

**UNIVERSIDADE DE SANTA CRUZ DO SUL – UNISC  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO – MESTRADO EM TECNOLOGIA AMBIENTAL**

**GESTÃO DA SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL: PROPOSTA DE  
APLICAÇÃO DA F.A.D.A.: FERRAMENTA DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO  
AMBIENTAL**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**Ana Luiza Enders Nunes Vieira**

**Santa Cruz do Sul - RS, Brasil.**

**2009**

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

UNIVERSIDADE DE SANTA CRUZ DO SUL – UNISC  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO – MESTRADO EM TECNOLOGIA AMBIENTAL

**GESTÃO DA SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL: PROPOSTA DE  
APLICAÇÃO DA F.A.D.A.: FERRAMENTA DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO  
AMBIENTAL**

ELABORADO POR  
Ana Luiza Enders Nunes Vieira

**Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado  
do Programa de Pós Graduação em Tecnologia  
Ambiental da Universidade de Santa Cruz do Sul  
como requisito parcial para obtenção do  
Título de Mestre em Tecnologia Ambiental.**

Santa Cruz do Sul - RS, Brasil.  
2009

UNIVERSIDADE DE SANTA CRUZ DO SUL – UNISC  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO – MESTRADO EM TECNOLOGIA AMBIENTAL

**GESTÃO DA SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL: PROPOSTA DE  
APLICAÇÃO DA F.A.D.A.: FERRAMENTA DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO  
AMBIENTAL**

ELABORADO POR  
Ana Luiza Enders Nunes Vieira

**COMISSÃO DA BANCA:**

Dr<sup>a</sup>. Adriane Lawisch Rodríguez  
Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC  
Orientadora

Dr. Jorge André Ribas Moraes  
Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC  
Co-orientador

Dr. Enio Leandro Machado  
Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC

Dr<sup>a</sup>. Lizandra Lupi Vergara  
Universidade Federal de Santa Maria - UFSM

Santa Cruz do Sul - RS, Brasil.  
2009

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha avó Luiza (em memória),  
que me ensinou a ler e a escrever.

## **AGRADECIMENTOS**

Aos professores, funcionários e colegas da UNISC, onde fui muito bem recebida.

Aos professores Adriane Lawisch Rodríguez, Jorge André Ribas Moraes e Ênio Leandro Machado, pela orientação valiosa e competente, e também pela paciência e dedicação.

À Universidade Federal de Alagoas e ao CESMAC, onde tive a oportunidade de conhecer professores admiráveis.

Ao Alexandre Machado e Maurício Cacho, que me abriram as portas do mercado de trabalho e não hesitaram em compartilhar sua experiência profissional.

Aos amigos de Maceió, pela companhia dos anos passados e em especial à Karina Peixoto Braga e José Tenório Raposo Neto, pelo apoio prestado, mesmo à distância.

Aos amigos que fiz no Sul, que tornam mais amenos aqueles dias em que as saudades apertam meu peito, e que hoje são a minha família.

Aos animais, que costumo observar incansavelmente; são exemplos inspiradores de relação harmoniosa com seu habitat.

À Ro, pela doçura da convivência diária.

Aos meus pais, Fred e Elisabeth, pelo amor incondicional e pelo incentivo à continuidade dos meus estudos.

A Deus, que insiste em colocar no meu caminho pessoas e oportunidades tão especiais.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
<b>1.1</b>	<b>Objetivos</b> .....	<b>15</b>
<b>1.2</b>	<b>Limitações</b> .....	<b>15</b>
<b>1.3</b>	<b>Estrutura da Pesquisa</b> .....	<b>16</b>
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>17</b>
<b>2.1</b>	<b>Sustentabilidade ambiental na construção civil</b> .....	<b>17</b>
2.1.1	Planejamento sustentável.....	19
2.1.2	Aproveitamento passivo dos recursos naturais .....	21
2.1.3	Eficiência energética .....	22
2.1.4	Gestão e economia da água .....	24
2.1.5	Gestão dos resíduos na edificação .....	27
2.1.6	Qualidade do ar e do ambiente interior .....	29
2.1.7	Conforto termo-acústico .....	30
2.1.8	Uso racional de materiais .....	31
2.1.9	Uso de produtos e tecnologias ambientalmente amigáveis .....	32
<b>2.2</b>	<b>Sistemas de gestão, avaliação e certificação ambiental para a construção civil</b> .....	<b>34</b>
<b>2.3</b>	<b>O Método G.A.I.A.</b> .....	<b>37</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>43</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	<b>47</b>
<b>4.1</b>	<b>Avaliação do objeto de estudo</b> .....	<b>47</b>

4.1.1	Características de sustentabilidade .....	47
4.1.2	Características de insustentabilidade.....	56
<b>4.2</b>	<b>Apresentação da ferramenta de avaliação F.A.D.A. ....</b>	<b>61</b>
<b>4.3</b>	<b>Aplicação da ferramenta proposta .....</b>	<b>62</b>
<b>4.4</b>	<b>Discussão dos resultados .....</b>	<b>68</b>
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>70</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>72</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>78</b>
	<b>APÊNDICES.....</b>	<b>84</b>



## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Exemplos de métodos de avaliação existentes, origem e características .....	35/36
Quadro 2: Quadro referencial para a classificação da sustentabilidade do negócio .....	38
Quadro 3: Planilha de Identificação e Priorização de Aspectos e Impactos Ambientais .....	41
Quadro 4: Escala de Valores para Priorização de Impactos .....	41
Quadro 5: Modelo de Plano de Ação para Melhoria do Desempenho Ambiental .....	42
Quadro 6: Exemplos de questões da Lista de Verificação da Sustentabilidade na Habitação (F.A.D.A.).....	61
Quadro 7: Exemplo de Mapeamento do Macro-Fluxo do processo de construção .....	64
Quadro 8: Parte da Planilha de Identificação e Priorização de Aspectos e Impactos .....	65
Quadro 9: Plano de Ação do tipo 5W2H para Melhoria do Desempenho Ambiental da edificação avaliada .....	66
Quadro 10: Valor do Custo Unitário Básico da Construção Civil no Estado do Rio Grande do Sul para o mês de maio de 2009 .....	68

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Cadeia de Produção e Consumo de um produto genérico .....	39
Figura 2: Estudo de Entradas e Saídas de um Processo Industrial .....	40
Figura 3: Mapa de situação da residência no município .....	44
Figura 4: Planta Baixa da residência .....	45
Figura 5: Fachada frontal da residência .....	45
Figura 6: Incidência solar na residência .....	48
Figura 7: Janelas venezianas nos quartos .....	49
Figura 8: Incidência solar na sala no período de inverno .....	50
Figura 09: Fogão à lenha .....	51
Figura 10: Trabalho manual de escavação das fundações .....	52
Figura 11: Início das alvenarias .....	52
Figura 12: Tubulação para água quente .....	53
Figura 13: Descarga seletiva para economia de água .....	53
Figura 14: Calha central para captação de águas pluviais .....	54
Figura 15: Tijolos e janelas reaproveitados .....	55
Figura 16: Fachada lateral oeste no período da manhã .....	57
Figura 17: Quantidade de entulho gerada .....	59
Figura 18: Funcionários sem equipamento de proteção individual .....	60
Figura 19: Mapeamento da Cadeia de Produção e Consumo de um produto da construção civil .....	63
Figura 20: Estudo de entradas e saídas do processo construtivo da residência avaliada .....	64

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

BREEAM – Building Research Establishment Environmental Assessment Method

CASBEE – Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency

CEBDS – Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável

CNTL – Centro Nacional de Tecnologias Limpas

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

CTCS – Câmara Temática de Construção Sustentável

CSTB – Centre Scientifique et Technique du Bâtiment

EPA – United States Environmental Protection Agency

EPI – Equipamento de Proteção Individual

FEPAM – Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler – RS

GEA – Global Environmental Alliance for Construction

GBC – Green Building Challenge

GBTool – Green Building Tool

HQE – Association Haute Qualité Environnementale

IDHEA – Instituto para o Desenvolvimento da Habitação Ecológica

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas

JSBC – Japan Sustainable Building Consortium

LEED – Leadership in Energy and Environmental Design

PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia

Rio'92 – 2ª Conferência Mundial para o Desenvolvimento e Meio Ambiente

R.N.N.R. – Recursos Naturais Não Renováveis

R.O. – Risco Ocupacional

USGBC – United States Green Building Council

WBCSD – World Business Council for Sustainable Development

## RESUMO

A cadeia produtiva da construção civil abrange atividades de significativo impacto ambiental pelo alto consumo de matérias-primas, uso de recursos naturais de fontes não renováveis e grande geração de resíduos. Consumidores cada vez mais conscientes do seu papel na preservação do meio ambiente passam a cobrar dos construtores uma postura mais responsável, abrindo espaço para um novo produto: as habitações usualmente conhecidas como “casas ecológicas”, que tem como prioridade em seu processo produtivo a adoção de boas práticas ambientais, como o *ecodesign*. Essa pesquisa justifica-se assim pela necessidade de desenvolvimento de ferramentas para auxiliar a gestão ambiental de construções residenciais unifamiliares no Brasil. Como resultado, obteve-se a Ferramenta de Avaliação de Desempenho Ambiental (F.A.D.A.) e o exemplo de sua aplicação numa residência que apontou um índice de sustentabilidade de 62,50%, o que corresponde a um nível ADEQUADO. A ferramenta proposta, juntamente ao exemplo de sua aplicação, pode auxiliar a implantação de sistemas de gestão ambiental em obras de mesmo porte.

Palavras-chave: Gestão Ambiental; Construção Civil; Avaliação; Sustentabilidade.

## **ABSTRACT**

The productive chain of the civil construction encloses activities of significant environmental impact caused by the high consumption of raw materials, use of not renewable natural resources and large generation of residues. Consumers, each time more conscious of their paper in the preservation of the environment, start to require the constructors a more responsible position, opening space for a new product: the habitations usually known as “ecological houses”, which has as priority in its productive process the adoption of good environmental practices, like ecodesign. This research is justified thus by the necessity of development of tools for the environmental management of the single family residential constructions. As a result, the proposal of an evaluation tool of environmental performance and an example of application to a residence that pointed a sustainability index of 62,50%, corresponding to an ADJUSTED level. The proposed tool and the application example can be used to assist in the implantation of environmental management systems in the same kind of buildings.

Key-words: Environmental Management; Civil Construction; Evaluation; Sustainability.

# 1 INTRODUÇÃO

Em estudo prospectivo realizado pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para o horizonte de 2003-2013, o setor do “*construbusiness*”<sup>1</sup> brasileiro representava cerca de 15,6% do PIB (Produto Interno Bruto) do país em 2001, desempenhando um relevante papel social na geração de empregos e no combate ao déficit habitacional.

Apesar de sua importância econômica, as atividades desenvolvidas pela indústria da construção civil causam diversos impactos ao meio ambiente, não só pelo consumo de recursos naturais não renováveis e de energia, mas também pela grande geração de resíduos e emissão de poluentes.

Segundo o Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável (CEBDS), os números representam o principal argumento para uma revisão profunda em relação aos conceitos e às práticas da construção civil. O setor responde, no mundo, por 40% da energia consumida e por 35% das emissões de carbono, de acordo com pesquisa técnica do *World Business Council for Sustainable Development* (WBCSD). A magnitude desse impacto na vida do planeta explica o crescente empenho dos profissionais na concepção de projetos de construção de prédios auto-sustentáveis. Atividade econômica preponderante para a dimensão social, a construção civil pode também atender a demanda ambiental, deixando de ser uma das principais fontes de emissão de gás carbônico ou de produção de rejeitos danosos para se transformar em referência na geração de energia limpa e na área de reciclagem. Tecnicamente, a transformação é possível e viável.

---

<sup>1</sup> O “*Construbusiness*” compreende o setor de construção, o de materiais de construção e o de serviços acoplados à construção.

Porém, a indústria da construção civil evolui de forma mais lenta quando comparada a outros ramos industriais, inclusive na corrida pela busca do desenvolvimento sustentável. Em parte isso ocorre porque nos demais ramos industriais a produção em série viabiliza a criação de protótipos para a realização de uma série de testes e correções que vão assegurar a qualidade do produto, enquanto na indústria da construção civil o protótipo é o produto final.

O mercado atual exige ótima qualidade dos produtos e exerce enorme pressão pela redução dos preços, levando as empresas construtoras a repensar suas formas de construção, rever suas estruturas gerenciais e se conscientizar da necessidade de mudar conceitos. Fica evidente a necessidade de o setor evoluir como um todo, desde o canteiro de obras até os escritórios que abrigam o setor administrativo, gerencial e a diretoria das empresas construtoras. A melhoria contínua proveniente dessa nova preocupação deve voltar sua criatividade para buscar soluções eficazes, procurando desenvolver sistemas construtivos econômicos, produtivos e menos impactantes (BAUMHARDT, 2002).

Para auxiliar a transição de processos construtivos tradicionais para processos menos impactantes foram criadas as ferramentas de gestão ambiental, que hoje são essenciais para a busca da sustentabilidade e da redução de custos.

No Brasil, a busca por construções com melhor desempenho ambiental é crescente. No entanto, os principais sistemas de avaliação e de certificação existentes são adaptados de sistemas originários de países desenvolvidos e nem sempre são adequados às condições nacionais. Além disso, têm enfoque em empreendimentos que possuem uma estrutura consolidada para a implantação de sistemas de gestão ambiental, ou seja: são praticados predominantemente por empresas construtoras de edifícios.

Silva (2003) - embora tratando sobre edifícios de escritórios - afirma que: (a) “a indústria da construção - particularmente a construção, operação e demolição de edifícios - representa a atividade humana com maior impacto sobre o meio ambiente”; (b) “é fundamental desenvolver um método (de avaliação ambiental de

edifícios) à luz das prioridades, condições e limitações brasileiras”; (c) o desafio é “ampliar o escopo para realizar avaliações da sustentabilidade da produção e uso de edifícios”.

Assim, a importância da pesquisa justifica-se por ser uma proposta para suprir a carência de uma ferramenta de avaliação de desempenho ambiental, que auxilie a implantação de sistemas de gestão ambiental na construção e utilização de residências unifamiliares.

## **1.1 Objetivos**

O presente trabalho tem como objetivo principal propor uma ferramenta de avaliação de desempenho ambiental na construção civil aplicável a residências unifamiliares, e como objetivos específicos:

- Pesquisar diretrizes, através de referencial teórico, para incorporar conceitos de sustentabilidade nos projetos de arquitetura;
- Avaliar a aplicabilidade da ferramenta proposta, através de um estudo de caso;
- Sensibilizar os agentes envolvidos no processo construtivo – arquitetos, engenheiros, proprietários, construtores, operários – a compreender os benefícios decorrentes da busca da sustentabilidade na construção civil.

## **1.2 Limitações**

A bibliografia consultada sobre o tema proposto é abundante na proposição de diretrizes para construir de forma sustentável. No entanto, a variável econômica não foi aprofundada, apesar de constituir um fator relevante para a análise de



viabilidade de implantação das diretrizes propostas. Isso demandaria estudos mais aproximados na área.

Vale ressaltar também que a ferramenta de avaliação proposta não tem a pretensão de gerar nenhum certificado de qualidade ambiental para fins comerciais.

### **1.3 Estrutura e apresentação da pesquisa**

A dissertação está estruturada em cinco capítulos, conforme conteúdo descrito a seguir:

O capítulo 1 apresenta o tema proposto, a justificativa, os objetivos gerais e específicos, as limitações da pesquisa e a estrutura do trabalho.

O capítulo 2 contém a fundamentação teórica necessária à compreensão de conceitos e reúne diretrizes para incorporar conceitos de sustentabilidade nos projetos de arquitetura. Também relaciona alguns dos principais sistemas de gestão, avaliação e certificação ambiental existentes, incluindo aquele que deu origem à ferramenta proposta na presente pesquisa.

O capítulo 3 contém a descrição da metodologia adotada para a realização da pesquisa e para a formulação da ferramenta proposta.

O capítulo 4 apresenta a ferramenta de avaliação de desempenho ambiental proposta aplicada ao estudo de caso, bem como a discussão dos resultados obtidos.

Por fim, o capítulo 5 traz as conclusões sobre a pesquisa, abordando, inclusive, as dificuldades encontradas para a realização do trabalho.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1 Sustentabilidade Ambiental na Construção Civil**

O termo sustentabilidade foi criado por Lester Brown, na década de 80, ao se referir as comunidades que satisfazem suas necessidades sem comprometer as das gerações futuras (CAPRA, 2003).

Segundo o Instituto para o Desenvolvimento da Habitação Ecológica (IDHEA, 2008), o debate mundial sobre a necessidade de construções com menor impacto sobre o meio ambiente começou após a 1ª Crise do Petróleo, em 1973, quando os países exportadores de petróleo subiram abruptamente o preço de seus produtos, forçando o Ocidente a encontrar opções para seu abastecimento. No Brasil, apenas após a Rio' 92, e a criação da Agenda 21 foram dados passos definitivos para a busca da sustentabilidade no setor da construção civil, por meio da incorporação do conceito de ecologia em seus processos.

Para Nóbile (2003), a consciência atual de que os recursos naturais são limitados, bem como os sérios problemas ambientais que o mundo está passando, apontam para a necessidade de que o setor habitacional, caracterizado pela sua alta capilaridade em todo o território brasileiro, possa ser um instrumento dissipador de mecanismos e condutas que permita a construção do habitat humano com menor impacto ambiental, mais integrado à natureza e com maior responsabilidade social.

Assim, um novo desafio foi recentemente colocado ao engenheiro: o de utilizar tecnologias disponíveis e desenvolver outras novas, compatibilizando-as com a minimização dos impactos negativos ao meio ambiente. É conveniente lembrar, conforme nos ensinam as leis da física, que não se pode ganhar sempre, em todos os aspectos. Se quisermos aumentar nosso nível de conforto, mediante maior disponibilidade de bens de consumo, energia, lazer etc., é irreal pensar que

nenhum impacto negativo ou poluição sejam gerados, por melhor que seja a tecnologia utilizada (BRAGA *et. al.*, 2002).

Uma habitação geralmente requer o desmatamento e alterações de terreno, modificando a paisagem local e causando alterações ambientais também na região de entorno. Requer, ainda, diversos materiais e componentes construtivos, consome energia, gera poeira, resíduos (principalmente entulhos) e ruídos durante as obras e, na fase de ocupação, passa a gerar novos e constantes resíduos (como esgoto e lixo). Além disso, utiliza água tratada e energia elétrica para os mais diversos fins, seja para a iluminação artificial, seja para os eletro-eletrônicos hoje incorporados ao cotidiano, incluindo-se aí alguns destinados a suprir deficiências da própria concepção da habitação no que diz respeito a seu desempenho térmico, como os condicionadores de ar (NÓBILE, 2003). Ainda segundo o mesmo autor, buscar sustentabilidade ambiental na construção é tratar de "encontrar o ponto de equilíbrio entre objetivos conflitantes quando analisados globalmente, ou seja, de compatibilizar o aumento do conforto individual e a conservação ambiental".

Silva (2003), também destaca a importância do equilíbrio, quando afirma que construir de forma sustentável "não implica em priorizar uma dimensão em detrimento das demais, nem demanda uma solução perfeita, e sim a busca do equilíbrio entre a viabilidade econômica que mantêm as atividades e negócios; as limitações do ambiente; e as necessidades da sociedade".

