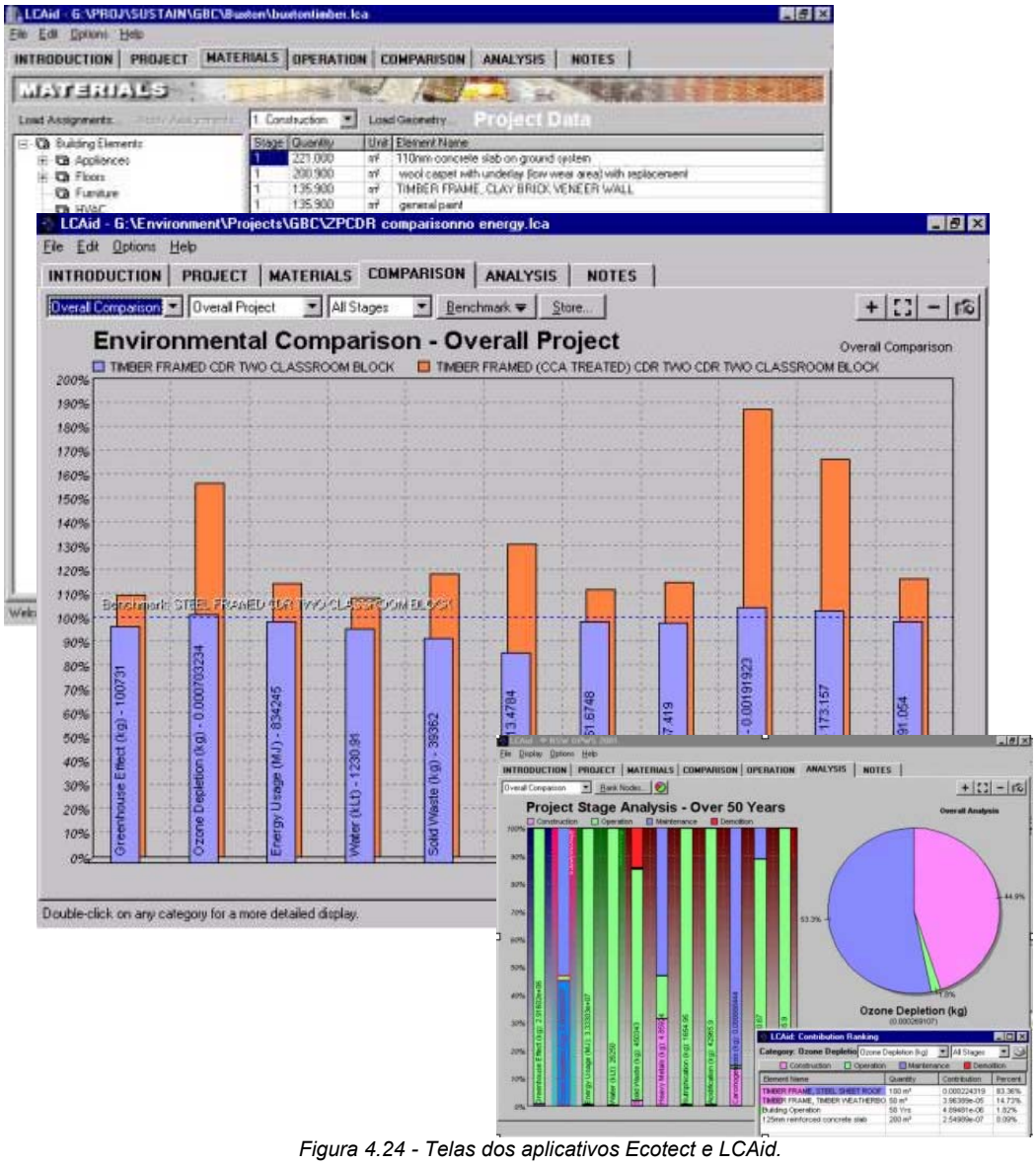


Figura 4.24 - Telas dos aplicativos Ecotect e LCAid.

Ferramentas CAD ACV

Ferramentas	Abrangencia ACV			Categorias de Impacto									B. Dados		Custos de Ciclo de Vida	Comentários
	Materiais	Uso	Descarte	Gás Ef. Estufa	Cons. Energia	Poluição do Ar	Dep.Cam.Ozono	Toxicidade	Poluição Agua	Cons. Agua	Res. Sólidos	Qual. Ar Interno	Presente	Editável		
BEES (USA)	S	S	S	S	S	S	S	S	S	?	S	N	S		S	O propósito do BEES é desenvolver e iimplementar uma metodologia sistemática para seleção de produtos para construção com performances econômica e ambiental balanceadas. É baseada em padrões consensuais e projetado para ser prático, flexível e transparent
Building Design Advisor (USA)	S	S	S	S	S	S	S	S	S	?	S	S	S		N	Desenvolvido pela Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratoy.
CSIRO Bem, Energy 3D CAD (Aus)	EI	N	N	N	S	N	N	N	N	N	N	N	?	?	N	Ferramenta que calcula a energia incorporada para componente de edifícios baseado em um desenho CAD com especificações de materiais.
Ecopro (Alem)	S	N	N	S	S	S	S	S	S	?	S	N	S	?	N	Ferramenta de cálculo para otimizar o volume de materiais, os fluxos de energia e os custos durante um processo de planejamento antecipado. O edifício é descrito por elementos, e estes são descritos por materiais.
Ecotect (Aus)	S	S	S	S	S	N	N	N	N	?	N	S	S		N	É um software combinando uma projeto com interfce 3D com uma grande quantidade de funções de análise de performance. Foi criado para uso durante a fase conceitual do projeto e foca impactos ambientais relacionados à forma geral do edifício e dos materiais
Energy 10 (USA)	E	E	N	S	S	N	N	N	N	?	N	N	S	S	N	Efetua cálculos com os valores de isolamento do edifício, performance de aquecimento e refrigeração, iluminação e outros usos de energia, apresentando alternativa de edifício de baixa energia.
ENER-RATE (Aus)	E	E	N	S	S	N	N	N	N	?	N	N	S		S	É uma ferramenta completa e independente originalmente desenvolvida para simular performances termicas e de energia.
EPCMB	S	S	S	S	S	S	S	S	S	?	S	N	S	?	N	Fornece informações ACV para materiais de construção, componentes e edifícios completos. Pode ser usado para comparar performance ambiental de diferentes especificações de materiais.Possui modulos de planejamento CAD, avaliação CAD, diretrizes, informaçõe
Equer (Fra)	S	S	S	S	S	S	S	S	S	?	?	?	N	S	N	Desenvolvido pela Ecole de Mines de Paris.
Green Building Advisor (USA)	S	S	S	N	S	N	N	N	N	?	N	S	S*		N	Utiliza inteligência artificial para suplementar processos de tomada de decisão em projetos de facilidades, construções e operações com dados ambientais.Qualitativo, é usado no aconselhamento de opções "verdes" em edifícios em desenhos CAD e funções. Ajud
LC Aid (Aus)	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	?	S		N	Essencialmente o programa toma informações ACV, até agora restrita a especialistas, e a torna mais acessíveis a outros agentes (arquitetos, engenheiros, etc) para fazer avaliação ambiental. Os dados para efetuar a ACV são obtidos através de entrada dos me
Legoe (Alem)	S	S	S	S	S	S	S	S	S	?	S	S	S	?	S	Indicativo de qualidade ambiental de edifícios para projetistas, conectando avaliação do ciclo de vida com custos de ciclo de vida. Avalia a performance geral do edifício.
Ogip (Ch)	S	S	S	N	S	N	N	N	N	S	N	N	S	?	S	Software baseado no BEK (catalogo de elementos de construção de CRB) que permite ao usuário comparar projetos de edifícios considerando custos, custos externos, UBP e energia, avaliando a performance geral do edifício. Utiliza metodologias de Escassez Eco
Pappose (Fra)	S	S	S*	S/EI	S/EI	S/EI	S/EI	S/EI	S/EI	?	S/EI	S/EI	S	?	N	Necessita dados do terreno, usa edifícios padrão, entrada de geometria, materiais principais e planejamento de ocupação. Foca principalmente a depleção de recursos, fluxo de material e energia, cargas ambientais e efeitos ao ser humano.
SBI (Din)	S	S	S	S	S	S	S	S	S	N	S	N	S	?	N	Ferramenta de cálculo com base ACV, Pode apresentar listas de resultados entrada/saída, tabelas ou efeitos ambientais potenciais normalizados e com atributos de peso.
TEAM (Fra)	S	S	S	S	S	S	S	S	S	?	S	N	S		N	Ferramenta para ACV ambiental e de custo de produtos e tecnologias. Constroi qualqer sistema facilmente considerando sua complexidade. Beneficia-se de um banco de dados abrangente com mais de 600 módulos de cobertura mundial.

Legenda: S=Sim N=Não EI=Energia Incorp. S/E

Tabela 4.16 - Ferramentas CAD - ACV (BUILDING LCA PROJECT, 2001)

Com os resultados de uma solução de projeto, é possível identificar os elementos de grande impacto no ciclo de vida do edifício e buscar alternativas mais eficientes.

Outros recursos podem estar incorporados na ferramenta, como avaliação de desempenho térmico passivo e ativo, custo do ciclo de vida e luminotécnica.

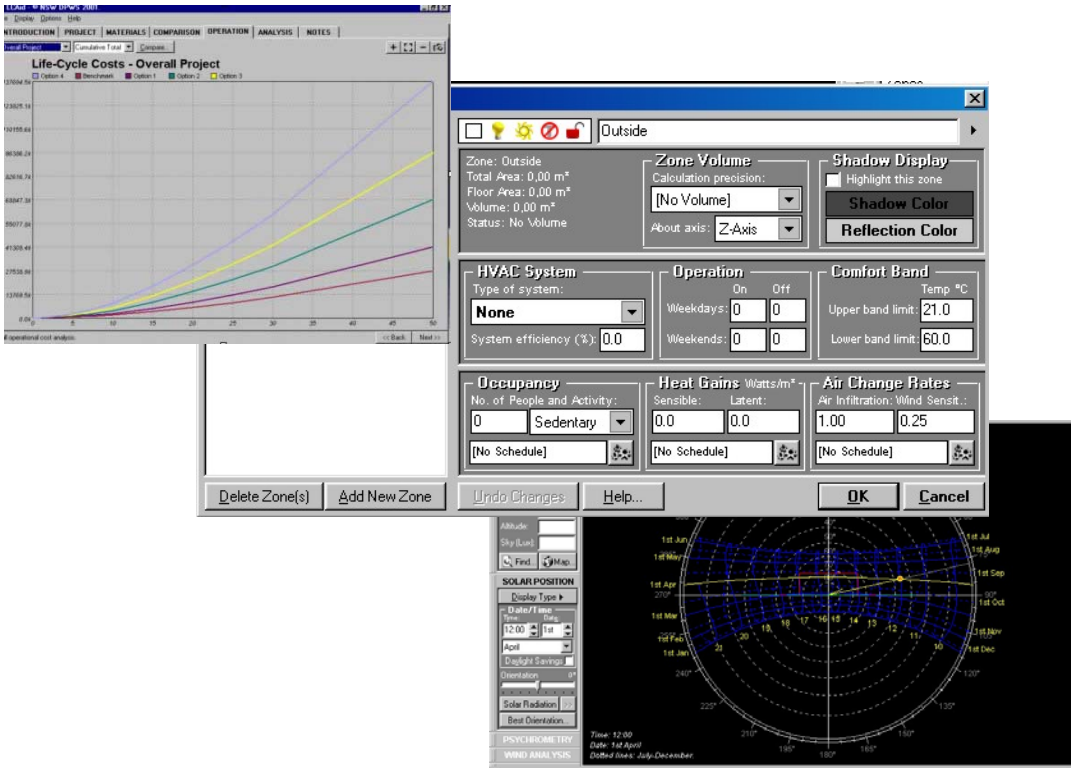


Figura 4.25 - Telas dos aplicativos Ecotect e LCAid.

Esta categoria de ferramentas aplica-se melhor a projetos de novas construções ou que justifiquem uma modelagem tridimensional completa do projeto. Em estudos parciais ou de pequeno porte, o tempo relativamente longo consumido para a elaboração de um modelo tridimensional pode inviabilizar o uso desta categoria de ferramentas. Outra questão é o fato de serem necessários aplicativos CAD orientados a objetos, característica esta não comum a todos os produtos disponíveis no mercado. No entanto, quando o porte ou características do projeto justificam a modelagem tridimensional, o uso desta categoria de ferramentas torna-se bastante atraente, sendo a avaliação de alternativas mais intuitiva e ágil.

4.4 GUIAS DE PRODUTOS VERDES

Esta categoria de ferramentas é baseada, predominantemente, em avaliação ambiental qualitativa dos materiais e processos através de guias de produtos e orientações de procedimentos.

A análise é efetuada pelo usuário, consultando e comparando informações de impacto ambiental de materiais contidas na ferramenta. O aplicativo EcoSpecifier, por exemplo, permite pesquisar uma base de dados acessível pela Internet, inserindo-se categoria de uso e tipos de impacto a comparar, obtendo-se como resultado uma tabela comparativa de produtos que atendam os critérios de consulta.

Product	Availability	Reduces Energy/Greenhouse	Protects Habitat & Land	Preserves Resources	Protects Human Health	Reduces Pollution	Other Vital Signs
		Assessment Critera					
EcoCollection - Kitchens, Wardrobes, Cabinets, Furniture & Windows	ACT, NSW, NT, QLD, SA, TAS, VIC, WA	●	●	●	●	●	●
Ontera 'Earth Plus' Modular Carpets	ACT, NSW, NT, QLD, SA, TAS, VIC, WA	●	●	●		●	●
Pedestrian Boardwalk Decking	ACT, NSW, NT, QLD, SA, TAS, VIC, WA			●			
Recycled Content Floor Tiles by ACL Comcork	SA, QLD, NT, NSW, ACT, TAS, VIC, WA		●	●	●	●	●

Refine your search by (eco-outcomes or product category) or keyword:

Product Category and/or Outcome or Green Star Credit and/or

Floors

Energy & Greenhouse

Flooring Systems
Floor Coverings
Floor Finishes

Energy Efficient in Use
Reduced Embodied Energy
Renewable Energy/ Greenpowe

Figura 4.26 - Tela do aplicativo-web EcoSpecifier.

Os Guias de Produtos Verdes são úteis para especificação de materiais,

porém oferecendo funcionalidade limitada ao projetista, pois ao aplicá-los, não pode comparar as reais diferenças de impacto ambiental para soluções de projeto distintas nem estimar o impacto ambiental cumulativo do empreendimento. Por exemplo, na escolha de materiais para a cobertura de um edifício, comparam-se o uso de telhas cerâmicas *vs* telhas de alumínio apenas pelas características dos materiais, podendo ser favorecido o uso da cerâmica por possuir menor energia incorporada, desconsiderando-se suas conseqüentes diferenças em volume de material necessário e impacto no dimensionamento estrutural.

Guias e Checklists de Produtos

Ferramentas	Abrangencia ACV			Categorias de Impacto									B. Dados		Custos de Ciclo de Vida	Comentários
	Materiais	Uso	Descarte	Gás Ef. Estufa	Cons. Energia	Poluição do Ar	Dep.Cam.Ozonio	Toxicidade	Poluição Água	Cons. Água	Res. Sólidos	Qual. Ar Interno	Presente	Editável		
BEPAC (UK)	N	N	N	S	S	S	S	?	?	?	?	N	S		N	Checklist
ECDG (Jap)	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	N	N	N	Gráficos, roteiros não oficiais e checklists fazem parte do instrumento.
ECO Specifier (Aus)	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	S	N	N	Guia de produtos "verdes". Um grupo de pessoas define critérios de classificação de grupos de produtos que são mais ambientalmente responsáveis que outros da categoria.
EPM Checklist (NL)	S	S	S	S	S	S	S	S	S	?	?	N	S		N	O Método de Preferencia Ambiental (EPM) é baseado na experiência do autor como consultor com diversos experimentos em construção sustentável, movidos pela demanda de informação acessível e atualizada de impacto ambiental de componentes e materiais de construção.
Green Housing A-Z (Jap)	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	N	N	N	Modelo ACV baseado em tabela de entradas e saídas.

Legenda: S=Sim N=Não n/a=não aplicável ?=não informado

Tabela 4.17 - Guias e checklists de produtos (BUILDING LCA PROJECT, 2001)

4.5 ESQUEMAS DE AVALIAÇÃO DE EDIFÍCIOS

Os esquemas de avaliação de edifícios baseiam-se na avaliação do desempenho ambiental de processos através de *checklists* abrangendo todas as etapas de execução. Os aspectos a serem avaliados são normalmente divididos em grupos (p.ex. terreno, uso eficiente de água, materiais e recursos, qualidade do ar interior, etc.), sendo atribuídos créditos ou pontuação para os aspectos, podendo ser aplicados critérios de ponderação. Conforme apontado por Silva (2003), os esquemas de avaliação ambiental disponíveis podem ser separados em duas categorias, embora não formalizadas, podendo ser orientados para o mercado (Figura 4.27), com estrutura mais simples e vinculados a algum tipo de certificação de desempenho, ou orientados para a pesquisa (Figura 4.28), com ênfase no desenvolvimento metodológico e científico, que possa orientar o desenvolvimento de novos sistemas.

LEED

Project Checklist

Sustainable Sites — 14 Possible Points

Y	Prereq 1	Erosion & Sedimentation Control	Required
Y ? N	Credit 1	Site Selection	1
Y ? N	Credit 2	Urban Redevelopment	1
Y ? N	Credit 3	Brownfield Redevelopment	1
Y ? N	Credit 4.1	Alternative Transportation, Public Transportation Access	1
Y ? N	Credit 4.2	Alternative Transportation, Bicycle Storage & Changing Rooms	1
Y ? N	Credit 7.1	Thermal Comfort, Comply with ASHRAE 55-1992	1
Y ? N	Credit 7.2	Thermal Comfort, Permanent Monitoring System	1
Y ? N	Credit 8.1	Daylight & Views, Daylight 75% of Spaces	1
Y ? N	Credit 8.2	Daylight & Views, Views for 90% of Spaces	1

Innovation & Design Process — 5 Possible Points

Y ? N	Credit 1.1	Innovation in Design	1
Y ? N	Credit 1.2	Innovation in Design	1
Y ? N	Credit 1.3	Innovation in Design	1
Y ? N	Credit 1.4	Innovation in Design	1
Y ? N	Credit 2	LEED™ Accredited Professional	1

Project Totals — 69 Possible Points

Certified 26-32 points Silver 33-38 points Gold 39-51 points Platinum 52-69 points

Figura 4.27 - Tela do esquema LEED.

