

**METODOLOGIA PARA AVALIAÇÃO DA  
SUSTENTABILIDADE DE HABITAÇÕES DE INTERESSE  
SOCIAL COM FOCO NO PROJETO**

**MICHELE TEREZA MARQUES CARVALHO**

**TESE DOUTORADO EM**

**ESTRUTURAS E CONSTRUÇÃO CIVIL**

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

**FACULDADE DE TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

**METODOLOGIA PARA AVALIAÇÃO DA  
SUSTENTABILIDADE DE HABITAÇÕES DE INTERESSE  
SOCIAL COM FOCO NO PROJETO**

**MICHELE TEREZA MARQUES CARVALHO**

**ORIENTADORA: ROSA MARIA SPOSTO**

**TESE DE DOUTORADO EM ESTRUTURAS E CONSTRUÇÃO CIVIL**

**PUBLICAÇÃO: E.TD-003 A/09**

**BRASÍLIA/DF: ABRIL – 2009**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

**METODOLOGIA PARA AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE DE  
HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL COM FOCO NO PROJETO**

**MICHELE TEREZA MARQUES CARVALHO**

**TESE SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E  
AMBIENTAL DA FACULDADE DE TECNOLOGIA DA  
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE DOS REQUISITOS  
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTORA EM  
ESTRUTURAS E CONSTRUÇÃO CIVIL.**

**APROVADA POR:**

---

**Prof<sup>a</sup> Rosa Maria Sposto, DSc (PECC-UnB) - Orientadora**

---

**Prof. Antonio Alberto Nepomuceno, Dr Ing. (PECC-UnB) - Examinador  
Interno**

---

**Profa. Raquel Naves Blumenschein, DSc (FAU-UnB) - Examinador Interno**

---

**Profa. Claudia Naves David Amorin, DSc (FAU-UnB) – Examinador  
Interno**

---

**Profa. Rejane Maria Candiotta Tubino, DSc (UFRGS) – Examinador  
Externo**

**BRASÍLIA/DF, 09 DE ABRIL DE 2009**

## FICHA CATALOGRÁFICA

MICHELE TEREZA MARQUES CARVALHO	
Metodologia para Avaliação da Sustentabilidade de Habitações de Interesse Social com Foco no Projeto.	
xvii, 241 p., 297 mm (ENC/FT/UnB, Doutora, Estruturas e Construção Civil, 2009).	
Tese de Doutorado – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia.	
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.	
1.Palavra chave	2.Palavra chave
3.Palavra chave	4.Palavra chave
I. ENC/FT/UnB	II. Título (série)

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

CARVALHO, M. T. M. (2009). Metodologia para Avaliação da Sustentabilidade de Habitações de Interesse Social com Foco no Projeto. Tese de Doutorado em Estruturas e Construção Civil, Publicação E.TD-003A/09, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 241p.

## CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Michele Tereza Marques Carvalho.

TÍTULO: Metodologia para Avaliação da Sustentabilidade de Habitações de Interesse Social com Foco no Projeto.

GRAU: Doutora

ANO: 2009

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta tese de doutorado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. A autora reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte dessa tese de doutorado pode ser reproduzida sem autorização por escrito da autora.

---

Michele Tereza Marques Carvalho  
Rua Anhangá, Qd 179, Lt 02, Casa 02, Pq Amazonas,  
74835-310 Goiânia – GO – Brasil.

## **AGRADECIMENTOS**

Este trabalho é fruto de muitas mentes e corações, que sem elas não seria possível a concretização de mais um objetivo da minha vida.

Primeiro quero agradecer ao Grande Criador do Universo, *DEUS*, pois sem as suas bênçãos e proteção constante a vida seria impossível. Além das graças, Ele sabe direitinho encaminhar aquelas pessoas extraordinárias para que juntos pudéssemos conviver, como as que serão citadas.

Aos pais mais maravilhosos que alguém pode ter na vida, *Eurípedes e Mírian*, o meu “muito obrigada”, pelo apoio e amor incondicional em todos os momentos.

Ao meu amor, *Nélvio*, que esteve ao meu lado em todos os momentos deste longo trabalho, sempre com muito amor, paciência, compressão, dedicação, apoio, ajudando sempre....não tenho palavras para agradecer-lo...mas um coração repleto de amor e gratidão.

Aos meus irmãos, *Júnior, Glenda e Daninha* pela paciência, pelo consolo e principalmente, pelo amor, de verdade, VALEU!!!

Aos avós *César e Terezinha* que sonharam junto comigo e agora festejam a vitória de sua “netinha”, amo vocês demais.

Ao meu príncipe *Gabriel*, que tantas vezes quis brincar com a madrinha ocupada.....

Há pessoas que sempre estiveram comigo e sempre emitiram bons fluidos para este sonho, são elas: *Dinda, Tia Leide, Tio Mairon, Tia Madalena, Tia Sueli, Antônia, Dalitha, Lú, Lornna, Silva, Daniela, aos amigos do Cegal, aos amigos do CEFET-GO.*

Aos colegas do Programa de Pós Graduação em Estrutura e Construção Civil, especialmente ao *Arlindo, Fernanda, Dirceu e Claudio Henrique.*

À pessoa que me recebeu de braços abertos e disposta a compartilhar o que sabe comigo, a professora *Dra Rosa Maria Sposto*. Muito obrigada por tudo e muito mais que pude aprender com você, hoje e futuramente, peço a Deus que o nosso trabalho continue.

À comissão avaliadora: *Antonio Alberto Nepomuceno, Raquel Naves Blumenschein, Claudia Naves David Amorim e Rejane Maria Candiotta Tubino.*

Ao incentivo de *todos os professores* e ao apoio dos *funcionários* do Programa de Pós Graduação em Estrutura e Construção Civil – PECC.

A *Furnas Centrais Elétricas*, empresa que trabalho, agradeço em especial ao engenheiro civil *Ricardo André Marques*, que soube compreender e administrar a impossibilidade de separar a “Michele funcionária” da “Michele doutoranda”, além dos grandes amigos da *DCQO.C* que sempre me auxiliaram no que podiam: *Patrícia, Leroy, Schemberg, Marcos Guerra, Miguel, Tereza, Flavio, Geraldo.*

A *Prefeitura de Goiânia*, em especial as funcionárias: *Ana Lúcia, Leo, Rosana e Deise* e A *ONG Habitat Brasil* em especial o *Neylon* e a *Arilene*

Ao *CNPq* pela bolsa de estudos, nos três primeiros anos.

A todos que de alguma maneira colaboraram para o desenvolvimento desta pesquisa.

Não há palavras para expressar a alegria de saber que posso contar com todos vocês, MUITO OBRIGADA!!

*Michele Tereza Marques Carvalho.*

Dedicado a três pessoas,  
muitíssimos importantes na minha vida...  
ao *Nélvio*, meu amor, pelo amor, atenção,  
ajuda, colaboração, paciência, por  
tudo...muito obrigada...Amo-te muito.

Aos meus adoráveis e admiráveis  
pais, *Mírian e Eurípedes*, amo muito  
vocês, não existem pais melhores no  
mundo...muito obrigada por tudo.

## **RESUMO**

### **METODOLOGIA PARA AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE DE HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL COM FOCO NO PROJETO**

**Autor: Michele Tereza Marques Carvalho**

**Orientadora: Rosa Maria Sposto**

**Programa de Pós-graduação em Estruturas e Construção Civil**

**Brasília, abril de 2009**

É desenvolvida neste trabalho uma metodologia para análise de sustentabilidade de projetos de habitações de interesse social, denominada MASP-HIS. A principal motivação para o trabalho é a necessidade de indicadores e índices de sustentabilidade relacionados a edificações dessa natureza, que se insiram no contexto das ações orientadas ao desenvolvimento mais sustentável da construção.

Inicialmente, é feita uma revisão da literatura, para a verificação do estado atual das ações relacionadas à sustentabilidade e das metodologias existentes no Brasil e no mundo, relativas ao tema; posteriormente, são elaborados os critérios para a construção da metodologia MASP-HIS. Os critérios englobam a definição de temas para a verificação dos requisitos de sustentabilidade do projeto, e de dados necessários para as especificações dos materiais que compõem os diversos subsistemas de uma edificação, em especial o subsistema de vedações verticais.

Para viabilizar os cálculos dos indicadores e índices de sustentabilidade e as considerações lógicas e estruturais previstas na metodologia MASP-HIS, foi desenvolvida uma ferramenta computacional, denominada PROMASP-HIS. A validação da metodologia MASP-HIS foi feita com a análise de dois projetos de edificações de interesse social da região metropolitana de Goiânia.

Verifica-se que a sustentabilidade dos projetos analisados foi baixa, com médias, para as diversas combinações de materiais especificados, de 42,14 e 41,23, numa escala de 0 a 100 - diferença média de 0,91% -. O aspecto econômico foi o mais sustentável (médias de 57,18 e 52,84), e os aspectos menos sustentáveis foram o ambiental (médias de 34,56 e 32,41) e o sociocultural (médias 34,68 e 32,44). Portanto, é razoável afirmar que os dois projetos precisam melhorar o seu desempenho quanto à sustentabilidade, principalmente nos aspectos ambiental e sociocultural.