Também não há um modelo a seguir para que uma obra seja considerada sustentável, mesmo porque cada usuário possui necessidades particulares que compõem programas arquitetônicos diferentes. De acordo com o IDHEA (2008), o importante é "a avaliação do local de sua implantação e o planejamento de todas as intervenções, de forma a agredir ao mínimo o meio ambiente antes, durante e depois da construção" e estabelece nove passos a seguir para que uma obra seja considerada sustentável, que estão apresentados da seguinte forma: primeiro,

com a conceituação e/ou objetivos definidos pelo próprio Instituto, e, logo em seguida, comentados com auxílio de bibliografia complementar.

### 2.1.1. Planejamento sustentável

Planejamento Sustentável é a mais importante etapa da obra. A partir dele serão decididas as intervenções que poderão integrar a obra ao meio ambiente ou resultar em danos em curto, médio e longo prazo. Pontos trabalhados: Análise da obra, do local e das informações pertinentes; Aplicação da Análise de Ciclo de Vida para determinação das diretrizes de projeto e escolha de materiais e tecnologias; Estudos de solo; Recomendações de projeto e intervenções; Recomendação de materiais e tecnologias; Projeto de arquitetura e paisagismo sustentável; Planejamento geral e sustentável; Estudos de consumo de materiais e energia da edificação; Planejamento da logística de materiais e recursos em geral (IDHEA, 2008).

Nesta etapa a coleta de informações referentes ao entorno e à área na qual o empreendimento será implantado é a tarefa mais relevante e deve ser priorizada pelo arquiteto. Partirão destes dados as especificações globais do produto edifício. Assim, a região deverá ser investigada além das exigências e regulamentações atuantes naquela localidade, devendo ser contempladas a existência de mananciais e lençóis subterrâneos, o papel da vegetação local, as características da fauna e flora, bem como da comunidade presente (DEGANI, 2002).

Ainda para Degani (2003) são inúmeros os benefícios que o enfoque na sustentabilidade traz ao meio ambiente a partir do momento que os projetistas adotam uma postura preventiva durante as decisões de projeto, desde as especificações de materiais a serem empregados, até a qualidade de ar interno na fase de utilização dos empreendimentos e a saúde dos ocupantes, passando inclusive pela influência da localização do empreendimento e caracterização dos sistemas de iluminação, condicionamento de ar e aquecimento da água. Não

somente o projeto arquitetônico, mas também os de engenharia têm seu papel a desempenhar.

Um projeto que incorpora conceitos de sustentabilidade deve considerar também a importância da acessibilidade para pessoas com dificuldade de locomoção, que se enquadra numa categoria não explícita no presente tema: o conforto ergonômico.

Se a busca da sustentabilidade em projeto é a idealização do produto tendo como foco principal a minimização de impactos ambientais durante todo o seu ciclo de vida, é relevante destacar a importância do *eco-design*, que segundo Barros (2004) promove a utilização de materiais alternativos e planeja o desenvolvimento, a produção, o uso e o descarte, procurando reduzir o impacto causado (...) sobre o meio ambiente. Os princípios básicos são:

- Escolha de materiais de baixo impacto ambiental: menos poluentes, não-tóxicos ou de produção sustentável ou reciclados, ou que requerem menos energia na fabricação;
- Eficiência energética: utilizar processos de fabricação com menos energia;
- Qualidade e durabilidade: produzir produtos que durem mais tempo e funcionem melhor a fim de gerar menos lixo;
- Modularidade: criar objetos cujas peças possam ser trocadas em caso de defeito, pois assim não é todo o produto que é substituído, o que também gera menos lixo;
- Reutilização/Reaproveitamento: Propor objetos feitos a partir da reutilização ou reaproveitamento de outros objetos, projetar o objeto para sobreviver seu ciclo de vida, criar ciclos fechados.

Assim, *ecobuilding*, *sustainable building*, *eco-design*, *ecoarchitecture*, *green building*, *environmental building* e termos afins fazem parte da linguagem internacional para expressar as iniciativas que visam melhorar as relações entre o ambiente e a construção civil (FURTADO, 199- apud NÓBILE, 2003).

### 2.1.2. Aproveitamento passivo dos recursos naturais

Aproveitar os recursos naturais que atuam diretamente sobre a obra - como: sol, vento, vegetação - para obter iluminação, conforto termo-acústico e climatização natural (IDHEA, 2008).

Fundamentalmente, consiste em aplicar os conhecimentos relativos à Arquitetura Bioclimática, aquela que busca utilizar, por meio de seus próprios elementos, as condições favoráveis do clima com o objetivo de satisfazer as exigências de conforto térmico do homem (LAMBERTS *et. al.*, 1997 *apud* CUNHA *et. al.*, 2002).

Segundo Souza (2009), a Arquitetura Bioclimática busca a harmonização das construções ao clima e às características locais, manipulando o desenho e elementos arquitetônicos a fim de aperfeiçoar as relações entre homem e natureza, tanto no que diz respeito à redução de impactos ambientais quanto à melhoria das condições de vida humana, conforto e racionalização do consumo energético. Ainda segundo Souza, um exemplo de projeto que utiliza conceitos de arquitetura bioclimática para alcançar a sustentabilidade é a Ecohouse Urca, que possui aquecimento solar de água, aproveitamento da luminosidade natural e uso mais racional da iluminação artificial, além da ventilação natural e proteção térmica das fachadas e telhados.

Estudar a melhor forma de implantação da edificação de acordo com a orientação do terreno e com o clima predominante no local, buscar um correto dimensionamento e posicionamento das aberturas para uma melhor captação da ventilação e da luminosidade, empregar elementos como brises, pérgulas, beirais e elementos vazados para controlar a incidência solar e utilizar a vegetação para amenizar o barulho e a poeira, são apenas alguns exemplos de como aproveitar esses recursos.

Os Códigos de Obras e Edificações brasileiros estabelecem diretrizes que contribuem para a promoção da sustentabilidade das edificações e,

consequentemente, da sustentabilidade urbana, como por exemplo, o estabelecimento de um índice máximo de ocupação do solo, que pode variar de acordo com a finalidade da construção e o local de implantação. No caso de empreendimentos de grande porte (como condomínios, loteamentos), esse índice garante a reserva de áreas destinadas ao uso coletivo (implantação de parques, sistema viário e equipamentos de infra-estrutura). No caso das habitações, visa reservar áreas não edificadas para garantir a ventilação e iluminação natural do próprio edifício e dos edifícios vizinhos e também para permitir que a água das chuvas continue sendo absorvida pelo solo, contribuindo para o equilíbrio térmico local.

Porém, infelizmente, o que se observa é ignorância dos reais motivos que deram origem à legislação e o seu conseqüente desrespeito. Cada vez mais os jardins cedem espaço aos terraços pavimentados, sob a justificativa da facilidade de manutenção e limpeza. Assim, “as chuvas, sendo evacuadas rapidamente para o sistema de esgoto, pelo excesso de solo impermeável, não tem tempo de refrescar o solo e o ar, salvo perto dos parques e jardins. Bairros inteiros passam a sofrer com o calor no verão e na meia-estação. Estes bairros, mais quentes, acabam atraindo as massas de ar, e como estas estão carregadas de partículas poluentes, tornam-se bairros quentes e poluídos” (BARROSO-KRAUSE et. al., 2005).

### 2.1.3. Eficiência energética

Conservação e economia de energia; geração da própria energia consumida por fontes renováveis; controle de emissões eletromagnéticas; controle do calor gerado no ambiente construído e no entorno (IDHEA, 2008).

Segundo Barroso-Krause et. al. (2005), a arquitetura do século XX se caracterizará talvez (ao menos do ponto de vista histórico) por ter dado exagerada importância à tecnologia, a exclusão de qualquer outro valor. De lá esta

dependência atual em relação ao controle mecânico do ambiente interior, em detrimento da exploração dos fenômenos climáticos naturais para a satisfação de nossas exigências de conforto.

Novamente, pode-se observar que o uso de estratégias bioclimáticas garante maior eficiência energética ao edifício, uma vez que se apropria de recursos naturais locais para proporcionar conforto ao usuário. No entanto, um projeto bem concebido nem sempre é o bastante para obter o nível de conforto desejado. Para complementar esse conforto (ou mesmo para suprir deficiências de projeto) são utilizados dispositivos que têm associado um impacto negativo ao meio ambiente.

Buscando minimizar esses impactos, foram desenvolvidos dispositivos econômicos como alternativa para substituir os convencionais. Seguem apenas alguns como exemplos:

- Eletrodomésticos mais eficientes (que possuam o selo PROCEL de economia de energia);
- Lâmpadas fluorescentes compactas em substituição às incandescentes comuns;
- Aquecimento de água através de coletores solares convencionais (placas de vidro e boiler) ou alternativos, alguns deles fabricados através do reaproveitamento de materiais (PET, embalagens de leite recicladas, PVC, Polipropileno)

Este último utiliza uma fonte de energia limpa e renovável: o sol. Para Iwashita *et. al.* (2002) o uso de fontes de energias alternativas limpas como meio de tornar o edifício parcial ou totalmente sustentável é relevante, na medida em que a produção de energia além de tender a ficar cada vez mais cara, causa grandes danos ao meio ambiente, como a alta emissão de gás carbônico na atmosfera, no caso de fontes não renováveis.



O LABEEE (Laboratório de Eficiência Energética em Edificações) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) desenvolveu um projeto de uma residência unifamiliar eficiente. O projeto possui soluções integradas para eficiência energética e conforto térmico, incluindo tecnologias como geração de energia fotovoltaica, estratégias passivas de condicionamento de ar e aquecimento solar de água. A Casa Eficiente é uma referência nacional para a disseminação dos conceitos de eficiência energética, adequação climática e uso racional da água.

Em pesquisa divulgada recentemente pelo World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), as edificações consomem 38% da energia produzida globalmente. Com o uso de tecnologias sustentáveis, o consumo de energia elétrica dos edifícios poderá ser reduzido em 60% até 2050.

#### 2.1.4 Gestão e economia da água

Reduzir e controlar o consumo de água fornecido pela concessionária ou obtido junto a fontes naturais (poços, poços artesianos, nascentes, outros); não contaminar a água e corpos receptores; aproveitar as fontes disponíveis; tratar águas cinzas e negras e reaproveitá-las na edificação; reduzir necessidade de tratamento de efluentes pelo poder público; aproveitar parte da água pluvial disponível (IDHEA, 2008).

Segundo Sattler (2006) é necessário buscar soluções adequadas, dentro do contexto de uso racional da água, em diferentes tipos de edifícios com vocações distintas, criando soluções que contemplem tanto padrões de recuperação e utilização eficiente de recursos limitados como a funcionalidade e a aplicabilidade de processos sustentáveis, que não comprometam o bom desempenho das instalações e as necessidades de seus usuários.

Nesse contexto, alternativas como o aproveitamento das águas pluviais e o reuso das águas residuárias<sup>2</sup> - desde que adequadamente tratadas para atender a finalidade à qual se destinam - não devem ser descartadas.

Dispositivos para economia de água estão disponíveis no mercado, como reguladores de vazão, sistemas de descarga com opção de 3 ou 6 litros, sensores de presença e arejadores (telas que misturam o ar à água, produzindo efeito de jato forte).

Atualmente, vários municípios brasileiros já possuem Projetos de Lei que estabelecem a obrigatoriedade da instalação de hidrômetros individuais em novos condomínios. A medição individual possibilita maior facilidade na gestão do consumo, o que normalmente gera uma economia significativa.

A cidade de Curitiba aprovou em 2006 a lei nº 10.785, criando o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações, o PURAE. Ele cria a obrigatoriedade de que as novas construções sigam algumas especificações, como por exemplo, captar a água de chuva para ser reaproveitada na rega de jardins e hortas, lavagem de roupa, veículos e calçadas. Além disso, a água liberada por chuveiros e tanques deve ser encaminhada para abastecer vasos sanitários.

Porém, no Brasil, iniciativas como estas são recentes e, muitas vezes, ainda deficientes no estabelecimento das diretrizes. Um exemplo claro pode ser notado na comparação entre os Códigos de Obras dos Municípios de Maceió-AL e Santa Maria-RS.

No primeiro, o Artigo 305 estabelece que toda edificação no Município de Maceió deva obedecer às seguintes condições:

---

<sup>2</sup> As águas residuárias das edificações poderão ser separadas em águas cinzas (provenientes de pias, tanques, lavatórios e chuveiros) e águas negras (oriundas exclusivamente dos vasos sanitários).

I – ser ligada à rede de esgoto ou possuir sistema individual de esgotamento sanitário;

No entanto, não estabelece normas ou diretrizes para estes sistemas individuais de esgotamento sanitário.

Já o segundo, determina em seu Artigo 166 que, nas áreas onde não houver sistema de tratamento dos esgotos sanitários, deve ser apresentada solução para disposição final das águas servidas, que consiste em:

- a) Fossa séptica, filtro anaeróbio e sumidouro;
- b) Fossa séptica, filtro anaeróbio e ligação à rede de águas pluviais;
- c) Outros dispositivos aprovados e recomendados pelos órgãos competentes.

Sobre o destino das águas pluviais, o Código de Edificações de Santa Maria, em seu Artigo 168, determina que a prefeitura possa “exigir a construção de reservatório de detenção ou retenção para posterior reuso das águas pluviais ou para prevenir inundações”, em empreendimentos de grande porte, acima de 7.000 m<sup>2</sup> (sete mil metros quadrados) conforme análise feita pelo Fórum Técnico do Escritório da Cidade. No entanto, para os demais empreendimentos, os Códigos de ambos os municípios determinam apenas que as águas pluviais oriundas da cobertura da edificação não sejam lançadas diretamente sobre o passeio público.

É preciso lembrar que temas como abastecimento de água e saneamento estão diretamente relacionados ao uso e ocupação do solo. O excesso de impermeabilização do solo, causado pelas altas taxas de ocupação, tem influência direta em fenômenos como enchentes e secas: a chuva cai sobre solo impermeável, escoar rapidamente para a rede de esgoto e desemboca nos rios e represas, provocando aumento do volume dos mesmos. Por outro lado, a impermeabilização do solo também dificulta a absorção da água da chuva, prejudicando o reabastecimento do lençol freático e, conseqüentemente, o abastecimento de água.

### 2.1.5 Gestão dos resíduos na edificação

Criar área para disposição dos resíduos gerados pelos próprios moradores/usuários; reduzir geração de resíduos; reduzir emissão de resíduos orgânicos para processamento pelo Poder Público ou concessionárias; incentivar a reciclagem de resíduos secos ou úmidos (IDHEA, 2008).

A produção média de entulho no Brasil é estimada como sendo da ordem de 0,50 toneladas por habitante por ano, chegando a corresponder a 50% da massa dos resíduos sólidos urbanos, podendo atualmente apresentar valores superiores a essa estimativa (PINTO, 1999). Destes, aproximadamente 75% são produzidos por eventos informais, tais como: obras, reformas e demolições, todas estas realizadas pelos próprios usuários dos imóveis. (PINTO, 2005 *apud* PIOVEZAN, 2007).

É notável a negligência dos construtores, em especial nas obras de pequeno porte, com relação à destinação correta que deve ser dada aos resíduos. É comum encontrar resíduos dispostos em local inadequado, notadamente nas calçadas, causando grande transtorno aos pedestres e ameaçando a saúde pública.

De acordo com a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (nº 307, de 5 de julho de 2002) que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, os geradores devem ser responsáveis pelos resíduos das atividades de construção, reforma, reparos e demolições de estruturas e estradas, bem como por aqueles resultantes da remoção de vegetação e escavação de solos.

Segundo Rocha et. al. (2003), além da pressão exercida pelos órgãos de controle ambiental quanto a manuseio e destinação adequada dos resíduos gerados, os altos custos envolvendo a destinação final em aterros controlados e a pressão da população quanto à operação das atividades industriais em perímetros urbanos foram fatores decisivos para a busca da sustentabilidade no setor da

construção civil. Esses fatores, associados à consciência em relação aos problemas ambientais que o cercam, desencadeou a busca pelo desenvolvimento de materiais e processos construtivos que não causem danos ao homem e ao meio ambiente, além da valorização do que antes era conhecido apenas por entulho ou “bota-fora de obra”.

A reciclagem de resíduos pela indústria da construção civil vem se consolidando como uma prática importante para a sustentabilidade, seja atenuando o impacto ambiental gerado pelo setor ou reduzindo os custos. O processo de pesquisa e desenvolvimento de novos materiais reciclados precisa ser feito de forma cautelosa e criteriosa para garantir o sucesso destes produtos no mercado. Isto porque a reciclagem de resíduos, assim como qualquer atividade humana, também pode causar impactos ao meio ambiente. Variáveis como o tipo de resíduo, a tecnologia empregada, e a utilização proposta para o material reciclado, podem tornar o processo de reciclagem ainda mais impactante do que o próprio resíduo o era antes de ser reciclado. Dessa forma, o processo de reciclagem acarreta riscos ambientais que precisam ser adequadamente gerenciados (ÂNGULO et. al., 2001).

Na etapa de uso do empreendimento, é interessante a presença de sistemas de coleta de lixo eficientes que permitam a triagem feita pelo próprio usuário (DEGANI, 2002). A coleta seletiva e a reciclagem dos resíduos são processos que se tornaram indispensáveis à sociedade, principalmente nos grandes centros urbanos. Economicamente falando, a redução de custos é inquestionável, além da geração de empregos, pois na maior parte dos casos a coleta é realizada pelos catadores, organizados em cooperativas ou associações. Com relação ao meio ambiente, o uso de matéria prima reciclável diminui a extração de recursos naturais e contribui para o prolongamento da vida útil dos aterros sanitários (VAZ, 2009).

### 2.1.6 Qualidade do ar e do ambiente interior

Criar um ambiente interior e exterior à obra saudável a todos os seres vivos; identificar poluentes internos na edificação (água, ar, temperatura, umidade, materiais); evitar ou controlar sua entrada e atuação nociva sobre a saúde e bem-estar dos indivíduos (IDHEA, 2008).

Um edifício com condicionamento térmico dos ambientes provoca impactos no meio externo pelo elevado consumo de energia e pela geração de rejeitos térmicos e químicos e de ruído. As emissões químicas notadamente devido a vazamentos dos fluidos refrigerantes contribuem diretamente para a destruição da camada de ozônio. A emissão de gases como o dióxido de carbono, contribui para a contaminação do ar e o aquecimento global. Além disso, o ambiente interno também é afetado pela contaminação do ar no processo de recirculação, e pelo aumento do nível de ruído, contribuintes da chamada Síndrome dos Edifícios Doentes (VITTORINO *et. al.*, 2002).

Segundo a EPA (*United States Environmental Protection Agency*), o termo “*Sick Building Syndrome*” (SBS), é usado para descrever situações nas quais os ocupantes apresentam um estado de desconforto transitório, como náuseas, dores de cabeça (...) ao ocuparem certos ambientes. A causa dos sintomas não é conhecida, mas as pessoas afetadas relatam alívio logo após deixarem o edifício. Sua origem pode estar relacionada à manutenção inadequada dos condicionadores de ar, do sistema de ventilação, ou mesmo à temperatura, umidade e luminosidade inadequadas.

Os aparelhos de condicionamento térmico não são os únicos agentes capazes de provocar impactos diretos ao meio-ambiente e ao espaço interno de uma edificação. Ações isoladas não são capazes de tornar um ambiente saudável. Não se pode esquecer que alguns materiais de construção - como, por exemplo, as tintas à base de solventes - possuem compostos orgânicos voláteis, que, mesmo em concentrações admissíveis, podem diminuir o conforto olfativo do usuário.

### 2.1.7 Conforto termo-acústico

Promover sensação de bem-estar físico e psíquico quanto à temperatura e sonoridade, através de recursos naturais, elementos de projeto, elementos de vedação, paisagismo, climatização e dispositivos eletrônicos e artificiais de baixo impacto ambiental (IDHEA, 2008).