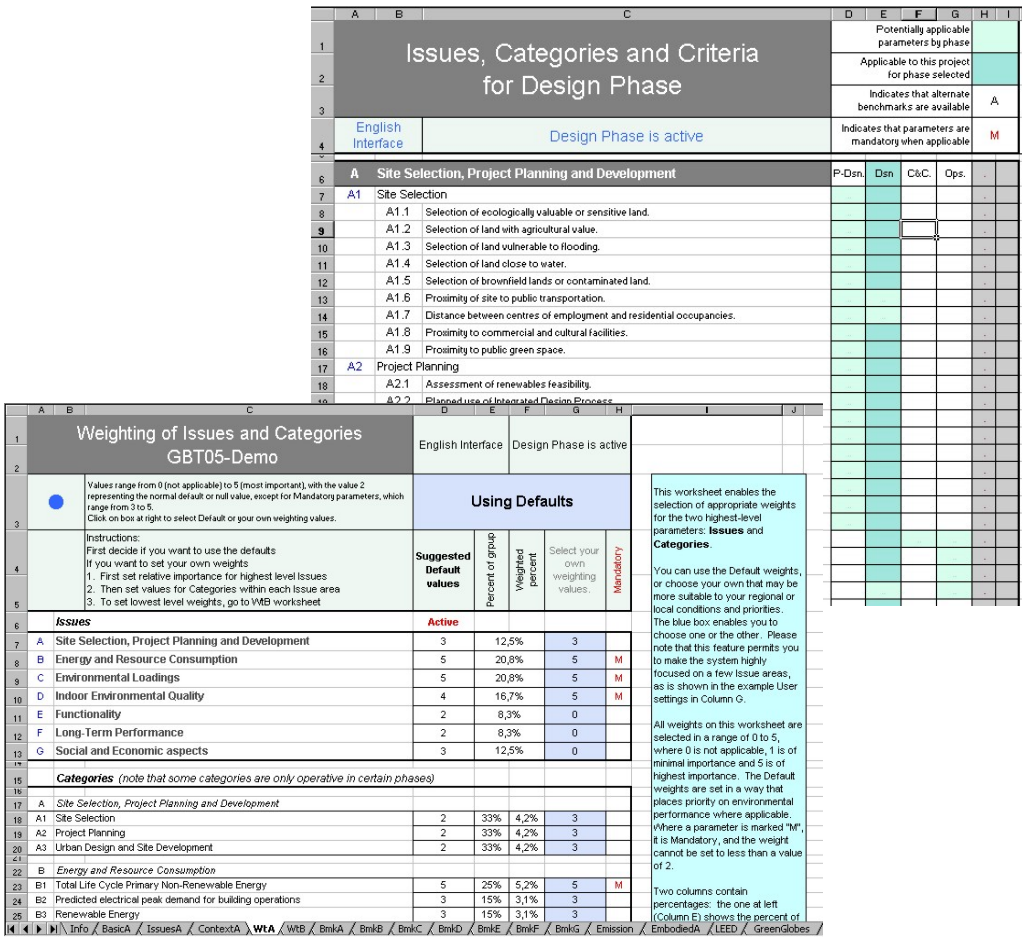


Figura 4.28 - Telas do esquema GBTools.

O desenvolvimento tem levado estas metodologias, que a princípio avaliavam basicamente o edifício como produto final e apenas sob aspectos ambientais (agenda verde), a avaliar etapas anteriores, como planejamento, concepção e realização, e a incorporar novas características de conforto e saúde, incorporados no esquema *Démarche HQE* desenvolvido na França pelo *Centre Scientifique et Technique du Bâtiment* - CSTB, e aspectos sócio-econômicos (agenda marrom), incorporado pelo esquema *Avaliação de Sustentabilidade* (Unicamp/Sinduscon), em fase de consolidação no Brasil (SILVA, 2004).

O desenvolvimento de projetos em conformidade com os esquemas de avaliação ambiental é útil para assegurar a incorporação e melhoria dos aspectos de sustentabilidade, porém não permite comparar de maneira quantitativa as diferentes alternativas de projeto quanto a impactos ambientais, sendo aplicável como ferramenta complementar nesta fase.

Esquemas de Avaliação de Edifícios

Ferramentas	Abrangencia ACV			Categorias de Impacto									B. Dados		Custos de Ciclo de Vida	Comentários
	Materiais	Uso	Descarte	Gás Ef. Estufa	Cons. Energia	Poluição do Ar	Dep.Cam.Ozonio	Toxicidade	Poluição Água	Cons. Água	Res. Sólidos	Qual. Ar Interno	Presente	Editável		
Beaver (Esp)	N	E	N	N	S	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	Ferramenta de modelagem baseada em windows desenvolvida na America provendo uma lista de operação para uso de edifícios e componentes individuais de sistema de ar condicionado. É aplicado durante a fase final de projeto, assumindo que o edifício tenha HVA
BREEAM (UK)	N	N	N	S	S	S	S	S	N	?	?	S	?	N	N	Checklist - ferramenta abrangente para analisar e melhorar a performance de edifícios desde o projeto até o gerenciamento. Concebido como uma ferramenta para encorajar um mercado para edifícios mais amigáveis ambientalmente, sendo agora largamente aceito
BREGains (UK)	N	E	N	N	S	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	Software que contabiliza ganhos metalismo, pequenas energias, iluminação e fornecimento de calor.
BUNYIP (Aus)	N	E	N	N	S	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	Há duas versões de Bunyip, uma direcionada a arquitetos interessados em avaliar opções de design de edifícios e outra direcionada a engenheiros de AC, com modelamento detalhado de sistemas de Ar Condicionado com capacidade de estimativas de carga de pico.
DOE (USA)	N	E	N	N	S	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	O programa contém um módulo para automaticamente gerar um referencia ou um edifício protótipo e um módulo que permite ao usuário personalizar parametros.
E2000 (CH)	S	S	S	N	S	N	N	N	N	S	S	N	S	N	N	Sistema pontual, focado em predizer consumo energético, principais materiais de construção, sistemas de controle de edifícios, mobilidade, finanças. As entradas de dados são: parametros de planejamento energético, materiais, sistema de controle de edifici
Energy Certification for Buildings (Fin)	N	S	N	S	S	N	N	N	N	N	N	N	S	N	N	Modelos de energia certificados e níveis de consumo referencia associados para residencias unifamiliares, blocos ou flats e edifícios de escritórios.Consumos de energia.
Granfund Energy Tools	N	S	N	N	N	N	N	N	N	N	N	S	S	N	S	Assoação de resultados para R&D para todo ciclo de vida do edificio, baseado em cooperação continua com usuários, bancos de dados e gerenciamento de dados, e compatibilidade com outros sistemas de informação.
GBTool (internacional)	S	S	S	S	?	?	?	?	?	?	?	?	?	N	N	O sistema é uma estrutura de dados, não um modelo de simulação. Espera-se que o usuário utilize outras ferramentas para simular performance energética, estimar energia incorporada e emissões, prever conforto termico e qualidade do ar, etc.
LEED (USA)	S	S	S	S	?	?	S	?	?	?	?	S	?	N	N	É um processo de classificação e premiação com créditos para cada critério satisfeito. Diferentes níveis de certificação são premiados de acordo com os créditos ganhos.
NatHERS (Aus)	N	E	N	N	S	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	Software desenvolvido para prover rápida avaliação de projetos em um formato fácil de utilizar. É uma ferramenta de classificação referencial. Pode ser utilizado durante conceituação e desenvolvimento de projeto.
Ökoprofile (Nor)	S	S	N	S	S	S	N	N	N	S	S	S	S	N	N	Método usado para avaliar edifícios de escritório e residencias existentes. Os resultados podem ser usados em conexão com vendas ou locações dos edifícios. Com alguns ajustes, pode ser utilizado como ferramenta para gerenciamento e orientação e ainda com
SEDA (Aus)	N	E	N	S	S	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	Este esquema fornece uma série de benchmarks de performance e uma classificação promocionalmente orientada em uma estrutura em que os projetistas e administradores de edifícios possam avaliar a performance de edifícios.

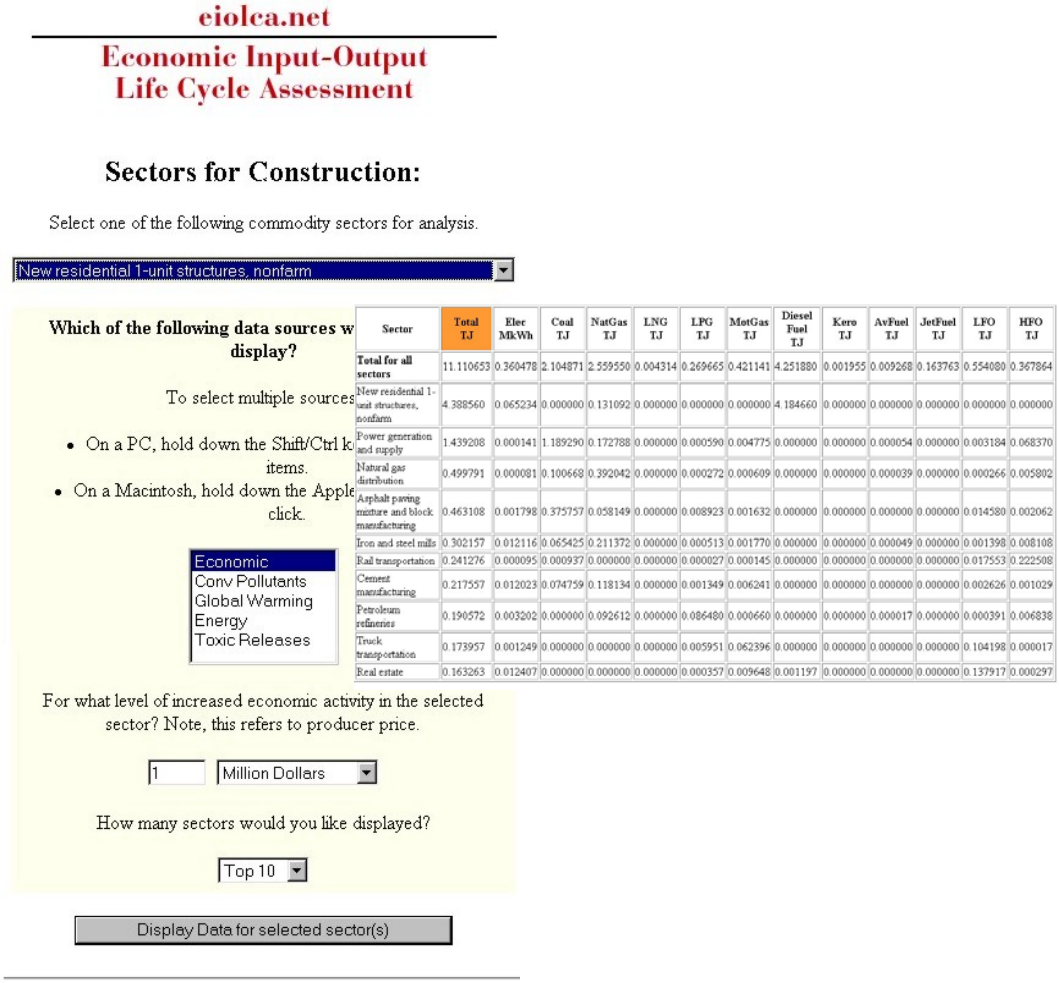
Legenda: S=Sim N=Não E=Energia

Tabela 4.18 - Esquemas de avaliação de edifícios (BUILDING LCA PROJECT, 2001)

4.6 ENERGIA INCORPORADA – ENTRADA E SAÍDA

Esta categoria de ferramentas objetiva fornecer valores estimados para quantidade de energia incorporada empregada em um determinado empreendimento, ou seja, a quantidade de energia consumida por todas as atividades associadas ao processo produtivo de um empreendimento ou produto, direta ou indiretamente.

A avaliação pode ser feita através de ACV de um processo com dados de entrada/saída de energia em suas diversas fases. A ferramenta EIO-LCA / Carnegie Melon (Figura 4.29), por exemplo, estima a energia incorporada através de um banco de dados vinculado às relações econômicas, retornando informações baseadas no setor de atividade e na verba a ser empregada no processo.



Sector	Total TJ	Elec MkWh	Coal TJ	NatGas TJ	LNG TJ	LPG TJ	MotGas TJ	Diesel Fuel TJ	Kero TJ	AvFuel TJ	JetFuel TJ	LFO TJ	HFO TJ
Total for all sectors	11.110653	0.360478	2.104871	2.559550	0.004314	0.269665	0.421141	4.251880	0.001955	0.009268	0.163763	0.554080	0.367864
New residential 1-unit structures, nonfarm	4.388560	0.065234	0.000000	0.131092	0.000000	0.000000	0.000000	4.184660	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Power generation and supply	1.439208	0.000141	1.189290	0.172788	0.000000	0.000590	0.004775	0.000000	0.000000	0.000054	0.000000	0.003184	0.068370
Natural gas distribution	0.499791	0.000081	0.100668	0.392042	0.000000	0.000272	0.000609	0.000000	0.000000	0.000039	0.000000	0.000266	0.005802
Asphalt paving mixture and block manufacturing	0.463108	0.001798	0.375757	0.058149	0.000000	0.008923	0.001632	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.014580	0.002062
Iron and steel mills	0.302157	0.012116	0.065425	0.211372	0.000000	0.000513	0.001770	0.000000	0.000000	0.000049	0.000000	0.001398	0.008108
Rail transportation	0.241276	0.000095	0.000937	0.000000	0.000000	0.000027	0.000145	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.017553	0.222508
Cement manufacturing	0.217557	0.012023	0.074759	0.118134	0.000000	0.001349	0.006241	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.002626	0.001029
Petroleum refineries	0.190572	0.003202	0.000000	0.092612	0.000000	0.086480	0.000660	0.000000	0.000000	0.000017	0.000000	0.000391	0.006838
Truck transportation	0.173957	0.001249	0.000000	0.000000	0.000000	0.005951	0.062396	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.104198	0.000017
Real estate	0.163263	0.012407	0.000000	0.000000	0.000000	0.000357	0.009648	0.001197	0.000000	0.000000	0.000000	0.137917	0.000297

Figura 4.29 - Telas do aplicativo-web EIO-LCA / Carnegie Melon.

Conforme apontado por John;Agopyan (2005), o conceito não faz distinção de fontes energéticas, havendo a mesma classificação para um processo que utiliza energia de fontes renováveis ou combustíveis fósseis. Não são consideradas também diferenças no consumo de energia entre diferentes plantas industriais, com tecnologias distintas.

Ferramentas de Energia Incorporada

Ferramentas	Abrangencia ACV			Categorias de Impacto									B. Dados		Custos de Ciclo de Vida	Comentários
	Materiais	Uso	Descarte	Gás Ef. Estufa	Cons. Energia	Poluição do Ar	Dep.Cam.Ozonio	Toxicidade	Poluição Água	Cons. Água	Res. Sólidos	Qual. Ar Interno	Presente	Editável		
Carnegie Melon web based I/O Model (USA)	S	E	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	N	S	Ferramenta web para estimativa de impactos ambientais baseado em informações econômicas e setoriais.
NIRM (Jap)	S	E	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	N	S	

Legenda: S=Sim N=Não E=Energia

Tabela 4.19 - Ferramentas de energia incorporada (BUILDING LCA PROJECT, 2001)

A aplicabilidade na fase de projetos é limitada e sujeita a incorreções, principalmente caso não se leve em consideração diferenças no consumo de materiais para diferentes soluções de projeto e mostra-se pouco compatível com no processo de desenvolvimento desta fase.

4.7 CONSIDERAÇÕES

Como um primeira abordagem sobre aplicação a projetos, as categorias de ferramentas de avaliação de desempenho ambiental tem finalidades diferentes, ainda que tenham o objetivo comum de melhoria dos aspectos de desempenho ambiental. Baseiam-se, em sua maioria, em bancos de dados e agenda específicos a cada realidade geográfica, econômica, política, entre outras especificidades.

Todas as classes de ferramentas podem ser úteis para a realidade brasileira em determinadas circunstâncias e fases do processo da construção. O uso de ferramentas ACV detalhadas, talvez com adaptações parciais, seria útil na etapa preliminar como auxiliar para a formação de um banco de dados de ciclo de vida de produtos. Ferramentas de Projeto baseadas em ACV de fácil utilização viabilizariam sua aplicação no desenvolvimento de projetos, decisivos para as etapas posteriores do processo construtivo por concentrar as decisões de maior potencial gerador de impactos ambientais. Esquemas de avaliação e certificação, afinados com a agenda brasileira e considerando aspectos sócio-econômicos, poderiam ser progressivamente desenvolvidos e implantados, como instrumentos de melhoria de desempenho ambiental e também como mecanismo de exposição do fornecedor ao mercado.

No entanto, quando se busca dentre as classes de ferramenta quais delas permitem que o requisito de adequação ambiental seja tratado em termos de desempenho, são as ferramentas baseadas em ACV que melhor atendem a esta necessidade. Considerando-se ainda o atendimento de questões práticas de viabilidade de emprego das classes de ferramentas ao processo projetual, como a avaliação dinâmica de alternativas de projeto e a facilidade de absorção da metodologia ao modo de trabalho do projetista, as alternativas resultantes são as ferramentas de projeto baseadas em ACV e as ferramentas CAD/ACV.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A preocupação mundial com a crise ambiental tem motivado ações proporcionalmente pequenas às dimensões do problema a resolver, porém crescentes desde que a humanidade começou a vislumbrar conseqüencias temerárias para um futuro próximo. Os impactos ambientais de alcance global já apresentam sinais da ameaça que representam, e em contraposição a eles, alguns desafios são propostos à toda a sociedade, como a eficiência energética e a redução das emissões de gases de efeito estufa (UNEP/SBCI, 2006).

O ponto de partida para as ações tomadas como reação à crise ambiental geralmente tem partido de compromissos globais firmados pela maior parte das nações que, como no caso da Agenda 21, postula que se aja localmente pensando globalmente, refletindo em ações nacionais e setoriais.

Este reflexo setorial tem ocorrido no macro setor da construção civil, não podendo ser diferente, visto a significativa responsabilidade do mesmo à degradação ambiental, resultando em uma diversidade de instrumentos de ação que vão desde agendas setoriais, passando por normas e certificações, até aplicativos. Entidades setoriais, empresas e profissionais deste macro setor tem concentrado esforços para desenvolver boas práticas de adequação ambiental, mas talvez não se esteja priorizando o foco do problema. Conforme Manzini;Vezzoli (2005), os esforços são gastos em soluções *end-of-pipe*, ou seja, tratam-se mais os efeitos que as causas.