A metodologia MASP-HIS é a primeira metodologia, no contexto brasileiro, que trata de projetos e especificações de materiais e componentes de habitações de interesse social levando em consideração os aspectos ambiental, sociocultural e econômico. Ela é muito útil, pois pode ser usada para a identificação e solução de pontos críticos de projeto, quando são analisados os índices de sustentabilidade parciais, e para o mapeamento da sustentabilidade de projeto na localidade de aplicação, bem como para a verificação da evolução do índice de sustentabilidade ao longo do tempo, quando é analisado o índice de sustentabilidade de todo o projeto.

## **ABSTRACT**

### **METHODOLOGY FOR THE ASSESSMENT OF SOCIAL LOW-COME HOUSING SUSTAINABILITY WITH A FOCUS ON PROJECTS**

**Autor: Michele Tereza Marques Carvalho**

**Orientadora: Rosa Maria Sposto**

**Programa de Pós-graduação em Estruturas e Construção Civil**

**Brasília, April de 2009**

This work provides a methodology for the sustainability analysis of social interest habitations projects, named MASP-HIS. The main motivation of this research is the need for sustainability indicators and indexes related to edifications of this nature, all of which can be inserted in the context of actions oriented to a more sustainable development of constructions.

First review of the literature is presented to assess the present state of sustainability-related actions of the existing methodology in Brazil and throughout the world; the criteria for the formulation of the MASP-HIS methodology are elaborated. These include the definition of issues for the verification of the project's sustainability requirement, as well as project data needed for the specification of materials which make up the various subsystems of an edification, particularly vertical wall subsystems.

In order to attribute feasibility to the calculus of sustainability indicators and indexes as well as to logical and structural considerations predicted by the MASP-HIS methodology, a computational tool named PROMASP-HIS has been developed. The MASP-HIS methodology has been validated via the project analysis of two social interest edifications located in the metropolitan region of Goiânia-Brazil.

The sustainability of the assessed projects was low, with averages of 42,14 and 41,23 in a 0-100 scale for several specified materials – a mean difference of 0,91%. The economic aspect was the most sustainable (averages of 57,18 and 52,84), whereas the least sustainable were the environmental (averages of 34,56 and 32,41) and the sociocultural (averages of 34,68 and 32,44) aspects. Thus, it is reasonable to assert that both projects need to improve their performance on sustainability, particularly regarding environmental and sociocultural aspects.

The MASP-HIS methodology is the first in Brazil to handle projects, materials, and component specifications of social interest habitations while accounting for environmental, sociocultural, and economic factors. It is highly useful because it can be used to identify and solve critical points of projects when partial sustainability indexes are analysed. It also maps the sustainability of projects in their specific locations of applications and verifies the evolution of sustainability indexes.



<b>SUMÁRIO.....</b>	<b>i</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1 APRESENTAÇÃO.....	1
1.2 IMPORTÂNCIA DO TEMA .....	1
1.3 OBJETIVOS .....	6
1.3.1 Objetivo geral .....	6
1.3.2 Objetivos específicos.....	6
1.4 DESCRIÇÃO DO TRABALHO .....	7
1.5 ORIGINALIDADE .....	9
<b>2 SUSTENTABILIDADE DE PROJETO NA PRODUÇÃO DE HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL COM ÊNFASE NA DE VEDAÇÃO VERTICAL .....</b>	<b>11</b>
2.1 INTRODUÇÃO.....	11
2.2 O AMBIENTE CONSTRUÍDO E A SUSTENTABILIDADE.....	11
<b>2.3 O PROCESSO DE PRODUÇÃO DO AMBIENTE CONSTRUÍDO E OS SEUS IMPACTOS NA PRODUÇÃO.....</b>	<b>19</b>
2.3.1 Fase de planejamento .....	24
2.3.2 Fase de projeto.....	25
2.3.3 Fase de construção ou execução.....	32
2.3.4 Fase de uso .....	33
2.3.5 Fase de manutenção/demolição .....	34
<b>2.4 HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL NO BRASIL E NO MUNDO: INTRODUÇÃO E TENDÊNCIAS .....</b>	<b>35</b>
2.4.1 Exemplos de habitação de interesse social.....	40
2.4.2 Interface entre projetos, sustentabilidade e habitação de interesse social.....	43
2.5 O SUBSISTEMA DE VEDAÇÃO VERTICAL E A SUA IMPORTÂNCIA NA HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL E NA SUSTENTABILIDADE .....	48
<b>3 METODOLOGIAS DE AVALIAÇÃO DE SUSTENTABILIDADE.....</b>	<b>55</b>
3.1 INTRODUÇÃO.....	55
3.2 ESTRUTURA METODOLÓGICA PARA FERRAMENTAS DE AVALIAÇÃO DE SUSTENTABILIDADE.....	55
3.3 INDICADORES DE AVALIAÇÃO: ESTADO DA ARTE.....	58
3.4 ANÁLISE DE CICLO DE VIDA NAS METODOLOGIAS DE AVALIAÇÃO .....	63
<b>3.5 ANÁLISE DO CUSTO DO CICLO DE VIDA.....</b>	<b>69</b>
3.6 METODOLOGIAS DE AVALIAÇÃO DE SUSTENTABILIDADE: REVISÃO DO ESTADO ATUAL.....	71
3.6.1 <i>Building research establishment environmental assessment method – BREEAM</i> .....	74
3.6.2 <i>Green building challenge (GBC)</i> .....	76

3.6.3 <i>Leadership in energy and environmental design (LEED)</i> .....	79
3.6.4 <i>Comprehensive assessment system for building environmental efficiency (CASBEE)</i> .....	80
3.6.5 <i>Hong Kong building environmental assessment method (HK-BEAM)</i> .....	83
3.6.6 <i>NF bâtiments tertiaires: démarche HQE® bureau et enseignement</i> .....	84
3.6.7 <i>Lidera – Sustainable assessment system – e MARS-H – Building sustainability assessment tool</i> .....	85
3.6.8 <i>Sustainable building assessment tool – SBAT</i> .....	86
3.6.9 Outros exemplos de ferramentas de avaliação da sustentabilidade existentes no mundo .....	87
3.6.10 Metodologias de avaliação utilizadas no Brasil e suas tendências .....	88
<b>4 METODOLOGIA MASP-HIS</b> .....	<b>98</b>
4.1 INTRODUÇÃO.....	98
4.1.1 Descrição do capítulo .....	98
4.2 VISÃO GERAL DA METODOLOGIA MASP-HIS.....	98
4.3 ASPECTOS AMBIENTAIS PARA A ANÁLISE DOS PROJETOS COMPLETOS DAS EDIFICAÇÕES (ETAPA 1).....	108
4.3.1 Definição dos indicadores e índices ambientais para a análise dos projetos completos das edificações .....	108
.....	109
4.4 ASPECTOS SOCIOCULTURAIS PARA A ANÁLISE DOS PROJETOS COMPLETOS DAS EDIFICAÇÕES (ETAPA 3).....	110
4.3.1 Definição dos indicadores e índices socioculturais para a análise dos projetos completos das edificações .....	111
.....	112
4.5 ASPECTOS ECONÔMICOS PARA A ANÁLISE DOS PROJETOS COMPLETOS DAS EDIFICAÇÕES (ETAPA 5).....	113
4.7.1 Definição dos indicadores e índices econômicos para a análise dos projetos completos das edificações .....	113
4.6 ASPECTOS AMBIENTAIS DO SUBSISTEMA DE VEDAÇÕES VERTICAIS (ETAPA 2).....	114
4.4.1 Índices de sustentabilidade da alvenaria.....	115
4.4.1.1 Energia incorporada aos materiais na produção .....	115
4.4.1.2 Energia incorporada no transporte.....	116
4.4.1.3 Emissão de CO <sub>2</sub> gerado na produção .....	116
4.4.1.4 Emissão de CO <sub>2</sub> gerado no transporte .....	117
4.4.1.5 Potencial de reciclabilidade .....	117
4.4.1.6 Materiais reciclados incorporáveis .....	118
4.4.1.7 Toxicidade .....	119
4.4.1.8 Abundância.....	120
4.4.1.9 Índices de sustentabilidade ambiental dos componentes da alvenaria .....	120
4.4.2 Índices de sustentabilidade dos materiais utilizados na argamassa de assentamento....	121
4.4.3 Índices de sustentabilidade dos materiais utilizados na argamassa de revestimento .....	122