Este tema está diretamente relacionado com o uso de estratégias bioclimáticas. Para Roaf, *et. al.* (2006) fatores como o aproveitamento da ventilação natural e da energia solar passiva, assim como um projeto paisagístico eficiente e a escolha adequada dos materiais de construção, são capazes de proporcionar economia de energia e não só o aumento do conforto térmico do usuário, mas também do conforto olfativo, o que remete ao item 2.1.6.

Sobre o conforto acústico, os métodos de controle do nível de ruído dentro de um ambiente se dão através da dissipação da energia do som por materiais absorventes e também através do zoneamento de projeto, distanciando as áreas de descanso das áreas de maior atividade. Ainda segundo Roaf *et. al.* (2006) projetar uma casa silenciosa deveria estar perto do topo da lista de prioridades, no entanto, este ponto raramente é mencionado no programa de necessidades para uma casa sustentável. Os autores citam como exemplo a *Ecolonia de Apeldoorn*, na Holanda, onde foram construídas residências com diversas características de sustentabilidade, das quais a mais popular, surpreendentemente, é a casa mais silenciosa.

É inegável que o calor excessivo, os odores e ruídos presentes nos grandes centros urbanos provocaram mudanças nos hábitos dos usuários. Segundo Barroso-Krause *et. al.* (2005), as antigas regras de bem morar, dormir de janelas escancaradas, cercar-se de muros baixos, insinuantes de propriedade, se modificam: por medo, ruído ou chuva, não se permite a livre circulação de ar no interior das construções; os muros, cada vez mais altos e impenetráveis, afastam os ventos de todo o terreno. Construções “em paredão” (...) impedem também o acesso dos ventos locais aos quarteirões internos, impedem o acesso do sol às

ruas estreitas e aos andares mais baixos das edificações, prejudicando a qualidade do ar em climas úmidos.

#### 2.1.8 Uso racional de materiais

Racionalizar o uso de materiais de construção tradicionais e prevenir o uso de produtos cuja fabricação e uso acarretem problemas ao meio ambiente ou que são suspeitos de afetar a saúde humana (IDHEA, 2008).

Estima-se que a indústria da construção civil é responsável pelo consumo de 15% a 50% de todos os recursos extraídos da natureza. Essa quantidade coloca esse setor como o maior consumidor individual de recursos naturais. (JOHN, 2005 *apud* PIOVEZAN, 2007). Ainda segundo o mesmo autor, ela consome cerca de 66 % da madeira produzida, sendo que a maioria dos produtos não provém de florestas ambientalmente manejadas.

O grande consumo de matérias-primas está diretamente ligado ao grande desperdício de material que ocorre nos empreendimentos, a vida útil das estruturas construídas e devido às obras de reparos e adaptações das edificações existentes (ZORDAN, 1997 *apud* PIOVEZAN, 2007).

Segundo Rocha *et. al.* (2003), o desenvolvimento tecnológico de processos associados à reciclagem de resíduos industriais passa a ter hoje enorme relevância. O aumento no descarte de rejeitos sólidos, bem como os problemas advindos da exaustão de matérias-primas naturais, vem impulsionando os estudos sobre o aproveitamento desses resíduos como novos materiais, reduzindo o seu impacto ambiental e viabilizando a redução de custos industriais e a criação de novos empregos. Da mesma forma, estão sendo cada vez mais procuradas formas diversas e oportunidades de valorização de resíduos nos materiais e componentes de construção civil.



### 2.1.9 Uso de produtos e tecnologias ambientalmente amigáveis

Segundo o IDHEA (2008), deve-se prever na obra uso máximo de produtos e tecnologias amigas do meio ambiente que atendam os seguintes pontos:

- Ecologia – aplicação de materiais cuja produção e uso causem menor impacto sobre o meio ambiente e saúde humana, com preservação dos recursos naturais para as gerações futuras;
- Saúde e bem-estar – uso de materiais saudáveis, que não permitam a instalação e proliferação de fungos, bactérias e microrganismos, e contribuam para o conforto termo-acústico da edificação e para a sensação de bem-estar do morador/usuário.
- Economia – redução de despesas, racionalização de processos construtivos, menos desperdícios na obra e perdas; contribuir para o desenvolvimento sustentável da indústria da construção civil.

Através da história da humanidade, o ser humano costumava contar com apenas um ou dois materiais diferentes para construir suas edificações. O homem contemporâneo se diferencia por utilizar uma vasta gama de materiais de construção. Isso torna a escolha desses materiais uma tarefa difícil. Os profissionais selecionam os materiais com base na satisfação de propósitos construtivos e de critérios estéticos. (LYLE, 1994 *apud* SATTLER, 2006).

Para Roaf, *et. al.* (2006), alguns materiais devem ser evitados, como matérias-primas provenientes de manejo não-sustentável, como é o caso das madeiras que não possuem Documento de Origem Florestal (DOF), materiais que são propícios ao acúmulo de pó, ácaros, pêlos e mofo (como os carpetes) e também equipamentos e materiais que liberem substâncias tóxicas (clorofluorcarbonos, compostos orgânicos voláteis, formaldeídos, monóxido e dióxido de carbono, chumbo).

Segundo o Centro Nacional de Tecnologias Limpas - CNTL (2003), a seleção de fabricantes de materiais que possuem certificação ambiental constitui um grande diferencial na escolha de materiais sustentáveis. Nestas empresas, que geralmente adotam técnicas de Produção mais Limpa (P+L), o processo produtivo é mais eficiente no emprego de seus insumos, gerando mais produtos e menos resíduos. O principal objetivo é eliminar a poluição durante o processo de produção.

Um exemplo prático de P+L na construção civil é a modulação dos vãos em função das dimensões do revestimento especificado, a fim de evitar o corte das peças. Assim, há economia de tempo e energia, além da diminuição da produção de poeira, da probabilidade de quebra das peças e da geração de resíduos.

Para Degani (2002) é evidente a necessidade da seleção consciente de recursos que considerem suas características e métodos construtivos associados (...) e a sua procedência, por meio da qualificação de fornecedores responsáveis. Isto significa que devem ser escolhidos materiais e componentes que gerem pouco ou nenhum resíduo (...); e ainda que seja dada preferência a materiais recicláveis ou que contenham componentes reciclados; sendo também importante a escolha de materiais de comércio disponível nas proximidades do canteiro, evitando-se assim longos percursos para transporte. Ainda segundo Degani (2002), os materiais e mobiliários definidos no projeto arquitetônico devem considerar a durabilidade e facilidade de manutenção, além da observância da não criação de ambientes internos poluídos.

Infelizmente, ainda há certa resistência ao emprego de materiais e tecnologias ambientalmente amigáveis, seja por acreditar que estes não são duráveis ou que estão associados a altos investimentos. Um exemplo claro é a indisponibilidade de produtos ambientalmente amigáveis em muitas empresas fornecedoras de materiais de construção, sob justificativa de que a demanda não é suficiente ou até mesmo por falta de conhecimento.

## **2.2 Sistemas de gestão, avaliação e certificação ambiental para a construção civil**

Os Sistemas de Gerenciamento Ambiental possibilitam a identificação dos impactos conseqüentes mais significativos e oferecem diretrizes para a elaboração de medidas mitigadoras, estimulando o desenvolvimento e a adoção de novos materiais e tecnologias.

A partir da década de 1990, mecanismos para a avaliação do desempenho ambiental de edifícios começaram a ser desenvolvidos por vários países, sempre priorizando os aspectos que representam os maiores desafios ambientais locais.

A maioria dos sistemas de certificação ambiental existentes é baseada em indicadores de desempenho que atribuem uma pontuação técnica em função do grau de atendimento a requisitos relativos aos aspectos construtivos, climáticos e ambientais, enfocando o interior da edificação, o seu entorno próximo e a sua relação com a cidade e o meio ambiente global<sup>3</sup>. Os métodos de avaliação possuem aspectos conceituais em comum na busca pela melhoria do desempenho ambiental dos edifícios, que podem ser refletidos, de maneira simplificada, pelos seguintes aspectos principais<sup>4</sup>:

- Impactos do Empreendimento no Meio Urbano, onde há itens sobre os incômodos gerados pela execução, acessibilidade, inserção urbana; erosão do solo, espalhamento de poeira, entre outros;
- Materiais e Resíduos, compreendendo gestão de resíduos no canteiro e uso do edifício, emprego de madeira e agregados com origem legalizada, geração e correta destinação de resíduos, emprego de materiais de baixo impacto ambiental, reuso de materiais;
- Uso Racional da Água, visando à economia de água potável, como uso de equipamentos economizadores, acessibilidade do sistema hidráulico, captação de água de chuva, tratamento de esgoto etc.;

---

<sup>3</sup> Avaliação Ambiental. Revista Técnica, 2009.

<sup>4</sup> Idem.

- Energia e Emissões Atmosféricas, que analisam a eficiência da envoltória, do sistema de ar-condicionado e iluminação artificial, entre outros assuntos;
- Conforto e Salubridade do Ambiente Interno, considerando a qualidade do ar e o conforto ambiental.

Entre os sistemas de certificação ambiental mais difundidos no Brasil estão o LEED – que enfatiza a eficiência energética das edificações – e o HQE, que vem sendo adaptado à realidade brasileira através do Processo AQUA (Alta Qualidade Ambiental). Mais abrangente, este último determina 14 objetivos ambientais para as edificações, agrupados em quatro temas: eco-construção, eco-gestão, conforto, saúde. Além disso, o referencial técnico para certificação é diferenciado de acordo com o tipo de edificação, considerando suas especificidades.

No quadro 1 é apresentado um resumo dos principais métodos de avaliação existentes, com suas origens e características.

Quadro 1. Exemplos de métodos de avaliação existentes, origem e características

BREEAM	Origem: Reino Unido. (BRE) A avaliação contém itens com caráter de atendimento obrigatório e outros classificatórios. Trata principalmente dos impactos do edifício no meio ambiente e na saúde do usuário, conforto ambiental e gestão de recursos. Ênfase nos processos de eco-retrofit <sup>5</sup> .
CASBEE	Origem: Japão. (JSBC) Composto por quatro ferramentas de avaliação: planejamento, construção, uso e recuperação do edifício. O índice de desempenho é baseado na relação benefício para o usuário/custo ambiental. Ênfase na análise do ciclo de vida do edifício para o ecodesign.
GBTTool	Elaborado por pesquisadores de vários países. (GBC). Os fatores de avaliação são definidos de acordo com as peculiaridades do local. Avalia basicamente consumo de recursos, cargas ambientais, qualidade do ambiente interno e do serviço, aspectos econômicos e gestão antes da ocupação do edifício.
HQE	Origem: França. (CSTB) Determina 14 objetivos ambientais para as edificações, agrupados em quatro temas: eco-construção, eco-gestão, conforto, saúde. Existe uma versão desse método adaptada à realidade brasileira (Processo AQUA – Alta Qualidade Ambiental).

<sup>5</sup> Readequação ecológica das edificações.

IPT	<p>Origem: Brasil. (Instituto de Pesquisas Tecnológicas)</p> <p>Avaliação ambiental de edifícios de estrutura similar ao BREEAM e LEED, adaptada às condições brasileiras. Ênfase em aspectos como: características do terreno, de água, energia, materiais, resíduos e conforto ambiental, acessibilidade e relação do edifício com o meio urbano. Metodologia voltada a grandes cidades.</p>
LEED	<p>Origem: USA. (USGBC)</p> <p>Estrutura similar ao BREEAM. Classificação dos edifícios varia de acordo com o uso e fase do ciclo de vida do edifício e consiste na análise da eficiência ambiental. Ênfase na eficiência energética e processos de eco-retrofit<sup>5</sup>.</p>

No Brasil, ainda há uma grande carência em normas e legislações que impulsionem a incorporação conceitos de sustentabilidade ambiental e a adoção de soluções tecnológicas eco eficientes ao projeto. No entanto, a busca por edifícios com melhor desempenho ambiental é crescente. Muitas construtoras já perceberam que os investimentos em gerenciamento ambiental resultam na economia dos altos valores antes gastos com o reparo dos passivos ambientais causados. Além disso, o “*marketing ecológico*”<sup>6</sup> pode ser utilizado como estratégia para agregar valor ao produto, repassando parte dos custos para o consumidor.

Visando auxiliar àqueles que buscam avaliar e melhorar o desempenho ambiental de edificações unifamiliares, a presente pesquisa propõe uma Ferramenta de Avaliação do Desempenho Ambiental baseada no Método de Gerenciamento de Aspectos e Impactos Ambientais - G.A.I.A. proposto por LERÍPIO (2001), apresentado a seguir.

---

<sup>6</sup> Segundo CALOMARDE (2005), *marketing ecológico* é uma estratégia de mercado que leva em consideração a repercussão, positiva ou não, das ações empresariais sobre o meio natural.

### 2.3 O Método G.A.I.A.

O método G.A.I.A - Gerenciamento de Aspectos e Impactos Ambientais - proposto por LERÍPIO (2001) é um método muito abrangente, podendo ser aplicado a processos produtivos de qualquer natureza. Tem como objetivo a melhoria do desempenho ambiental das organizações e o alcance da sustentabilidade plena. Os princípios do G.A.I.A. são idênticos aos pressupostos básicos de gerenciamento reconhecidos pela NBR ISO 14.001: melhoria contínua, prevenção da poluição e atendimento à legislação. O Método GAIA é constituído por três fases: sensibilização, conscientização e capacitação. A cada uma das fases corresponde um conjunto de atividades e os respectivos resultados esperados (ver anexo A).

Primeira fase: sensibilização. O Objetivo é proporcionar a adesão e o comprometimento da alta administração com a melhoria contínua do desempenho ambiental. A primeira atividade corresponde ao preenchimento de uma Lista de Verificação da Sustentabilidade do Negócio, composta por perguntas objetivas que induzem uma resposta do tipo “sim” ou “não” (ver anexo B). Desta forma, são avaliados fornecedores, processo produtivo, utilização do produto e destinação do produto pós-consumo. Os critérios foram determinados de acordo com os princípios da Produção mais Limpa e da Emissão Zero<sup>7</sup>.

As respostas são classificadas em três cores, de acordo com seu significado em relação à sustentabilidade da organização. Uma pergunta cuja resposta representar uma boa prática desenvolvida pela organização, será classificada como verde e uma resposta que representar um problema ou uma “oportunidade de melhoria” será classificada como vermelha. Quando a pergunta não se aplicar à realidade da organização será classificada como amarela.

---

<sup>7</sup> ZERI - Zero de resíduos, zero de desperdício. (PAULI, 199- *apud* CAPRA, 2002).

Para efeito de cálculo da sustentabilidade do negócio, a fórmula adotada é a seguinte:

$$\text{Sustentabilidade do Negócio} = \frac{\text{TOTAL DE QUADROS VERDES} \times 100}{(79 - \text{TOTAL DE QUADROS AMARELOS})}$$

Obtém-se o resultado a partir da divisão do número de respostas “verdes” pelo total de perguntas (79) subtraído do número de casas amarelas, o que proporciona a eliminação da interferência das perguntas não aplicáveis à organização. Assim, as 79 perguntas são igualmente ponderadas, embora sabidamente apresentem diferentes graus de significância para cada organização estudada.

O resultado, expresso em porcentagem, determina a classificação da sustentabilidade do negócio, de acordo com cinco cores, como apresentado no quadro 2:

Quadro 2: Quadro referencial para a classificação da sustentabilidade do negócio

RESULTADO	SUSTENTABILIDADE
Inferior a 30%	CRÍTICA – VERMELHA
Entre 30% e 50%	PÉSSIMA – LARANJA
Entre 50% e 70%	ADEQUADA – AMARELA
Entre 70% e 90%	BOA – AZUL
Superior a 90%	EXCELENTE - VERDE

Fonte: LERÍPIO (2001).

A partir da classificação, a organização pode conhecer as repercussões desse resultado utilizando a Ferramenta de Análise Estratégica Ambiental (anexos C e D). A intenção da atividade é criar um “cenário de organizações hipotéticas”, onde ocorrem diferentes repercussões para cada situação e para cada tipo de empresa estudada e, com isso, sensibilizar a alta administração e a gerência da organização com a idéia de que preservar o meio ambiente não é só um diferencial, mas uma condição de sobrevivência no mercado.

A próxima etapa tem por objetivo o comprometimento das lideranças. As novas metas a serem definidas devem ter como foco atingir desempenho ambiental excelente, representado pela cor verde. De posse das informações, o próximo passo é sensibilizar as demais partes interessadas, para estimular a participação ativa nas iniciativas em busca das novas metas.

Segunda fase: conscientização. Esta fase é voltada à identificação dos aspectos e impactos ambientais correspondentes a cada atividade do processo produtivo. Para tanto, são elaborados o Mapeamento da Cadeia de Produção e Consumo (figura 1), o Mapeamento do Macro-fluxo do Processo Produtivo (que consiste no conhecimento de todas as etapas de processamento do produto) e o estudo de entradas e saídas do processo produtivo (figura 2).

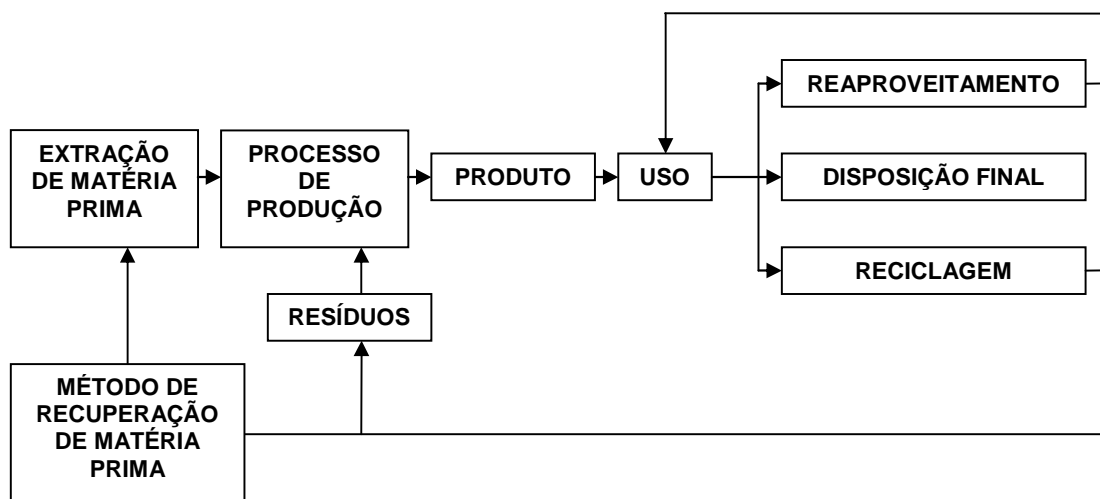


Figura 1: Cadeia de Produção e Consumo de um produto genérico

Fonte: VALLE, 1995 *apud* MORAES, 2007.



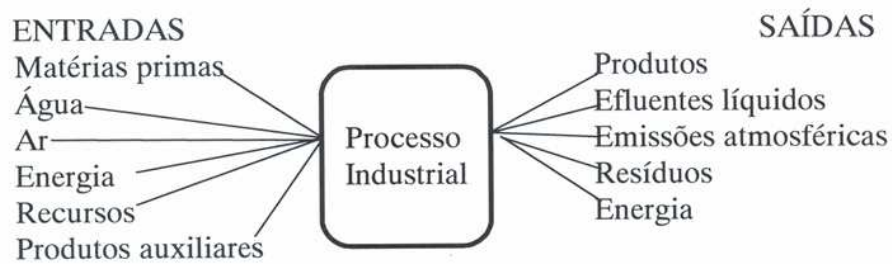


Figura 2: Estudo de Entradas e Saídas de um Processo Industrial

Fonte: BADUE, 1996 *apud* MORAES, 2007.