Outro ponto a considerar é o modo como os aspectos ambientais são normalmente tratados. É comum o emprego de soluções isoladas supostamente melhores quanto a aspectos ambientais no processo construtivo, rotulando-se isto como construção sustentável. Ora, se considerarmos que o patrimônio ambiental possa ser analisado de forma similar ao financeiro, em um fluxo de caixa onde o capital quantificado seja o natural, só será ambientalmente sustentável aquele processo em que as receitas e as despesas se equilibrem. Para que se considere desta forma,

deve ser possível que os resultados ambientais sejam mensurados e que se tratem estes resultados em termos de desempenho. A disseminação desta prática poderá então permitir que se comece, só então, a se tratar da questão da sustentabilidade ambiental.

Temos então que buscar as causas principais dos impactos ambientais no processo construtivo e tratá-las em termos de resultados mensuráveis e desempenho. Conforme o apresentado no ítem 3.1.2, há uma forte e decisiva influência do projeto e do gerenciamento quanto ao posterior desempenho do ambiente construído e o emprego de técnicas orientadas a desempenho nestas atividades são essenciais.

Apontar a responsabilidade do projeto, por outro lado, não isenta os demais agentes da cadeia produtiva da construção. Os projetistas certamente tem grande responsabilidade pois partem de suas pranchetas as soluções e suas conseqüencias, porém o projetista hoje, ao menos no Brasil, freqüentemente se sujeita às exigências de seus contratantes que, tendo o poder econômico, determinam o modo de trabalho daquele. Contratante aqui pode ser tanto o usuário final, como também o incorporador, o gerenciador, o construtor e por vezes até o corretor e o profissional de marketing. Além do mais, estas relações econômicas também resultam financeiramente prejudiciais ao projetista, dificultando investimentos e qualificação justamente ao agente de maior responsabilidade decisória no processo.

A despeito desta situação, crescem as responsabilidades que recaem sobre o projetista nos âmbitos ético, legal, técnico e comercial. O projetista vê crescendo paulatinamente sua responsabilidade em aspectos ambientais frente à sociedade e sua categoria profissional, podendo ser responsabilizado juridicamente pelos resultados de seu trabalho. Crescem as exigências quanto à consideração destes novos critérios em seu trabalho e quanto à necessidade de certificação, passando estes aspectos a serem considerados diferencial competitivo no mercado.

Neste contexto, o projetista, como agente dentro do macro setor da construção, começa a tomar ciência da importância de mudar seu modo de atuação, porém não na velocidade e urgência que o problema exige. Uma

ainda pequena parcela dos profissionais que se dispõe a incorporar aspectos de adequação ambiental em seu trabalho, acaba se deparando, muitas vezes, com uma profusão de informações, por vezes sem fundamentos, e acaba adotando ingenuamente soluções que, embora bem intencionadas, correm o risco de resultar em impactos ainda maiores ao meio. Nesta situação, o profissional ou tem a falsa sensação de que está cumprindo com seu papel ou, quando se aprofunda no problema, toma ciência de que faltam-lhe os meios de que necessita para atuar.

Alguns países desenvolvidos já possuem ferramentas destinadas ao incremento do desempenho ambiental no setor da construção, algumas delas específicas para suporte à decisão e ao projeto. Para que tenhamos ferramentas compatíveis à realidade brasileira, todavia, a simples importação de ferramentas não se mostra viável, corroborando o que foi apresentado por Silva (2001), visto que as mesmas foram desenvolvidas para o contexto específico de seus países de origem. No entanto, seria de grande valia a existência de ferramentas com este propósito específicas ao contexto nacional. Por outro lado, a classe de ferramentas que melhor atende a necessidade de tratar a adequação ambiental no setor de construção em termos de desempenho são as baseadas em ACV e, para aplicação a projetos, mais especificamente, as *Ferramentas de Projeto baseadas em ACV* e suas derivadas são as que melhor poderiam se adequar ao processo projetual, por permitirem a comparação de soluções diferentes de maneira dinâmica e com maior precisão, mesmo durante a elaboração do projeto. Frente a esta necessidade, faz-se necessário o desenvolvimento de ferramentas com estas características específicas à realidade nacional exigindo também, para tanto, a formação de um banco de dados de ciclo de vida de produtos e processos nacional.

Sugere-se o desenvolvimento no Brasil de uma ferramenta com recursos de importação de dados de aplicativos CAD disponíveis no mercado, mas que permita ao usuário a inserção de informações sem depender deste recurso. O agrupamento ou organização por subsistemas construtivos, como as ferramentas ACV detalhadas com este foco, seria característica também

bastante conveniente.

5.1 DESAFIOS A ENFRENTAR PARA O DESENVOLVIMENTO DE METODOLOGIAS NACIONAIS

Como forma de avaliar a dificuldade de desenvolvimento, adaptação e aplicabilidade de metodologias de avaliação de desempenho ambiental, procedeu-se um estudo de caso que consistiu primeiramente da adaptação de uma metodologia de avaliação de desempenho construtivo (anexo 1) e posteriormente experimentação de aplicação desta metodologia adaptada ao edifício I1 da Escola de Artes Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo. Paralelamente, procedeu-se um experimento de aplicação ao mesmo edifício do esquema de avaliação de edifícios denominado *Avaliação de Sustentabilidade* (SILVA, 2004).

As dificuldades ocorreram, primeiramente, na adaptação de uma metodologia para outra finalidade, em que a metodologia de origem se destinava a avaliar patologias construtivas, mostrando suas restrições quando da adaptação pela forma de identificação das patologias ambientais construtivas, que não se dão apenas por meio da análise do edifício, mas também, avaliando-se processos e projetos. Como resultado, foi identificado um grande numero de PAC que não se relacionavam a subsistemas construtivos específicos, mas ao empreendimento como um todo. Outra dificuldade ocorrida refere-se à obtenção de dados específicos, na aplicação de ambas as metodologias. Embora o processo de produção do edifício tenha sido devidamente gerenciado desde a fase de projeto até a conclusão das obras, muitas informações não puderam ser obtidas por ainda não serem os dados de aspectos ambientais objeto de coleta e registro sistemático, como ocorreria se fosse empregado um sistema de gestão ambiental. Este estudo de caso forneceu uma idéia dos desafios a enfrentar para o desenvolvimento e implementação de metodologias de adequação

ambiental ao contexto do setor. Mas isto diz respeito a apenas parte das dificuldades, no que diz respeito aos costumes sedimentados no setor e na inércia para mudança de paradigmas.

O caminho a trilhar decerto não é um caminho fácil. Vencer a resistência para a mudança do *status quo* nos diversos agentes dentro do setor é o primeiro desafio. O segundo desafio se torna maior somando-se ao primeiro, que é a formação de um banco de dados de ACV nacional. Para que isto se concretize é necessário convencer os produtores a expor, de certa forma, algumas de suas fraquezas, tornando público quais produtos são melhores que outros quanto a seus impactos. Não apenas por isso se mede o tamanho do desafio, mas a tarefa em si é gigantesca, com custo financeiro proporcional. Mas não será eternamente possível fugir do desafio, pois mais cedo ou mais tarde estes desafios, se não enfrentados, se tornarão sanções econômicas internacionais. Mas valor econômico das emissões não é apenas uma questão para o futuro, já sendo negociadas hoje através dos créditos de carbono. Um terceiro desafio é o desenvolvimento de ferramentas adequadas, que preencham os requisitos práticos dos projetistas, como por exemplo não onerando o processo de projeto, de fácil e ágil utilização, de integração fácil ao modo de trabalho corrente no setor. Podem ainda ser identificados outros desafios ou dificuldades, mas talvez seja mais apontar o caminho a percorrer.

O desenvolvimento de ferramentas para a realidade brasileira deveria basear-se, inicialmente, na formação de metodologias e normalização de procedimentos para ACV de materiais de construção e posteriormente, com base nestas metodologias, iniciar-se-ia a formação de um essencial banco de dados ACV nacional. Deve existir uma padronização na forma e no tipo de informação que cada produto ou classe de produtos deve ter para que seja viável a aplicação nas etapas posteriores nas avaliações de desempenho ambiental para a indústria da construção. O uso de ferramentas ACV detalhadas, talvez simplesmente o uso de uma ferramenta importada com adaptações parciais, seria útil na etapa preliminar como auxiliar para a formação de um banco de dados; além disso, a

implementação de Declarações Ambientais de Produto, como prevêem as normas da série NBRISO 14020 (ABNT, 2002), teria papel chave para este processo.

Como exemplo de padronização de informações, a Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura (ASBEA) desenvolveu um modelo para especificação de materiais e produtos através de Fichas Técnicas de Produtos e Serviços, com adesão voluntária de fornecedores. Iniciativa similar poderia ser tomada para implementação de fichas de desempenho ambiental de produtos.

A partir de uma base de dados nacional, uma Ferramenta de Projeto ACV de fácil utilização poderá ser desenvolvida, o que viabilizaria sua aplicação no desenvolvimento de projetos, que é decisiva para as etapas posteriores do processo de produção do ambiente construído e de seu ciclo de vida, concentrando as decisões de maior potencial gerador de impactos ambientais.

Juntamente, esquemas de avaliação e certificação, afinados com a agenda brasileira e considerando aspectos sócio-econômicos, devem continuar a ser progressivamente desenvolvidos e implantados, como instrumentos de melhoria de desempenho ambiental, mas também como mecanismo de exposição do fornecedor ao mercado, o qual poderá exercer pressão progressiva ao desenvolvimento da construção ambientalmente responsável.

A exemplo do Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade - Habitat (PBPQ-H)[17], que passou por fases de sensibilização da sociedade, programas setoriais de qualidade e gradualmente tende a se tornar uma exigência em licitações, um programa com os mesmos conceitos poderia ser implementado para incremento do desempenho ambiental, atuando o Estado como agente indutor.

---

[17] **PORTARIA Nº 134**, DE 18/12/1998, que institui o Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade na Construção Habitacional - PBQP-H.

5.2 SUGESTÕES PARA CONTINUIDADE DESTA PESQUISA

O desenvolvimento do setor quanto à desempenho ambiental ainda dá seus primeiros passos, e portanto o tema oferece um longo caminho a percorrer. Dentre os caminhos possíveis para continuidade desta pesquisa, sugerem-se:

a) O mapeamento das condições, dificuldades, práticas correntes, limitações, anseios e expectativas dos projetistas, e como passo inicial, foi proposta uma pesquisa junto aos associados de entidade representativa dos escritórios de projeto, cuja base do formulário consta do anexo 1 deste trabalho. Os resultados desta pesquisa ajudarão a detectar os maiores problemas e a direcionar melhor o desenvolvimento de uma ferramenta prática de projeto para avaliação do desempenho ambiental.

b) formação de metodologias e normalização de procedimentos para ACV de materiais de construção, passando pela estabelecimento de critérios para as declarações ambientais de produtos, e por fim o desenvolvimento e organização de um banco de dados nacional de dados de ACV dos materiais de construção.

c) desenvolvimento de ferramenta de projeto de avaliação de desempenho ambiental, ou ainda uma família de ferramentas com seu núcleo baseado em ACV, permitindo a que cada uma das componentes da família atenda uma determinada fase do ciclo de vida do ambiente construído, como uma ferramenta ACV focada em materiais para a indústria de materiais, uma ferramenta de projetos baseada em ACV, e ainda a integração desta última com aplicativos gráficos.

REFERÊNCIAS

ABELHA RODRIGUES, M. – **Princípios do Direito Ambiental Brasileiro** – Palestra proferida no Seminário "Estatuto da Cidade 5 anos" – Tribunal de Contas do Município de São Paulo - 2006

ALMEIDA, J. A.M. - **A Ética Ambiental de Tom Regan**: Crítica, Conceitos, Argumentos E Propostas – Revista Ethic@, Florianópolis, Universidade Federal de Santa Catarina, v.5, n. 3, p. 147-151, Jul2006.

AMBIENTE BRASIL. Jornal informativo diário. <http://www.ambientebrasil.com.br>.

ANINK, D.; BOONSTRA, C.; MAK, J. **Handbook of Sustainable Building –** An Environmental Preference Method for Selection of Materials for Use in Construction and Refurbishment. Trad. Adriana Morris. Londres: James&James Ltd., 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Desempenho de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos**. Projeto de Norma. 2004/2006.

_____.NBRISO14001:1996. **Sistemas de gestão ambiental** - Especificação e diretrizes para uso.

_____.NBRISO14004:1996. **Sistemas de gestão ambiental** - Diretrizes gerais sobre princípios, sistemas e técnicas de apoio.

_____.NBRISO14015:2003. **Gestão ambiental** - Avaliação ambiental de locais e organizações (AALO).

_____.NBRISO14020:2002. **Rótulos e declarações ambientais** - Princípios gerais.

_____.NBRISO14040:2001, **Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida** - Princípios e estrutura.

ATHENA ENVIRONMENTAL IMPACT ESTIMATOR V.3.0.0 demo. Software. Athena Institute International. Pennsylvania, USA. 2003. Disponível em <www.athenasmi.ca>.

BAGATELLI, R.; SILVA, M.G. (Orient.); ZANDONADE, E. (Co-Orient). **Edifícios de Alto Desempenho**: Conceito e Proposição de Recomendações de Projeto. Vitória, 2002. 198p. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Espírito Santo.

BERGE, B. – **The Ecology of Building Materials**. Oxford: Architectural Press. Great Britain, 2000, 2001.

BRASIL, R. F. - **Direito Ambiental**: Dos princípios à sua aplicabilidade – DireitoNet – Disponível em <http://www.direitonet.com.br/ artigos/x/17/01/1701/> – Acesso em: 27 dez. 2006.

BRASIL. MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA – MCT. **Primeiro**

Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa. Relatórios de Referência. Emissões de Gases de Efeito Estufa nos Processos Industriais e por Uso de Solventes. Ministério da Ciência e Tecnologia. Secretaria de Políticas e Programas de Pesquisa e Desenvolvimento Coordenação Geral de Mudanças Globais de Clima. 2006, 95p. Disponível no site: <http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/3881.html>; Acessado em 29 de novembro de 2006.

BRASIL. MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA. **Comunicação Inicial do Brasil à Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima**. 2004. Disponível em <http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/11352.html>; acessado em 29 de novembro de 2006.

BRASIL. MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA. **Status atual das atividades de projeto no âmbito do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) no Brasil e no mundo**. Comissão Interministerial de Mudança Global do Clima – CIMGC. 2007. 12 p. Versão de 11 de janeiro de 2007. Informação disponível on line no endereço eletrônico: <http://www.mct.gov.br/upd_blob/11898.pdf>; acesso em 15 de janeiro de 2007.

BRASIL. MINITÉRIO DAS MINAS E ENERGIA - MME. Balanço Energético Nacional 2006: Ano base 2005. Resultados Preliminares. Empresa de Pesquisa Energética – Rio de Janeiro: EPE, maio de 2006. 28 p. Disponível no site: <http://www.mme.gov.br/site/menu/select_main_menu_item.do?channelId=1432&pageId=7523>. Acessado em 29 de novembro de 2006.

CARDOSO, F. F.; DEGANI, C. M. **Avaliação Ambiental De Edifícios.** A Experiência Francesa e a Realidade Brasileira. In: I Conferência Latino-Americana De Construção Sustentável / X Encontro Nacional De Tecnologia Do Ambiente Construído. 2003. São Paulo. Anais.

CARSON, R. L.. **Silent Spring**. Houghton Mifflin Company Boston – The Riverside Press Cambridge. United States. 1962.

CIANCIARDI, G.. **A Casa Ecológica**: Premissas para a sustentabilidade na arquitetura residencial unifamiliar paulistana. Dissertação, Universidade Presbiteriana Mackenzie. São Paulo. 2004. 169p.

CONFEDERATION OF INTERNATIONAL CONTRACTORS' ASSOCIATIONS – CICA. **Industry as a partner for sustainable development: Construction**. CICA/United Nations Environment Programme – UNEP. ISBN: 92-807-2181-X, 2000, 34 p.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. **Resolução Nº 307 de 05/07/2002** - Diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil.

_____. Resolução Nº 001 de 23/01/1986 - Dispõe sobre os critérios

e diretrizes básicas para o processo de Estudos de Impactos Ambientais-EIA e Relatório de Impactos Ambientais-RIMA.

DASHEFSKY, H. S. **Dicionário de Ciência Ambiental**. 3ªed. – Trad. Torres, E.E.. São Paulo: Gaia, 2003. 313p.

ECOSPECIFIER. Software. < http://www.ecospecifier.org/>

ECOTECT V.5.20c Evaluation Version. Software. Disponível em <http://www.squ1.com>.

EIO-LCA. Software. Carnegie Melon. < http://www.eiolca.net/index.html>

ENVIRONMENT AUSTRALIA – DEPARTMENT OF THE ENVINRONMENT AND HERITAGE. **Greening the Building Life Cycle - LIFE CYCLE ASSESSMENT TOOLS IN BUILDING AND CONSTRUCTION - Building LCA Tools description**. Australia: Environment Australia / Centre for Design at RMIT Royal Melbourne Institute of Technology. 51p. December 2000. At. <http://buildlca.rmit.edu.au/downloads/Toolsdescription.pdf> Acesso em 01 de abril de 2005.

_____ . **Building LCA Project**. Centre for Design at RMIT Royal Melbourne Institute of Technology. 2001. Disponível em: <http://buildlca.rmit.edu.au/>.

_____ . **Background Report LCA Tools, Data and Application in the Building and Construction Industry**. Australia: Environment Australia / Centre for Design at RMIT Royal Melbourne Institute of Technology. 2001. At. <http://buildlca.rmit.edu.au/downloads/BackgroundReportfinal.pdf> Acesso em 01 de abril de 2005.

FERNANDES, M. **Agenda Habitat para Municípios**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Administração Municipal – IBAM, Programa das Nações Unidas para os Assentamentos Humanos – UN-HABITAT, 2003. 224p.

FIGUEROLA, V. – **Simples e Eficiente** – Revista AU – Arquitetura e Urbanismo – Ed. 142 – disponível em <http://www.revistaau.com.br/ edicoes/142/imprime21831.asp>. Acesso em 21/09/2006.

FRANGETTO, F. W., GAZANI, F. R. **Viabilização Jurídica do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) no Brasil** – O Protocolo de Kyoto e a Cooperação Internacional. São Paulo: Peirópolis; Brasília: Instituto Internacional de Educação do Brasil, 2002.