4.4.3.1	Índice de sustentabilidade ambiental do chapisco.....	122
4.4.3.2	Cálculo do índice de sustentabilidade ambiental do reboco paulista e da pasta de gesso .....	122
4.4.3.3	Análise da sustentabilidade para diversas combinações dos materiais nos serviços de elevação (execução) de alvenaria, assentamento e revestimento de argamassa.....	123
4.6	ASPECTOS SOCIOCULTURAIS DO SUBSISTEMA DE VEDAÇÕES VERTICAIS (ETAPA 4).....	124
4.6.1	Definição dos indicadores e índices socioculturais do subsistema de vedações verticais.....	125
4.8	ASPECTOS ECONÔMICOS DO SUBSISTEMA DE VEDAÇÕES VERTICAIS (ETAPA 6).....	127
4.8.1	Definição dos índices de sustentabilidade dos aspectos econômicos do subsistema de vedação vertical (etapa 6) .....	130
4.9	ÍNDICE DE SUSTENTABILIDADE DE PROJETO .....	130
4.10	VISUALIZAÇÃO GRÁFICA DOS RESULTADOS.....	132
4.11	CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE A METODOLOGIA MASP-HIS .....	132
<b>5</b>	<b>VALIDAÇÃO DA METODOLOGIA MASP-HIS: ANÁLISE DOS RESULTADOS DE PROJETOS APLICADOS .....</b>	<b>135</b>
5.1	PROJETO-PADRÃO DE HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL DA PREFEITURA DE GOIÂNIA.....	135
5.2	PROJETO-PADRÃO DE HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL DA ORGANIZAÇÃO NÃO-GOVERNAMENTAL HABITAT BRASIL.....	137
5.3	ANÁLISE DOS RESULTADOS .....	139
5.3.1	Resultados referentes aos projetos completos .....	139
5.3.2	Resultados referentes às especificações dos subsistemas de vedações verticais... ..	148
5.3.3	Índices de sustentabilidade ambiental, sociocultural e econômica.....	154
5.3.3.1	Índices de sustentabilidade dos aspectos ambientais.....	155
5.3.3.2	Índices de sustentabilidade dos aspectos socioculturais.....	156
5.3.3.3	Índices de sustentabilidade dos aspectos econômicos.....	157
5.3.4	Índice de sustentabilidade de projeto.....	158
5.3.5	Índice de sustentabilidade de projeto, ponderado entre as vedações verticais internas e externas .....	159
5.3.6	Indicadores de caracterização .....	160
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS.....</b>	<b>162</b>
6.1	CONCLUSÕES .....	162
<b>6.2</b>	<b>SUGESTÕES PARA FUTURAS PESQUISAS .....</b>	<b>166</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>168</b>
	<b>APÊNDICES .....</b>	<b>190</b>

## LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1- Resumo comparativo dos requisitos analisados nas metodologias apresentadas.	93
Tabela 4.1 - Definição de indicadores ambientais (subcategorias) para a análise dos projetos completos das edificações e quantidade de perguntas (temas) para cada indicador. .....	109
Tabela 4.2 - Definição de indicadores socioculturais (subcategorias) para a análise dos projetos completos das edificações e quantidade de perguntas (temas) para cada indicador. ....	112
Tabela 4.3 - Definição de indicadores econômicos (subcategorias) para a análise dos projetos completos das edificações e quantidade de perguntas (temas) para cada indicador. .....	114
Tabela 4.4 - Definição de indicadores socioculturais (subcategorias) do subsistema de vedações verticais e quantidade de perguntas (temas) para cada indicador - etapa 4. .....	126
Tabela 5.1 - Aspectos ambientais dos projetos completos - Etapa 1.....	141
Tabela 5.2 - Aspectos socioculturais dos projetos completos - Etapa 3.....	144
Tabela 5.3 - Aspectos econômicos dos projetos completos - Etapa 5.....	147
Tabela 5.4 - Índices de sustentabilidade parciais dos aspectos ambientais do subsistema de vedações verticais .....	149
Tabela 5.5 - Índices de sustentabilidade parciais dos aspectos socioculturais do subsistema de vedações verticais .....	152
Tabela 5.6 - Índices de sustentabilidade parciais dos aspectos econômicos do subsistema de vedações verticais .....	154
Tabela 5.7 - Índices de sustentabilidade ambiental ( $A_{Combi}$ ) dos projetos 1 e 2 .....	156
Tabela 5.8 - Índices de sustentabilidade ambiental ( $SC_{Combi}$ ) dos projetos 1 e 2 .....	157
Tabela 5.9 - Índices de sustentabilidade ambiental ( $E_{Combi}$ ) dos projetos 1 e 2 .....	158
Tabela 5.10 - Índices de sustentabilidade de projeto dos projetos 1 e 2 para as diversas combinações analisadas .....	160
Tabela 5.11 - Índices de sustentabilidade de projeto, ponderados entre as vedações verticais interna e externa .....	161
Tabela 5.12 - Indicadores de caracterização.....	162

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Esquema sintético dos indicadores e índices de sustentabilidade da metodologia MASP-HIS .....	8
Figura 2.1 - As três dimensões da construção sustentável, segundo Kohler (1999).....	15
Figura 2.2 - Elos da corrente do conceito de construção sustentável .....	17
Figura 2.3 - Entrada e saída na produção de um edifício (adaptado de SILVA, 2003).....	19
Figura 3.1 - Ciclo aberto de produção (adaptado de GRIGOLETTI, 2001). .....	63
Figura 3.2 - Metodologias de avaliação no mundo (dapaptado de SILVA, 2008).....	72
Figura 3.3 - Níveis de construção sustentável (ROVERS, 2001).....	73
Figura 3.4 - Estrutura de avaliação e pontuação (IWAMURA, 2005).....	81
Figura 3.5 - Diagrama de deficiência ambiental do edifício BEE (IWAMURA, 2005). ....	82
Figura 3.6 - Exemplo de relatório gráfico gerado pelo SBAT (GIBBERD, 2008). .....	87
Figura 4.1 - Estrutura hierárquica da metodologia MASP-HIS.....	99
Figura 4.2 - Representação esquemática dos subsistemas de uma edificação: Representação esquemática dos subsistemas de uma edificação: destaque para a análise dos projetos completos para o subsistema de vedações verticais.....	101
Figura 4.3 - Porcentagens da quantidade de massa ( $\text{kg/m}^2$ ) para cada subsistema referente à média de três projetos em Goiânia (GO).....	102
Figura 4.4 - Conjunto habitacional Associação Habitacional Morar Bem, em Goiânia (GO).....	102
Figura 4.5 - Metodologia MASP-HIS fracionada em 6 etapas.....	103
Figura 4.6 - Relações entre o consumo energético, recursos naturais e emissões de $\text{CO}_2$ e os indicadores de sustentabilidade ambiental (critérios da etapa 2) ....	105
Figura 4.7 - Subdivisão de recursos naturais, conteúdo energético e emissões de $\text{CO}_2$ , conforme a metodologia MASP-HIS (critérios da etapa 2).....	106
Figura 4.8 - Esquema para a visualização do fluxo dos cálculos dos índices de sustentabilidade parciais e final da metodologia MASP-HIS. ....	107
Figura 4.9 - Matriz com os aspectos ambientais para a análise dos projetos completos das edificações. ....	108
Figura 4.10 - Aspectos socioculturais para a análise dos projetos completos das edificações. ....	111
Figura 4.11 - Aspectos econômicos para a análise dos projetos completos das	

edificações .....	113
Figura 4.12 - Combinações para a obtenção dos índices de sustentabilidade R2 (aspectos ambientais do subsistema de vedações verticais). .....	124
Figura 4.13 - Aspectos socioculturais do subsistema de vedações verticais. ....	125
Figura 4.14 - Exemplo dos indicadores de caracterização - quadro Boas Práticas da etapa 3; categoria Social; subcategoria Qualidade da Habitação. ....	134
Figura 4.15 - Índices de sustentabilidade, para as diversas combinações, dos aspectos ambientais, socioculturais e econômicos. ....	135
Figura 5.1 - Planta baixa. ....	137
Figura 5.2 - Fachada frontal. ....	137
Figura 5.3 - Corte longitudinal. ....	137
Figura 5.4 - Corte transversal. ....	137
Figura 5.5 - Planta de locação. ....	138
Figura 5.6 - Planta baixa. ....	139
Figura 5.7 - Fachada frontal. ....	139
Figura 5.8 - Corte longitudinal. ....	139
Figura 5.9 - Corte transversal. ....	139
Figura 5.10 - Planta de locação e situação. ....	139
Figura 5.11 - Aspectos ambientais dos projetos completos - Etapa 1 (resultados por categoria). .....	141
Figura 5.12 - Aspectos socioculturais dos projetos completos - Etapa 3 (resultados por categoria). ....	144
Figura 5.13 - Aspectos econômicos dos projetos completos - Etapa 5 (resultados por categoria). ....	147
Figura 5.14 - Combinações dos materiais do subsistema de vedações verticais. ....	150
Figura 5.15 - Índices de sustentabilidade ambiental para as diversas combinações de materiais. ....	153
Figura 5.16 - Índices de sustentabilidade sociocultural para as diversas combinações de materiais. ....	152
Figura 5.17 - Índices de sustentabilidade econômica para as diversas combinações de materiais. ....	154
Figura 5.18 - Índices de sustentabilidade ambiental ( $A_{Combi}$ ) para os projetos 1 e 2. ....	156
Figura 5.19 - Índices de sustentabilidade sociocultural ( $SC_{Combi}$ ) para os projetos 1 e 2. ....	157

Figura 5.20 - Índices de sustentabilidade ambiental ( $E_{Combi}$ ) para os projetos 1 e 2. .... 158