Somados, esses estudos dão origem a uma Planilha de Identificação e Priorização de Aspectos e Impactos Ambientais (quadro 3), onde:

SE = Situação de Emergência

EL = Exposição Legal

FC = Facilidade de Correção

CA = Custo de Alteração

EC = Efeitos Colaterais

PP = Preocupações do Público

EI = Efeitos na Imagem

E = Escala

S = Severidade do Impacto

PO = Probabilidade de Ocorrência

DP = Duração ou Persistência

PR = Priorização

Quadro 3: Planilha de Identificação e Priorização de Aspectos e Impactos Ambientais

Atividade	Aspecto	Impacto	SE	Preocupações Comerciais							Preocupações Ambientais					X	P R
				S/N	E L	F C	C A	E C	P P	E I	$\Sigma$ com	E	S	P O	D P		
Obtida no mapeamento do processo	Representa as saídas de cada atividade	Alteração real ou potencial do meio ambiente originada do aspecto															

Fonte: SCHERER, 1999 *apud* LERÍPIO, 2001

Como pode ser observada, a avaliação considera dois tipos de preocupações: ambientais e comerciais. Ao preencher a planilha, devem ser atribuídos valores de significância a cada impacto, como mostra o quadro 4.

Quadro 4: Escala de Valores para Priorização de Impactos

ESCALA DE VALORES PARA PRIORIZAÇÃO	
AVALIAÇÃO	VALOR ATRIBUÍDO
Extremamente crítico	5
Crítico	4
Moderado	3
Desprezível	2
Totalmente desprezível	1

Fonte: SCHERER, 1999 *apud* LERÍPIO, 2001

O resultado é obtido através do cálculo da média ponderada de cada impacto através da fórmula:

$$PR = (\sum \text{amb}/4) + (\sum \text{com}/6)$$

Onde:

$\sum \text{amb}$  = somatório das preocupações ambientais

$\sum \text{com}$  = somatório das preocupações comerciais

Este resultado possibilita a classificação dos impactos em ordem de importância, para facilitar a priorização das ações preventivas e/ou corretivas, tratando-os por meio de planos de ação do tipo 5W2H, como mostra o quadro 5:

Quadro 5: Modelo de Plano de Ação para Melhoria do Desempenho Ambiental

What	Why	When	Where	Who	How	How Much
<b>O QUE</b>	<b>POR QUE</b>	<b>QUANDO</b>	<b>ONDE</b>	<b>QUEM</b>	<b>COMO</b>	<b>QUANTO CUSTA</b>
Objetivo e/ou meta 1	Justificativa, expectativa de ganhos	Prazo para cumprimento da meta	Processo, atividade, departamento, setor, etc...	Responsável	Método, técnica, forma, procedimento	Custo e/ou investimento requerido
.....						
Objetivo e/ou meta n						

Fonte: Adaptado de CAMPOS, 1998 *apud* MORAES, 2007.

Os planos apontam oportunidades de melhorias, incluindo soluções criativas e viáveis segundo critérios de ordem técnica, econômica e ambiental, fornecendo subsídios para a estruturação de um sistema de gestão ambiental possível de ser implantado, periodicamente monitorado e aperfeiçoado de forma contínua.

### **3 METODOLOGIA**

O presente trabalho foi desenvolvido em duas etapas. Na primeira etapa foram reunidas diretrizes para a incorporação dos conceitos de sustentabilidade nos projetos de arquitetura, através de pesquisa bibliográfica. Isso permitiu também identificar a carência de sistemas de gestão ambiental específicos para obras residenciais unifamiliares e buscar bases para a proposição da Ferramenta de Avaliação de Desempenho Ambiental denominada (F.A.D.A.), adaptada do Método G.A.I.A. – Gerenciamento de Aspectos e Impactos Ambientais (LERÍPIO, 2001).

O enfoque na sustentabilidade e as atividades propostas pelo Método G.A.I.A. foram mantidos, porém, as questões que compõem a Lista de Verificação da Sustentabilidade do Negócio foram substituídas por outras voltadas especificamente à avaliação do desempenho ambiental de habitações residenciais unifamiliares, formuladas a partir de diretrizes relevantes para a busca da sustentabilidade em projeto presentes no referencial teórico consultado. Os tópicos que compõem a estrutura da Lista de Verificação da Sustentabilidade do Negócio na F.A.D.A. são os “nove passos para uma obra sustentável”, sugeridos pelo IDHEA (2008):

- ✓ Planejamento Sustentável da Obra
- ✓ Aproveitamento passivo dos recursos naturais
- ✓ Eficiência energética
- ✓ Gestão e economia da água
- ✓ Gestão dos resíduos na edificação
- ✓ Qualidade do ar e do ambiente interior
- ✓ Conforto termo-acústico
- ✓ Uso racional de materiais
- ✓ Uso de produtos e tecnologias ambientalmente amigáveis

A segunda etapa foi realizada através de método monográfico, consistindo em pesquisa de campo. Foi realizado o acompanhamento de toda a trajetória do processo produtivo e dos primeiros meses de ocupação de uma residência adotada como estudo de caso, com a finalidade de testar a aplicabilidade da ferramenta proposta. A residência estudada está situada na zona sul do município de Santa Maria – RS (figura 3).



Figura 3: Mapa de situação da residência no município

Fonte: Imagem obtida através do Google Earth.

O programa de necessidades básicas inclui sala, dois dormitórios, um banheiro, copa-cozinha integrada e área de serviço, totalizando setenta metros quadrados de área construída em apenas um pavimento (figuras 4 e 5).

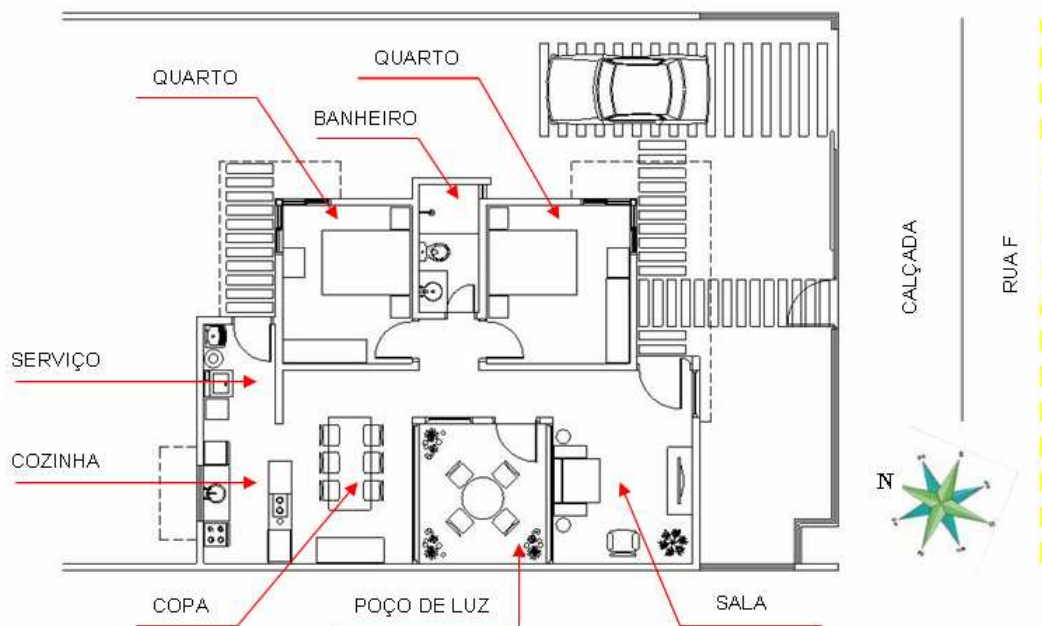


Figura 4: Planta Baixa da residência



Figura 5: Fachada frontal da residência

A residência possui algumas características interessantes do ponto de vista da sustentabilidade ambiental, tanto com relação ao local escolhido para a construção – um loteamento com licença ambiental e infra-estrutura adequada - quanto aos princípios priorizados no projeto. A escolha deste objeto de estudo ocorreu em razão, principalmente, do interesse em testar a aplicabilidade da ferramenta proposta e verificar se tais características de sustentabilidade seriam capazes de garantir um bom resultado ao desempenho ambiental à residência.

Todas as informações coletadas foram registradas a fim de identificar os aspectos e impactos ambientais decorrentes da utilização dos materiais e da tecnologia aplicada e assim realizar o diagnóstico das etapas de construção com foco na sustentabilidade. Os resultados obtidos foram amplamente discutidos com a equipe responsável pela execução da obra, visando identificar alternativas viáveis de melhoria do desempenho ambiental, tanto para as etapas seguintes quanto para os novos projetos a serem executados. As atividades realizadas e os resultados obtidos com a aplicação da ferramenta proposta estão descritos no capítulo 4.

## **4 RESULTADOS**

### **4.1 Avaliação do objeto de estudo**

#### **4.1.1 Características de sustentabilidade**

Dentre as prioridades para a escolha do local, foram considerados os aspectos de infra-estrutura e características naturais do entorno. O local fica próximo a uma área de preservação ambiental, o que torna o clima agradável. O loteamento possui licença de implantação e operação emitida pelo órgão fiscal competente, além de infra-estrutura adequada.

A finalidade residencial, os índices de ocupação e aproveitamento, assim como os afastamentos e recuos, foram todos obedecidos. A zona urbana onde o lote está situado possui índice de ocupação permitido de até 50%. Isso quer dizer que, dos 300m<sup>2</sup> de área do lote, 150m<sup>2</sup> poderiam ser ocupados, mas destes foram utilizados apenas 70m<sup>2</sup>.

O percentual de área reservado ao índice verde apresenta total permeabilidade. Na segunda etapa da obra, serão construídos: garagem e área de lazer que inclui depósito, banheiro e churrasqueira, somando 30m<sup>2</sup>. Isso quer dizer que 200m<sup>2</sup> dos 300m<sup>2</sup> do terreno permanecerão desocupados, com área reservada ao índice verde superior ao exigido pelo Código de Edificações do Município. Esta área receberá cobertura vegetal em toda sua extensão, exceto nos acessos para veículos e pedestres, que serão executados em pavimento semipermeável.

Outro fator de grande importância observado em relação ao planejamento sustentável foi o aproveitamento de aspectos naturais para proporcionar maior conforto à residência, que é orientada de forma a captar ventos e radiação solar de forma oportuna nas diferentes estações do ano (figura 6).



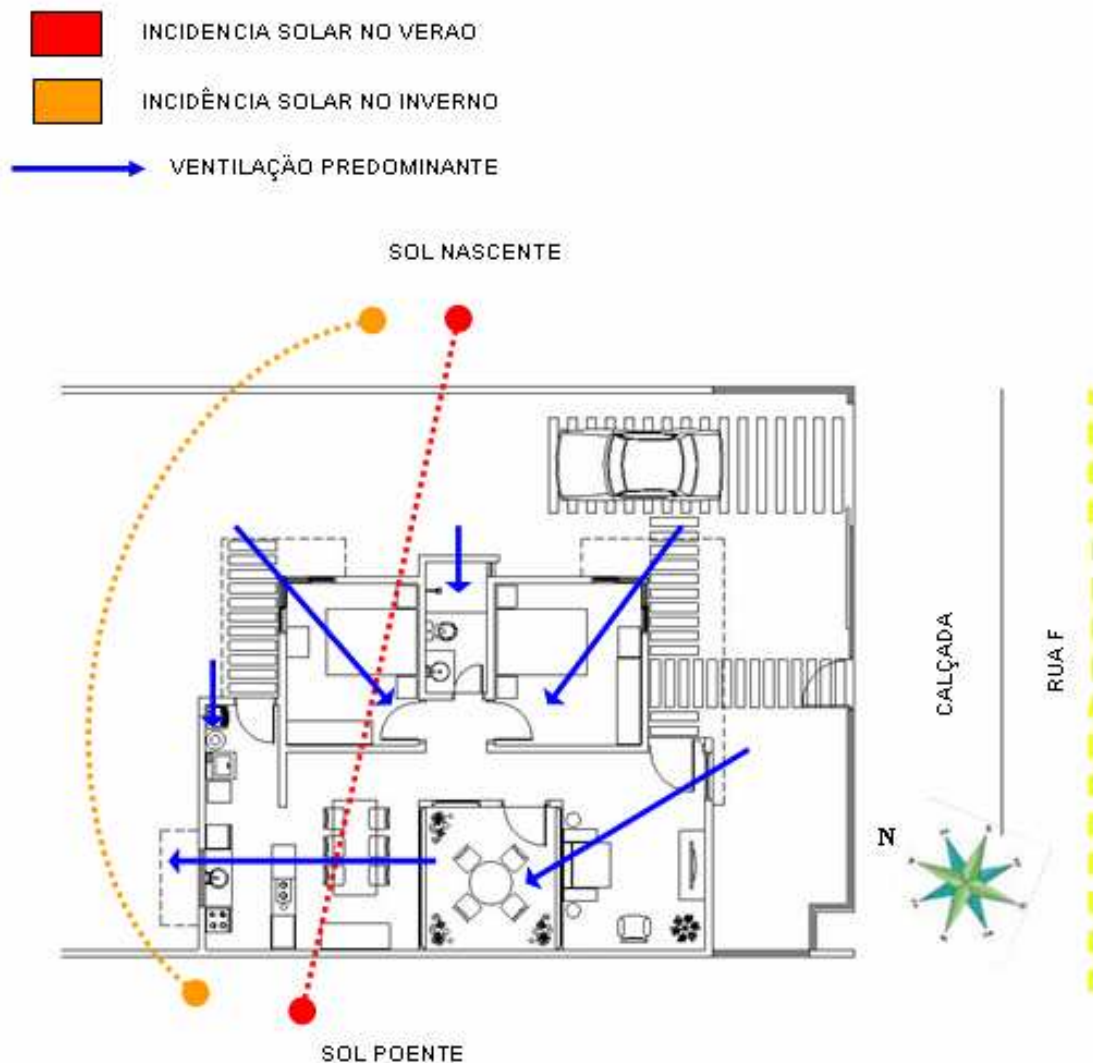


Figura 6: Incidência solar na residência

A localização da casa na porção sul do terreno (com recuo frontal mínimo) garante incidência solar no pátio e nos cômodos mais utilizados durante o inverno. O projeto paisagístico, ainda não executado, prevê vegetação rasteira para o jardim - ao invés de pavimentação - garantindo a absorção do calor e também a infiltração das chuvas que refrescam o solo.

Os cômodos são bem ventilados e iluminados. As aberturas foram dimensionadas e posicionadas de forma a permitir a renovação do ar com

facilidade. Na maior parte dos ambientes foi adotado o artifício da ventilação cruzada, facilitando o fluxo do ar. Sala, copa-cozinha e banheiro possuem janelas do tipo basculante, que possibilitam o controle da ventilação. As janelas dos quartos possuem também fechamento com venezianas, que permitem a renovação do ar sem comprometer a privacidade (figura 7). Os sistemas de impermeabilização, vedação e cobertura são satisfatórios. A união de todos estes fatores ajuda a manter a residência livre de umidade e odores desagradáveis.



Figura 7: Janelas venezianas nos quartos

A luminosidade que a residência recebe é suficiente para dispensar a iluminação artificial durante o dia. O dimensionamento das aberturas supera os índices mínimos para iluminação e ventilação de compartimentos sugeridos nos códigos de edificações. Aberturas bem localizadas e dimensionadas garantem a iluminação natural, retardando a necessidade de acendimento das lâmpadas e contribuindo para a economia de energia. A porta e as janelas envidraçadas voltadas para o poço de luz garantem iluminação eficiente também no centro da residência.

O mesmo poço de luz foi usado como artifício para aquecer a sala de estar no outono e no inverno. Uma grande janela de vidro permite que o sol incida diretamente neste ambiente das 12h às 16h (figura 8).



Figura 8: Incidência solar na sala no período de inverno

Quando há dias seguidos que combinam baixa temperatura, tempo nublado e vento forte, apenas o comportamento térmico da copa-cozinha, ao centro da casa, não é satisfatório. Para suprir essa deficiência, ao invés de lareira ou aparelhos de condicionamento térmico, foi construído um fogão à lenha na copa-cozinha. Assim, enquanto os alimentos são cozidos, o tubo de exaustão da fumaça, afastado da parede, proporciona a irradiação do calor pelo ambiente (figura 09). Não há aproveitamento do fogão à lenha para aquecimento de água, pois seria necessário um sistema complementar de aquecimento elétrico, a gás ou solar, visto que não é desejável o acendimento do fogão no verão.



Figura 09 (a) e (b): Fogão à lenha

As paredes executadas com tijolos assentados na horizontal - e não de cutelo – e a presença de laje nos ambientes auxiliam no bom desempenho térmico e acústico da residência. O aparelho de ar-condicionado existente em um dos quartos permaneceu desligado por todo o verão. Uma parede de tijolos maciços na face oeste retarda o aquecimento dos demais cômodos da casa nesta mesma estação.

A implantação foi feita na parte mais alta do lote e o restante do terreno permaneceu no nível original, o que ajuda a afastar a umidade do piso e paredes. O uso de máquinas demandaria consumo de combustíveis, emissão de gases poluentes e de ruídos, então a escavação das fundações foi feita manualmente, minimizando também a geração de poeira e a remoção da cobertura vegetal rasteira original (figura 10). Também não houve remoção de mata nativa para a construção, pois a área do loteamento era antes destinada à pecuária, sendo desprovida de vegetação arbórea.



Figura 10: Trabalho manual de escavação das fundações

Em relação às alternativas para flexibilidade do espaço habitado, a principal estratégia é para ampliação mediante acréscimo de mais um pavimento de mesma metragem, previsto desde o início no projeto estrutural. Além disso, de acordo com sistema construtivo adotado - composto por vigas de fundação, 13 pilares, vigas de cintamento e laje plana - algumas paredes podem ser removidas em caso de reforma do edifício (figura 11).



Figura 11: Início das alvenarias

Embora não exista sistema de captação de energia limpa e renovável, as tubulações necessárias à instalação do sistema de captação de energia solar para aquecimento de água foram instaladas na execução da obra, eliminando posterior necessidade de demolição e reparos (figura 12). As torneiras da cozinha e banheiro possuem arejadores, a descarga do banheiro é de acionamento seletivo (com opção para 3 ou 6 litros) e o *shaft* presente no banheiro facilita a manutenção e ampliação das instalações de água e energia (figura 13).



Figura 12: Tubulação para água quente



Figura 13: *Shaft* e descarga seletiva para economia de água

A chuva proveniente do telhado é encaminhada à galeria de águas pluviais do loteamento e não é aproveitada. No entanto, na segunda etapa da obra, serão dispostos reservatórios acima da laje da garagem, que será construída nos fundos do terreno. Todo o sistema funcionará por gravidade, não necessitando gastar energia elétrica com o uso de moto-bomba. A água da chuva será utilizada para fins não potáveis, como irrigação do jardim, da horta e lavagem de pisos. O Estilo arquitetônico adotado foi diretamente influenciado por esta opção. O telhado, oculto por platibandas, tem queda para uma calha central (figura 14).



Figura 14 (a) e (b): Calha central para captação de águas pluviais

Foram utilizados alguns materiais reaproveitados de outra obra, como os 52m<sup>2</sup> de alvenarias que foram executados com tijolos maciços retirados cuidadosamente no processo de demolição e deixados à vista para destacar o efeito envelhecido (figura 15). Quatro janelas de ferro, também originárias da mesma obra de demolição, foram recuperadas e utilizadas na residência. O projeto da residência foi realizado considerando o aproveitamento da mobília existente na antiga moradia da proprietária. Os móveis que foram adquiridos posteriormente foram fabricados com madeira de demolição ou comprados em lojas de artigos usados e serão restaurados.