GBTOOL v. GBT2kV1.07. Software. Green Building Challenge. Disponível em < http://greenbuilding.ca/gbc2k/gbtool/gbtool-main.htm>

GELINSKI, G., PAIVA, C. - ArcoWeb – Siegbert Zanettini e José Wagner Garcia - **Centro de pesquisas Petrobrás – CENPES**. disponível em <http://arcoweb.com.br/tecnologia/tecnologia76.asp>.

GIBSON, E. J. (Coordinator). **Working with the performance approach in**

building. INTERNATIONAL COUNCIL FOR RESEARCH AND INNOVATION IN BUILDING AND CONSTRUCTION – CIB, Rotterdam, Netherlands, 1982. (CIB State of Art Report n°64, Working Comission W60).

GOMES, C. B. (Organizador). **USP Leste: A Expansão da Universidade do Oeste para o Leste**. São Paulo: Edusp. São Paulo, 2005.

GONÇALVES, J. C. S. **A Sustentabilidade do Edifício Alto, Uma nova geração de edifícios altos e sua inserção urbana**. São Paulo, 2003. 488 p. Tese de Doutorado, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - **Vocabulário Básico de Recursos Naturais e Meio Ambiente** - 2a edição – Rio de Janeiro – 2004.

INTERNATIONAL COUNCIL FOR RESEARCH AND INNOVATION IN BUILDING AND CONSTRUCTION – CIB - **Agenda 21 para a Construção Sustentável** – Weinstock, G.; Weinstock, D.M. - trad. Gonçalves, I; Whitacker, T. do Relatório CIB, publ. 237. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo. 2000.

_____. **Deconstruction and Materials Reuse**. CIB Publication 287. Proceedings of the 11th Rinker International Conference. Florida: Abdol R. Chini, University of Florida. 2003.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION – ISO. ISO/DIS 6241:1982, **Performance standards in building** – Principles for their preparation and factors to be considered.

_____. ISO 14041:1998, **Environmental Management, Life Cycle Assesment** – Goal and Scope Definition and Inventory Analisys.

_____. ISO 14042:1998, **Environmental Management, Life Cycle Assesment** – Life Cycle Impact Assesment.

_____. ISO 14031:1999, **Environmental Management, Environmental Performence Evaluation** – Guidelines.

IVAM Research and Consultancy on Sustainability. University of Amsterdam. UvA Holding BV. **EcoQuantum Domestic Software Presentation**. Disponível em: <http://www.ivam.uva.nl/uk/index.htm>.

JOHN, V. M. - **Reciclagem de resíduos na construção civil**: Contribuição para metodologia de pesquisa e desenvolvimento. Tese (Livre Docência) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo, 2000. 113p.

JOHN, V.M.; AGOPYAN, V. – **Sustainability Criteria for the Selection Of Materials And Components** – A Developing World View. 7 p. 2005, São Paulo.

JOHN, V.M.; SILVA, V.G.; AGOPYAN, V. **Agenda 21: Uma Proposta de Discussão Para o Construbusiness Brasileiro** . In: II Encontro

Nacional Sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis. Rio Grande do Sul, 2001.

JOHN, W. M., ÂNGULO, Sergio; AGOGYPAN, V.- **Sobre a Necessidade de Metodologia de Pesquisa e Desenvolvimento para Reciclagem** - Fórum das Universidades Públicas Paulistas – Ciência e Tecnologia em Resíduos. Lindóia, São Paulo, 2003. 8p.

KAUE, L.K.N.; BONESIO, M.C.M; VILLELA, M.C.O. **Diretrizes para Apresentação de Dissertações e Teses**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Serviço de Bibliotecas. São Paulo. 1991.

KCL-ECO 3.01 demo. Software. The Finnish Pulp and Paper Research Institute (KCL), Finland, 1999. disponível em <www.kcl.fi/eco>.

KRONKA MÜLFARTH, R. C.; DEL CARLO, U. (Orient.). **Arquitetura de Baixo Impacto Humano e Ambiental**. São Paulo, 2002. Tese de Doutoramento. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Universidade de São Paulo.

LCAID. Software. <http://www.projectweb.gov.com.au/dataweb/lcaid/>

MANZINI, E.; VEZZOLI, C – **O Desenvolvimento de Produtos Sustentáveis**: Os Requisitos Ambientais dos Produtos Industriais. 1ª ed. Trad. Astrid de Carvalho. São Paulo: Edusp. São Paulo, 2005. 367p.

MEADOWS, D.H *et al*. **The Limits to Growth** - A Report to The Club of Rome. 1972.

MELHADO, S. B. **Gestão, cooperação e integração para um novo modelo voltado à qualidade do processo de projeto na construção de edifícios**. Tese (Livre-Docência) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil. EPUSP: São Paulo, 2001, 235p.

NATIONAL AUDUBON SOCIETY, CROXTON COLLABORATIVE ARCHITECTS. **Audubon House**: building the environmentally responsible, energy-effifient offices. John Wiley & Sons, Inc. New York. United States of America, 1994. 208p.

NATIONAL RENEWABLE ENERGY LABORATORY – NREL. **Design for sustainability**. HAYTER, S.J.; TORCELLINI, P.A.; JUDKOFF, R. Golden: NREL. NREL/CP-550-27797 June, 2000, 26 p.

NESBITT, K. (Org.). **Uma Nova Agenda Para a Arquitetura**. Antologia Teórica 1965-1995. Trad. Vera Pereira. São Paulo: ed. Cosac Naify, 2006.

NUNES, R. **Princípios do Direito Ambiental**. Boletim Jurídico, Uberaba/MG, a. 4, nº 170. Disponível em:<http://www.boletimjuridico.com.br/doutrina/texto.asp?id=1147> Acesso em: 27 dez. 2006.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS - ONU. **Declaração Sobre O Meio Ambiente**. Estocolmo, 1972.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS - ONU. **Declaração Sobre O Meio Ambiente**. Estocolmo, 1972.

_____. **Millenium Ecosystem Assessment**. Vivendo Além dos Nossos Meios. O Capital Natural e o Bem-Estar Humano. 2005. 29p. Disponível em <www.milleniumassessment.org>.

_____. **Agenda 21 Global** . 1992. 370p.

PORTARIA Nº 134, DE 18/12/1998, que institui o Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade na Construção Habitacional - PBQP-H.

PRINCÍPIOS do Direito ambiental na constituicao Federal de 1988 – DireitoNet – disponível em <http://www.direitonet.com.br/textos/x/11/11/111/DN_Principios_do_Direito_ambiental_na_constituicao_Federal_de_1988.doc>. Acesso em: 27 dez. 2006.

REIS, V.R.; ASSUNÇÃO, J.V. **Agenda 21: Global, Nacional e Local**. In: Encontro Técnico da Associação dos Engenheiros da Sabesp. São Paulo. 2001. 34p.

SÃO PAULO - SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE. COORDENADORIA DE PLANEJAMENTO AMBIENTAL. **Estudo de Impacto Ambiental - EIA ; Relatório de Impacto Ambiental - RIMA: Manual de Orientação**. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, 1989. 28 p.

SAUTCHUK, C. A. **Formulação de Diretrizes para Implantação de Programas de Conservação de Água em Edificações**. Dissertação. Escola Politécnica. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2004.

SEVERINO, A.J. **Metodologia do Trabalho Científico**. 22ª ed. São Paulo: Cortez, 2002.

SILVA, J. A. **Aspectos Jurídicos do Patrimônio Ambiental**. São Paulo, FAUUSP, 1981. 40p.

SILVA, M.G. ; SILVA, V.G. ; AGOPYAN, V. . **Avaliação do desempenho ambiental de edifícios: estágio atual e perspectivas para desenvolvimento no Brasil**. Revista de Engenharia, Ciência e Tecnologia, Vitória - ES, v. 4, n. 3, p. 3-8, 2001.

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

_____. **Avaliação de Sustentabilidade**. Software. Universidade de Campinas - Unicamp e Sindicato da Indústria da Construção - Sinduscon. 2004.

SIMÕES, J. R. L. - **Avaliação Do Desempenho Técnico-Construtivo** - Edifício: História e Geografia F.F.L.C.H. . Universidade de São Paulo - USP – Cidade Universitária Armando de Sales Oliveira. Tese. São Paulo. 1999.

SIMÕES, J. R. L.. **Patologias – Origens e Reflexos no Desempenho Técnico-Construtivo de Edifícios.** Tese de Livre Docência. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo - Universidade de São Paulo. São Paulo – 2004.

SOARES, S. R.; SOUZA, D. M.; PEREIRA, S. W. . **A avaliação do ciclo de vida no contexto da construção civil**. In: Coletânea Habitare, vol.7, Construção e Meio Ambiente. Capítulo 4. p.96 a 127. 2006. Disponível em <http://habitare.infohab.org.br/publicacoes_coletanea7.aspx>.

SPEKKINK, D. **Performance Based Design**: Bringing Vitruvius up to Date. PeBBu Domain 3. CIB. At.: <www.pebbu.nl> . Netherlands. 2005.

TRINIUS, W. ; SJOSTROM, C. - **Service life planning and performance requirements**. BUILDING RESEARCH & INFORMATION (MARCH–APRIL 2005) 33(2), 173–181. disponível na internet em <http://www.tandf.co.uk/journals>. Acesso em 05/2005.

U.S. DEPARTMENT OF ENERGY. **International Performance Measurement & Verification Protocol**. *Concepts and Options for Determining Energy and Water Savings*. *Vol. 1.* 2002.

U.S. GREEN BUILDIND COUNCIL. ***Leadership in Energy and Envirmental Design (LEED) Rating System*** – v.2. 2001.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME – UNEP. **Sustainable Building and Construction Initiative**. 2006. Disponível em <http://www.unep.fr/pc/pc/SBCI/SBCI_2006_InformationNote.pdf>

UNIVERSITY OF BRITISH COLUMBIA – UBC. **Governing Overview: General Issues & Positions: Sustainability**. Informações obtidas *on line* em 15/set/02 no endereço eletrônico <http://www.ubc.ca/ guidelines/governing/issues_positions/sustain.html, 2002>.

US DEPARTMENT OF ENERGY (DOE) AND PUBLIC TECHNOLOGY. **Sustainable Building Technical Manual**: Green Building Design for Practices, Construction and Operations. Washington, DC:, 1996.

VENDRAMINI, P. R. R. J.. **Meio Urbano e Sustentabilidade**. São Paulo, 2005. 158p. Dissertação, Universidade Presbiteriana Mackenzie.

WIKIPEDIA. <http://pt.wikipedia.org/wiki/Malthus>. Acessado em 13/10/06.

ANEXO 1 – QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DO EMPREGO DE CRITÉRIOS DE DESEMPENHO AMBIENTAL EM PROJETOS

Questionário:

Emprego de critérios de desempenho ambiental em projetos

1. Perfil do Escritório / Profissional

Nome da empresa: _____

Data de fundação da empresa: _____

Nº de funcionários: _____

Data: ___/___/_____

2. Perfil dos projetos que a empresa executa

Quais tipos de projeto desenvolve?

☐ Residencial unifamiliar

☐ Residencial multifamiliar

☐ Conjunto residencial

☐ Comercial

☐ Industrial

☐ Institucional

☐ Serviços

☐ Público

☐ outro(s). Qual(is): _____

Qual o porte predominante das obras/projetos?

☐ até 1000 m² ☐ de 1000 a 5000 m² ☐ de 5000 a 10000 m² , ☐ mais de 10000 m²

Em que nível? ☐ local , ☐ regional , ☐ nacional , ☐ internacional

Qual o volume aproximado de projetos desenvolvido por ano (em m²)? _____

3. Emprego de critérios de desempenho ambiental na atividade profissional

Participou ou conhece alguma experiência significativa referente a emprego de critérios de desempenho ambiental em projetos? Por favor explique.

_____

_____

Critérios de impacto ambiental influenciam o seu processo projetual?

☐ Não , ☐ Pouco , ☐ Muito

Em caso positivo, assinale em que aspectos:

☐ projetos adequados ao contexto ambiental do local,

☐ minimização de alterações ao meio ambiente,

☐ soluções para tratamento de esgoto e resíduos,

☐ soluções para consumo racional de água e/ou reuso de água servidas ou pluviais,

☐ soluções para consumo racional de energia,

☐ especificação de produtos e materiais que causem menor impacto ambiental,

☐ prefere materiais cujo fabricante forneça informações de impacto ambiental do produto ,

☐ especifica materiais que possam ser reutilizados ou reciclados após a demolição da obra,

☐ especifica reutilização/reaproveitamento de materiais em novas obras,

☐ especifica produtos que utilizem em sua composição matérias primas recicladas,

☐ especifica preferencialmente produtos obtidos nas proximidades da obra,

☐ minimização na geração de entulho / resíduos sólidos,

☐ qualidade do ar interior,

☐ Outro(s). Quais? _____

Elabora projetos para que os edifícios tenham uma vida útil determinada, quantificada em número mínimo de anos?

☐ sim , ☐ não , ☐ somente em alguns projetos , ☐ preve-se boa durabilidade sem determinação do número de anos

Considera critérios de análise do ciclo de vida (impactos ambientais desde a produção e construção até a demolição e descarte) dos materiais e do edifício para elaboração de projetos e especificações?

☐ sim, ☐ não, ☐ eventualmente. Comente: _____

4. Relações com a sociedade e o mercado

Na sua opinião, considerando as fases de vida do edifício abaixo, classifique-as de 1 a 3 quanto ao grau de contribuição que sofrem pelas decisões de projeto em impactos ambientais:

☐ na construção

☐ na utilização

☐ na demolição

porque? _____

Quais as limitações / impedimentos para a adoção de critérios de desempenho ambiental nos projetos de arquitetura?

☐ custos das soluções

☐ rejeição do mercado

☐ falta de conhecimento por parte do projetista

☐ falta de uma metodologia de fácil aplicação

☐ falta de mão de obra especializada

☐ falta de materiais adequados ou com informações específicas)

☐ outros. quais? _____

Qual tipo de projeto e/ou cliente que permite / solicita projeto ambientalmente sustentável?

_____

Como a prática de projeto sustentável impactaria o mercado de projetos e o modo de trabalho do projetista?

☐ aumento de custos ,

☐ aumento de responsabilidade (obrigações legais) ,

☐ maior especialização de pessoal ,

☐ maiores restrições em concorrências ,

☐ reserva de mercado ,

☐ outro(s) qual(is)?_____

Considera a elaboração de projetos/especificações com critérios de desempenho ambiental um requisito exigido pelo mercado:

Nacional? ☐

Internacional? ☐

Quanto às Normas Técnicas sobre sistemas de gestão de qualidade, desempenho ambiental e segurança e saúde ocupacional, tais como as séries ISO. Seu escritório:

		Conhece	Aplica	Tem certificação	Exigência de clientes
Normas relativas a:	Qualidade (ex.ISO9000)				
	Ambiental (ex. série ISO14000)				
	Segurança (ex. série OSHAS18000)				

Que mecanismos considera eficazes para disseminar a prática do projeto ambientalmente sustentável?

☐ leis ,

☐ normas ,

☐ exigências de mercado ,

☐ vantagens econômicas ,

☐ outros quais? _____

5. Recursos e ferramentas de suporte ao projeto sustentável

Se os fabricantes apresentarem informações padronizadas de características ambientais dos produtos, levaria em conta este critério em suas especificações/projetos?

☐ sim ☐ não ☐ somente se solicitado

Dos tipos de ferramentas descritas abaixo, quais seriam mais facilmente incorporadas ao processo projetual? Atribua classificação de preferência com números de 1 (melhor) a 6 (pior).

☐ Software que comparare o desempenho ambiental de um edifício com diferentes alternativas (concepções) construtivas (exemplo: estrutura em concreto x aço), considerando todo o ciclo de vida do edifício.
☐ Software que permita comparar alternativas de materiais para componentes construtivos (exemplo: cobertura utilizando telhas cerâmicas x fibrocimento), considerando todo o ciclo de vida do componente construtivo.
☐ Software que lê informações de arquivos CAD (onde se especificam os materiais) e quantifica cumulativamente os impactos ambientais de todo o edifício em projeto.
☐ Guias e manuais de produtos, com descrições e comparações de diferentes alternativas de materiais, orientando a decisão do projetista.
☐ Listas de verificação tipo questionário para avaliar o desempenho ambiental do edifício.
☐ Software que compara alternativas de materiais baseado em estimativa de consumo cumulativo de energia para produção e uso dos materiais em todo o ciclo de vida.

ANEXO 2 - AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO AMBIENTAL CONSTRUTIVO DO EDIFÍCIO I1 DA ESCOLA DE ARTES, CIÊNCIAS E HUMANIDADES - USP LESTE

Avaliação do Desempenho Ambiental Construtivo do Edifício I1 da Escola de Artes, Ciências e Humanidades - USP Leste

O presente estudo avalia a aplicabilidade da metodologia para avaliação do desempenho técnico – construtivo em função das patologias construtivas (Pc) existentes nos órgãos do edifício, desenvolvida pelo Prof. Dr. João Roberto Leme Simões como parte de sua tese de livre docência, na avaliação do desempenho ambiental construtivo.

O metodologia de referencia utiliza os requisitos do usuário da norma internacional ISO6241 – *Performance Standards in Building*, referentes ao desempenho das construções. Neste trabalho foi elaborada uma tabela listando requisitos do usuário quanto a adequação ambiental e avaliado um edifício quanto às patologias ambientais construtivas (Pac) para aplicação com a metodologia de referência.

O estudo é subdividido nos tópicos a seguir:

1. Ficha Técnica
2. Aspectos Históricos
3. Partido Arquitetônico
4. Características Técnicas
5. Avaliação do desempenho ambiental em função das patologias ambientais construtivas (Pac) existentes no edifício
6. Tabulação, análise e hierarquização dos dados obtidos na avaliação das patologias ambientais construtivas

Considerações

AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO AMBIENTAL CONSTRUTIVO

Universidade de São Paulo - Escola de Artes, Ciências e Humanidades - USPLeste - Edifício I1

1. Ficha técnica:

Projetos:

Arquitetura Concepção – Prof. Dr. Sylvio Barros Sawaya Ano: 2003

Arquitetura Desenvolvimento –Coordenadoria do Espaço Físico da USP (COESF) e Globo Engenharia e Arquitetura - Ano:2004

Estrutura – Globo Engenharia e Arquitetura Ano:2004

Hidro-Sanitário – Globo Engenharia e Arquitetura Ano:2004

Eletro-mecânica – Globo Engenharia e Arquitetura Ano:2004

Execução das obras:

Fundações – Santa Bárbara Engenh. e Empreendimentos Ano:2005

Estrutura – Santa Bárbara Engenharia e Empreendimentos Ano:2005

Acabamentos – Santa Bárbara Engenharia e Empreendim. Ano:2005

Instalações – Santa Bárbara Engenh. e Empreendimentos Ano:2005

Fiscalização e responsabilidade pela obra – Coordenadoria do Espaço Físico da USP (COESF) Ano: 2004 / 2005

Localização – Av. Arlindo Bettio, 1000 - Ermelino Matarazzo – S. Paulo –SP

Área construída – 17.829,35 m^2 (edifício I1)

Destino da obra – ao ensino, pesquisa e serviços extensivos à comunidade vinculadas à EACH – Escola de Artes, Ciências e Humanidades da USP. O Bloco estudado abriga salas de aulas e de docentes, auditórios e laboratórios.