## LISTA DE SÍMBOLOS, NOMENCLATURA E ABREVIações

IPCC	- <i>Intergovernmental panel on climate change</i>
CIB	- <i>International Council For Research And Innovation in Building and Construction</i>
HIS	- Habitações de Interesse Social
NBR	- Norma Brasileira Regulamentada
ABNT	- Associação Brasileira de Normas Técnicas
MASP	- Metodologia de Avaliação de Sustentabilidade de Projeto
PROMASP	- Programa de Execução da Metodologia MASP
IDS	- Indicadores de Sustentabilidade
ACV	- Análise do Ciclo de Vida
ACVE	- Análise do Ciclo de Vida Energético
CCV	- Custo do Ciclo de Vida
PIB	- Produto Interno Bruto
UNEP	<i>United Nations Environment Programme</i>
IETC	<i>International Environmental Technology Centre</i>
OECD	<i>Design of Sustainable Building Policies</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
SGA	- Sistemas de Gestão Ambiental
EIA	- Estudo de Impacto Ambiental
AIA	- Avaliação de Impacto Ambiental
LEED-ND	- <i>Leadership in energy and environmental design for neighborhood developments rating system</i>
USGBC	<i>U. S. Green Building Council</i>
CNPJ	- Cadastro Nacional de Pessoa Jurídica
HCFC	<i>Hydrochlorofluorocarbons</i>
VOC	- Compostos Orgânicos Voláteis
R.A.R.E	- Renewable, Adaptative, reciclable and Environmental
PIGRCC	- Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil
ANTAC	Associação Brasileira Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
ASTM	<i>American Society for Testing and Materials</i>



BEES	<i>Building for Environmental and Economic Sustainability</i>
BREEAM	<i>BRE Environmental Assessment Method</i>
CASBEE	<i>Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency</i>
CEM	<i>European Committee for Standardization</i>
CSD	<i>Theme Indicator Framework</i>
GBC	<i>Green building challenge</i>
GBTTool	<i>software's Green Building Challenge</i>
GRC	<i>Glassfibre Reinforced Cement</i>
HIA	<i>Health Impact Assessment</i>
HK-BEAM	<i>Hong Kong building environmental assessment method</i>
HQE	<i>Haute Qualité Environnementale</i>
IDEs	Indicadores de sustentabilidade
IEA ANNEX	<i>International Energy Agency</i>
LCA	<i>Life-Cycle Assessment</i>
LCI	Inventário do Ciclo de Vida
LEED	<i>Leadership In Energy and Environmental Design</i>
ONGs	Organizações Não-Governamentais
PBQP-H	Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade na Construção no Habitat Habitacional
SETAC	<i>Society of Environmental Toxicology and Chemistry</i>
SimaPro	<i>LCA software</i>
SiQ	Sistema de Qualificação de empresas
UNEP	<i>United Nations Environmental Programme</i>
AQUA	Alta Qualidade Ambiental
BAMS	<i>Building Assemblies and Materials Scorecard</i>
BRE	<i>Building Research Establishment</i>
BSA	<i>Building sustainable avaliation</i>
CBCS	Conselho Brasileiro de Construção Sustentável
CSIR	<i>Council for Scientific and Industrial Research</i>
EPBD	Desempenho energético dos imóveis
EPI	<i>Environmental Performance Index</i>
GESAM	<i>German sustainability Assessment Method</i>

GHG	<i>greenhouse gas</i>
GPI	Índice de Progresso
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
<i>i</i> iSBE	<i>International Initiative for a Sustainable Built Environment</i>
JSBC	<i>Japan Sustainability Building Consortium</i>
MARS-H	<i>Building sustainability assessment tool</i>
QAE	Qualidade ambiental do edifício
QEB	Qualidade Ambiental do Edifício
SBAT	<i>Sustainable Building Assessment Tool</i>
SGE	Sistema de gestão do empreendimento
SMO	Sistema de Gestão do Empreendimento
UN CSD	United Nations <i>Commission on Sustainable Development</i>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 APRESENTAÇÃO

Esta tese foi desenvolvida no Programa de Pós-graduação em Estruturas e Construção Civil (PECC) da Universidade de Brasília (UnB) sob a orientação da Profa. Dra. Rosa Maria Sposto, e se situa nas linhas de pesquisas de Sistemas Construtivos e Desempenho de Materiais e Gestão, Qualidade e Sustentabilidade na Produção de Edificações. Trata do desenvolvimento de uma metodologia para a avaliação da sustentabilidade de projeto de habitações de interesse social para fins de aplicação no estado de Goiás, com possibilidade de ampliação de seu escopo para outras regiões do Brasil e do exterior.

Buscando integrar os princípios de sustentabilidade em projetos de habitações de interesse social, o presente trabalho propõe o desenvolvimento de uma ferramenta que, com base nas dimensões de sustentabilidade, forneça requisitos e critérios de avaliação que apontem projetos e especificações de materiais mais sustentáveis nos aspectos ambientais, socioculturais e econômicos.

## 1.2 IMPORTÂNCIA DO TEMA

Atualmente temas relacionados à sustentabilidade, como o combate ao aquecimento global e a preservação do meio ambiente, entre outros, não estão mais restritos ao círculo de cientistas nas universidades; estão inseridos no debate político e estratégico de grandes corporações mundiais e ocupam a pauta de prioridades de diversos países. Um exemplo é a publicação dos relatórios da *Intergovernmental panel on climate change* (IPCC, 2007), que afirmam que a temperatura média do planeta subirá de 1,8°C a 4°C até 2100, provocando um aumento do nível dos oceanos de 18 a 59 cm, inundações e ondas de calor mais frequentes, além de ciclones violentos durante mais de um milênio. De acordo com esse estudo, o aquecimento do planeta se deve, principalmente, à emissão de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) provocada pelo

homem. De acordo com as pesquisas, as mudanças obrigarão milhares de pessoas a abandonar suas casas, e o número de refugiados do clima será superior ao de refugiados de guerra.

Diversos autores, entre eles Erlandsson e Borg (2003) e Shimbo *et al.* (2000), afirmam que a indústria da construção é uma grande consumidora de recursos naturais, envolvendo em torno de 30% a 40% do total da energia consumida, e é responsável por aproximadamente 44% do total de materiais usados para os vários fins, sendo ainda altamente poluidora no que se refere a resíduos e emissão de CO<sub>2</sub>. Tais fatos evidenciam a necessidade de estudos visando à redução da poluição e do consumo de energia nas várias etapas do processo de produção. É preciso repensar os processos tecnológicos, tendo como objetivos menores impactos ao meio ambiente, maior aproveitamento dos insumos (menor produção e consumo energético) e minimização da utilização de recursos naturais, que estão cada vez mais escassos.

A *Agenda 21 on sustainable construction*, publicada pelo CIB em 1999 (CIB, 1999), aponta os principais desafios para a indústria da construção atingir um patamar mais sustentável, com destaque para os princípios da sustentabilidade, que devem ser aplicados a todas as ações humanas, evitando problemas como desperdício de materiais, degradação ambiental, perda de patrimônios naturais, formação de áreas deterioradas, exclusão social e desemprego.

Existem vários conceitos de construção sustentável, dos quais destacam-se os sugeridos por Houg e Soebarto (2003), que a definem como aquela construção que considera as dimensões ambientais, socioculturais e econômicas em toda a sua vida útil, e por Defra (2004), que considera a construção sustentável como aquela que gera o mínimo de desperdício, que utiliza os princípios da *lean construction*, que minimiza a energia de construção e de uso, que não seja poluente, que preserva e realça a biodiversidade, conserva recursos e água, respeita a população e o ambiente local e monitoriza e estabelece *benchmarks*.

Desenvolver e conservar têm sido um paradoxo com o qual a humanidade tem de conviver atualmente, ou seja, é preciso encontrar o equilíbrio entre as dimensões ambiental, social e econômica. Enquanto países desenvolvidos dão ênfase à sustentabilidade na questão ambiental, os países em desenvolvimento incluem também a questão social e a econômica. A satisfação das necessidades básicas e a produção de habitações de interesse social em número e qualidade suficientes, garantindo um desempenho mínimo, é a primeira providência a ser tomada para que as pessoas possam ter uma vida digna.

As habitações e toda a infraestrutura que demandam são responsáveis por uma série de impactos ambientais. Para sua implantação, frequentemente, causam o desmatamento de áreas verdes, a deposição de resíduos de construção, o consumo de água e energia e, uma vez habitadas, uma cadeia de resíduos associados à sua plena utilização.

Por outro lado, existe um déficit habitacional de cerca de sete milhões de habitações no Brasil (BRASIL, 2004), principalmente destinadas a famílias de baixa renda.

Com relação às habitações de interesse social (HIS), são notórias a necessidade de estudos e a aplicação de critérios de sustentabilidade de projeto, buscando soluções mais eficazes e eficientes e minimizando os impactos ambientais, socioculturais e econômicos.

As decisões de projeto têm grandes impactos ambientais, econômicos e sociais, pela qualidade dos espaços criados e seu efeito na saúde, conforto, satisfação, consumo energético e produtividade dos usuários. Medidas tomadas nas fases de projeto com a aplicação dos princípios de sustentabilidade e de diminuição do impacto ambiental podem significar grande redução dos custos, principalmente na etapa de utilização (LIPPIATT, 1998).

Yeang (1995) sugere que algumas decisões de projeto, como a adoção de critérios ambientais para a escolha de materiais e sistemas construtivos como, por exemplo, estruturas desmontáveis e materiais derivados de recursos renováveis, reciclados e de baixo consumo energético podem melhorar a sustentabilidade do projeto.