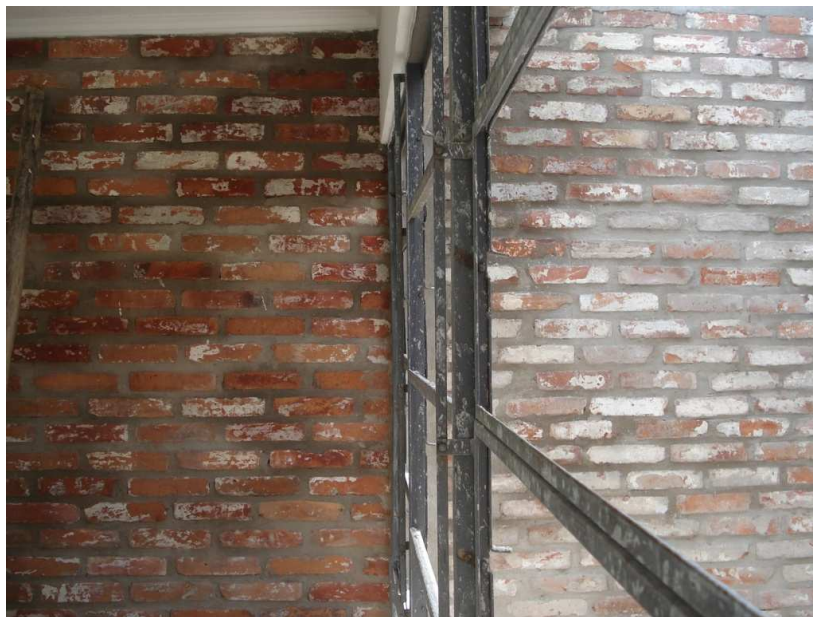


Figura 15: Tijolos e janelas reaproveitados

Visando diminuir os impactos ocasionados pelo consumo de combustíveis e a emissão de poluentes advindos da atividade de transporte, foi contratada mão de obra local para a execução da obra. Todos os funcionários residem no mesmo município, a aproximadamente 4,5 km do local. Os materiais utilizados também foram selecionados considerando esta questão: foram prioritariamente produzidos na região. O concreto foi fabricado no local da obra. Tijolos cerâmicos, minérios, esquadrias são fabricados/extraídos no mesmo município. Cimento, argamassas, telhas, ferro, vidros, material elétrico, louças, metais, tintas e ferragens são fabricados em outros municípios do mesmo estado. Revestimentos de piso e parede, tubos e conexões são fabricados em outros estados da região sul do país.

Também foi priorizado o uso de materiais de extensa vida útil e facilidade de manutenção: tanto os materiais e o sistema construtivo passaram por análise prévia e aprovação do agente financiador, para o qual o requisito principal é que a edificação seja durável o suficiente para resistir em perfeito estado a, no mínimo, vinte anos.



Muitos fabricantes de materiais possuem certificação ambiental, como as fábricas de cimento, revestimentos, louças e metais, telhas, ferro, material elétrico e hidro-sanitário. As empresas fornecedoras de minérios apresentaram documento legal para extração dos mesmos. A madeira utilizada é originária de manejo sustentável. Tábuas e escoras, madeiramento do telhado e portas, são de pinus e eucalipto. Apenas as janelas são de angelim, considerada madeira nobre. Todos os fornecedores apresentaram o documento de origem florestal (DOF) que comprova a legalidade de sua exploração. As telhas não possuem amianto em sua composição e as tintas utilizadas para pintura de esquadrias de ferro e paredes são a base de água, dispensam o uso de solventes e são livres de odores persistentes.

Os resíduos produzidos na fase de construção foram enviados para uma empresa que trabalha especificamente com gerenciamento de resíduos de construção e demolição. Esta empresa está localizada no mesmo município e realiza a triagem dos resíduos para reaproveitamento. O material não aproveitado é enviado para aterros sanitários específicos para receber este tipo de material.

Apesar de não existir um sistema de coleta seletiva no município, a separação de material reciclável é realizada pelos ocupantes da residência. O lixo orgânico será utilizado em breve para adubar horta e jardim.

#### 4.1.2 Características de insustentabilidade

Como o loteamento possui ainda poucas residências, o passeio público (cuja construção foi atribuída aos moradores) não tem continuidade. Na residência há aspectos não compatíveis com os exigidos pela norma NBR 9050 para edificações com acessibilidade.

A residência foi implantada sem afastamento na face lateral oeste do lote, o que causa sombreamento em parte do lote vizinho durante o período da manhã, além de obstruir a visibilidade da paisagem natural situada a nordeste. A fachada

lateral esquerda - a mesma implantada na divisa do lote - não possui nenhuma preocupação estética, o que causa algum incômodo visual (figura 16).



Figura 16: Fachada lateral oeste no período da manhã

Embora o loteamento seja dotado de uma estação de tratamento de esgoto, com licença de implantação e operação emitida pela Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler (FEPAM), não há previsão para a instalação de sistemas de reaproveitamento de águas servidas no loteamento e nem na residência.

O isolamento acústico contra ruídos externos e o desempenho térmico do edifício poderiam ser melhores, mas limitações de ordem financeira impediram investimentos em vidros duplos. A incidência solar na face norte, desejável para o período de inverno, não é potencialmente aproveitada. As paredes desta face deveriam ser dotadas de aberturas maiores e envidraçadas, facilitando o aquecimento passivo do ambiente. No entanto, como o fundo do terreno é voltado para o norte, o fator “segurança” foi contrário à adoção desta estratégia. Segundo ROAF, et. al. (2006), a maior parte dos roubos envolve arrombamento pela porta dos fundos, que geralmente é o local menos vigiado da casa.

Por não ser coberto, o poço de luz não funciona como jardim de inverno, mas é possível deixar o espaço mais agradável instalando uma cobertura transparente que não impeça a incidência solar. No entanto, essa cobertura deverá ter dispositivo que permita abertura para saída de ar quente no verão.

Apenas uma pequena parte das lâmpadas utilizadas é do tipo econômico. Também não há ainda previsão para instalação de dispositivos econômicos como sensores de presença e dimerizadores.

Apesar da separação de resíduos orgânicos e recicláveis na residência, ambos têm o mesmo destino: o aterro sanitário do município. Eventualmente, algum catador leva garrafas plásticas e papelão, mas isto não ocorre com frequência. O material reciclável poderia ser encaminhado para algum centro de coleta seletiva ou cooperativa de catadores.

Há grande variedade de materiais ambientalmente amigáveis disponíveis no mercado, mas no município não há difusão de conhecimentos a respeito. Além disso, houve restrições para a utilização de alguns materiais alternativos, como foi o caso das telhas feitas a partir de embalagens de tetra pak descartadas. Tais restrições foram emitidas em documento formal por parte do agente financiador, fundamentadas na questão da durabilidade do material. A alternativa encontrada foi a utilização de telhas de fibrocimento livres de amianto.

Os principais materiais industrializados utilizados foram fabricados através de processos agressivos ao meio ambiente. A cerâmica (tijolos, revestimentos) e o cimento (fechamentos, estrutura e revestimentos), por exemplo, são fabricados através de processos que consomem muita energia, matérias primas de fontes não renováveis e emitem grande quantidade de gás carbônico. Não há disponibilidade de tijolos feitos a partir de material reciclado na região. A possibilidade de fabricação de tijolos de adobe foi descartada porque não havia uma quantidade de solo suficiente no local e nem disponibilidade de tempo para fabricação artesanal e secagem natural.

Alguns materiais utilizados não são livres de matérias primas que possam acarretar problemas ao meio ambiente e à saúde dos ocupantes. Além da solução asfáltica utilizada na impermeabilização das fundações e dos beirais - por exigência do agente financiador – foram utilizados um “*stain*” à base de solvente para proteger as esquadrias de madeira e uma resina à base de silicone para tratar da superfície dos tijolos maciços deixados à vista.

Os funcionários não tinham sequer noção do assunto “Produção mais Limpa”. Aprenderam a profissão com amigos e membros da família e nunca trabalharam em empresas com sistema de gerenciamento ambiental. Não demonstraram comprometimento com os princípios de trabalho propostos ou interesse em abandonar os vícios adquiridos em outras obras. Apresentavam dificuldade em planejar a melhor forma de executar determinadas atividades, como também em compreender e aceitar instruções e sugestões. Isso causou atrasos no cronograma e desperdício de material pela necessidade de re-trabalho. Estima-se que a quantidade de material utilizada superou a quantidade sugerida pelos quantitativos elaborados pelo engenheiro responsável em, pelo menos 15%. A quantidade de entulho gerada foi maior que a quantidade observada em outras obras de mesmo porte e armazenada de forma inadequada (figura 17).



Figura 17: Quantidade de entulho gerada

As exigências de uso de equipamento de proteção individual (EPI's) eram desobedecidas (figura 18), assim como a manutenção da ordem e da limpeza do canteiro de obras, apesar de terem sido informados sobre a importância de tais atitudes e advertidos várias vezes pelo engenheiro fiscal sobre o descumprimento das normas.



Figura 18: Funcionários sem equipamento de proteção individual

Como se pôde observar, além das características de sustentabilidade presentes na residência, há alguns pontos falhos que puderam ser facilmente detectados mesmo antes da aplicação da ferramenta proposta, e que certamente irão influenciar de forma negativa os resultados da avaliação.

## 4.2 Apresentação da ferramenta de avaliação F.A.D.A.

A Ferramenta de Avaliação do Desempenho Ambiental proposta, aqui tratada como F.A.D.A., é baseada no Método de Gerenciamento de Aspectos e Impactos Ambientais - G.A.I.A. proposto por LERÍPIO (2001).

Ambos têm como objetivo a melhoria do desempenho ambiental do produto, mas a diferença fundamental entre o G.A.I.A. e a F.A.D.A. está no foco das atividades. O primeiro é voltado a processos produtivos de qualquer natureza, enquanto o segundo é voltado especificamente ao processo construtivo e à utilização de habitações residenciais unifamiliares. Por este motivo, as questões que compõem a Lista de Verificação da Sustentabilidade do Negócio (anexo B) foram substituídas por outras voltadas especificamente à avaliação do desempenho ambiental de habitações, formuladas a partir de diretrizes relevantes para a busca da sustentabilidade em projetos presentes no referencial teórico consultado. Os tópicos que compõem a estrutura da Lista de Verificação da Sustentabilidade da Habitação (apêndice A) são os “nove passos para uma obra sustentável” (IDHEA, 2008), tratados no capítulo 2. Algumas questões seguem como exemplo no quadro 6. Já as demais atividades do Método G.A.I.A. (inclusive os sistemas de cálculo para obtenção dos resultados) foram mantidas, pois são adequadas aos objetivos da pesquisa.

Quadro 6: Exemplos de questões da Lista de Verificação da Sustentabilidade na Habitação correspondente à primeira etapa da F.A.D.A.

<b>3º CRITÉRIO: EFICIÊNCIA ENERGÉTICA</b>		<b>SIM</b>	<b>NÃO</b>	<b>NA</b>
15	Há sistemas de captação de energia limpa e renovável para auxiliar na economia de energia?			
<b>4º CRITÉRIO: GESTÃO E ECONOMIA DA ÁGUA</b>		<b>SIM</b>	<b>NÃO</b>	<b>NA</b>
23	Há sistema de captação e reaproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis?			

### 4.3 Aplicação da ferramenta proposta

A primeira etapa, realizada com o auxílio da proprietária e dos profissionais responsáveis pelos projetos, foi a Lista de Verificação da Sustentabilidade da Habitação (apêndice B) respondida em 12-05-2009, três meses após o início da ocupação da residência. Das 49 questões, 30 representaram boas práticas ambientais, indicadas pela cor verde. As cores apenas são reveladas após o preenchimento da lista.

O próximo passo foi o de calcular o resultado. Da mesma forma que é feito no G.A.I.A., obtém-se o resultado a partir da divisão do número de respostas “verdes” pelo total de perguntas subtraído do número de casas amarelas, o que proporciona a eliminação da interferência das perguntas não aplicáveis à organização.

$$\text{Sustentabilidade da Habitação} = \frac{\text{TOTAL DE QUADROS VERDES} \times 100}{(49 - \text{TOTAL DE QUADROS AMARELOS})}$$

$$\text{Ou seja, } 30 \times 100 / 49 - 1 = \mathbf{62,50\%}$$

De acordo com o cálculo acima, pode-se inferir que a classificação da sustentabilidade da habitação avaliada é **ADEQUADA**, indicando que os agentes envolvidos no processo construtivo da residência avaliada possuem **MÉDIA PERCEPÇÃO** em relação à sustentabilidade e ao desempenho ambiental.

O resultado obtido serviu não só para sensibilizar os agentes envolvidos no processo com relação à importância de tomar providências para melhoria do desempenho ambiental da edificação avaliada, mas, principalmente, para adotar medidas preventivas no planejamento de novas edificações.

Na seqüência, foi elaborado o Mapeamento da Cadeia de Produção e Consumo de um produto da construção civil (figura 19), considerando as etapas

do ciclo de vida de uma edificação. Atividades destacadas em vermelho estão relacionadas aos processos mais impactantes ao meio ambiente. A cor verde representa boas práticas a serem adotadas para a minimização dos impactos. A cor amarela representa as demais atividades relacionadas ao processo produtivo, que dependendo de sua operação, podem ou não ser potencialmente impactantes.

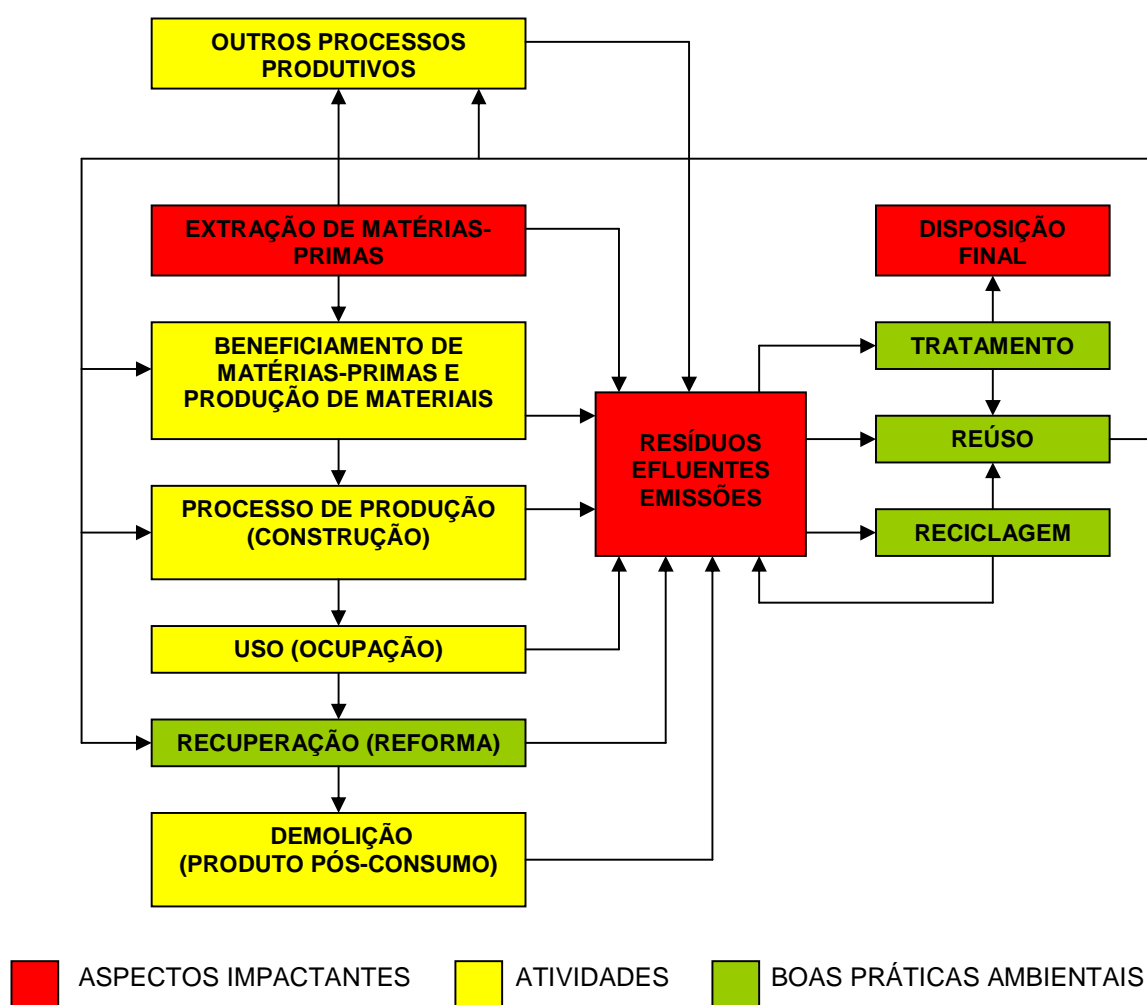


Figura 19: Mapeamento da Cadeia de Produção e Consumo de um produto da construção civil



Já o Estudo de Entradas e Saídas do Processo de Construção (figura 20) e o Mapeamento do Macro-fluxo do Processo de Construção (apêndice C) exemplificado no quadro 7 consideram as especificidades da residência avaliada.

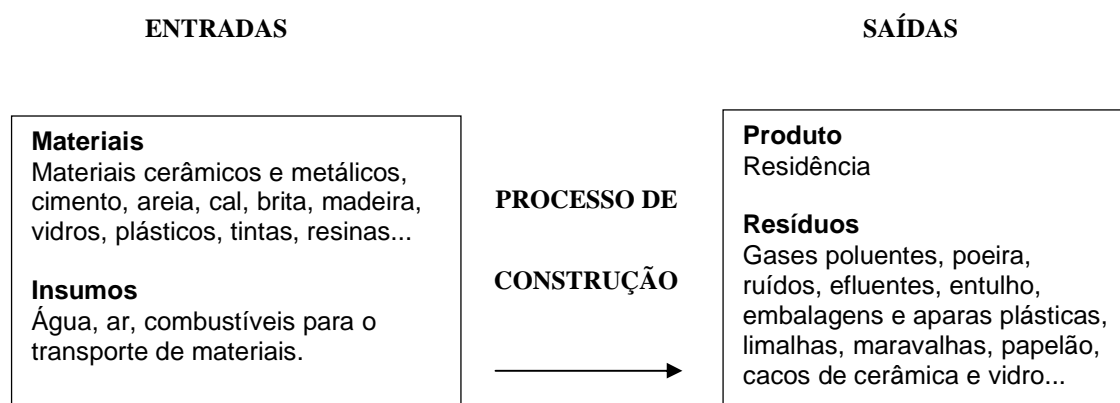


Figura 20: Estudo de entradas e saídas do processo construtivo da residência avaliada

Fonte: Adaptado de BADUE (1996) *apud* MORAES (2007).