Inauguração (ano) – 2005

Dados populacionais do edifício:

O edifício ainda não estava ocupado ocupado quando avaliado, porém estimou-se sua população em 2500 pessoas.

Para o campus, de maneira geral, a população em 2005 foi de 1020 alunos, 66 docentes e 104 funcionários. A previsão para o triênio 2005-2008 é de

uma população de 5000 alunos, 264 docentes e 150 funcionários técnico-administrativos.

2. Aspectos Históricos:

A necessidade de criação de um campus da Universidade de São Paulo na zona leste, foi levantada inicialmente no final da década de 1970 até meados da década de 80, pelo chamado Movimento de Educação da Zona Leste de São Paulo, que já reinvindicava uma faculdade pública na Zona Leste (Gomes *et al.*, 2005). Em 1987, a questão começou a ser debatida pelo Conselho de Reitores das Universidades Estaduais Paulistas (CRUESP), sendo imaginado um novo modelo de universidade que rompesse "com o elitismo da instituição universitária tradicional". Houve muita contradição entre o projeto do governo paulista, as idéias das universidades e as reinvindicações do Movimento de Educação da Zona Leste, e esse desencontro de idéias e projetos motivou a imprensa a questionar os méritos da iniciativa, que perdeu vigor naquele momento.

O CRUESP só voltou ao tema em 2001, caminhando para a assinatura da Portaria nº618, de 29/05/2002, que instituiu um grupo de trabalho para avaliar as possibilidades de implantação de um campus da USP na Zona Leste, num contexto que pretendia atingir vários objetivos: expandir vagas no ensino superior público, atender melhor comunidades de baixa renda e levar desenvolvimento social, econômico e cultural a áreas carentes.

O grupo de trabalho foi composto por comissões acadêmicas e de infra-estrutura, esta última focando a definição da área e concepção básica do projeto arquitetônico. Após estudos, duas áreas foram classificadas como prováveis para a implantação: a primeira, localizada na Área de Proteção Ambiental – APA do Parque do Carmo, descartada devido a restrições para licenciamento ambiental; a segunda área, com localização vinculada ao Parque Ecológico do Tietê, entre Ermelino Matarazzo e São Miguel Paulista, com localização privilegiada sob o aspecto geopolítico e vantagens em diversos aspectos, tornando-se a opção selecionada.

A área do Parque Ecológico do Tietê apresentava boas condições no tocante à questão da acessibilidade e transporte público, tendo ligação direta com a marginal Tietê, necessitando apenas obras viárias usuais para interligação ao sistema viário existente, transporte coletivo por ônibus e duas

Fig.1

estações de trem da Companhia Paulista de Trens Metropolitanos - CPTM. A área atendia favoravelmente os requisitos acessibilidade, disponibilidade de infra-estrutura urbana, condições geomorfológicas e ambientais, excelente localização geográfica e inserção urbana, com apenas alguns problemas quanto a telecomunicações.

Após as conclusões dos estudos, o governador do estado assinou o Decreto nº47.710, de 18/03/03, autorizando uso de área para implantação de campus da USP, composta por duas glebas (glebas 1 e 2), com áreas de 258.000 m² e 982.578 m², localizadas na margem esquerda do rio Tietê (Fig.1).

Fig.2

A gleba 2 foi inicialmente escolhida para abrigar a USP Leste, para a qual foi desenvolvido o primeiro projeto arquitetônico, que previa a construção de uma sequência de módulos de disposição linear, visando facilitar futuras expansões (Fig.2). Esta gleba demonstrou, no entanto, limitações que representariam dificuldades para obtenção de licença ambiental, aumento do custo e tempo de execução das obras. A escolha recaiu então na gleba 1,

menor, porém com características mais favoráveis, como maior distância do rio, posição mais elevada em relação à cota do corpo d'água por tratar-se de área aterrada em cerca de quatro metros de altura, terreno firme e seco, topografia mais regular, falta de cobertura vegetal arbórea e melhores condições de integração viária.

A mudança de gleba implicou em reformulação completa no projeto arquitetônico. Contudo, devido às comemorações dos 70 anos da USP e a comprometimentos com o governo do estado, os prazos para inauguração e funcionamento do ciclo básico dos novos cursos criados para o novo

Fig.3

campus já estavam definidos para o início de 2005, levou a que se adota-se uma estratégia de simplificação do projeto para cumprimento dos prazos. Nesse mesmo período, a USP estava com projetos desenvolvidos para o Campus 2 de São Carlos, decidindo-se pela reutilização dos projetos do Centro de Apoio Técnico e de Módulos Didáticos deste também para a USP

Leste, permitindo licitação imediata das obras, e que, concluídos, marcaram a inauguração da USP Leste, em 27 de fevereiro deste ano.

Já havia sido feita licitação para seleção da empresa que desenvolveria o projeto executivo, sendo vencedora deste processo a Globo Arquitetura e Engenharia, sediada em Salvador/BA. Em fevereiro de 2004, o Prof. Dr. Sylvio Barros Sawaya e um grupo dos responsáveis diretos pela realização das construções se deslocou para Salvador e, em um esforço concentrado, em dez dias de trabalho, definiu a implantação na gleba 1 (Fig.3).

Em uma segunda etapa, foram licitadas as construções dos blocos I1, biblioteca e auditório, cuja entrega foi definida para dezembro de 2005, ficando os blocos restantes para uma etapa posterior.

Cogitam-se alternativas para a futura ocupação para a gleba 2, dentre eles um centro de pesquisas para questões ambientais urbanas.

3. Partido Arquitetônico:

A gleba onde está em implantação o campus da USP Leste possui forma praticamente triangular, definida pela rodovia Ayrton Senna, pela ferrovia e por uma planta industrial adjacente. A face voltada para a indústria receberia dois blocos iguais e simétricos. As faces voltadas para a rodovia e a ferrovia serão ocupadas por dois edifícios com destinação acadêmica, nomeados I1 (concluído) e I2, com cerca de 140m de comprimento.

Fig.4

No vértice formado por esses dois edifícios, perpendicular à sua bissetriz, encontra-se um conjunto retangular formado por dois edifícios térreos abrigando, respectivamente, a biblioteca e os auditórios, intermediados por uma grande rampa circular.

O conceito o edifício I1 (Fig.4) define uma rua interna dividida em duas passagens voltadas a um vazio central vertical, ventilado e iluminado

naturalmente, o que é garantido pela permeabilidade entre os três pavimentos (Fig.4 e Fig.5).

Adjacentes aos dois lados, situam-se as atividades docentes do primeiro ao terceiro pavimento e, no térreo, as atividades de convivência e serviços de apoio.

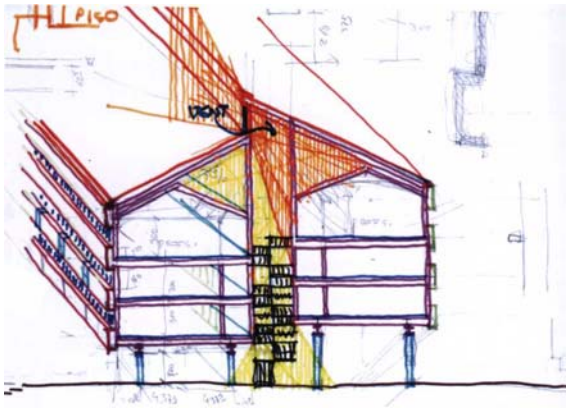


Fig.5

Fig.6

4. Características técnicas:

O edifício foi projetado visando a utilização de processos construtivos industrializados e racionalizados. Para obtenção de maior precisão dimensional, foi adotada estrutura metálica de aço carbono. O lajes mistas tipo steel deck, vedos externos em painéis pré-moldados arquitetônicos, possibilitando que sua construção se desse em menor tempo comparativamente à construção convencional. Abaixo são apresentadas as principais características técnicas dos 10 (dez) órgãos do edifício:

4.1. – Terrapleno

O campus foi implantado em uma gleba anteriormente utilizada como bota-fora para as obras de construção da rodovia Ayrton Senna, estando por esse motivo já aterrada em cota que chega a 4 metros acima do perfil natural. No trabalho de terrapleno foram feitos acerto de grade, remoção da camada vegetal e troca de solo de aterro onde este mostrava-se inadequado.

As sondagens efetuadas apontam solo original de aluvião encimado aterro por argiloso, na profundidade citada acima.

4.2. Fundações

Adotaram-se fundações profundas em estacas tipo pré-moldadas de concreto, com capacidade de suportar cargas variando desde 15tf até 70tf, sob blocos de fundação. O sistema de vigas do piso térreo é em concreto armado, moldadas in loco.

4.3. Estrutura

Os elementos que compõe a estrutura são fabricados em perfis soldados e/ou conformados a frio em aço patinável (Fig.6). Os elementos principais do sistema estrutural (por ex.: vigas, pilares e vigas de travamento) são em perfis compostos por chapas soldadas, ou laminados.

A concepção estrutural foi de pórticos trabalhando transversalmente a obra e ligações rotuladas, utilizando elementos de contraventamento longitudinal para estabilização do conjunto, e contraventamentos transversais para melhorar o funcionamento da laje como diafragma horizontal. A cobertura forma pórticos transversais com os pilares.

Para as lajes foi utilizado o sistema *steel deck*, com pintura eletrostática na cor branca, com espessura final de 150 mm.

Fig.7

4.4. Cobertura

A concepção da cobertura (Fig.6 e Fig.7) baseia-se em pórticos metálicos transversais ao edifício encimados por telhas termo-acústicas (compostas por dois perfis de aço galvanizado trapezoidal separados por isolamento térmico em lã de rocha), chapas de policarbonato alveolar garantindo iluminação natural na circulação interior do edifício, e venezianas industriais, para atendimento ao esquema de ventilação natural.

4.5. Vedos

Os vedos externos utilizam painéis pré-moldados de concreto complementando-se com uso de placas cimentícias (Fig.8). Os painéis utilizados foram produzidos industrialmente, sendo apenas montados na obra. Os vãos são vedados com uso de caixilharia tipo pele de vidro.

Fig.8

A estrutura metálica é protegida por placas de gesso acartonado para áreas úmidas, com sobreposição por placas de alumínio composto.

Internamente, os vedos utilizados são constituidos por divisórias de gesso acartonado tipo drywall para áreas comuns, alvenaria de blocos cerâmicos para áreas molhadas e divisórias navais para áreas de grande alteração de layout.

4.6. Vãos

No sistema de vãos, compõem as caixilharias externas esquadrias tipo Pele de Vidro, com perfis de alumínio extrudados que recebendo vidro laminado de 6mm e pintura eletrostática a pó, utilizando perfis e acessórios de alumínio anodizado; venezianas de alumínio com pintura eletrostática a pó e gradis em aço carbono com pintura automotiva, utilizando tubos retangulares e barras chatas.

Fig.9

Fig.10

Internamente, o acesso às salas se dá por portas de madeira com visores em vidro (Fig.10), estabelecendo-se renovação natural de ar através de venezianas de alumínio.

4.7. Paramentos

Os vedos em painéis pré-moldados em concreto utilizados nas fachadas são empregados sem paramentos, ficando exposta sua coloração natural (Fig.8). Nas quatro fachadas externas e algumas circulações internas, são utilizados revestimentos cerâmicos, com rejuntamento espessura 2 mm em cor aproximada à da cerâmica, havendo juntas de dilatação longitudinais e transversais. As áreas molhadas também possuem revestimentos cerâmicos. Também são utilizados revestimento acrílico texturizado sobre placas cimentícias.

Os pilares apresentam revestimento duplo, primeiramente com gesso acartonado para áreas úmidas, sobreposto por painéis de alumínio composto.

Nos vedos internos são utilizados paramentos em cerâmica, laminado melamínico em alguns trechos e pintura em tinta acrílica em áreas gerais e tinta látex em áreas secundárias.

Fig.11

Fig.12

Superfícies metálicas recebem pintura em esmalte sintético na cor branca ou, em elementos estruturais específicos, tinta intumescente / anti-flama, como proteção passiva contra fogo. Os brises metálicos e gradis em aço carbono recebem pintura automotiva.

4.8. Pavimentos

É utilizado cimentado liso nas Escadas, Salas técnicas, Depósitos (sob escadas), Lanchonetes, Serviços, Bancos e Casa de Máquinas. No praça do piso térreo são utilizadas placas de concreto pré-moldado 60x60cm, sendo empregadas na composição dos pisos de todos os pavimentos, como sinalização, placas de concreto pré-moldado 30x30cm com desenhos em

alto relevo tipo tátil alerta e tátil direcional com mistura de cimento branco pigmentado (Fig.13).

Na sala de assistência social, recepção e circulações do pavimento térreo, restaurante e nas circulações e convívios dos 1º, 2º e 3º pavimentos, são empregados pisos cerâmicos tipo porcelanato 30x30cm e rejuntamento de 1,5mm à base de cimento e aditivos. Nos sanitários masculino e feminino, depósito de material de limpeza, utensílios do ambulatório, higienização de Louças e de Utensílios, Boiler, Copa do Restaurante e áreas dos Laboratórios, utiliza-se piso cerâmico industrial 30x30cm.

No ambulatório, salas de aula, salas técnicas, manutenção, depósito, salas de equipamentos é empregado piso vinílico em manta (Fig.12), e pisos de borracha em placa tipo Tátil são utilizados nas escadas metálicas (Fig.14).

Grades de piso em aço carbono galvanizada a fogo (Fig.15) são empregadas nos Halls de Escadas e Elevadores de todos os pavimentos e nas Circulações em frente ao vazio do 1º Pavimento, pertitindo a circulação de ar entre pisos.

Fig.13

Fig.14

Fig.15

4.9. Instalações eletro-mecânicas

As tubulações secas, parte aparente e parte embutida, são constituídas por eletrodutos de aço e de PVC (policloreto de vinila) rígido roscáveis. São empregadas ainda eletrocalhas aparentes em alumínio pintado.

A cabeamento utilizado é de cobre, revestida com isolação sólida de cloreto de polivinila com cobertura. A iluminação é feita com luminárias fluorescentes com refletor para duas lampadas fluorescentes convencionais, de embutir ou sobrepor conforme o tipo de forro, e luminárias fluorescentes compactas. Nas circulações sob forro, luminárias fluorescentes compactas. No teto do 3º pavimento e sobre hall de entrada, luminária tipo projetor em

chapa de aço tratado com refletor acrílico transparente para lâmpada vapor metálico.

O sistema de condicionamento artificial de ar está restrito aos laboratórios, salas de professores, salas técnicas e de informática, sendo utilizado o sistema do tipo *split*, ficando as evaporadoras distribuidas nos pavimentos e as condensadoras instaladas na cobertura do edifício, havendo renovação de ar através de exaustores.

4.10. Instalações hidro-sanitárias

O projeto de abastecimento de água fria para o edifício é constituído de dois sistemas independentes e de forma ascendente: Um destinado ao uso com água potável SABESP e o outro destinado as torneiras de jardins e bacias sanitárias, com a água de captação de águas pluviais (água de reuso).

A coleta dos efluentes é feita por ramal de descarga individual, que se interliga com o ramal das bacias sanitárias desaguando então nos tubos verticais denominados TQ'S (Tubos de Queda). A reunião de todas as tubulações no piso do pavimento térreo, desagua em caixas de inspeção tendo como destino final a estação de tratamento de esgoto.

Fig.16

O projeto de escoamento das águas pluviais prevê a coleta das águas de cobertura através das calhas projetadas que descem até o piso do térreo onde são reunidas através de caixas de passagem formando então, a rede externa de águas pluviais cujo destino final será ao reservatório subterrâneo de água de reuso, atualmente em construção (Fig.16).

As tubulações de água fria; esgoto, gordura e ventilação; e águas pluviais e drenos utilizam tubos e conexões em PVC. As louças e metais sanitários empregados se utilizam de dispositivos racionalizadores do uso de água. As bacias sanitárias convencional e com caixa acoplada consomem 6 Lpf, e os metais sanitários são do tipo fechamento automático por pressão. A instalação é dotada de registros reguladores de vazão e arejadores com vazão constante 6L/min.

5. Avaliação do desempenho ambiental em função das patologias ambientais construtivas (Pac) existentes no edifício.

A necessidade de incorporação de critérios ambientais na avaliação de desempenho vem sido gradualmente aceita no segmento da construção civil, exemplificado pelo projeto de norma *Desempenho de Edifícios Habitacionais de até Cinco Pavimentos* da Associação Brasileira de Normas Técnicas, em desenvolvimento, que possui um capítulo referente a adequação ambiental. Este projeto de norma apenas recomenda a adoção de critérios de adequação ambiental, pois considera que as técnicas de avaliação do impacto ambiental resultante das atividades da cadeia produtiva da construção ainda são objeto de pesquisa e no atual estágio de conhecimento não é possível estabelecer critérios e métodos de avaliação relacionados à expressão desse impacto.

A norma ISO 6241 apresenta uma tabela com os Requisitos do Usuário, juntamente com suas funções. A norma apresenta um total de 14 requisitos, que são estabilidade, segurança contra fogo, segurança em uso, estanqueidade, higrotermia, pureza do ar, conforto acústico, conforto visual, conforto tátil, conforto antropodinâmico, higiene, conveniência de espaços para usos específicos, durabilidade e economia. Esta norma foi publicada há mais de vinte anos e quando for revisada, provavelmente deverá incorporar um novo requisito de usuário referente a adequação ambiental.

Este estudo avalia a possibilidade de adaptação do método de avaliação do desempenho técnico-construtivo (SIMÕES, 1999) incorporando critérios de desempenho ambiental construtivo.

5.1 Definição das funções ou sub-itens do requisito Adequação Ambiental

Para aplicação da metodologia de desempenho foram propostos sub-itens para o requisito Adequação Ambiental, sob os aspectos de consumo de recursos, produção de poluentes e resíduos e alteração do meio.