Segundo Sattler e Pereira (2006), há a necessidade de superar os desafios para todos aqueles envolvidos no setor construtivo, com vistas à conservação ambiental para as futuras gerações. Entre esses desafios estão: a) redução e otimização do consumo de materiais e energia, que podem ser traduzidas em inúmeras ações, como o planejamento ambiental de construções, a adoção de estratégias bioclimáticas em projetos de edificações, a redução na utilização de recursos materiais e energéticos escassos, o incentivo à utilização de materiais com menos conteúdo energético, o incentivo ao uso de fontes energéticas sustentáveis na produção de materiais e na produção e utilização de habitações e o desenvolvimento de materiais e componentes de maior durabilidade; b) redução de resíduos gerados, o que implica o desenvolvimento de projetos que contemplem o desmonte e o reúso de materiais e componentes, a reciclagem de resíduos de materiais e componentes não-reutilizáveis e o incentivo ao uso de materiais e componentes que gerem menos resíduos sólidos e gasosos; c) preservação, na medida do possível, e melhoria da qualidade do ambiente natural, o que

significa 1) desenvolver projetos urbanísticos e de construções voltados à qualidade de vida que contemplem em primeiro lugar o ser humano, com preservação dos sistemas de suporte da vida; 2) evitar o uso de materiais e componentes que, em seu ciclo de vida, coloquem em risco a saúde ou a segurança do ser humano; 3) priorizar o desenvolvimento de edificações e comunidades sustentáveis e, tanto quanto possível, autossustentáveis; 4) banir a utilização de produtos tóxicos, nocivos à saúde humana ou, na sua impossibilidade imediata, estabelecer estratégias para a sua redução gradativa.

Isso requer uma educação para a sustentabilidade que gradualmente seja estendida a toda a sociedade e que priorize os princípios éticos e de sobrevivência. Para a implementação de tais ações, todos os participantes das cadeias produtivas associadas à produção do ambiente construído (que envolvem projetistas, produtores de materiais, componentes e sistemas construtivos, construtores etc.) devem se conscientizar da dimensão dos impactos que podem causar para então atuar em estreita cooperação no desenvolvimento de uma construção em harmonia com o meio ambiente e a sociedade.

Assim, o estudo da sustentabilidade justifica-se diante da realidade de que as futuras gerações do planeta sofrerão os impactos da contínua exploração de recursos naturais, e em virtude disso são necessárias diversas ações preventivas, como por exemplo aquelas relacionadas às edificações e habitações de interesse social, podendo-se citar: a) solução do déficit habitacional, utilizando os princípios da construção sustentável; b) desenvolvimento de diretrizes e bases metodológicas para avaliar o desempenho sustentável de projeto de habitações de interesse social; c) criação de *benchmarks* para impulsionar projetos e construções mais sustentáveis; d) montagem de banco de dados para estimular a especificação de materiais com base nos impactos gerados; e) redução de cargas ambientais que causam impactos e alteram a qualidade da vida humana e de outros seres do ecossistema terrestre em escalas local, regional e global; f) análise do ciclo de vida do ambiente construído; g) previsão de reformas e reposição de componentes e subsistemas; h) redução de geração de resíduos nos canteiros de obras; i) reutilização ou reciclagem de resíduos industriais e agrícolas pela construção civil, incluindo os próprios resíduos produzidos na construção e demolição de edificações. Ações como essas certamente contribuem para aumentar o índice de sustentabilidade das edificações e das habitações de interesse social.

O estudo da sustentabilidade de edificações também é justificado pela carência de normas e referenciais de sustentabilidade relacionados à construção de edifícios brasileiros. A norma

NBR 15.575-1 (ABNT, 2008a), por exemplo, cita apenas algumas poucas recomendações para a sustentabilidade. Isso pode ser associado, segundo Figueiredo (2000), tanto a barreiras criadas por interesses econômicos quanto pela falta de critérios práticos e funcionais que permitam incorporar o conceito de sustentabilidade às edificações de maneira mais consistente.

Adicionalmente, a formalização de um sistema de avaliação da sustentabilidade de edifícios possibilita, entre outros, os seguintes aspectos: 1) estabelecer medidas de sustentabilidade para requisitos relevantes ao contexto brasileiro; 2) tornar o conceito de edificações sustentáveis mais objetivo por meio do estabelecimento de padrões de mensuração das características a ele relacionadas; 3) buscar a prática integrada de todos os projetos da edificação; 4) proporcionar discussões entre os agentes envolvidos em um estágio preliminar da concepção do empreendimento; 5) reconhecer iniciativas sustentáveis na indústria da construção; 6) aumentar a percepção dos consumidores para os benefícios das edificações sustentáveis; 7) identificar focos de desperdício e técnicas para eliminá-los ou minimizá-los antes de serem gerados ou, quando necessário, identificar as opções de eliminação após a sua geração; 8) eliminar opções de alto custo e reduzir os custos de reformas.

Com base nessa análise, verifica-se que é possível que se alcance um desenvolvimento sustentável se forem estabelecidos, desde a concepção do projeto, passando pela construção, operação e manutenção, critérios e parâmetros claros e objetivos de desempenho das edificações, de modo que se tenham habitações de interesse social que contemplem aspectos como economia de energia e água, redução da produção de resíduos nos canteiros de obras e de custos ao longo da vida útil do empreendimento e bem-estar do usuário etc., uma vez que a forma como as edificações são projetadas, construídas e operadas influencia diretamente no consumo de recursos naturais, no conforto e na saúde da população que nelas interage.

Ademais, a mudança no estilo de vida e os padrões de consumo da população, quando inseridos no contexto das habitações de interesse social, podem diminuir consideravelmente as alterações impostas na utilização dessas habitações durante sua vida útil, de modo a alterar o mínimo possível o ambiente no qual está inserida.

## 1.3 OBJETIVOS

### 1.3.1 Objetivo geral

Desenvolver uma ferramenta metodológica para avaliação da sustentabilidade de projetos de habitações de interesse social para fins de aplicação no estado de Goiás, com possibilidade de ampliação de seu escopo para outras regiões do Brasil e do exterior.

### 1.3.2 Objetivos específicos

- Identificar os critérios essenciais de sustentabilidade de projetos com base no alinhamento dos conceitos de sustentabilidade e de gestão do processo de projeto;
- Propor uma metodologia de avaliação que considere as dimensões ambientais, socioculturais e econômicas da sustentabilidade;
- Desenvolver uma metodologia de sustentabilidade que possibilite o mapeamento da sustentabilidade de projeto de HIS, bem como a evolução dessa sustentabilidade ao longo do tempo na localidade onde estiver sendo aplicada, e que seja aberta e passiva de expansão para os vários subsistemas de uma edificação e para as diversas regiões do Brasil e do exterior, de modo que também contribua para o desenvolvimento de *benchmarks*;
- Com base na metodologia proposta, obter indicadores e índices parciais e gerais de sustentabilidade que possibilitem a identificação dos pontos fracos e críticos do projeto, para fins de proposição de melhorias que tenham potencial de elevação dos respectivos índices;
- Desenvolver um *software* para cálculo dos indicadores e índices de sustentabilidade da metodologia proposta, com saída numérica e gráfica dos resultados;
- Fornecer subsídios científicos de sustentabilidade para a escolha e especificação de materiais e componentes para o subsistema de vedações verticais;



- Fornecer subsídios para a montagem de banco de dados relativo ao uso de recursos naturais, ao consumo energético e à emissão de CO<sub>2</sub>, quando da produção e do transporte dos materiais e componentes para fins de auxílio à especificação;
- Estabelecer combinações entre os diversos materiais que compõem o subsistema de vedações verticais para a verificação da solução que apresenta a melhor opção quanto aos aspectos da sustentabilidade.

#### 1.4 DESCRIÇÃO DO TRABALHO

O objeto deste trabalho é o desenvolvimento de uma metodologia para avaliação da sustentabilidade de habitações de interesse social, a qual fica a partir de agora denominada metodologia MASP-HIS. Também foi desenvolvido e adotado pela autora um programa computacional, doravante chamado PROMASP-HIS, que realiza todos os cálculos e as considerações lógicas necessárias, de acordo com os critérios de sustentabilidade consistentes e abrangentes previstos na metodologia proposta.