Quadro 7: Exemplo de Mapeamento do Macro-Fluxo do processo de construção

ETAPA	ATIVIDADE
1. Serviços preliminares e gerais	1.1 Levantamento da área; projetos; especificações; orçamento; cronograma.
	1.2 Instalações provisórias de tapumes, barracão, placas, água, luz, esgoto.
2. Infra-estrutura	2.1 Limpeza do terreno, escavações manuais, locação.
	2.2 Fundação composta por estacas e vigas baldrame em concreto armado.
	2.3 Impermeabilização das vigas baldrame com solução asfáltica.
12. Ocupação	12.1 Uso da residência
13. Recuperação	13.1 Reforma de estruturas e instalações

A planilha de identificação e priorização de aspectos e impactos elaborada para a residência em estudo (apêndice D) está exemplificada no quadro 8 e inclui

não só as atividades realizadas nas etapas de construção, como também aquelas praticadas na etapa de uso e ainda aquelas estimadas para as fases de manutenção e demolição. Tal inclusão foi feita considerando o fato de que os impactos continuam por todo o ciclo de vida do produto, e que a etapa de uso geralmente tem longa duração e grande representatividade no desempenho ambiental da residência.

Quadro 8: Parte da Planilha de Identificação e Priorização de Aspectos e Impactos

ATIVIDADE	ASPECTO	IMPACTO	S	PREOCUPAÇÕES COMERCIAIS							PREOCUPAÇÕES AMBIENTAIS					X	P
			E	S/N	E L	F C	C A	E C	P P	E I	Σ COM	E	S	P O	D P	Σ AMB	
Execução da Pintura	Uso de lixas, tintas, vernizes, solventes, andaimes e ferramentas.	Uso de R.N.N.R., poluentes, ruídos, poeira, efluentes, R.O.	N	4	4	1	3	3	3	3	4	3	4	1	3	6	9
Ocupação	Consumo de água, luz, gás, lenha, produtos orgânicos e material descartável.	Uso de R.N.N.R., R.O., resíduos, ruídos, poeira, gases poluentes e efluentes.	N	4	2	3	5	5	5	4	3	4	5	5	4,25	8,25	1

Legenda: R.N.N.R. = Recursos Naturais Não Renováveis; R.O. = Risco Ocupacional.

Fonte: SCHERER, 1999 *apud* LERÍPIO, 2001

A referida planilha irá auxiliar na identificação das atividades que causaram impactos mais severos. Os critérios para atribuição de valores foram os mesmos considerados no método G.A.I.A. (LERÍPIO, 2001), expostos na fundamentação teórica da presente pesquisa.

Após a identificação e classificação dos impactos por ordem de importância, foram relacionadas ações preventivas e/ou corretivas, expostas no quadro 9.

Quadro 9: Plano de Ação do tipo 5W2H para Melhoria do Desempenho Ambiental da edificação avaliada

O que	Por que	Quando	Onde	Quem	Como	Quanto custa <sup>8</sup>
Destino do material reciclável	Aumentar chances de reciclagem	De imediato	Centro de triagem do bairro	proprietária	Agendar dia da coleta	Custo zero.
Reaproveitar resíduos orgânicos	Adubar jardim	De imediato	Na própria residência	proprietária	Realizando a compostagem	Custo zero.
Substituir Lâmpadas	Economizar energia	Até dezembro de 2009	Interior da residência	proprietária	Adquirir lâmpadas econômicas	R\$ 150
Aproveitar águas pluviais	Economia de água potável	Até dezembro de 2010	Irrigação de jardim, descarga de vaso	Empresa especializada	Instalar filtro e reservatórios	R\$ 2.450
Aproveitar energia solar	Economia de energia	Até dezembro de 2010	Aquecimento da água	Empresa especializada	Instalar coletores e boiler	R\$ 4.200
Melhoria no Isolamento termo-acústico	Aumentar conforto	Até dezembro de 2010	Quartos e sala	Empresa especializada	Duplicação dos vidros das janelas	R\$ 1.000
Seleção de profissionais competentes	Diminuir desperdícios	Até dezembro de 2010	Garagem os fundos	Proprietária, profissionais responsáveis	Buscar referências	~ R\$ 250 por m².
Manter edificação em perfeito estado	Aumentar vida útil da edificação	Anualmente	Toda a residência	Proprietária, profissionais responsáveis	Realizar testes nas instalações, limpeza, pintura	Variável

Fonte: Adaptado de CAMPOS, 1998 *apud* MORAES, 2007.

<sup>8</sup> Itens que contém preço são baseados numa média de orçamentos coletados em três empresas diferentes, no município de Santa Maria-RS, no período de julho de 2008 a maio de 2009.

No plano de ação do quadro 9 houve priorização de soluções que visam minimizar os impactos associados às atividades realizadas na etapa de uso da edificação, prevenir possíveis impactos na realização da segunda etapa, prevista para 2010, e também aumentar o tempo de utilização da residência.

Considerando que muitos impactos significativos ocorreram na fase de construção do objeto de estudo, foi elaborado um segundo Plano de ação (apêndice E), com ênfase no processo de construção de novas edificações de mesmo porte. No entanto, os custos não foram relacionados porque dependem diretamente do sistema construtivo adotado, da quantidade de funcionários em atividade na obra, do programa de necessidades básicas e dos costumes dos usuários.

#### 4.4 Discussão dos resultados

O principal fator responsável pela atribuição de valores altos de significância dos impactos relativos a cada etapa do processo construtivo foi, sem dúvida, o desperdício, haja vista a grande quantidade de entulhos gerados, com destaque para concretos e argamassas. Ainda assim, o valor do metro quadrado construído foi de R\$ 828,57. Comparando com o valor do Custo Unitário Básico da Construção Civil no Estado do Rio Grande do Sul para residência unifamiliar de padrão de acabamento normal (quadro 10), houve um ganho econômico da ordem de 11,24%.

Supondo que a segunda etapa da obra - que contempla ampliação da residência e conclusão dos sistemas de aproveitamento de águas pluviais e energia solar para aquecimento de água – houvesse sido concluída, o custo do metro quadrado não ultrapassaria R\$ 906,57, o que significa uma economia de aproximadamente 2,88% em relação ao preço médio local, demonstrando que nem sempre – como no caso da residência em estudo - são necessários altos investimentos para a adoção de tecnologias ambientalmente amigáveis.

Quadro 10: Valor do Custo Unitário Básico da Construção Civil no Estado do Rio Grande do Sul para o mês de maio de 2009

As informações abaixo foram fornecidas pelo Sinduscon-RS ( <a href="http://www.sinduscon-rs.com.br">www.sinduscon-rs.com.br</a> )			
CUB/RS do mês de MAIO/2009 - NBR 12.721 - Versão 2006			
PROJETOS	PADRÃO DE ACABAMENTO	PROJETOS PADRÃO	R\$/M <sup>2</sup>
<b>RESIDENCIAIS</b>			
R-1 (Residência Unifamiliar)	Baixo	R 1-B	768,93
	Normal	R 1-N	933,52
	Alto	R 1-A	1.196,43

Mesmo com altos valores de significância atribuídos aos impactos ambientais, as características de sustentabilidade foram capazes de garantir à residência avaliada um desempenho ambiental “adequado”.

O resultado poderia ser melhor se não houvessem restrições impostas pelo agente financiador ao uso de alguns materiais ambientalmente amigáveis. Um exemplo disto é a proibição do uso das telhas fabricadas a partir de embalagens recicladas. Em vez disto, foram utilizadas telhas de fibrocimento livres de amianto.

Ainda assim, tal resultado tende a melhorar, pois a previsão para conclusão dos sistemas de aproveitamento de águas pluviais, energia solar para aquecimento de água e gerenciamento de resíduos é de curto prazo.

Com a realização de boas práticas ambientais como as que foram sugeridas nos Plano de Ação resultantes e, principalmente, a adoção de uma postura preventiva em relação aos possíveis impactos, pode-se atingir a excelência no desempenho ambiental das residências unifamiliares e garantir uma melhor qualidade de vida ao usuário.

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O presente trabalho de pesquisa propõe uma Ferramenta de Avaliação de Desempenho Ambiental (F.A.D.A.) para auxiliar na identificação do nível de sustentabilidade de habitações residenciais unifamiliares, baseada no Método G.A.I.A. - Gerenciamento de Aspectos e Impactos Ambientais (LERÍPIO, 2000) e em diretrizes para a sustentabilidade em projetos de arquitetura obtidas através de pesquisas bibliográficas.

Esta ferramenta foi aplicada em uma residência e apontou um índice de sustentabilidade de 62,50%, o que corresponde a um nível ADEQUADO. O acompanhamento da avaliação pode auxiliar os agentes envolvidos no processo construtivo a implantar a F.A.D.A. em edifícios de mesmo porte e a compreender, através dos resultados obtidos, que conceitos de sustentabilidade aplicados à habitação proporcionam melhoria na qualidade do espaço habitado, trazem benefícios ambientais e podem também gerar ganhos econômicos, desde que a habitação seja planejada, utilizada e conservada de forma adequada.

É importante lembrar que o produto da construção civil é um bem de consumo durável, com tempo de uso muito extenso e grandes possibilidades de recuperação, mas é necessário elaborar um planejamento sustentável e adotar uma postura preventiva para garantir a redução de desperdícios, a minimização de impactos ambientais e a qualidade do produto final.

No entanto, o setor da construção civil enfrenta grande resistência à quebra de paradigmas, como as práticas construtivas arcaicas empregadas por mão-de-obra desqualificada, priorização de fatores estéticos em detrimento de estratégias de conforto ambiental e o preconceito em empregar materiais e tecnologias ambientalmente amigáveis por acreditar que estes são menos duráveis ou que estão associados a altos investimentos.

Felizmente, a velocidade na difusão de informações tem incentivado a mudança de atitudes. A procura por produtos e tecnologias ambientalmente amigáveis aumenta progressivamente, o que demanda uma produção em maior escala e uma conseqüente redução nos preços. Hoje se sabe que conceitos de sustentabilidade aplicados a habitações podem auxiliar a modificar a relação da sociedade com seu habitat, proporcionando qualidade de vida aos usuários e minimizando os impactos ambientais negativos. Princípios de arquitetura bioclimática adotados num passado não distante – ora abandonados em prol da corrida pelo aumento da produtividade – passam atualmente por um processo de revalorização, pois são pré-requisitos para conferir às edificações um desempenho ambiental adequado e melhorar a imagem de construtores e empresas diante de um mercado consumidor cada vez mais consciente do seu papel na preservação do meio ambiente.



## REFERÊNCIAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR ISO 14001:1996. Sistemas de Gestão Ambiental – Especificações e diretrizes para uso.** Rio de Janeiro: ABNT, 1996.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR ISO 14004:1996. Sistemas de Gestão Ambiental – Diretrizes gerais sobre princípios, sistemas e técnicas de apoio.** Rio de Janeiro: ABNT, 1996.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 9050:2004. Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos.** Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ÂNGULO, Sergio C.; ZORDAM, Sergio E.; JOHN Vanderley M. **Desenvolvimento sustentável e a reciclagem de resíduos na construção civil.** In: IBRACON, ANAIS IV Seminário Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem na Construção Civil, Comitê Técnico CT 206 - Meio Ambiente, 2001, p 43-56.

Association Haute Qualité Environnementale. **HQE.** Disponível em: <<http://www.assohqe.org/>> Acesso em: 11 de maio de 2009.

**Avaliação Ambiental.** Revista Técnica, nº 145, abril de 2009.

BARROS, Carlos André Pereira de. **Ecodesign e a Indústria.** Fórum Permanente de Energia e Ambiente. UNICAMP – MIDIC. 2004. Disponível em: <<http://www.cori.unicamp.br/foruns/energia/evento4/CarlosAndre.ppt#256,1,Ecodesign e a Indústria>>. Acesso em: 15 maio 2009.

BARROSO-KRAUSE, Cláudia *et. al.* **Bioclimatismo no projeto de arquitetura.** Apostila do PROARQ – FAU - UFRJ, março de 2005. Disponível em: <<http://www.proarq.fau.ufrj.br/>>. Acesso em: 18 nov. 2008.

BAUMHARDT, Eduardo Oscar. **Sistemática para operacionalização de técnicas e conceitos da construção enxuta**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002. 149p.

BRAGA, Benedito, *et.al.* **Introdução à Engenharia Ambiental**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005. 2a ed.

Building Research Establishment. **BREEAM**. Disponível em: <<http://www.breeam.org>> Acesso em: 11 de maio de 2009.

CALOMARDE, José V. **Marketing Ecológico**. V Jornadas Técnicas sobre Reciclado de Aparatos Eléctricos e Electrónicos. El Puerto de Santa Maria, 2005.

CAPRA, Fritjof. **As Conexões Ocultas: Ciência para uma vida sustentável**. São Paulo: Cultrix, 2002.

CAPRA, Fritjof. **Sustentabilidade é o respeito à capacidade da natureza de gerar vida**. Bio - Revista Brasileira de Saneamento e Meio Ambiente, Rio de Janeiro, Ano XIII, nº 25, Janeiro/Março 2003.

CNTL. **Implementação de Programas de Produção mais Limpa**. SENAI-RS. Porto Alegre, Centro Nacional de Tecnologias Limpas SENAI-RS/UNIDO/INEP, 2003.

CONAMA. Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002. **Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil**. BRASIL, Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente. Publicação DOU nº 136, de 17/07/2002, págs. 95-96. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama>>. Acesso em: 26 de março de 2009.

Conselho Brasileiro de Manejo Florestal FSC Brasil. **Manejo e Certificação Florestal no Brasil**. Disponível em: <<http://www.fsc.org.br>> . Acesso em: 28 de maio de 2009.

**Construção Sustentável.** CTCS – Câmara Temática de Construção Sustentável. Disponível em: <<http://www.cebds.org.br/cebds/ctcs>>. Acesso em: 08 de maio de 2009.

**Construção sustentável.** IDHEA – Instituto para o Desenvolvimento da Habitação Ecológica. Disponível em: <[http://www.idhea.com.br/construção\\_sustentavel](http://www.idhea.com.br/construção_sustentavel)>. Acesso em: 29 abr. 2008.

CUNHA, Eduardo Grala; MAGRO, Maurício Lago. **Novas estratégias projetuais na construção civil: a racionalização do uso de energia.** Seminário Internacional NUTAU´2002 - Sustentabilidade, Arquitetura e Desenho Urbano, São Paulo, outubro de 2002. Anais. São Paulo: FAU – USP, 2002. 1 CD-ROM.

DEGANI, Clarice Menezes; CARDOSO, Francisco Ferreira. **A Sustentabilidade ao longo do ciclo de vida de edifícios: a importância da etapa de projeto arquitetônico.** In: Seminário Internacional NUTAU´2002 - Sustentabilidade, Arquitetura e Desenho Urbano, São Paulo, outubro de 2002. Anais. São Paulo: FAU – USP, 2002. 1 CD-ROM.

DEGANI, Clarisse Menezes. **Sistemas de Gestão Ambiental em Empresas Construtoras de Edifícios.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003. 223p.

**Ecoeficiência.** CEBDS – Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável. Disponível em: <<http://www.cebds.org.br>>. Acesso em 27 de abril de 2009.

**Eco-efficiency: creating more value with less impact.** WBCSD – World Business Council for Sustainable Development. October, 2000.

Green Building Challenge. **GBTool.** <<http://www.greenbuilding.ca/>> Acesso em: 11 de maio de 2009.

**Indoor Air Facts: Sick Building Syndrome.** EPA - United States Environmental Protection Agency. February, 1991. – Artigo disponível em: <[www.epa.gov/iaq/pubs/sbs.html](http://www.epa.gov/iaq/pubs/sbs.html)>. Acesso em: 13 de maio de 2009.

Instituto de Pesquisas Tecnológicas. <<http://www.ipt.br/>>

IWASHITA, Juliana; ROMÉRO, Marcelo de Andrade. **Eficiência energética e sustentabilidade na arquitetura de edifícios comerciais.** In: Seminário Internacional NUTAU'2002 - Sustentabilidade, Arquitetura e Desenho Urbano, São Paulo, outubro de 2002. Anais. São Paulo: FAU – USP, 2002. 1 CD-ROM.

Japan Sustainable Building Consortium. **CASBEE.** Disponível em: <<http://www.ibec.or.jp/CASBEE/english/overviewE.htm>> Acesso em: 11 de maio de 2009.

Lei Complementar nº. 032 de 22 de dezembro de 2005. **Dispõe sobre o Código de Obras e Edificações do Município de Santa Maria e dá outras providências.**

Lei Municipal nº. 5.593, de 08 de fevereiro de 2007. **Código de Urbanismo e Edificações do Município de Maceió.**

LERÍPIO, A. A. **G.A.I.A. – Uma Metodologia de Gerenciamento de Aspectos e Impactos Ambientais.** Tese (Doutorado em Engenharia de produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001. 232p.

**Measuring eco-efficiency: a guide to report company performance.** WBCSD – World Business Council for Sustainable Development. June, 2000.

MONTES, María Andrea Triana. **Diretrizes para incorporar conceitos de sustentabilidade no planejamento e projeto de arquitetura residencial multifamiliar e comercial em Florianópolis.** Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005. 188p.

MORAES, Jorge A. Ribas. **Disciplina de Avaliação Ambiental de Sistemas**. Apostila digital do Mestrado em Tecnologia Ambiental – UNISC, 2007.

NÓBILE, Alexandre Amato. **Diretrizes para a sustentabilidade ambiental em empreendimentos habitacionais**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2003. 412p.

**Nove passos para a Obra Sustentável**. IDHEA – Instituto para o Desenvolvimento da Habitação Ecológica. Disponível em: <[http://www.idhea.com.br/pdf/nove\\_passos](http://www.idhea.com.br/pdf/nove_passos)>. Acesso em: 29 abr. 2008.

**O Futuro da Construção Civil no Brasil**. ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Disponível em: <<http://prospectiva.pcc.usp.br/>>. Acesso em: 03 mar. 2008.

PINTO, Tarcísio de Paula. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999. 189p.

PIOVEZAN, Gilson T. A. Jr. **Avaliação dos resíduos da construção civil (RCC) gerados no município de Santa Maria**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2007. 76p.

**Princípios do Eco-design**. Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Eco-design>>. Acesso em: 16 maio 2009.

**Reforma ecológica**. IDHEA – Instituto para o Desenvolvimento da Habitação Ecológica. Disponível em: <http://www.idhea.com.br/reforma>. Acesso em: 29 abr. 2008.

ROAF, Sue, *et. al.* **Ecohouses: A Casa Ambientalmente Sustentável**. 2ª ed., Porto Alegre: Bookman, 2006.

ROCHA, J. C., JOHN, V. M. **Utilização de Resíduos na Construção Habitacional**. Coleção Habitare, vol. 4, Porto Alegre: Antac, 2003.

SATTLER, Miguel Aloysio. PEREIRA, Fernando O. R. **Construção e Meio Ambiente**. Coleção Habitare, vol. 7, Porto Alegre: Antac, 2006.

**Selo Procel**. PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia. Disponível em: <<http://www.eletrobras.gov.br/ELB/procel>>. Acesso em: 10 de maio de 2009.

SILVA, Vanessa Gomes da. **Avaliação da sustentabilidade de edifícios de escritórios brasileiros: diretrizes e base metodológica**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da USP, São Paulo, 2003. 210p.

SOUZA, Adonis Arantes. **Arquitetura Bioclimática**. Disponível em: <[http://www.dee.ufrj.br/lafae/txt\\_bioclim.html](http://www.dee.ufrj.br/lafae/txt_bioclim.html)> Acesso em: 03 de julho de 2009.

**Transforming the Market: Energy Efficiency in Buildings**. WBCSD – World Business Council for Sustainable Development. April, 2009.

U.S. Green Building Council. **LEED**. Disponível em: <<http://www.usgbc.org>>. Acesso em: 11 de maio de 2009.

VAZ, Jorge Eduardo Ferreira. **Resíduos da construção civil – geração e destinação sustentáveis**. Monografia (Pós-Graduação em Gestão Ambiental) - Faculdade São Salvador. Salvador, 2009.