A tabela a seguir apresenta os sub-itens de adequação ambiental:

Requisito do Usuário - Adequação Ambiental		
Sub Ítens de Adequação Ambiental		Funções
15.1	**Consumo Energético**	Consumo energético por unidade de área comparativamente à média local para a categoria de edificação.
		Existência de dispositivos racionalizadores para iluminação artificial
		Existência de dispositivos racionalizadores para condicionamento
		Uso de equipamentos baseados em combustíveis eficientes (uso de combustível e emissões)
		Existência de sistema de monitoramento do uso de energia
		Treinamento e conscientização de usuários para uso racional de energia
		Definição de metas de consumo de energia
		Utilização de energia renovável (integral, parcial, não utiliza)
		Energia incorporada por unidade de área comparativamente à média local para a categoria de edificação
	Geração de Energia	Existência sistema interno de geração de energia
		Tipo de fonte energética produzida (renovável / não renovável)
15.2	**Consumo de água**	Consumo de água por unidade de área comparativamente à média local para a categoria da edificação
		Existência de dispositivos racionalizadores de água
		Reutilização de águas servidas ou tratadas
		Controle da qualidade da água utilizada para consumo
		Treinamento de usuários para uso racional de água
		Procedimentos internos para uso racional de água
	Trat. e reuso de água servidas	Sistema interno de tratamento de efluentes
		Separação águas cinzas e esgoto
		Reutilização de águas servidas
		edificação
		Grau de tratamento para os efluentes lançados na rede pública (nenhum, parcial, total)
15.3	**Consumo de Matérias-Primas**	Comparação de aspectos ambientais dos principais materiais adotados com alternativas disponíveis
		edificação
		Emprego de materiais de reuso
		Emprego de materiais produzidos através de reciclagem
		Uso de materiais com menor impacto ambiental
		Reutilização/Reciclagem de Materiais
15.4	**Geração de Resíduos**	categoria da edificação
		Existência de Programa de Gerenciamento de Resíduos Sólidos
		Separação de resíduos produzidos conforme categoria
		Treinamento de pessoal para identificação e separação de resíduos
		Minimização na geração de resíduos
		Reutilização de resíduos
		Destinação adequada aos resíduos após a saída da obra
15.5	**Emissão de Poluentes**	Produção de poluentes
		Emprego de sistema de filtragem e tratamento antes do lançamento na atmosfera
		Tipo de poluentes emitidos
15.6	**Qualidade do Ar Interior**	Ventilação adequada
		Sistema de filtragem
		Limpeza do sistema condicionamento
		Controle de odores
		Controle microbiológico
15.7	**Alteração do Habitat**	Preservação vegetação natural
		Manutenção do perfil natural do terreno
		Ocorrência de Impactos na fauna local
		Impactos no entorno do sítio
		Grau de impermeabilização do solo
		Sistema de captação e contenção de águas pluviais
15.8	**Resíduos Líquidos (Efluentes)**	edificação
		Sistema interno de tratamento de efluentes
		Grau de tratamento de efluentes antes de lançamento no sistema público
15.9	**Ruído e Vibrações**	Geração de ruído de interferência no ambiente interno ao edifício
		Geração de ruído de interferência ao ambiente externo e/ou vizinhança
		Utilização de sistema de isolamento / condicionamento de ruídos existentes
		Geração de vibrações de impacto ao ambiente interno
		Geração de vibrações de impacto ao ambiente externo
		Utilização de sistema de isolamento / condicionamento de vibrações existentes
		Intensidade de ruídos gerados comparativamente à média local para a categoria de edificação
15.10	**Uso Transporte**	Proximidade do edifício para o usuário
		Presença de tranporte coletivo no entorno
		Proximidade aos pontos de fornecimento de materias primas
		Proximidade dos locais de destinação de resíduos
15.11	**Aspectos bioclimaticos**	Orientação adequada
		Utilização de sistemas e materiais construtivos com boa inércia térmica
		Utilização de sistemas passivos de condicionamento térmico
		Utilização de sistemas passivos de condicionamento de iluminação
		Uso de materiais locais

5.2. Identificação das Patologias Ambientais Construtivas

Esta avaliação se fundamenta nas observações diretas, *in loco*, em visita realizada no edifício; através de entrevistas com os principais agentes para a produção; e através de leitura de projetos e especificações.

Diferentemente da metodologia empregada para avaliação de patologias construtivas (Pc), nem sempre as Patologias Ambientais Construtivas (Pac) são identificáveis avaliando-se a construção, mas também, avaliando-se processos e projetos. As Pac identificadas, neste estudo, referem-se em sua maioria a processos e não ao produto, nem sempre se identificando diretamente com os 10 (dez) orgãos do edifício.

Colaboraram participando deste estudo os seguintes envolvidos na produção do edifício:

Prof. Dr. Sylvio Barros Sawaya – FAU USP.

Arq. Sérgio Assunção – COESF.

Eng. Joaquim Oviedo – Coordenador de Obras da COESF.

Engª. Leandra Antunes – Fiscal de Obras da COESF.

Eng. Paulo César de Oliveira – Eng. de Contratos – Construtora Santa Bárbara.

As patologias ambientais construtivas detectadas em número de **21** (vinte e uma) influíram e influem no desempenho ambiental do planejamento, do projeto, da obra, dos materiais e das técnicas construtivas utilizadas neste edifício, que serão analisadas de acordo com a metodologia. Assim sendo, as patologias ambientais construtivas serão avaliadas segundo os 3 (três) itens (a, b e c) que se seguem:

- abordagem das patologias ambientais construtivas (**Pac**), enfatizando suas origens e reflexos destas nos itens de adequação ambiental (requisitos dos usuários);
- elaboração de Tabela (de cada órgão e do empreendimento global), contendo aspectos quantitativos da origem das patologias vinculadas às deficiências e inadequações do (a): **projeto, execução das obras, gerenciamento, materiais** utilizados, com os respectivos reflexos nos itens do adequação ambiental.

- os resultados obtidos desta avaliação serão hierarquizados face às origens das patologias construtivas e os reflexos no desempenho ambiental aos requisitos dos usuários.

A seguir a pormenorização destes 3 (três) itens junto a cada órgão deste edifício ou ao empreendimento como um todo.

5.2.1 Terrapleno

a) Patologias Ambientais Construtivas (Pac)

Pac1 - Detectados, durante sondagens e obra, resíduos orgânicos sob aterro existente. A gleba onde foi implantado o edifício já encontrava-se previamente aterrada, pois foi utilizada como bota-fora para obras de construção da rodovia contígua, não havendo procedimentos para separação de resíduos. Sua origem vincula-se a:

Execução deficiente – não prevista a separação de resíduos e conseqüencias ambientais resultantes do aterro, durante o uso anterior / bota-fora.

A deficiência da execução reflete no seguinte sub-ítem de desempenho: (15.7) Alteração do Habitat

Pac2 – Não especificado destino para material vegetal/orgânico, resultante de serviços de terraplanagem durante a implantação da obra. A origem desta patologia de processo vincula-se a:

Gerenciamento deficiente – aspectos ambientais insuficientes em procedimentos e exigências para contratações.

Execução deficiente – incorporação restrita de aspectos ambientais em procedimentos

Esta deficiência reflete nos seguintes sub-itens de desempenho:

(15.4) Resíduos sólidos, (15.7) Alteração do habitat e (15.10) uso de tranporte.

b) Tabela 5.1. – Terrapleno – Patologias ambientais construtivas, origens e reflexos nos itens do desempenho ambiental

Tabela 5.1	USP Leste - Escola de Artes, Ciências e Humanidades - Edifício I1															
Terrapleno	Patologias Ambientais Construtivas - origens e reflexos nos ítens de desempenho															
	Requisito	15.1	15.2	15.3	15.4	15.5	15.6	15.7	15.8	15.9	15.10	15.11				
Origem das Patologias	Usuário / Patolo-gias	Consumo Energético / Geração de Energia	Consumo de água / Trat. e reuso de água servidas	Uso de Matérias-Primas	Resíduos Sólidos	Emissão de Poluentes (ar)	Qualidade do Ar Interior	Alteração do Habitat	Resíduos Líquidos (Efluentes)	Ruído e Vibrações	Uso Transporte	Aspectos bioclimaticos	Totais	%	Classificação
Projeto	P2							1					1	12,5	3
Execução da Obra	P1, P2				1			2			1		4	50	1
Gerenciamento	P2				1			1			1		3	37,5	2
Material															
Totais					2			4			2		8		
(%) porcentagem					25			50			25				
Classificação					2			1			2				

c) Resultados obtidos

As 2 (duas) patologias ambientais construtivas (Pac) do terrapleno deste edifício, tiveram origem e reflexos no seu desempenho, conforme segue:

- O projeto – com suas deficiências e inadequações, participa de 01 (uma) patologia (p1), refletindo no desempenho técnico-construtivo desse terrapleno em 12,5% (3º lugar).
- A execução da obra - com suas deficiências, participa de 2 (duas) patologias (p1 e p2), refletindo nos itens de desempenho técnico-construtivo em 50% (1º lugar).
- O gerenciamento – também com suas deficiências, participa de 01 (uma) patologia (p2), refletindo nos itens de desempenho em 37,5% (2º lugar).

Com base nos dados da tabela T.5.1., os itens de desempenho que sofreram maior número de reflexos face à ação das patologias do terrapleno foram:

50 % - Alteração do habitat (15.7)

25 % - Resíduos sólidos (15.4)

25 % - Uso de transporte (15.10)

Face ao exposto, as deficiências e inadequações de: execução da obra (50%) e gerenciamento (37,5%) foram os maiores responsáveis pela origem dessas patologias e dos reflexos das mesmas no desempenho do terrapleno.

Os itens do desempenho citados, que sofreram maior número de reflexos dessas patologias, representam 87,5% do total.

5.2.2 Fundações

a) Patologias Ambientais Construtivas (Pac)

Pac1 – Não utilização de agregados reciclados em concreto para blocos de fundação. Sua origem vincula-se a:

Projeto deficiente – aspecto não especificado em projeto.

Gerenciamento deficiente – aspecto não previsto em contrato.

Material deficiente – concreto usinado não atende este requisito.

A deficiência da execução reflete no seguinte sub-ítem de desempenho: 15.1, 15.3, 15.4, 15.10

b) Tabela 5.2. – Fundações – Patologias ambientais construtivas, origens e reflexos nos itens do desempenho ambiental

Tabela 5.2	USP Leste - Escola de Artes, Ciências e Humanidades - Edifício I1															
Fundações	Patologias Ambientais Construtivas - origens e reflexos nos ítens de desempenho															
	Requisito / Usuário	15.1	15.2	15.3	15.4	15.5	15.6	15.7	15.8	15.9	15.10	15.11				
Origem das Patologias	Patolo-gias	Consumo Energético / Geração de Energia	Consumo de água / Trat. e reuso de água servidas	Consumo de Matérias-Primas	Geração de Resíduos Sólidos	Emissão de Poluentes (ar)	Qualidade do Ar Interior	Alteração do Habitat	Resíduos Líquidos (Efluentes)	Ruído e Vibrações	Uso Transporte	Aspectos bioclimaticos	Totais	%	Classificação
Projeto	P1	1		1	1						1		4	33,33	
Execução da Obra															
Gerenciamento	P1	1		1	1						1		4	33,33	
Material	P1	1		1	1						1		4	33,33	
Totais		3		3	3						3		12		
(%) porcentagem		25		25	25						25				
Classificação															

c) Resultados obtidos

A patologia ambiental construtiva (Pac) da fundação deste edifício, teve origem e reflexo no seu desempenho, conforme segue:

- O projeto – com suas deficiências e inadequações – 1 (uma) patologia.
- O gerenciamento – também com suas deficiências – 1 (uma) patologia.
- Os materiais – também com suas deficiências – 1 (uma) patologia.

Com base nos dados da tabela T.5.2., os itens de desempenho que sofreram maior número de reflexos face à ação das patologias do terrapleno

foram:

25 % - Consumo energético (15.1)

25 % - Consumo de matérias-primas (15.3)

25 % - Resíduos sólidos (15.4)

25 % - Uso de transporte (15.10)

Face ao exposto, as deficiências e inadequações de projeto (33.3%), gerenciamento (33.3%) e materiais (33.3%) foram igualmente responsáveis pela origem dessas patologias e dos reflexos das mesmas no desempenho das fundações.

5.2.3 Estrutura

a) Patologias Ambientais Construtivas (Pac)

Pac1 – Utilização de materiais com origem em Brasília, distante do local da obra, problema ocorrendo também na produção do produto, que utiliza matérias-primas obtidas em Minas Gerais, a longa distancia da indústria. Tem sua origem vinculada a :

Projeto deficiente – não considerou este aspecto como critério para especificação.

Execução deficiente - não considerou este aspecto como critério para compra.

Gerenciamento deficiente – não determinadas restrições ou condições para este aspecto.

Material deficiente – não considerou este aspecto como critério para seleção das matérias-primas

As deficiências refletem nos seguintes items de desempenho: (15.1) Consumo energético, (15.3) Consumo de matérias primas, (15.5) Emissão de poluentes, (15.9) ruídos e vibrações, (15.10) Uso de transporte.

b) Tabela 5.3. – Estrutura – Patologias ambientais construtivas, origens e reflexos nos itens do desempenho ambiental

Tabela 5.3	USP Leste - Escola de Artes, Ciências e Humanidades - Edifício I1															
Estrutura	Patologias Ambientais Construtivas - origens e reflexos nos ítens de desempenho															
Origem das Patologias	Requisito Usuário / Patolo-gias	15.1 Consumo Energético / Geração de Energia	15.2 Consumo de água / Trat. e reuso de água servidas	15.3 Consumo de Matérias-Primas	15.4 Geração de Resíduos Sólidos	15.5 Emissão de Poluentes (ar)	15.6 Qualidade do Ar Interior	15.7 Alteração do Habitat	15.8 Resíduos Líquidos (Efluentes)	15.9 Ruído e Vibrações	15.10 Uso Transporte	15.11 Aspectos bioclimaticos	Totais	%	Classificação
Projeto	P1	1		1		1				1	1		5	25	1
Execução da Obra	P1	1		1		1				1	1		5	25	1
Gerenciamento	P1	1		1		1				1	1		5	25	1
Material	P1	1		1		1				1	1		5	25	1
Totais	1/4	4		4		4				4	4		20		
(%) porcentagem		20		20		20				20	20				
Classificação		1		1		1				1	1				

c) Resultados obtidos

A patologia ambiental construtiva (Pac) da estrutura deste edifício, teve origem e reflexos no seu desempenho, conforme segue:

- Projeto, execução da obra, gerenciamento e materiais – com suas deficiências e inadequações, participam de 01 (uma) patologia (p1), refletindo no desempenho técnico-construtivo da estrutura em 25% cada, portanto de maneira eqüanime.

Com base nos dados da tabela T.5.3., os itens de desempenho que sofreram maior número de reflexos face à ação das patologias do terrapleno foram:

20 % - Consumo energético (15.1)

20 % - Matérias primas (15.3)

20 % - Emissão de poluentes (15.5)

20 % - Ruídos e Vibrações (15.9)

20 % - Uso de transporte (15.10)

Face ao exposto, as deficiências e inadequações de projeto (25%), gerenciamento (25%), execução (25%) e materiais (25%) foram igualmente responsáveis pela origem dessas patologias e dos reflexos das mesmas no desempenho da estrutura.

Os itens do desempenho citados sofreram igual número de reflexos dessas patologias.

5.2.4 Cobertura

Não foram identificadas patologias específicas para este órgão.

5.2.5 Vedos

Não foram identificadas patologias específicas para este órgão.

5.2.6 Pavimentos

Pac1 – Utilização de materiais emitentes de Compostos Organicos Voláteis (VOCs) espontaneamente e/ou quando submetidos a situação de incêndio. Tem sua origem vinculada a :

Projeto deficiente – não considerou este aspecto como critério para especificação.

Gerenciamento deficiente – não determinadas restrições ou condições para este aspecto.

Material deficiente – não considerou este aspecto como critério para seleção das matérias-primas

As deficiências refletem nos seguintes items de desempenho: (15.3) Matérias primas, (15.5) Emissão de poluentes, (15.6) qualidade do ar interior.

b) Tabela 5.6. – Pavimentos – Patologias ambientais construtivas, origens e reflexos nos itens do desempenho ambiental.

Tabela 5.6	USP Leste - Escola de Artes, Ciências e Humanidades - Edifício I1															
Pavimentos	Patologias Ambientais Construtivas - origens e reflexos nos ítens de desempenho															
	Requisito / Usuário	15.1	15.2	15.3	15.4	15.5	15.6	15.7	15.8	15.9	15.10	15.11			
Origem das Patologias	Patolo-gias	Consumo Energético / Geração de Energia	Consumo de água / Trat. e reuso de água servidas	Consumo de Matérias-Primas	Geração de Resíduos Sólidos	Emissão de Poluentes (ar)	Qualidade do Ar Interior	Alteração do Habitat	Resíduos Líquidos (Efluentes)	Ruído e Vibrações	Uso Transporte	Aspectos bioclimaticos	Totais	%	Classificação
Projeto	P1			1		1	1						3	33,33	1
Execução da Obra															
Gerenciamento	P1			1		1	1						3	33,33	1
Material	P1			1		1	1						3	33,33	1
Totais	1/3			3		3	3						9		
(%) porcentagem				33,33		33,33	33,33								
Classificação				1		1	1								

c) Resultados obtidos

A patologia ambiental construtiva (Pac) da estrutura deste edifício, teve

origem e reflexos no seu desempenho, conforme segue:

- O projeto – com suas deficiências e inadequações, participa de 01 (uma) patologia (p1), refletindo no desempenho técnico-construtivo desse terrapleno em 33,3%.
- O gerenciamento – com suas deficiências, participa de 1 (uma) patologia (p1), refletindo nos itens de desempenho técnico-construtivo em 33,3%.
- Os materiais – com suas deficiências, participa de 1 (uma) patologia (p1), refletindo nos itens de desempenho técnico-construtivo em 33,3%.

Com base nos dados da tabela T.5.6., os itens de desempenho que sofreram maior número de reflexos face à ação das patologias do terrapleno foram:

33,3 % - Matérias Primas (15.3)
33,3 % - Emissão de poluentes (15.5)
33,3 % - Qualidade do ar interior (15.6)

Face ao exposto, as deficiências e inadequações de projeto (33,3%), gerenciamento (33,3%) e materiais (33,3%) foram igualmente responsáveis pela origem dessas patologias e dos reflexos das mesmas no desempenho da estrutura.

Os itens do desempenho citados sofreram igual número de reflexos dessas patologias.

5.2.7 Vãos

a) Patologias Ambientais Construtivas (Pac)

Pac1 - Utilização de venezianas não permite controle de qualidade do ar e filtragem. Sua origem vincula-se a:

Projeto deficiente – priorizou outros aspectos em detrimento ao aspecto qualidade do ar na especificação e soluções de projeto

Gerenciamento deficiente – não considerou suficientemente o aspecto qualidade do ar em procedimentos e exigências contratuais.