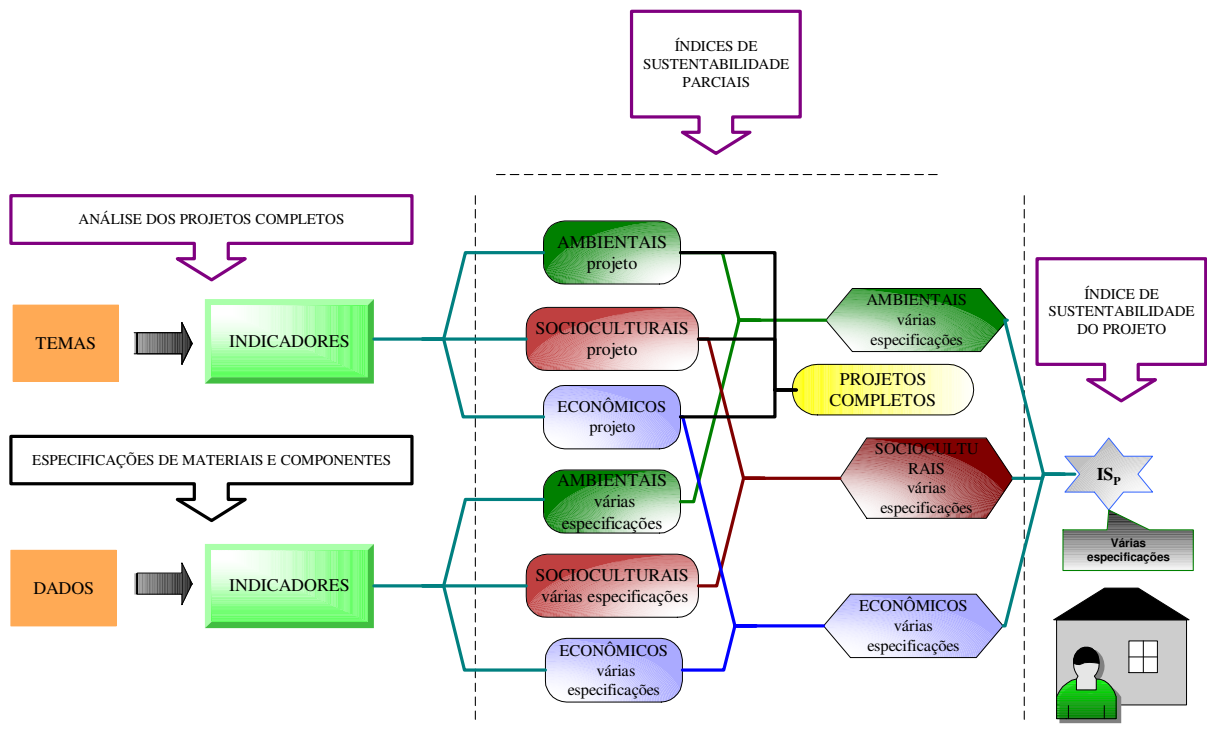
Para a obtenção dos índices de sustentabilidade de projeto, a metodologia MASP-HIS tem como pressuposto a entrada de dados, tanto via banco de dados inserto no programa computacional quanto via teclado, digitados diretamente pelo profissional habilitado. Essas entradas de dados referem-se aos temas, os quais permitem verificar se os projetos submetidos à análise contemplam ou não determinados requisitos de sustentabilidade, e aos *dados* relativos ao uso de recursos naturais, ao consumo energético e à emissão de CO<sub>2</sub> quando da produção e do transporte dos materiais e componentes para fins de auxílio à especificação dos materiais.

Com essas entradas de dados, o programa PROMASP-HIS fornece índices de sustentabilidade parciais e geral do projeto<sup>1</sup>. Eles podem ser esquematicamente visualizados na Figura 1.1. Os índices de sustentabilidade parciais são muito úteis para identificar pontos fracos do projeto que eventualmente tenham contribuído para diminuir o índice de sustentabilidade geral do projeto. Assim, quando é identificado um índice parcial baixo, o projetista trabalha naquele

---

<sup>1</sup> Calculados, dependendo dos conceitos envolvidos em cada etapa, com normalizações, somatórios, médias aritmética e ponderada, cálculos financeiros, entre outros.

item com a finalidade de sanar as deficiências de projeto. O índice de sustentabilidade geral de projeto é útil, por exemplo, para o mapeamento da sustentabilidade de projeto das edificações de determinada localidade e também pode ser usado como indicador da evolução da sustentabilidade de projeto naquela mesma localidade.



**Figura 1.1:** Esquema sintético dos indicadores e índices de sustentabilidade da metodologia MASP-HIS

Para o desenvolvimento da metodologia MASP-HIS e de sua ferramenta de implementação computacional PROMASP-HIS, inicialmente foi feita uma profunda e abrangente revisão da literatura para a fundamentação teórica e conceitual sobre o assunto e para a verificação das metodologias existentes tanto no Brasil como no exterior. Como resultado, este trabalho ficou estruturado em seis capítulos, conforme explicado a seguir.

O primeiro capítulo é referente à introdução, a qual tem um caráter geral de apresentação do trabalho, seguido da sua importância, dos seus objetivos e da explicitação da sua originalidade.

No capítulo 2 é apresentada a revisão da literatura, que contempla os aspectos da sustentabilidade e sua interface com o ambiente construído e os conceitos relacionados à natureza de projeto de edificações, e explora o estado da arte da problemática habitacional

com ênfase na especificação dos materiais do subsistema de vedações verticais, buscando conectar esses quatro assuntos-chave do trabalho.

O capítulo 3 destina-se a um estudo de metodologias de avaliação da sustentabilidade utilizadas em todo o mundo e no Brasil, de acordo com a presente literatura. Explora também conceitos de indicadores de sustentabilidade (IDS), análise de ciclo de vida (ACV), análise de ciclo de vida energético (ACVE) e análise do custo do ciclo de vida (CCV).

No capítulo 4 é apresentada a metodologia de avaliação de sustentabilidade proposta no trabalho (MASP-HIS), detalhando todos os procedimentos adotados, desde os critérios e cálculos para o desenvolvimento dos indicadores até a obtenção dos índices de sustentabilidade parciais e geral do projeto.

No capítulo 5 são descritos e detalhados dois projetos de habitações de interesse social desenvolvidos na região metropolitana de Goiânia, os quais são usados para a validação da metodologia MASP-HIS. Nesse capítulo também são expostos e analisados os resultados referentes aos indicadores e índices de sustentabilidade dos referidos projetos.

Finalmente no capítulo 6 são feitas as considerações finais e as sugestões para futuras pesquisas relacionadas ao tema da tese.

Estão inclusos também quatro apêndices contendo, respectivamente, uma apresentação de programas habitacionais brasileiros, formulação para indicadores de caracterização, os temas e os dados usados para a obtenção dos indicadores de sustentabilidade e o programa computacional da metodologia proposta, este gravado em disco magnético.

## 1.5 ORIGINALIDADE

A originalidade desta tese, cujo objeto é a criação de uma ferramenta para avaliar a sustentabilidade de projetos de habitações de interesse social, está assentada nos seguintes aspectos:

- 1) criação de uma metodologia de avaliação da sustentabilidade de projetos de habitação de interesse social para aplicação específica no estado de Goiás, mas aberta e com possibilidade de aplicação em outras regiões do Brasil e do mundo. Essa metodologia gera, com base em critérios de sustentabilidade previamente estabelecidos, indicadores e índices de sustentabilidade parciais e geral de projeto. Tais indicadores e índices permitem que em

futuros estudos se faça: a) a identificação dos pontos fracos e críticos de projeto, para fins de proposição de melhorias que tenham potencial de elevação dos respectivos índices; b) o mapeamento da sustentabilidade de projeto das edificações da região estudada, bem como o acompanhamento da evolução de tal sustentabilidade ao longo do tempo;

2) avaliação da sustentabilidade de projeto de habitações de interesse social passível de análise independente para cada subsistema da edificação. Particularmente, é implementada na metodologia desenvolvida nesta tese a avaliação da sustentabilidade do subsistema de vedações verticais, considerando as dimensões ambiental, sociocultural e econômica; observa-se que estas dimensões somente têm sido abordadas em avaliações de edificações de escritórios comerciais no contexto brasileiro, conforme pode ser observado na literatura atual;

3) criação de um banco de dados relativo ao uso de recursos naturais, ao consumo energético e à emissão de CO<sub>2</sub>, quando da produção e do transporte dos materiais e componentes para fins de auxílio à especificação dos materiais. Esse banco de dados é aberto e pode ser continuamente alimentado com novos dados ou com atualização dos dados já existentes;

4) criação de uma ferramenta computacional com a implementação da nova metodologia de avaliação de sustentabilidade proposta por este trabalho, cuja fonte para entrada de dados é o banco de dados descrito no item anterior, além da entrada de dados específicos de projeto, via teclado.

## **2 SUSTENTABILIDADE DE PROJETO NA PRODUÇÃO DE HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL COM ÊNFASE NA VEDAÇÃO VERTICAL**

### **2.1 INTRODUÇÃO**

Este capítulo destina-se a fazer uma revisão da literatura sobre o conceito de sustentabilidade e suas dimensões, considerando sua integração com o ambiente construído e como este influencia na conquista do desenvolvimento sustentável por meio das fases do ciclo de vida de uma edificação.

Pretende-se também apresentar o estado da arte da problemática habitacional no contexto brasileiro e no exterior, fazendo uma inter-relação entre sustentabilidade, projetos e habitações de interesse social com ênfase nos requisitos e nos critérios de especificação de materiais e componentes para o subsistema de vedação vertical.

### **2.2 O AMBIENTE CONSTRUÍDO E A SUSTENTABILIDADE**

O significado de desenvolvimento sustentável está baseado na alocação e no gerenciamento mais racional dos recursos ambientais e envolve as dimensões social, política e cultural, sem falar nas dimensões éticas e estéticas, entre outras.

Layrargues (1997) afirma que o termo *desenvolvimento sustentável* só faz sentido na medida em que, além da busca por um equilíbrio das relações homem-natureza, também exista maior harmonia nas relações homem-homem, que levam a uma maior igualdade entre as classes sociais.

Zimmermann, Althaus e Hass (2005) definem sustentabilidade como um estado no qual a ordem social estável é apoiada em uma estrutura econômica ajustável, podendo prevalecer um longo tempo sem sobrecarregar a capacidade ecológica da Terra, promovendo as necessidades de todas as áreas da atividade humana.