VITTORINO, Fulvio; AKUTSU, Maria. **O edifício e os impactos ambientais decorrentes dos sistemas de condicionamento térmico de ambientes**. Seminário Internacional NUTAU'2002 - Sustentabilidade, Arquitetura e Desenho Urbano, São Paulo, outubro de 2002. Anais. São Paulo: FAU – USP, 2002. 1 CD-ROM.

## ANEXO A

## FASES E ATIVIDADES DO MÉTODO G.A.I.A. (LERÍPIO, 2001).

FASES	OBJETIVO	ATIVIDADES	RESULTADOS ESPERADOS
1. SENSIBILIZAÇÃO	Proporcionar a adesão e o comprometimento da alta administração com a melhoria contínua do desempenho ambiental.	1.1 AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE DO NEGÓCIO	Conhecimento do nível atual do desempenho ambiental da organização pela alta administração.
		1.2 ANÁLISE ESTRATÉGICA AMBIENTAL	Comparação do desempenho atual com aquele apresentado por filosofias defensivas, reativas, indiferentes e inovativas de gerenciamento.
		1.3 COMPROMETIMENTO DA ALTA ADMINISTRAÇÃO	Definição da Missão, Visão, Política e Objetivos Organizacionais.
		1.4 PROGRAMA DE SENSIBILIZAÇÃO DE PARTES INTERESSADAS	Sensibilização de colaboradores, fornecedores, comunidade, órgãos ambientais, clientes.
2. CONSCIENTIZAÇÃO	Identificar a cadeia de produção e consumo e os principais aspectos ambientais, especialmente o processo produtivo da organização alvo.	2.1 MAPEAMENTO DA CADEIA DE PRODUÇÃO E CONSUMO	Identificação da cadeia de ciclo de vida do produto, desde a extração de matérias primas até o produto pós-consumido.
		2.2 MAPEAMENTO DO MACROFLUXO DO PROCESSO	Identificação das etapas do processo produtivo da organização alvo.
		2.3 ESTUDO DE ENTRADAS E SAÍDAS DOS PROCESSOS	Identificação qualitativa das matérias primas, insumos utilizados, produtos, resíduos, efluentes e emissões de cada etapa do processo.
		2.4 INVENTÁRIO DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS	Identificação dos principais aspectos e impactos ambientais do processo produtivo.
3. CAPACITAÇÃO	Capacitar os colaboradores a definir e implementar as melhorias no desempenho ambiental.	3.1 IDENTIFICAÇÃO CRIATIVA DE SOLUÇÕES	Propostas de soluções para os principais aspectos e impactos, utilizando brainstorming e teoria do alpinista.
		3.2 ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICO-ECONÔMICO E AMBIENTAL	Definir qual a solução mais viável sob pontos de vista técnicos, econômicos e ambientais.
		3.3 PLANEJAMENTO	Definição de Objetivos e Metas, Planos de Ação e Indicadores de Desempenho (5W2H).

## ANEXO B

Lista de Verificação da Sustentabilidade da Organização (LERÍPIO, 2001).

<b>CRITÉRIO 1 - FORNECEDORES</b>		<b>SIM</b>	<b>NÃO</b>	<b>NA</b>
1	As matérias primas utilizadas são oriundas de recursos renováveis?			
2	Os fornecedores são monopolistas do mercado?			
3	Os fornecedores apresentam processos produtivos impactantes ao meio ambiente e aos seres humanos?			
4	Para extração/transporte/processamento/distribuição da matéria-prima é necessário grande consumo de energia?			
5	Os principais fornecedores da organização são certificados pelas normas ambientais ISO 14001?			
6	Os principais fornecedores da organização são certificados pelas normas de saúde e segurança BS 8800 ou OHSAS 18001?			
<b>CRITÉRIO 2 – PROCESSOS PRODUTIVOS</b>				
<b>a) Eco-eficiência do Processo Produtivo</b>				
7	Os processos produtivos são poluentes ou potencialmente poluidores?			
8	Ocorre a geração de resíduos perigosos durante o processamento do produto?			
9	O processo produtivo é responsável por um alto consumo de energia?			
10	A taxa de conversão de matéria-prima em produtos é maior ou igual à média do setor?			
11	A relação efluente gerado por unidade de produto é igual ou maior à média do setor em metros cúbicos de água por unidade de produto produzido?			
12	A relação resíduo sólido gerado por unidade de produto é igual ou maior que à média do setor em quilogramas de resíduos sólidos gerados por produto produzido?			
13	A relação de emissões atmosféricas gerada por unidade de produto é igual ou maior que à média do setor em metros cúbicos (ou quilogramas) de emissões atmosféricas por unidade de produto produzidos?			
14	A relação de energia utilizada por unidade de produto é igual ou maior que a média do setor em Gigajoules por lote (ou unidade) de produto produzido?			
15	A organização atende integralmente as normas relativas à saúde e segurança dos colaboradores internos e externos?			
<b>b) Nível de Tecnologia Utilizada no Processo</b>				
16	Os produtos apresentam baixo valor agregado?			
17	A tecnologia apresenta viabilidade somente para grandes escalas de funcionamento?			
18	A tecnologia apresenta grau de complexidade elevado?			
19	A tecnologia apresenta alto índice de automação (demanda uma baixa densidade de capital e trabalho)?			
20	A tecnologia demanda a utilização de insumos e matérias-primas perigosas?			
21	A tecnologia demanda a utilização de recursos não renováveis?			
22	A tecnologia é autóctone (capaz de ser desenvolvida, mantida e aperfeiçoada com recursos próprios)?			
23	A tecnologia representa uma dependência da organização em relação à algum fornecedor ou parceiro?			



## ANEXO B (Continuação)

<b>c) Aspectos e Impactos Ambientais do Processo</b>				
24	A fonte hídrica utilizada é comunitária?			
25	Existe um alto consumo de água no processo produtivo?			
26	Existe um alto consumo de água total na organização?			
27	Existe algum tipo de reaproveitamento de água no processo?			
28	São gerados efluentes perigosos durante o processo?			
29	Os padrões legais referentes a efluentes líquidos são integralmente atendidos?			
30	São gerados resíduos perigosos (classe 1) durante o processo produtivo?			
31	Os padrões legais referentes a resíduos sólidos são integralmente atendidos?			
32	Existe algum tipo de reaproveitamento de resíduo sólido no processo?			
33	Existe algum resíduo gerado passível de valorização em outros processos produtivos?			
34	A matriz energética é proveniente de fontes renováveis?			
35	A atividade produtiva é alta consumidora de energia?			
36	Ocorre a geração de emissões atmosféricas tóxicas ou perigosas?			
37	Os padrões legais referentes a emissões atmosféricas são integralmente atendidos?			
38	Existe algum tipo de reaproveitamento de energia no processo?			
39	São utilizados gases estufa no processo produtivo?			
40	São utilizados gases ozônio no processo produtivo?			
41	São utilizados elementos causadores de acidificação no processo produtivo?			
42	São utilizados compostos orgânicos voláteis no processo produtivo?			
<b>d) Indicadores Gerenciais</b>		SIM	NÃO	NA
43	A organização está submetida a uma intensa fiscalização por parte dos órgãos ambientais municipais, estaduais e federais?			
44	A organização é ré em alguma ação judicial referente à poluição ambiental, acidentes ambientais e ou indenizações trabalhistas?			
45	Já ocorreram reclamações sobre aspectos e impactos do processo produtivo por parte da comunidade vizinha?			
46	Em caso afirmativo, foram tomadas ações corretivas e ou preventivas para a resolução do problema? os acidentes ou incidentes foram resolvidos			
47	Ocorreram acidentes ou incidentes ambientais no passado?			
48	Em caso afirmativo, os acidentes ou incidentes foram resolvidos de acordo com as expectativas da partes interessadas?			
49	Os acidentes ou incidentes foram documentados e registrados em meio adequado?			
50	São realizados investimentos sistemáticos em proteção ambiental?			
51	A eficiência de utilização de insumos e matérias-primas é igual ou superior à média do setor?			
52	A quantidade mensal de matérias-primas e energia utilizada por unidade de produto é crescente?			
<b>e) recursos Humanos na Organização</b>				
53	A alta administração se mostra efetivamente comprometida com a gestão ambiental?			
54	O corpo gerencial se apresenta efetivamente comprometido com a gestão ambiental?			

## ANEXO B (Continuação)

55	A mão-de-obra empregada é altamente especializada?	Red	Green	Yellow
56	Os colaboradores estão voltados à inovações tecnológicas?	Green	Red	Yellow
57	A criatividade é um dos pontos fortes da organização e de seus colaboradores?	Green	Red	Yellow
58	Existe uma política de valorização do capital intelectual?	Green	Red	Yellow
59	A organização oferece participação nos lucros ou outras formas de motivação aos colaboradores?	Green	Red	Yellow
60	Os novos produtos desenvolvidos possuem longos ciclos de desenvolvimento?	Red	Green	Yellow
	<b>f) disponibilidade de Capital</b>			
61	Existe capital próprio disponível para investimentos em gestão ambiental?	Green	Red	Yellow
62	Existem restrições cadastrais ou legais para a concessão de empréstimos para investimentos em gestão ambiental?	Red	Green	Yellow
63	A organização apresenta lucro operacional na rubrica gerenciamento de resíduos?	Green	Red	Yellow
	<b>CRITÉRIO 3 – UTILIZAÇÃO DO PRODUTO /SERVIÇO</b>			
64	O consumidor tradicional do produto apresenta alta consciência e nível de esclarecimento ambiental?	Green	Red	Yellow
65	O produto é perigoso ou requer atenção e cuidados por parte do usuário?	Red	Green	Yellow
66	A utilização do produto ocasiona impacto ou risco potencial ao meio ambiente e aos seres humanos?	Red	Green	Yellow
67	O produto situa-se em um mercado de alta concorrência?	Red	Green	Yellow
68	O produto possui substitutos no mercado ou em desenvolvimento?	Red	Green	Yellow
69	O produto apresenta consumo intensivo (artigo de primeira necessidade)	Green	Red	Yellow
70	O produto apresenta características de alta durabilidade?	Green	Red	Yellow
71	O produto é de fácil reparo para aumento da vida útil?	Green	Red	Yellow
72	O produto apresenta um mínimo necessário de embalagem?	Green	Red	Yellow
	<b>CRITÉRIO 4 – PRODUTO PÓS-CONSUMIDO</b>			
73	O produto após sua utilização pode ser reutilizado ou reaproveitado?	Green	Red	Yellow
74	O produto após sua utilização pode ser desmontado para reciclagem e ou reutilização?	Green	Red	Yellow
75	O produto após sua utilização pode ser reciclado no todo ou em partes?	Green	Red	Yellow
76	O produto após sua utilização apresenta facilidade de biodegradação e decomposição?	Green	Red	Yellow
77	O produto pós-consumido apresenta periculosidade?	Red	Green	Yellow
78	O produto pós-consumido requer cuidados adicionais para proteção do meio ambiente?	Red	Green	Yellow
79	O produto pós-consumido gera empregos e renda na sociedade?	Green	Red	Yellow

## ANEXO C

Correlações entre sustentabilidade e desempenho ambiental das organizações (LERÍPIO, 2001).

Classificação em cores	Nível de desempenho	Atendimento à legislação	Situação ambiental	Percepção da empresa
<b>Vermelho</b>	<b>Muito pobre</b>	<b>Não atendimento</b>	O poluidor não realiza nenhum esforço para controlar a poluição ou causa sérios danos ao meio ambiente.	<b>Nenhuma percepção</b>
<b>Laranja</b>	<b>Pobre</b>	<b>Atendimento parcial</b>	O poluidor realiza somente alguns esforços para controlar a poluição, mas não o suficiente para alcançar os padrões legais.	<b>Fraca percepção</b>
<b>Amarelo</b>	<b>Adequado</b>	<b>Atendimento baseado em controle / correção</b>	O poluidor somente aplica os esforços suficientes para atender a legislação.	<b>Média percepção</b>
<b>Azul</b>	<b>Bom</b>	<b>Atendimento pró-ativo</b>	O nível de poluição é menor que os padrões legais em pelo menos 50%. Poluidor também apresenta disposição adequada de lodos, housekeeping, registros detalhados de poluição, e razoável manutenção de sistemas de tratamento de efluentes. <b>PRODUÇÃO LIMPA</b>	<b>Percepção acima da média</b>
<b>Verde</b>	<b>Excelente</b>	<b>Atendimento pleno</b>	Todos os requisitos de VERDE, mais níveis similares de controle de poluição do ar e resíduos perigosos. Poluidor alcança padrões internacionais pelo uso extensivo de tecnologia limpa, minimização de resíduos, prevenção da poluição, reciclagem, etc... <b>ZERI</b>	<b>Alta percepção</b>

## ANEXO D

Cenários de organizações de acordo com seu desempenho ambiental. (LERÍPIO, 2001)

Desempenho	Impacto ambiental associado às atividades		Imagem organizacional junto à órgãos ambientais, ONGs e consumidores conscientes	Balanço Financeiro Ambiental (Aplicável somente à rubrica gerenciamento de resíduos, efluentes e emissões)			Resultado organizacional
				Custo direto	Passivo	Receita	
MUITO POBRE	MÁXIMO		PÉSSIMA	ZERO (nenhum custo em produção ambiental)	MÁXIMO	NENHUMA	Lucro aparente, prejuízo em médio prazo, risco de sobrevivência no mercado.
POBRE	ALTO		RUIM	BAIXO (desempenho insuficiente para produção ambiental)	ALTO	NENHUMA	Prejuízo em curto prazo, risco de sobrevivência no mercado.
ADEQUADO	TOLERADO		NEUTRA	ALTO (custos associados ao controle da produção)	TOLERADO	NENHUMA	Prejuízo imediato, tendência de perda de competitividade no mercado.
BOM	BAIXO		BOA	MÉDIO (investimentos associados à prevenção da poluição)	BAIXO	PEQUENA	Lucro real em médio prazo, tendência de aumento de competitividade no mercado.
EXCELENTE	MÍNIMO OU INEXISTENTE		EXCELENTE	BAIXO (agregação de valor a resíduos, efluentes e emissões)	MÍNIMO	GRANDE	Lucro real em curto prazo, tendência de liderança de mercado.

## APÊNDICE A - Lista de Verificação da Sustentabilidade na Habitação

<b>1º CRITÉRIO: PLANEJAMENTO SUSTENTÁVEL</b>		<b>SIM</b>	<b>NÃO</b>	<b>NA</b>
1	Na fase de escolha do local foram considerados aspectos de infraestrutura e características naturais do entorno?			
2	Foram realizados estudos no sentido de minimizar os impactos que a obra poderia causar na vizinhança?			
3	O projeto considerou alternativas para flexibilidade do espaço habitado, caso seja necessário posterior reforma ou ampliação?			
4	O projeto contempla acessibilidade para pessoas com dificuldade de locomoção, como usuários de cadeiras de rodas?			
5	A residência atendeu integralmente às normas da legislação vigente (código de edificações, leis de uso e ocupação do solo...)?			
6	Foi contratada mão de obra local para a execução da obra?			
7	Os profissionais contratados tinham conhecimento para trabalhar de acordo com as diretrizes de PmaisL?			
8	Os profissionais contratados demonstraram comprometimento com os princípios de trabalho propostos?			
9	Houve preocupação com minimização de impactos ambientais no canteiro de obras (armazenamento de materiais, separação de resíduos, segurança e higiene do ambiente ocupacional)?			
<b>2º CRITÉRIO: APROVEITAMENTO PASSIVO DE RECURSOS NATURAIS</b>		<b>SIM</b>	<b>NÃO</b>	<b>NA</b>
10	O projeto contemplou o aproveitamento de aspectos naturais para proporcionar maior conforto à residência (orientação, relevo, vegetação pré-existente...)?			
<b>3º CRITÉRIO: EFICIÊNCIA ENERGÉTICA</b>		<b>SIM</b>	<b>NÃO</b>	<b>NA</b>
11	A luminosidade que a residência recebe é suficiente para dispensar a iluminação artificial durante o dia?			
12	As lâmpadas utilizadas são do tipo econômico?			
13	Os eletrodomésticos e equipamentos apresentam baixo consumo de energia?			
14	Há dispositivos econômicos (sensores de presença, dimerizadores)?			
15	Há sistemas de captação de energia limpa e renovável (solar, eólica...) para auxiliar na economia de energia?			
16	Caso a residência não utilize energias alternativas, há previsão para implantação do sistema?			
<b>4º CRITÉRIO: GESTÃO E ECONOMIA DA ÁGUA</b>				
<b>ABASTECIMENTO E USO DE ÁGUA</b>		<b>SIM</b>	<b>NÃO</b>	<b>NA</b>
17	O abastecimento de água é feito através da rede pública?			
18	Caso contrário, o proprietário possui licença ambiental para exploração e realiza controle periódico da qualidade da água?			

## APÊNDICE A (Continuação)

19	Na fase de execução da obra foram realizados testes para verificar possíveis vazamentos na tubulação?			
20	A residência possui dispositivos de economia para uso de água (tais como arejadores e sensores de presença para torneiras, descarga seletiva, reguladores de vazão...)?			
21	Caso a residência não possua tais dispositivos de economia de água, há previsão para instalação dos mesmos?			
<b>ÁGUAS PLUVIAIS</b>		<b>SIM</b>	<b>NÃO</b>	<b>NA</b>
22	O percentual de área reservado ao índice verde apresenta permeabilidade?			
23	Há sistema de captação e reaproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis (como lavagem de piso e irrigação de jardins)?			
24	Caso a residência não possua captação e reaproveitamento de águas pluviais, há previsão para implantação do sistema?			
<b>ÁGUAS SERVIDAS</b>		<b>SIM</b>	<b>NÃO</b>	<b>NA</b>
25	O local onde a residência foi implantada possui sistema de tratamento de esgotos sanitários?			
26	A solução para o destino final das águas servidas tem aprovação do órgão competente?			
27	Há sistema de tratamento para reaproveitamento de águas servidas para fins não potáveis?			
28	Caso a residência não possua tratamento para reaproveitamento de águas servidas, há previsão para implantação do sistema?			
<b>5º CRITÉRIO: GESTÃO DOS RESÍDUOS NA EDIFICAÇÃO</b>		<b>SIM</b>	<b>NÃO</b>	<b>NA</b>
29	Os resíduos não reaproveitados foram enviados para aterros sanitários específicos para receber este tipo de material?			
30	A separação de material reciclável é realizada pelos ocupantes da residência?			
31	O material reciclável é encaminhado para algum centro de coleta seletiva ou cooperativa de catadores?			
32	Os ocupantes da residência aproveitam o lixo orgânico para adubar horta e/ou jardim?			
<b>6º CRITÉRIO: QUALIDADE DO AR E DO AMBIENTE INTERIOR</b>		<b>SIM</b>	<b>NÃO</b>	<b>NA</b>
33	A residência é livre de umidade e odores desagradáveis?			
34	As aberturas foram dimensionadas e posicionadas de forma a permitir a renovação do ar com facilidade?			
<b>7º CRITÉRIO: CONFORTO TERMO-ACÚSTICO</b>		<b>SIM</b>	<b>NÃO</b>	<b>NA</b>
35	A temperatura interna da residência é agradável o suficiente para dispensar o uso constante de aparelhos de condicionamento térmico?			