A deficiência reflete no seguinte sub-ítem de desempenho: (15.6) Qualidade do ar interior

Pac2 – Utilização de materiais com baixa inércia térmica.

A origem desta patologia de processo vincula-se a:

Projeto deficiente – priorizou outros aspectos em detrimento ao aspecto desempenho termico nas especificações.

Gerenciamento deficiente – não considerou suficientemente o aspecto desempenho termico em procedimentos e exigências contratuais.

Esta deficiência reflete nos seguintes sub-itens de desempenho:

(15.1) Consumo energético e (15.11) Aspectos bioclimáticos.

Pac3 – Sistema de esquadrias da fachada, que utiliza veneziana em combinação com janelas tipo maxim-ar com vidro simples, não prevê isolamento acústico, particularmente a face Nordeste, voltada para a rodovia. A origem desta patologia de processo vincula-se a:

Projeto deficiente – priorizou outros aspectos em detrimento ao aspecto desempenho acústico nas especificações.

Gerenciamento deficiente – não considerou suficientemente o aspecto desempenho acústico em procedimentos e exigências contratuais.

Esta deficiência reflete nos seguintes sub-itens de desempenho:

(15.9) Ruídos e vibrações.

b) Tabela 5.7. – Vãos – Patologias ambientais construtivas, origens e reflexos nos itens do desempenho ambiental

Tabela 5.7	USP Leste - Escola de Artes, Ciências e Humanidades - Edifício I1															
Vãos	Patologias Ambientais Construtivas - origens e reflexos nos ítens de desempenho															
	Requisito / Usuário	15.1	15.2	15.3	15.4	15.5	15.6	15.7	15.8	15.9	15.10	15.11			
Origem das Patologias	Patolo-gias	Consumo Energético / Geração de Energia	Consumo de água / Trat. e reuso de água servidas	Consumo de Matérias-Primas	Geração de Resíduos Sólidos	Emissão de Poluentes (ar)	Qualidade do Ar Interior	Alteração do Habitat	Resíduos Líquidos (Efluentes)	Ruído e Vibrações	Uso Transporte	Aspectos bioclimaticos	Totais	%	Classificação
Projeto	P1,P2,P3	1					1			1		1	4	50	
Execução da Obra															
Gerenciamento	P1,P2,P3	1					1			1		1	4	50	
Material															
Totais	3/9	2					2			2		2	8		
(%) porcentagem		25					25			25		25			
Classificação															

c) Resultados obtidos

As 3 (três) patologias ambientais construtivas (Pac) dos vãos deste edifício,

tiveram origem e reflexos no seu desempenho, conforme segue:

- O projeto – com suas deficiências e inadequações, participa de 03 (três) patologias (p1, p2 e p3), refletindo no desempenho técnico-construtivo desse terrapleno em 50%.
- O gerenciamento – com suas deficiências e inadequações, participa de 03 (três) patologias (p1, p2 e p3), refletindo no desempenho técnico-construtivo desse terrapleno em 50%.

Com base nos dados da tabela T.5.7., os itens de desempenho que sofreram maior número de reflexos face à ação das patologias do terrapleno foram:

25 % - Consumo energético (15.1)
25 % - Qualidade do ar interior (15.6)
25 % - Ruídos e vibrações (15.9)
25 % - Aspectos bioclimáticos (15.1)

Face ao exposto, as deficiências e inadequações de projeto (50%) e gerenciamento (50%) foram igualmente responsáveis pela origem dessas patologias e dos reflexos das mesmas no desempenho da estrutura.

Os itens do desempenho citados sofreram igual número de reflexos dessas patologias.

5.2.8 Paramentos

Não foram identificadas patologias específicas para este órgão.

5.2.9 Equimentos Eletro-Mecânicos

a) Patologias Ambientais Construtivas (Pac)

Pac1 – Ausência de sistema de geração de energia para consumo nem total nem parcial à demanda interna, excetuando-se sistema de geração de energia para falhas no fornecimento da concessionária, utilizando combustíveis fósseis para funcionamento. Tem sua origem vinculada a :

Projeto deficiente – não previu sistema de auto-suficiência energética parcial nem total.

Gerenciamento deficiente – não estabeleceu exigências para este aspecto.

As deficiências refletem nos seguintes items de desempenho: (15.1) Consumo energético, (15.3) Consumo de matérias primas, (15.5) Emissão de poluentes.

b) Tabela 5.9. – Equipamentos Eletro-mecânicos – Patologias ambientais construtivas, origens e reflexos nos itens do desempenho ambiental

Tabela 5.9	USP Leste - Escola de Artes, Ciências e Humanidades - Edifício I1														
Equipamentos Eletro-Mecân.	Patologias Ambientais Construtivas - origens e reflexos nos ítens de desempenho														
	Requisito	15.1	15.2	15.3	15.4	15.5	15.6	15.7	15.8	15.9	15.10	15.11			
Origem das Patologias	Usuário / Patolo-gias	Consumo Energético / Geração de Energia	Consumo de água / Trat. e reuso de água servidas	Consumo de Matérias-Primas	Geração de Resíduos Sólidos	Emissão de Poluentes (ar)	Qualidade do Ar Interior	Alteração do Habitat	Resíduos Líquidos (Efluentes)	Ruído e Vibrações	Uso Transporte	Aspectos bioclimaticos	Totais	%	Classificação
Projeto	P1	1		1		1							3	50	1
Execução da Obra															
Gerenciamento	P1	1		1		1							3	50	1
Material															
Totais	1/2	2		2		2							6		
(%) porcentagem		33,33		33,33		33,33									
Classificação		1		1		1									

c) Resultados obtidos

A patologia ambiental construtiva (Pac) dos equipamentos eletro-mecânicos deste edifício, teve origem e reflexos no seu desempenho, conforme segue:

- Projeto e gerenciamento – com suas deficiências e inadequações, participam de 01 (uma) patologia (p1), refletindo no desempenho técnico-construtivo da estrutura em 50% cada, portanto de maneira eqüanime.

Com base nos dados da tabela T.5.10., os itens de desempenho que sofreram maior número de reflexos face à ação das patologias dos equipamentos eletro-mecânicos foram:

33,3 % - Consumo energético (15.1)

33,3 % - Matérias primas (15.3)

33,3 % - Emissão de poluentes (15.5)

Face ao exposto, as deficiências e inadequações de projeto (50%) e gerenciamento (50%) foram igualmente responsáveis pela origem dessas patologias e dos reflexos das mesmas no desempenho da estrutura.

Os itens do desempenho citados sofreram igual número de reflexos dessas patologias.

5.2.10 Equimentos Hidro-Sanitários

a) Patologias Ambientais Construtivas (Pac)

Pac1 – Não prevista separação de águas cinzas (provenientes ralos de piso, pias e chuveiros) e esgoto (provenientes de vasos sanitários, mictórios e outros) , sendo misturados antes de lançados nos tubos de queda (TQs). Consequentemente não é possível o reúso de águas cinzas. Tem sua origem vinculada a :

Projeto deficiente – não previu separação de efluentes visando reaproveitameto.

Gerenciamento deficiente – não estabeleceu exigências para este aspecto.

A deficiência refletem no seguinte item de desempenho: (15.2) Consumo de água e (15.8) Resíduos líquidos (Efluentes).

b) Tabela 5.10. – Equipamentos Hidro-Sanitários – Patologias ambientais construtivas, origens e reflexos nos itens do desempenho ambiental

Tabela 5.10	USP Leste - Escola de Artes, Ciências e Humanidades - Edifício I1															
Equipamentos Hidro-Sanit.	Patologias Ambientais Construtivas - origens e reflexos nos ítens de desempenho															
	Requisito / Usuário	15.1	15.2	15.3	15.4	15.5	15.6	15.7	15.8	15.9	15.10	15.11				
Origem das Patologias	Patolo-gias	Consumo Energético / Geração de Energia	Consumo de água / Trat. e reuso de água servidas	Consumo de Matérias-Primas	Geração de Resíduos Sólidos	Emissão de Poluentes (ar)	Qualidade do Ar Interior	Alteração do Habitat	Resíduos Líquidos (Efluentes)	Ruído e Vibrações	Uso Transporte	Aspectos bioclimaticos	Totais	%	Classificação
Projeto	P1		1						1				2	50	1
Execução da Obra															
Gerenciamento	P1		1						1				2	50	1
Material															
Totais	1/2		2						2				4		
(%) porcentagem			50						50						
Classificação			1						1						

c) Resultados obtidos

A patologia ambiental construtiva (Pac) dos equipamentos hidro-sanitários deste edifício, teve origem e reflexos no seu desempenho, conforme segue:

- Projeto e gerenciamento – com suas deficiências e inadequações, participam de 01 (uma) patologia (p1), refletindo no desempenho técnico-construtivo da estrutura em 50% cada, portanto de maneira eqüanime.

Com base nos dados da tabela T.5.10., os itens de desempenho que

sofreram maior número de reflexos face à ação das patologias dos equipamentos eletro-mecânicos foram:

50 % - Consumo de água (15.2)

50 % - Resíduos Líquidos (15.3)

Face ao exposto, as deficiências e inadequações de projeto (50%) e gerenciamento (50%) foram igualmente responsáveis pela origem dessas patologias e dos reflexos das mesmas no desempenho da estrutura.

Os itens do desempenho citados sofreram igual número de reflexos dessas patologias.

3.5.3. Identificação de Patologias Ambientais Construtivas e de Procedimentos no empreendimento

Foram identificadas diversas patologias não vinculadas a orgãos do edifício individualmente, mas ao processo de produção do empreendimento de maneira global, que são descritas a seguir:

a) Patologias Ambientais Construtivas e de Procedimentos (Pac)

Pac1 - Ausência de Sistema de Gestão Ambiental (SGA). Sua origem vincula-se a:

projeto deficiente – não emprega SGA

execução deficiente - não emprega SGA

gerenciamento deficiente - não emprega SGA

materiais deficientes – não fornecimento de informações necessárias ao comprador.

As deficiências em referência refletem nos itens: 15.1, 15.2, 15.3, 15.4, 15.5, 15.6, 15.7, 15.8, 15.9, 15.10, 15.11

Pac2 – Insuficiência de profissionais habilitados para questões de sustentabilidade de projeto e construção.

projeto deficiente – profissionais empregam apenas parte dos critérios ambientais

execução deficiente – profissionais consideram normalmente apenas gestão da qualidade.

gerenciamento deficiente - não estabeleceu exigências para este aspecto

As deficiências em referência refletem nos itens: 15.1, 15.2, 15.3, 15.4, 15.5, 15.6, 15.7, 15.8, 15.9, 15.10, 15.11

Pac3 – Avaliação ambiental não interferiu em todas as etapas de produção do edifício.

projeto deficiente – não efetuou avaliação ambiental em todos os aspectos de projeto

execução deficiente - não efetuou avaliação ambiental de todos os procedimentos

gerenciamento deficiente - não estabeleceu exigências para este aspecto

As deficiências em referência refletem nos itens: 15.1, 15.2, 15.3, 15.4, 15.5, 15.6, 15.8, 15.9, 15.10

Pac4 – Ausência de monitoramento de poluição

execução deficiente – não efetuou monitoramento

gerenciamento deficiente – não efetuou monitoramento e não estabeleceu exigências para este aspecto

As deficiências em referência refletem nos itens: 15.2, 15.4, 15.5, 15.6, 15.8, 15.9, 15.10,

Pac5 – Ausência ou inoperância de Programa de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS).

execução deficiente – exigência legal não integralmente cumprida

gerenciamento deficiente – fiscalização insuficiente

As deficiências em referência refletem nos itens: 15.3, 15.4, 15.10

Pac6 – Não utilização de critérios de desempenho ambiental para seleção de materiais.

projeto deficiente – priorizados outros aspectos em detrimento ao desempenho ambiental

gerenciamento deficiente – não estabeleceu exigências para este aspecto

materiais deficientes – fornecimento insuficiente de informações necessárias ao comprador e/ou produto com desempenho ambiental inadequado

As deficiências em referência refletem nos itens15.1, 15.2, 15.3, 15.4, 15.5,

15.6, 15.10

Pac7 – Ausência de acompanhamento ambiental do ciclo de vida de produtos, processos e serviços.

projeto deficiente – não deu preferência a produtos com informações adequadas

gerenciamento deficiente – não estabeleceu exigências para este aspecto

materiais deficientes – fornecimento insuficiente de informações necessárias ao comprador e/ou produto com desempenho ambiental inadequado

As deficiências em referência refletem nos itens: 15.1, 15.2, 15.3, 15.4, 15.5, 15.10

Pac8 – Emprego de materiais de reuso, reciclados ou recicláveis apenas em casos isolados.

projeto deficiente – critério não utilizado sistematicamente

gerenciamento deficiente – não estabeleceu exigências para este aspecto

As deficiências em referência refletem nos itens: 15.1, 15.2, 15.3, 15.4, 15.5, 15.10

Pac9 – Ausencia de sistema de monitoramento e racionalização do consumo de energia durante a obra.

execução deficiente – monitoramento de consumo de energia sem metas de racionalização

gerenciamento deficiente - não estabeleceu exigências para este aspecto

As deficiências em referência refletem nos itens: 15.1

Pac10 – Existência de gerenciamento do uso de água durante a obra apenas sob aspecto custo, sem estabelecimento de metas de redução do consumo de água e treinamento de pessoal para esta finalidade.

execução deficiente - monitoramento de consumo de água sem metas de racionalização

gerenciamento deficiente - não estabeleceu exigências para este aspecto

As deficiências em referência refletem nos itens: 15.2

Pac11 – Descontinuidade do sistema de coleta seletiva de resíduos durante a obra.

execução deficiente - exigência legal, como parte do PGRS, não integralmente cumprida

gerenciamento deficiente - fiscalização insuficiente

As deficiências em referência refletem no item: 15.4

b) Tabela 5.11. – Empreendimento Global – Patologias ambientais construtivas, origens e reflexos nos itens do desempenho ambiental

Tabela 5.11	USP Leste - Escola de Artes, Ciências e Humanidades - Edifício I1														
Empreendimento Global	Patologias Ambientais Construtivas - origens e reflexos nos ítens de desempenho														
	Requisito / Usuário	15.1	15.2	15.3	15.4	15.5	15.6	15.7	15.8	15.9	15.10	15.11			
Origem das Patologias	Patolo-gias	Consumo Energético / Geração de Energia	Consumo de água / Trat. e reuso de água servidas	Uso de Matérias-Primas	Gerenciamento de Resíduos Sólidos	Emissão de Poluentes (ar)	Qualidade do Ar Interior	Alteração do Habitat	Resíduos Líquidos (Efluentes)	Ruído e Vibrações	Uso Transporte	Aspectos bioclimaticos	Totais	%	Classificação
Projeto	P1, P2, P3, P6, P7, P8	4	4	6	2	3	5	2	3	2	6	3	40	26,8	2
Execução da Obra	P1, P2, P3, P4, P5, P9, P10, P11	4	4	2	6	4		2	3	2	3		30	20,1	3
Gerenciamento	P1, P2, P3, P4, P5, P6, P8, P9, P10, P11	6	6	6	8	7	5	5	4	3	6	3	59	39,6	1
Material	P1, P6, P7	3	3	3	2	3	1	1	1		3		20	13,4	4
Totais	11/27	17	17	17	18	17	11	10	11	7	18	6	149		
(%) porcentagem		11,4	11,4	11,4	12,1	11,4	7,4	6,7	7,4	4,7	12,1	4,0			
Classificação		2	2	2	1	2	3	4	3	5	1	6			

c) Resultados obtidos

As 11 (onze) patologias ambientais construtivas e de procedimentos (Pac) do empreendimento, tiveram origem e reflexos no seu desempenho, conforme segue:

- O projeto – com suas deficiências e inadequações, participa de 6 (seis) patologias (p1, p2, p3, p6, p7 e p8), refletindo no desempenho técnico-construtivo desse terrapleno em 26,8% (2º lugar).
- A execução da obra - com suas deficiências, participa de 8 (oito) patologias (p1, p2, p3, p4, p5, p9, p10 e p11), refletindo nos itens de desempenho técnico-construtivo em 20,1% (3º lugar).
- O gerenciamento – também com suas deficiências, participa de 11 (onze) patologias (p1 a p11), refletindo nos itens de desempenho em 39,6% (1º lugar).
- Os materiais – participam com suas deficiencias de 3 (tres) patologias

(p1, p6 e p7), refletindo nos itens de desempenho em 13,4% (4º lugar).

Com base nos dados da tabela T.5.11., os itens de desempenho que sofreram maior número de reflexos face à ação das patologias do terrapleno foram:

12,1 % - gerenciamento de resíduos sólidos (15.4)

12,1 % - uso de transporte (15.10)

11,4 % - consumo energético (15.1)

11,4 % - Consumo de água (15.2)

11,4 % - Uso de matérias primas (15.3)

11,4 % - Emissão de poluentes (15.5)

Face ao exposto, as deficiências e inadequações de: projeto (26,8%) e gerenciamento (39,6%) foram os maiores responsáveis pela origem dessas patologias e dos reflexos das mesmas no desempenho ambiental global do empreendimento.

Os itens do desempenho citados, que sofreram maior número de reflexos dessas patologias, representam 57,7% do total.

6. Tabulação, análise e hierarquização dos dados obtidos na avaliação das patologias ambientais construtivas.

4.6.1. Aspectos quantitativos

Os dados obtidos estão inseridos nas tabelas T.5.1. a T.5.10 e T.5.A, que por sua vez, permitiram a hierarquização dos resultados vinculados às origens das patologias, pelas deficiências e inadequações do: projeto, execução da obra, gerenciamento e materiais sobre os 10 (dez) órgãos do edifício em questão e do empreendimento global e seus reflexos nos itens do desempenho ambiental – requisitos dos usuários – cujos pormenores se seguem:

Os quantitativos contidos na tabela T.5.11 (página seguinte) revela que:

O número total das patologias ambientais construtivas é de 21.

Obs.: estas patologias podem simultaneamente se originar por deficiência do projeto, execução da obra, gerenciamento e materiais, em cada órgão desse edifício. Assim sendo, sua totalização de ocorrências é de 216 (T.5.11.).

Esta tabela também contém os quantitativos das origens das patologias conforme segue:

O projeto responde por 62 patologias / 28,7% do total (2º lugar).

A execução da obra responde por 39 patologias / 18,1% do total (3º lugar).

O gerenciamento responde por 83 patologias / 38,4% do total (1º lugar).

Os materiais respondem por 32 patologias / 14,8% do total (4º lugar).