O ambiente construído constitui uma das bases de desenvolvimento social e econômico. Ele reflete as relações da sociedade que o constrói, além de participar ativamente da sua produção (MARICATO, 2001). As edificações, a infraestrutura, as instalações industriais, os centros comerciais, os equipamentos de uso coletivo, como escolas, hospitais, praças e todo tipo de urbanização, compõem diferentes formas de ambiente construído.

Segundo vários autores, entre eles Yeang (1999), Reddy e Jabadisch (2003), Erlandsson e Borg (2003) e Assefa *et al.* (2007), o ambiente construído com suas edificações, atividades, serviços e transportes consome mais de 50% das fontes mundiais de energia e grande parte da matéria-prima existente no planeta, sendo um dos principais responsáveis pela emissão de gases causadores das mudanças climáticas. Toda a situação de colapso do meio ambiente, bem como a do agravamento do quadro social, tem feito com que as questões relacionadas ao impacto de uma edificação se tornem cada vez mais complexas, o que exige uma postura mais pró-ativa buscando maior sustentabilidade de todos os envolvidos.

Apesar do ambiente construído ser inerente à civilização humana, constituindo uma das estratégias de sobrevivência do homem, muito tem sido discutido sobre os impactos ambientais, socioculturais e econômicos em relação à produção e ao uso desse ambiente. Conforme afirma John (2000), “o impacto ambiental da construção civil é proporcional a sua tarefa social”.

O ambiente construído está ainda intimamente associado à promoção do desenvolvimento social, com destaque para o acesso à infraestrutura básica, aos equipamentos comunitários e aos ambientes adequados à preservação da identidade cultural e da segurança, e ao aspecto econômico no que se refere à geração de renda e às atividades ligadas à produção, como o uso intensivo de mão-de-obra.

Esse ambiente tem importância significativa no atendimento das metas de desenvolvimento sustentável estabelecidas para qualquer país. Como parte delas, aponta-se a necessidade de conhecer os impactos gerados e de propor formas para a sua minimização e/ou mitigação, buscando uma indústria da construção mais sustentável. O Quadro 2.1 apresenta alguns destes impactos.

IMPACTOS AMBIENTAIS <sup>2</sup>	IMPACTOS ECONÔMICOS (CAMARGOS, 2005)	IMPACTOS SOCIAIS
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Alteram a natureza, função e aparência de áreas urbanas e rurais.</li> <li>➤ Atividades de extração, industrialização, transporte, construção, uso, reparo, manutenção e demolição consomem recursos e geram resíduos em proporções que em muito superam a maioria das outras atividades humanas.</li> <li>➤ Efeitos transitórios: ruído, poeira; efeitos permanentes: emissão de CO<sub>2</sub>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Toda a complexa cadeia produtiva do setor da construção civil participa com 20,56% do produto interno bruto (PIB) do país.</li> <li>➤ O setor contribui relativamente com 68,25% para a composição dos investimentos totais do país.</li> <li>➤ O setor emprega quase 12,5 milhões de trabalhadores em empregos diretos e indiretos.</li> <li>➤ O macrossetor participa diretamente com 5,2% do total de salários pagos na economia.</li> <li>➤ Apenas 8,06% do total de insumos importados pela economia nacional destinam-se ao macrossetor da construção.</li> <li>➤ A carga tributária paga pelo setor é de 44,27% em relação ao PIB, considerando os efeitos diretos e indiretos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Preveem meios para atendimento de necessidades humanas básicas como abrigo, saúde, educação, integração social, transporte, segurança, energia, água, esgoto, lazer e produção industrial.</li> <li>➤ Maximização do capital social.</li> <li>➤ Melhoria da qualidade de vida.</li> <li>➤ Geração de renda e emprego.</li> </ul>

**Quadro 2.1:** Alguns dos Impactos do ambiente construído

O ambiente construído e seus impactos têm sido discutidos em várias interpretações da Agenda 21: 1) na *Agenda Hábitat II*, assinada na Conferência das Nações Unidas, realizada em Istambul em 1996; 2) na CIB, com a *Agenda 21 on sustainable construction* (CIB, 1999), que contempla, entre outros aspectos, medidas para redução de impactos mediante alterações na forma como os edifícios são projetados, construídos e gerenciados ao longo do tempo; 3) a CIB/UNEP, com a *Agenda 21 for sustainable construction in developing countries* (CIB/UNEP-IETC, 2002).

<sup>2</sup> As legislações ambientais no Brasil que visam minimizar os impactos ambientais são datadas a partir do ano de 1965; referem-se aos assuntos relacionados ao código florestal, à proteção da fauna, da flora e dos recursos hídricos, ao licenciamento ambiental e às áreas de preservação permanente. As legislações encontram-se disponíveis no *site* do Ministério do Meio Ambiente: <www.mma.gov.br>.

O capítulo 30 da Agenda 21 (UNITED NATIONS, 1992), especificamente, encoraja o desenvolvimento e a adoção de estratégias e políticas setoriais relativas ao desenvolvimento sustentável. Como resposta, o CIB publicou pioneiramente dois documentos: a *Agenda 21 on sustainable construction* (CIB, 1999), conhecida por Agenda 21 do CIB, e a *Agenda 21 on sustainable construction in developing countries* (CIB/UNEP-IETC, 2002), chamada por Ag21 PD, ambas consideradas medidores globais.

A Agenda 21 do CIB concentra-se na agenda ambiental e possui algumas extensões nas dimensões econômica e institucional, mas não inclui a dimensão social na análise dos desafios, das barreiras e das ações para o setor da construção. Grande parte das contribuições para essa agenda veio dos países desenvolvidos.

A Agenda 21 nos países desenvolvidos trata exclusivamente da dimensão ambiental da sustentabilidade. Tal foco é explicado pelo desenvolvimento econômico, pela preocupação com a qualidade de vida, igualdade social e distribuição de renda alcançada à custa da destruição dos elementos naturais (SILVA *et al.*, 2003).

Observa-se que a Agenda 21 para a sustentabilidade em países em desenvolvimento como o Brasil aponta a necessidade de redução das desigualdades social e econômica e do fundamental equilíbrio entre os custos e os benefícios ambientais envolvidos.

O ponto-chave que diferencia a abordagem da Ag21 PD da primeira Agenda 21 do CIB é a ênfase na questão de integração da agenda verde e da agenda marrom nos países em desenvolvimento, definidas a seguir.

A agenda verde preocupa-se com o equilíbrio do consumo possível aos recursos disponíveis, procurando reduzir o impacto ambiental da produção do ambiente construído, o consumo e a geração de resíduos, com destaque para a proteção e o bem-estar de ecossistemas e reservas de recursos naturais, que proporcionam condições de vida às gerações futuras nas escalas local, regional e global num horizonte de tempo a longo prazo. Já a agenda marrom enfoca os problemas de pobreza, subdesenvolvimento e riscos à saúde, derivados da poluição do ar e da água, do acúmulo local de resíduos, de condições sanitárias deficientes, de superpopulação e de provisão deficiente de água e serviços urbanos, com ênfase nos aspectos de saúde e bem-estar humanos em escala local num horizonte de tempo imediato (MCGRANAHAN e SATTERTHWAITTE, 2000).

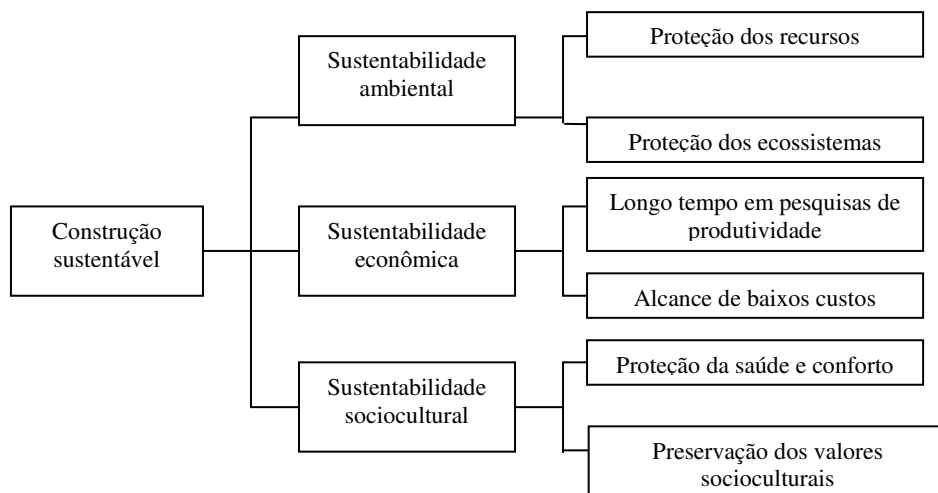


John *et al.* (2000) propuseram uma agenda para a indústria da construção civil brasileira considerando as particularidades e as necessidades ambientais, funcionais, sociais e econômicas locais. Eles ainda sugeriram que se atue em todas as fases do ciclo de vida de um edifício com um entendimento mais amplo do conceito de qualidade ambiental, indo além do respeito ao meio ambiente e abrangendo também a qualidade sanitária das edificações.