## APÊNDICE A (Continuação)

36	A residência possui bom isolamento acústico contra ruídos externos?			
37	Possui materiais e/ou dispositivos que evitem/minimizem a transmissão de ruídos de um cômodo para o outro?			
<b>8º CRITÉRIO: USO RACIONAL DE MATERIAIS</b>		<b>SIM</b>	<b>NÃO</b>	<b>NA</b>
38	Houve planejamento adequado da quantidade e qualidade de materiais utilizados, visando evitar desperdícios?			
39	Possíveis sobras de material foram reaproveitadas em outras etapas da obra?			
40	Foram utilizados materiais reciclados e/ou reaproveitados de outras obras?			
<b>9º CRITÉRIO: USO DE PRODUTOS E TECNOLOGIAS AMBIENTALMENTE AMIGÁVEIS</b>		<b>SIM</b>	<b>NÃO</b>	<b>NA</b>
41	Foram utilizados prioritariamente materiais produzidos na região?			
42	Foi priorizado o uso de materiais de extensa vida útil e facilidade de manutenção?			
43	O uso de materiais ambientalmente amigáveis se sobrepõe ao uso de materiais produzidos através de processos impactantes ao meio ambiente?			
44	Os materiais industrializados utilizados foram fabricados através de processos pouco agressivos ao meio ambiente?			
45	Os materiais utilizados são livres de matérias primas que possam acarretar problemas ao meio ambiente e à saúde dos ocupantes?			
46	Houve preocupação com a legalidade da extração dos recursos naturais utilizados (pedra, areia, metais...)?			
47	A madeira utilizada é originária de manejo sustentável? Tem documento de origem florestal (DOF) que comprove a legalidade de sua exploração?			
48	As empresas fornecedoras de materiais e serviços possuem sistemas de gestão ambiental?			
49	O mobiliário especificado prioriza o uso de materiais ambientalmente amigáveis?			

**APÊNDICE B - Lista de Verificação da Sustentabilidade na Habitação aplicada ao estudo de caso**

<b>1º CRITÉRIO: PLANEJAMENTO SUSTENTÁVEL</b>		<b>SIM</b>	<b>NÃO</b>	<b>NA</b>
1	Na fase de escolha do local foram considerados aspectos de infraestrutura e características naturais do entorno?	X		
2	Foram realizados estudos no sentido de minimizar os impactos que a obra poderia causar na vizinhança?		X	
3	O projeto considerou alternativas para flexibilidade do espaço habitado, caso seja necessário posterior reforma ou ampliação?	X		
4	O projeto contempla acessibilidade para pessoas com dificuldade de locomoção, como usuários de cadeiras de rodas?		X	
5	A residência atendeu integralmente às normas da legislação vigente (código de edificações, leis de uso e ocupação do solo...)?	X		
6	Foi contratada mão de obra local para a execução da obra?	X		
7	Os profissionais contratados tinham conhecimento (ou foram treinados) para trabalhar de acordo com as diretrizes de PmaisL?		X	
8	Os profissionais contratados demonstraram comprometimento com os princípios de trabalho propostos?		X	
9	Houve preocupação com minimização de impactos ambientais no canteiro de obras (armazenamento de materiais, separação de resíduos, segurança e higiene do ambiente ocupacional)?		X	
<b>2º CRITÉRIO: APROVEITAMENTO PASSIVO DE RECURSOS NATURAIS</b>		<b>SIM</b>	<b>NÃO</b>	<b>NA</b>
10	O projeto contemplou o aproveitamento de aspectos naturais para proporcionar maior conforto à residência (orientação, relevo, vegetação pré-existente...)?	X		
<b>3º CRITÉRIO: EFICIÊNCIA ENERGÉTICA</b>		<b>SIM</b>	<b>NÃO</b>	<b>NA</b>
11	A luminosidade que a residência recebe é suficiente para dispensar a iluminação artificial durante o dia?	X		
12	As lâmpadas utilizadas são do tipo econômico?		X	
13	Os eletrodomésticos e equipamentos apresentam baixo consumo de energia?	X		
14	Há dispositivos econômicos (sensores de presença, dimerizadores)?		X	
15	Há sistemas de captação de energia limpa e renovável (solar, eólica...) para auxiliar na economia de energia?		X	
16	Caso a residência não utilize energias alternativas, há previsão para implantação do sistema?	X		
<b>4º CRITÉRIO: GESTÃO E ECONOMIA DA ÁGUA</b>				
<b>ABASTECIMENTO E USO DE ÁGUA</b>		<b>SIM</b>	<b>NÃO</b>	<b>NA</b>
17	O abastecimento de água é feito através da rede pública?	X		
18	Caso contrário, o proprietário possui licença ambiental para exploração e realiza controle periódico da qualidade da água?			X



## APÊNDICE B (Continuação)

19	Na fase de execução da obra foram realizados testes para verificar possíveis vazamentos na tubulação?	X		
20	A residência possui dispositivos de economia para uso de água (tais como arejadores e sensores de presença para torneiras, descarga seletiva, reguladores de vazão...)?	X		
21	Caso a residência não possua tais dispositivos de economia de água, há previsão para instalação dos mesmos?		X	
<b>ÁGUAS PLUVIAIS</b>		<b>SIM</b>	<b>NÃO</b>	<b>NA</b>
22	O percentual de área reservado ao índice verde apresenta permeabilidade?	X		
23	Há sistema de captação e reaproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis (como lavagem de piso e irrigação de jardins)?		X	
24	Caso a residência não possua captação e reaproveitamento de águas pluviais, há previsão para implantação do sistema?	X		
<b>ÁGUAS SERVIDAS</b>		<b>SIM</b>	<b>NÃO</b>	<b>NA</b>
25	O local onde a residência foi implantada possui sistema de tratamento de esgotos sanitários?	X		
26	A solução para o destino final das águas servidas tem aprovação do órgão competente?	X		
27	Há sistema de tratamento para reaproveitamento de águas servidas para fins não potáveis?		X	
28	Caso a residência não possua tratamento para reaproveitamento de águas servidas, há previsão para implantação do sistema?		X	
<b>5º CRITÉRIO: GESTÃO DOS RESÍDUOS NA EDIFICAÇÃO</b>		<b>SIM</b>	<b>NÃO</b>	<b>NA</b>
29	Os resíduos não reaproveitados foram enviados para aterros sanitários específicos para receber este tipo de material?	X		
30	A separação de material reciclável é realizada pelos ocupantes da residência?	X		
31	O material reciclável é encaminhado para algum centro de coleta seletiva ou cooperativa de catadores?		X	
32	Os ocupantes da residência aproveitam o lixo orgânico para adubar horta e/ou jardim?		X	
<b>6º CRITÉRIO: QUALIDADE DO AR E DO AMBIENTE INTERIOR</b>		<b>SIM</b>	<b>NÃO</b>	<b>NA</b>
33	A residência é livre de umidade e odores desagradáveis?	X		
34	As aberturas foram dimensionadas e posicionadas de forma a permitir a renovação do ar com facilidade?	X		
<b>7º CRITÉRIO: CONFORTO TERMO-ACÚSTICO</b>		<b>SIM</b>	<b>NÃO</b>	<b>NA</b>
35	A temperatura interna da residência é agradável o suficiente para dispensar o uso constante de aparelhos de condicionamento térmico?	X		

## APÊNDICE B (Continuação)

36	A residência possui bom isolamento acústico contra ruídos externos?		<b>X</b>	
37	Possui materiais e/ou dispositivos que evitem/minimizem a transmissão de ruídos de um cômodo para o outro?	<b>X</b>		
<b>8º CRITÉRIO: USO RACIONAL DE MATERIAIS</b>		<b>SIM</b>	<b>NÃO</b>	<b>NA</b>
38	Houve planejamento adequado da quantidade e qualidade de materiais utilizados, visando evitar desperdícios?	<b>X</b>		
39	Possíveis sobras de material foram reaproveitadas em outras etapas da obra?	<b>X</b>		
40	Foram utilizados materiais reciclados e/ou reaproveitados de outras obras?	<b>X</b>		
<b>9º CRITÉRIO: USO DE PRODUTOS E TECNOLOGIAS AMBIENTALMENTE AMIGÁVEIS</b>		<b>SIM</b>	<b>NÃO</b>	<b>NA</b>
41	Foram utilizados prioritariamente materiais produzidos na região?	<b>X</b>		
42	Foi priorizado o uso de materiais de extensa vida útil e facilidade de manutenção?	<b>X</b>		
43	O uso de materiais ambientalmente amigáveis se sobrepõe ao uso de materiais produzidos através de processos impactantes ao meio ambiente?		<b>X</b>	
44	Os materiais industrializados utilizados foram fabricados através de processos pouco agressivos ao meio ambiente?		<b>X</b>	
45	Os materiais utilizados são livres de matérias primas que possam acarretar problemas ao meio ambiente e à saúde dos ocupantes?		<b>X</b>	
46	Houve preocupação com a legalidade da extração dos recursos naturais utilizados (pedra, areia, metais...)?	<b>X</b>		
47	A madeira utilizada é originária de manejo sustentável? Tem documento de origem florestal (DOF) que comprove a legalidade de sua exploração?	<b>X</b>		
48	As empresas fornecedoras de materiais e serviços possuem sistemas de gestão ambiental?	<b>X</b>		
49	O mobiliário especificado prioriza o uso de materiais ambientalmente amigáveis?	<b>X</b>		

## APÊNDICE C - Mapeamento do Macro-fluxo do Processo de Construção

ETAPA	ATIVIDADE
1. Serviços preliminares e gerais	1.1 Levantamento da área; projetos; especificações; orçamento; cronograma.
	1.2 Instalações provisórias de tapumes, barracão, placas, água, luz, esgoto.
2. Infra-estrutura	2.1 Limpeza do terreno, escavações manuais, locação.
	2.2 Fundação composta por estacas e vigas baldrame em concreto armado.
	2.3 Impermeabilização das vigas baldrame com solução asfáltica.
3. Paredes	3.1 Alvenarias em tijolo furado e maciço.
4. Supra-estrutura	4.1 Execução dos pilares e vigas de cintamento em concreto armado.
	4.2 Execução de laje (tabelas, vigotas, malha de aço e concreto feito in loco).
5. Cobertura	5.1 Execução do madeiramento em eucalipto.
	5.2 Cobertura com telhas onduladas de fibrocimento.
	5.4 Impermeabilização das áreas sem cobertura com solução asfáltica.
6. Instalações hidráulicas, sanitárias, elétricas e de telefone	6.1 Tubos e conexões para água fria e água quente; reservatório de água.
	6.2 Tubos, conexões e caixas de inspeção para esgoto; sistema de drenagem da área descoberta não pavimentada correspondente ao poço de luz.
	6.3 Execução de calhas e rufos para captação de águas pluviais.
	6.4 Instalação de eletrodutos nas paredes e na laje, cabos, fios, quadros, disjuntores, caixas para tomadas e interruptores.
7. Pavimentação	7.1 Re-aterro manual e apiloamento
	7.2 Execução de contrapiso em concreto
8. Revestimentos	8.1 Chapisco
	8.2 Reboco rústico (salas, copa e paredes externas)
	8.3 Reboco fino (paredes e tetos dos quartos e teto do banheiro)
	8.4 Revestimento em cerâmica e porcelanato
9. Esquadrias, vidros e ferragens	9.1 Janelas, portões e grades de ferro e madeira com vidros e ferragens.
10. Pintura	10.1 Aplicação de tintas, vernizes e resinas.
11. Acabamentos	11.1 Instalação de louças sanitárias, bancadas, torneiras, chuveiro e metais.
	11.2 Instalação dos rodapés.
	11.3 Instalação da tubulação da chaminé e da chapa do fogão à lenha.
	11.4 Instalação de tomadas, interruptores e luminárias.
	11.5 Serviços de calafate e limpeza.
12. Ocupação	12.1 Uso da residência
13. Recuperação	13.1 Reforma de estruturas e instalações
14. Demolição	14.1 Desmanche da edificação

**APÊNDICE D** - Planilha de Identificação e Priorização de Aspectos e Impactos Ambientais do processo de construção, uso, recuperação e demolição da residência avaliada

ATIVIDADE	ASPECTO	IMPACTO	SE	PREOCUPAÇÕES COMERCIAIS						PREOCUPAÇÕES AMBIENTAIS					X	P R	
				S/N	E L	F C	C A	E C	P P	E I	Σ COM	E	S	P O			D P
Projetos, levantamentos, instalações provisórias	Uso de energia, papel, tinta, madeira, metal, contato com rede elétrica	Uso de R.N.N.R., R.O. ruídos.	S	5	3	2	5	2	4	3,5	3	3	2	5	3,25	6,75	7
Limpeza terreno e escavações	Remoção de parte da cobertura vegetal, uso de ferramentas.	Supressão de flora, fauna, geração de poeira, R.O.	S	5	4	2	3	2	5	3,5	3	3	2	5	3,25	6,75	7
Transporte, descarga e estocagem de materiais	Trânsito de caminhões, uso de combustíveis, risco de vazamento e de furtos	Uso de R.N.N.R., Emissão de poluentes, ruído, poeira, R.O., contaminação do solo, prejuízo financeiro	S	4	2	3	3	3	3	3	3	5	3	5	4	7	6
Execução de elementos estruturais	Uso de água, energia, minérios, uso de betoneira, ferramentas e andaimes	Uso de R.N.N.R., geração de poeira, ruídos e resíduos, R.O.	S	4	2	1	1	2	2	2	3	5	3	5	4	6	9
Execução de Paredes	Uso de água, minérios, andaimes e ferramentas	Uso de R.N.N.R., geração de poeira, ruídos, resíduos, R.O.	S	3	3	4	2	2	4	3	3	4	3	5	3,75	6,75	7

Fonte: Adaptado de SCHERER (1999) *apud* MORAES (2007)

Legenda: R.N.N.R. = Recursos Naturais Não Renováveis.

R.O. = Risco Ocupacional.

## APÊNDICE D (CONTINUAÇÃO)

ATIVIDADE	ASPECTO	IMPACTO	SE	PREOCUPAÇÕES COMERCIAIS							PREOCUPAÇÕES AMBIENTAIS					X	P R	
				S/N	E L	F C	C A	E C	P P	E I	Σ COM	E	S	P O	D P			Σ AMB
Colocação da Cobertura	Uso de energia, madeira, minérios, andaime, ferramentas	Uso de R.N.N.R., geração de poeira, ruídos, R.O.	N	4	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	5	3,5	6,5	<b>8</b>
Instalações hidráulicas, sanitárias e pluviais	Uso de ferramentas, materiais plásticos, metais, colas, adesivos	Uso de R.N.N.R., emissão de poluentes, geração de resíduos, poeira, R.O.	N	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	3	5	3,75	7,75	<b>3</b>
Instalações elétricas e telefone	Uso de ferramentas, materiais plásticos, metais, adesivos	Uso de R.N.N.R., geração de resíduos, poeira, R.O.	N	4	2	4	4	4	4	3,66	3	3	5	5	4	7,66	<b>4</b>	
Execução da Pavimentação	Uso de água, energia, minérios, ferramentas, operação de betoneira	Uso de R.N.N.R., geração de poeira, ruídos e resíduos, R.O.	N	2	4	3	3	3	3	3	3	3	3	5	3,5	6,5	<b>8</b>	
Execução dos Revestimentos	Uso de água, energia, minérios, ferramentas e andaimes	Uso de R.N.N.R. geração de poeira, resíduos, R.O.	N	4	2	4	4	5	5	4	3	5	3	5	4	8	<b>2</b>	
Colocação de Esquadrias, vidros e ferragens	Uso de madeira, metal, ferramentas, manuseio de material cortante	Uso de R.N.N.R., R.O. geração de poeira, resíduos cortantes	N	4	2	4	4	5	5	4	4	4	3	5	4	8	<b>2</b>	

Fonte: Adaptado de SCHERER (1999) *apud* MORAES (2007)

Legenda: R.N.N.R. = Recursos Naturais Não Renováveis.

R.O. = Risco Ocupacional.

## APÊNDICE D (CONTINUAÇÃO)

ATIVIDADE	ASPECTO	IMPACTO	SE	PREOCUPAÇÕES COMERCIAIS							PREOCUPAÇÕES AMBIENTAIS					X	P R
				S/N	E L	F C	C A	E C	P P	E I	Σ COM	E	S	P O	D P		
Execução da Pintura	Uso de lixas, tintas, vernizes, solventes, andaimes e ferramentas.	Uso de R.N.N.R., Emissão de poluentes, ruídos, poeira, efluentes, R.O.	N	4	4	1	3	3	3	3	4	3	4	1	3	6	9
Instalação dos acabamentos	Uso de minérios, madeira, ferramentas	Uso de R.N.N.R., geração de poeira, ruídos, resíduos, R.O.	N	3	2	5	5	4	4	4	3	3	3	5	3,5	7,5	5
Limpeza da obra	Uso de ferramentas e produtos químicos	Uso de R.N.N.R., geração de poeira, ruídos, resíduos, R.O.	N	3	5	2	4	5	5	4	3	3	1	1	2	6	9
Ocupação	Consumo de água, luz, gás, lenha, produtos orgânicos e material descartável	Uso de R.N.N.R., R.O., geração de resíduos, ruídos, poeira, gases poluentes e efluentes	N	4	2	3	5	5	5	4	3	4	5	5	4,25	8,25	1
Manutenção Recuperação Reforma	Uso de água, energia, produtos químicos, materiais de construção...	Uso de R.N.N.R., R.O., geração de resíduos, ruídos, poeira, gases poluentes, efluentes	S	4	5	4	3	3	5	4	3	4	5	4	4	8	2
Demolição	Uso de ferramentas para desmanche e veículos para transporte	Uso de R.N.N.R., R.O., geração de resíduos, ruídos, poeira, gases poluentes	S	5	3	3	5	3	5	4	3	5	2	5	3,75	7,75	3

Fonte: Adaptado de SCHERER (1999) *apud* MORAES (2007)

Legenda: R.N.N.R. = Recursos Naturais Não Renováveis.

R.O. = Risco Ocupacional.

**APÊNDICE E - Plano de Ação do tipo 5W2H para Melhoria do Desempenho Ambiental de outras edificações de mesmo porte**

O que	Por que	Quando	Onde	Quem	Como
Adotar técnicas de produção mais limpa	Redução de desperdícios	Em todas as etapas	No canteiro de obras	Funcionários	Fiscalização pelos profissionais responsáveis
Exigir uso de EPI's <sup>9</sup>	Prevenir acidentes de trabalho	Em todas as etapas	No canteiro de obras	Todos os presentes na obra	Imposição dos profissionais responsáveis
Planejar sistema de aproveitamento de águas pluviais	Economia de água potável	Durante o uso da edificação	Irrigação de jardim, descarga de vaso, lavagem de piso	Profissionais responsáveis pelo projeto	Instalar sistema de coleta, filtro e reservatórios
Planejar sistema de aproveitamento de energia solar	Economia de energia	Durante o uso da edificação	Aquecimento da água	Profissionais responsáveis pelo projeto	Instalar tubulação, coletores e boiler
Melhoria no desempenho termo-acústico	Aumentar conforto e economia de energia	Durante o uso da edificação	Todos os ambientes	Profissionais responsáveis pelo projeto	Introduzindo conceitos de arquitetura bioclimática
Especificação de materiais duráveis e ambientalmente amigáveis	Melhorar desempenho ambiental e aumentar vida útil	Em todas as etapas do processo	Para todos os ambientes	Profissionais responsáveis pelo projeto	Pesquisa de fornecedores e conhecimento do processo produtivo
Reduzir consumo de insumos e matérias primas oriundas de fontes não renováveis	Contribuir para a preservação do meio ambiente	Em todas as etapas do processo	No canteiro de obras e na residência em uso	Profissionais responsáveis pelo projeto, funcionários, proprietários	Economia de água, energia, busca de tecnologias e materiais ambientalmente amigáveis

Fonte: Adaptado de CAMPOS, 1998 *apud* MORAES, 2007.

<sup>9</sup> Equipamentos de Proteção Individual

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)



[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)