Tabela – T.5.11. - Edifício - USP Leste - Escola de Artes, Ciências e Humanidades - Edifício I1 – USP/SP. Quantitativos das patologias ambientais construtivas originadas pelo projeto, execução das obras, gerenciamento e materiais sobre 10 órgãos do edifício e empreendimento global.

Tabela 6.11		USP Leste - Escola de Artes, Ciências e Humanidades - Edifício I1												
		Quantitativos das patologias ambientais construtivas, originadas pelo **projeto, execução das obras, gerenciamento e materiais** sobre os 10 órgãos do edifício												
		Nº	Projeto		Obra		Gerenciam.		Material		Totais			
Nº Orgão		Total Patolog	Nº Pat	%	Nº Pat	%	Nº Pat	%	Nº Pat	%	Nº Pat	%	%	Class
1	Terrapleno	2	1	12,5	4	50,0	3	37,5			8	100	3,7	5
2	Fundação	1	4	33,3			4	33,3	4	33,3	12	100	5,6	3
3	Estrutura	1	5	25,0	5	25,0	5	25,0	5	25,0	20	100	9,3	2
4	Cobertura													
5	Vedos													
6	Pavimentos	1	3	33,3			3	33,3	3	33,3	9	100	4,2	4
7	Vãos	3	4	50,0			4	50,0			8	100	3,7	5
8	Paramentos													
9	Equipamentos Eletro-mecânicos	1	3	50,0			3	50,0			6	100	2,8	6
10	Equipamentos Hidro-Sanitários	1	2	50,0			2	50,0			4	100	1,9	7
Global	Empreendimento global	11	40	26,8	30	20,1	59	39,6	20	13,4	149	100	69,0	1
Totais		21	62	28,7	39	18,1	83	38,4	32	14,8	216	100	100,0	
Classificação			2		3		1		4					

Obs.: os quantitativos desta tabela T.5.11 foram extraídos das tabelas T.5.1 a T.5.10. e T.5.A.

Com base na Tabela T.6.11., é apresentada abaixo tabela com os órgãos deste edifício que contêm maior número incidente de patologias ambientais construtivas (Pac), expressas em porcentagem, ressaltando-se o fato que patologias que incidem no empreendimento de maneira global, classificada em 1º lugar, não estão vinculadas a algum órgão específicamente.

class.	órgão	n.º **Pac**	(%)	class.	órgão	n.º **Pac**	(%)
(1º)	Empreendimento	149	69,0	(5º)	Vãos	8	3,7
(2º)	Estrutura	20	9,3	(6º)	Equip.Eletro-Mecan.	6	2,8
(3º)	Fundação	12	5,6	(7º)	Equ. Hidro-Sanitárias	4	1,9
(4º)	Pavimentos	9	4,2				

6.2 Hierarquização dos reflexos das patologias construtivas originadas pelos **Projetos** sobre os órgãos deste edifício relacionadas com os itens do desempenho ambiental.

Os órgãos deste edifício e os itens do desempenho que mais sofreram reflexos das patologias construtivas originadas pelo **projeto**, encontram-se

na T.6.12., que vem a seguir:

Tabela 6.12	USP Leste - Escola de Artes, Ciências e Humanidades - Edifício I1 Quantitativos dos reflexos das patologias ambientais construtivas, originadas pelo **projeto** sobre os itens de desempenho ambiental														
	Requisito Usuário	15.1	15.2	15.3	15.4	15.5	15.6	15.7	15.8	15.9	15.10	15.11			
Nº Orgão	Orgãos	Consumo Energético / Geração de Energia	Consumo de água / Trat. e reuso de água servidas	Uso de Matérias-Primas	Gerenciamento de Resíduos Sólidos	Emissão de Poluentes (ar)	Qualidade do Ar Interior	Alteração do Habitat	Resíduos Líquidos (Efluentes)	Ruído e Vibrações	Uso Transporte	Aspectos bioclimaticos	Totais	%	Classificação
1	Terrapleno							1					1	1,6	6
2	Fundação	1		1	1						1		4	6,5	3
3	Estrutura	1		1		1				1	1		5	8,1	2
4	Cobertura														
5	Vedos														
6	Pavimentos			1		1	1						3	4,8	4
7	Vãos	1					1			1		1	4	6,5	3
8	Paramentos														
9	Equipamentos Eletro-mecânicos	1		1		1							3	4,8	4
10	Equipamentos Hidro-Sanitários		1						1				2	3,2	5
Global	Empreendimento global	4	4	6	2	3	5	2	3	2	6	3	40	64,5	1
Totais		8	5	10	3	6	7	3	4	4	8	4	62		
(%) porcentagem		12,9	8,1	16,1	4,8	9,7	11,3	4,8	6,5	6,5	12,9	6,5			
Classificação		2	5	1	7	4	3	7	6	6	2	6			

*Obs.: para elaboração da tabela **T.6.12 e as demais até T.6.15.**, são utilizados os dados contidos nas tabelas **T.5.1.** a **T.5.10.**, as quais contêm os quantitativos das patologias ambientais construtivas, suas origens e reflexos nos itens do desempenho ambiental, envolvendo cada órgão desse edifício e este de maneira global.*

Com base nas tabelas T.6.11 e T.6.12, conclui-se que:

projeto: com suas deficiências, responde por **28,7%** (2.º lugar) das patologias ambientais construtivas sobre o edifício e seus 10 órgãos;

participa com suas patologias ambientais junto aos órgãos deste edifício em **62** vezes;

suas patologias construtivas refletem no desempenho técnico dos órgãos deste edifício, destacando-se hierarquicamente os mais críticos:

global (64,5%) *pavimentos(6,5%)*

estrutura (8,1%) *fundação(6,5%)*

***somatória dos órgãos mais críticos** (85,6%)*

Os itens de desempenho ambiental – requisitos dos usuários que mais reflexos receberam das patologias ambientais construtivas do projeto sobre os órgãos deste edifício são:

(15.3) uso de matérias primas (16,1%) *(15.6) qualidade ar interior (11,3%)*

(15.1) consumo energético (12,9%) *(15.5) emissão de poluentes (9,7%)*
(15.10) uso de transporte (12,9%) *(15.2) consumo de água (8,1%)*
***somatória dos itens mais críticos** (71%)*

Os órgãos e os itens do desempenho citados são os mais críticos, pois representam respectivamente 85,6% e 71% dos seus totais.

6.3. Hierarquização dos reflexos das patologias originadas pela **execução da obra** sobre o edifício e seus órgãos, relacionadas com os itens do desempenho ambiental.

Os órgãos deste edifício e os itens do desempenho que mais sofreram reflexos das patologias ambientais construtivas originadas pela **execução da obra** encontram-se na tabela T.6.13. que vem a seguir.

Tabela 6.13		USP Leste - Escola de Artes, Ciências e Humanidades - Edifício I1 Quantitativos dos reflexos das patologias ambientais construtivas, originadas pela **execução da obra** sobre os itens de desempenho ambiental													
	Requisito Usuário	15.1	15.2	15.3	15.4	15.5	15.6	15.7	15.8	15.9	15.10	15.11			
Nº Orgão	Orgãos	Consumo Energético / Geração de Energia	Consumo de água / Trat. e reuso de água servidas	Uso de Matérias-Primas	Gerenciamento de Resíduos Sólidos	Emissão de Poluentes (ar)	Qualidade do Ar Interior	Alteração do Habitat	Resíduos Líquidos (Efluentes)	Ruído e Vibrações	Uso Transporte	Aspectos bioclimaticos	Totais	%	Classificação
1	Terrapleno				1			2			1		4	10,3	3
2	Fundação														
3	Estrutura	1		1		1				1	1		5	12,8	2
4	Cobertura														
5	Vedos														
6	Pavimentos														
7	Vãos														
8	Paramentos														
9	Equipamentos Eletro-mecânicos														
10	Equipamentos Hidro-Sanitários														
Global	Empreendimento global	4	4	2	6	4		2	3	2	3		30	76,9	1
Totais		5	4	3	7	5		4	3	3	5		39		
(%) porcentagem		12,8	10,3	7,7	17,9	12,8		10,3	7,7	7,7	12,8				
Classificação		2	3	4	1	2		3	4	4	2				

Com base nas Tabelas – T.6.11 e T.6.13. conclui-se que:

Execução da obra: com suas deficiências, responde por **18,1%** (3.º lugar) das patologias ambientais construtivas sobre o edifício e seus 10 órgãos;
participa com suas patologias ambientais junto aos órgãos deste edifício em **39** vezes;
suas patologias construtivas refletem no desempenho técnico dos órgãos

deste edifício, destacando-se hierarquicamente os mais críticos:

global (76,9%) *estrutura (12,5%)* *terrapleno(10,3%)*

somatória dos órgãos mais críticos (76,9%)

Os itens de desempenho ambiental – requisitos dos usuários que mais reflexos receberam das patologias ambientais construtivas do projeto sobre os órgãos deste edifício são:

(15.4) Resíduos sólidos (17,9%) *(15.10) uso de transporte (12,8%)*

(15.1) consumo energético (12,8%) *(15.2) consumo de água (10,3%)*

(15.5) emissão de poluentes (12,8%) *(15.11) alteração do habitat (10,3%)*

somatória dos itens mais críticos (76.9%)

Os órgãos e os itens do desempenho citados são os mais críticos, pois representam respectivamente 100% e 76,9% dos seus totais.

6.3. Hierarquização dos reflexos das patologias originadas pelo **gerenciamento** sobre o edifício e seus órgãos, relacionadas com os itens do desempenho ambiental.

Os órgãos deste edifício e os itens do desempenho que mais sofreram reflexos das patologias ambientais construtivas originadas pelo

Tabela 6.14	USP Leste - Escola de Artes, Ciências e Humanidades - Edifício I1 Quantitativos dos reflexos das patologias ambientais construtivas, originadas pelo **gerenciamento** sobre os itens de desempenho ambiental														
	Requisito Usuário	15.1	15.2	15.3	15.4	15.5	15.6	15.7	15.8	15.9	15.10	15.11			
Nº Orgão	Orgãos	Consumo Energético / Geração de Energia	Consumo de agua / Trat. e reuso de água servidas	Uso de Matérias-Primas	Gerenciamento de Resíduos Sólidos	Emissão de Poluentes (ar)	Qualidade do Ar Interior	Alteração do Habitat	Resíduos Líquidos (Efluentes)	Ruído e Vibrações	Uso Transporte	Aspectos bioclimaticos	Totais	%	Classificação
1	Terrapleno				1			1			1		3	3,6	4
2	Fundação	1		1	1						1		4	4,8	3
3	Estrutura	1		1		1				1	1		5	6,0	2
4	Cobertura														
5	Vedos														
6	Pavimentos			1		1	1						3	3,6	4
7	Vãos	1					1			1		1	4	4,8	3
8	Paramentos														
9	Equipamentos Eletro-mecânicos	1		1		1							3	3,6	4
10	Equipamentos Hidro-Sanitários		1						1				2	2,4	5
Global	Empreendimento global	6	6	6	8	7	5	5	4	3	6	3	59	71,1	1
Totais		10	7	10	10	10	7	6	5	5	9	4	83		
(%) porcentagem		12,0	8,4	12,0	12,0	12,0	8,4	7,2	6,0	6,0	10,8	4,8			
Classificação		1	3	1	1	1	3	4	5	5	2	6			

gerenciamento encontram-se na tabela T.6.14.

Com base nas Tabelas – T.6.11 e T.6.14. conclui-se que:

Gerenciamento: com suas deficiências, responde por **38,4%** (1.º lugar) das patologias ambientais construtivas sobre o edifício e seus 10 órgãos;
participa com suas patologias ambientais junto aos órgãos deste edifício em **83** vezes;
suas patologias construtivas refletem no desempenho ambiental dos órgãos deste edifício, destacando-se hierarquicamente os mais críticos:
global (71,1%) *estrutura (6,0%)* *vãos(4,8%)* *fundação (4,8%)*
somatória dos órgãos mais críticos *(86,7%)*

Os itens de desempenho ambiental – requisitos dos usuários que mais reflexos receberam das patologias ambientais construtivas do projeto sobre os órgãos deste edifício são:
(15.4) Resíduos sólidos (12,0%) *(15.3) uso de matérias primas (12,0%)*
(15.1) consumo energético (12,0%) *(15.10) uso de transporte (10,8%)*
(15.5) emissão de poluentes (12,0%)
somatória dos itens mais críticos *(58,8%)*

Os órgãos e os itens do desempenho citados são os mais críticos, pois representam respectivamente 86,7% e 58,8% dos seus totais.

6.3. Hierarquização dos reflexos das patologias originadas pelos **materiais** sobre o edifício e seus órgãos, relacionadas com os itens do desempenho ambiental.

Os órgãos deste edifício e os itens do desempenho que mais sofreram reflexos das patologias ambientais construtivas originadas pelos **materiais** encontram-se na tabela T.6.15.

Tabela 6.15		USP Leste - Escola de Artes, Ciências e Humanidades - Edifício I1 Quantitativos dos reflexos das patologias ambientais construtivas, originadas pelos **materiais** sobre os itens de desempenho ambiental													
	Requisito Usuário	15.1	15.2	15.3	15.4	15.5	15.6	15.7	15.8	15.9	15.10	15.11			
Nº Orgão	Orgãos	Consumo Energético / Geração de Energia	Consumo de água / Trat. e reuso de água servidas	Uso de Matérias-Primas	Gerenciamento de Resíduos Sólidos	Emissão de Poluentes (ar)	Qualidade do Ar Interior	Alteração do Habitat	Resíduos Líquidos (Efluentes)	Ruído e Vibrações	Uso Transporte	Aspectos bioclimaticos	Totais	%	Classificação
1	Terrapleno														
2	Fundação	1		1	1						1		4	12,5	3
3	Estrutura	1		1		1				1	1		5	15,6	2
4	Cobertura														
5	Vedos														
6	Pavimentos			1		1	1						3	9,4	4
7	Vãos														
8	Paramentos														
9	Equipamentos Eletro-mecânicos														
10	Equipamentos Hidro-Sanitários														
Global	Empreendimento global	3	3	3	2	3	1	1	1		3		20	62,5	1
Totais		5	3	6	3	5	2	1	1	1	5		32		
(%) porcentagem		15,6	9,4	18,8	9,4	15,6	6,3	3,1	3,1	3,1	15,6				
Classificação		2	3	1	3	2	4	5	5	5	2				

Com base nas Tabelas – T.6.11 e T.6.15. conclui-se que:

Materiais: com suas deficiências, respondem por 14,8% (4.º lugar) das patologias ambientais construtivas sobre o edifício e seus 10 órgãos;
participa com suas patologias ambientais junto aos órgãos deste edifício em 32 vezes;
Suas patologias construtivas refletem no desempenho ambiental dos órgãos deste edifício, destacando-se hierarquicamente os mais críticos:
global (62,5%) *estrutura (15,6%)*
somatória dos órgãos mais críticos (78,1%)

Os itens de desempenho ambiental – requisitos dos usuários que mais reflexos receberam das patologias ambientais construtivas do projeto sobre os órgãos deste edifício são:
(15.3) uso de matérias primas (18,8%) *(15.10) uso de transporte (15,6%)*
(15.1) consumo energético (15,6%) *(15.2) consumo de água (9,4%)*
(15.5) emissão de poluentes (15,6%)
somatória dos itens mais críticos (75%)

Os órgãos e os itens do desempenho citados são os mais críticos, pois representam respectivamente 78,1% e 75% dos seus totais.

6.6. – Porcentagem das médias finais – Hierarquização e participação das (Pac) com suas origens sobre o edifício e seus órgãos e reflexos nos itens do desempenho ambiental.

Tabela 6.16		USP Leste - Escola de Artes, Ciências e Humanidades - Edifício I1										
		Porcentagem das Médias Finais – Hierarquização e participação das Pac com suas origens sobre o edifício e seus órgãos e reflexos nos itens do desempenho										
		Projeto		Obra		Gerenciam.		Material		Totais		
Nº Orgão		%	hie	Nº Pat	%	Nº Pat	%	Nº Pat	%	%	M.	Class
1	Terrapleno	1,6	6	10,3	3,0	3,6	4,0			15,5	3,9	5
2	Fundação	6,5	3			4,8	3,0	12,5	3,0	23,8	5,9	3
3	Estrutura	8,1	2	12,8	2,0	6,0	2,0	15,6	2,0	42,5	10,6	2
4	Cobertura											
5	Vedos											
6	Pavimentos	4,8	4			3,6	4,0	9,4	4,0	17,8	4,5	4
7	Vãos	6,5	3			4,8	3,0			11,3	2,8	5
8	Paramentos											
9	Equipamentos Eletro-mecânicos	4,8	4			3,6	4,0			8,5	2,1	6
10	Equipamentos Hidro-Sanitários	3,2	5			2,4	5,0			5,6	1,4	7
Global	Empreendimento global	64,5	1	76,9	1,0	71,1	1,0	62,5	1,0	275	68,8	1
Referencias		T.6.12		T.6.13		T.6.14		T.6.15		100,0		

Com base nos dados da Tabela T.6.16., hierarquiza-se abaixo, a participação das patologias ambientais construtivas originadas pelo projeto, execução da obra, gerenciamento e materiais e os reflexos das mesmas sobre os itens do desempenho ambiental – requisitos dos usuários sobre o edifício e seus os 10 órgãos, conforme segue:

**(1º) global (68,8%)* *(5º) terrapleno (3,9%)*

**(2º) estrutura (10,6%)* *(6º) vãos (2,8%)*

**(3º) fundação(5,9%)* *(7º) Equipamentos Eletro-mecânicos (2,1%)*

(4º) pavimentos(4,5%) *(8º) Equipamentos Hidro-sanitários (1,4%)*

**somatória dos órgãos mais críticos (85,3%)*

Os órgãos assinalados com (*) representam 85,3% do total, portanto a maioria, caracterizando-se como aqueles que sofreram maior número de reflexos nos itens do desempenho pela ação das patologias construtivas deste edifício.

CONSIDERAÇÕES

A metodologia para avaliação do desempenho técnico – construtivo em função das patologias construtivas (Pc) existentes nos órgãos do edifício identifica patologias físicas no edifício, relacionando-as com suas origens e reflexos.

A adaptação da metodologia de referência à avaliação de desempenho ambiental construtivo apresenta diferenças quanto à forma de identificação das patologias ambientais, pois estas não são sempre e vinculadas aos orgãos do edifício, podendo ser identificáveis no edifício de maneira global , no projeto ou ainda nos processos construtivos.

Os resultados apresentados refletem esta diferença, levantando patologias globais, além das vinculadas aos orgãos do edifício.