Os tópicos de atuação do setor propostos por John *et al.* (2000) são: 1) redução de perda e desperdício de materiais de construção e demolição; 2) reciclagem de resíduos de construção e demolição; 3) melhoria da qualidade dos processos construtivos; 4) eficiência energética das construções; 5) conservação da água; 6) durabilidade e manutenção; 7) melhoria de habitações, infraestrutura e saneamento básico.

Ainda no âmbito da construção civil, posteriormente Silva *et al.* (2002) propõem que a construção sustentável seja abordada pela integração das três dimensões tradicionais – ambiental, social e econômica –, complementadas por uma dimensão institucional, em função da carência de instrumentos normativos de ações políticas e governamentais de maior articulação de estratégias setoriais com relação à sustentabilidade e de relatos de sustentabilidade de empresas e produtos de construção.

A Figura 2.1 é a interpretação de construção sustentável dada por Kohler (1999).



**Figura 2.1:** As três dimensões da construção sustentável, segundo Kohler (1999)

John, Clements-Croome e Jeronimidis (2005) definem construção sustentável como uma prática de construção que busca qualidade econômica e social e desempenho ambiental, incluindo o ciclo de vida da construção, a qualidade ambiental e funcional e os valores futuros.

Já Larsson (2008) conceitua construção sustentável como a responsável pelo fornecimento, operação e manutenção dos edifícios que atendem às necessidades dos usuários durante a sua vida com o mínimo de impactos ambientais desfavoráveis, incentivando ao mesmo tempo a economia, o social e o cultural.

O Projeto OECD (*Design of Sustainable Building Policies*) identifica cinco objetivos da construção sustentável: 1) recursos eficientes; 2) energia eficiente; 3) prevenção de poluição, com a qualidade do ar e redução de barulho; 4) harmonia com ambiente; 5) abordagem de sistemas integrais (JOHN; CLEMENTS-CROOME; JERONIMIDIS, 2005).

Gilchrist e Allouche (2004) afirmam que existe a necessidade de alterar o paradigma para uma construção mais sustentável. Atualmente a preocupação com o tempo, o custo e a qualidade são insuficientes, por isso é preciso introduzir a satisfação humana com o mínimo de impacto ambiental, por meio da avaliação de ciclo de vida, critérios de custo social e consumo mínimo de recursos naturais.

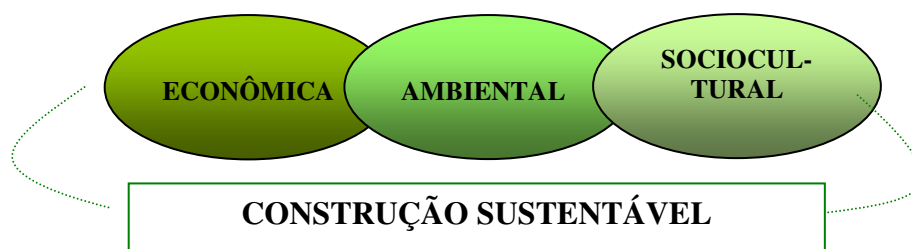
O desafio da construção sustentável, segundo John (2006), está em reinventar o desenvolvimento na inovação tecnológica, por intermédio de projetos e produtos, e o desenvolvimento tecnológico, pela criatividade e pelas mudanças culturais, sugerindo reformulações no ensino de engenharia e arquitetura, na educação de trabalhadores e de consumidores para a sustentabilidade e nos sistemas de certificação de produtos.

A melhoria do desempenho das edificações com a utilização de técnicas passivas e com baixo consumo de energia torna-se imprescindível e urgente. Dessa forma, os esforços dos profissionais da área, incluindo os educadores, devem se concentrar em resgatar esses conceitos que por muitos anos ficaram esquecidos.

No contexto de países em desenvolvimento como o Brasil, em que os recursos financeiros são escassos e há demanda por um grande volume de construções para combater a pobreza e garantir níveis mínimos aceitáveis de qualidade de vida a grandes proporções da

população, é difícil eleger a proteção ambiental como prioridade (SILVA *et al.* 2003), uma vez que viabilidade econômica assume importância vital. Entretanto construção sustentável não implica priorizar uma dimensão em detrimento das demais, nem requer uma solução perfeita, e sim a busca de equilíbrio entre a viabilidade econômica que mantém as atividades e negócios, as limitações do ambiente e as necessidades da sociedade.

A Figura 2.2 demonstra que a sustentabilidade é a ponderação de cada elo da corrente. Sendo assim, a maneira de subsidiar a construção sustentável, deve buscar orientar a implantação de políticas conscientes e especificamente orientadas, com benefícios socioculturais, melhoria do desempenho e viabilidade econômica em longo prazo.



**Figura 2.2:** Elos da corrente do conceito de construção sustentável

Nota-se que as dimensões apresentadas são dependentes umas das outras e têm de estar relacionadas a um determinado local e tempo. Para uma análise da sustentabilidade, deve-se garantir uma inter-relação entre as três dimensões, levando-se em consideração a comparação com o desejável no futuro e a realidade do presente, sempre respeitando o local em que se está inserido.

Para isso, diversos autores preocupam-se com as outras dimensões sociais e econômicas, como por exemplo Jorgensen (2002), que cita como dimensões sociais para desenvolvimento sustentável, e conseqüentemente para a construção sustentável, as oportunidades para a inclusão, segurança, redução dos riscos e empoderamento, realçando os recursos e as potencialidades de indivíduos e grupos.

Já quanto à dimensão econômica, torna-se essencial avaliar os impactos econômicos da construção por intermédio do custo do ciclo de vida, que inclui o custo de capital, operação, manutenção e desconstrução (MOHAMMAD; AMATO, 2006; GRIEB *et al.*, 2006; e LÜTZKENDORF; IIOMÄKI, 2007).

Porém o custo do ciclo de vida não deve ser utilizado com a intenção de diminuir os custos, e sim para assegurar o custo mais baixo ao longo do ciclo de vida, ainda que a solução preencha os requisitos de desempenho funcional e requisitos técnicos (KRIGSVOLL, 2008).

Já Waage *et al.* (2005) buscam interagir as três dimensões – ambiental, social e econômica – em um modelo de tomada de decisão para o *construbusiness*. Esse é o caminho a ser seguido por este trabalho, ou seja, alinhar todas as dimensões da sustentabilidade em busca do equilíbrio dos impactos gerados pelos processos produtivos do ambiente construído.

As perspectivas para a melhoria do ambiente construído buscam o aumento da qualidade e produtividade e o aperfeiçoamento das políticas, o que teve como marco legal a Lei n.º 10.257 de 10 de julho de 2001 – *Estatuto da cidade* – e como marco institucional a criação do Ministério das Cidades, que fomentou o desenvolvimento de planos diretores, de programas e projetos de expansão do parque habitacional e de projetos de recuperação das cidades existentes, visando ao aperfeiçoamento da política de habitação, à modernização da legislação de estímulos à construção habitacional, à recuperação e ampliação da infraestrutura, à redução dos custos e ao aprimoramento das relações de trabalho (BLUMENSCHHEIN, 2004; ROSSI, 2006).

Com o crescimento da importância das questões ambientais, algumas empresas de construção civil têm procurado incorporar alguns princípios de gerenciamento ambiental, utilizando os requisitos da norma NBR ISO 14001 (ABNT, 2004), que tem a finalidade de equilibrar a proteção ambiental e diminuir a poluição, atendendo as necessidades socioeconômicas por meio de sistemas de gestão ambiental (SGA).

Especificamente para o setor da construção, merecem destaque a Resolução 307/02 do Conama (2002) – que trata da gestão dos resíduos da construção civil – e a Lei n.º 10.295 – regulamentada pelo Decreto n.º 4.059 de 19 de dezembro de 2001 (BRASIL, 2001). A lei, criada após a crise energética de 2001, dispõe sobre a política nacional de conservação e uso racional de energia, estabelecendo que os níveis máximos de consumo de energia – ou mínimos de eficiência energética – de máquinas e aparelhos consumidores de energia, fabricados ou comercializados no país, bem como as edificações construídas, serão estabelecidos, fundamentados em indicadores técnicos e regulamentação específica coordenados pelo Ministério de Minas e Energia. Com base nessa lei foi desenvolvida a

Regulamentação para Etiquetagem de Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (BRASIL, 2007).

A sustentabilidade urbana e habitacional exige resposta não somente no setor construtivo, mas também no setor econômico e social, e envolve atores públicos e privados. Ela deve considerar as características do local, pois os processos de urbanização acontecem em diferentes contextos culturais e regulatórios, necessitando de enfoque na gestão e não somente no controle do uso do solo e na regulamentação mediante planos diretores, o que deve incluir programas de redução da pobreza, de geração de emprego e renda e de governança urbana (ROSSI, 2006).

Um futuro mais sustentável somente será possível se ocorrerem profundas mudanças na estrutura da sociedade, com alterações de vida e hábitos não só de profissionais da área, mas da sociedade como um todo.

### 2.3 O PROCESSO DE PRODUÇÃO DO AMBIENTE CONSTRUÍDO E OS SEUS IMPACTOS NA PRODUÇÃO

Entende-se que a produção do ambiente construído obedece a um ciclo (Figura 2.3), e cada fase do ciclo depende da etapa anterior. Com isso, conclui-se que o processo construtivo está interligado a todos os outros processos pelos quais os insumos e recursos são obtidos ou produzidos, estando portanto sujeito as suas influências e à troca de estímulos em geral.

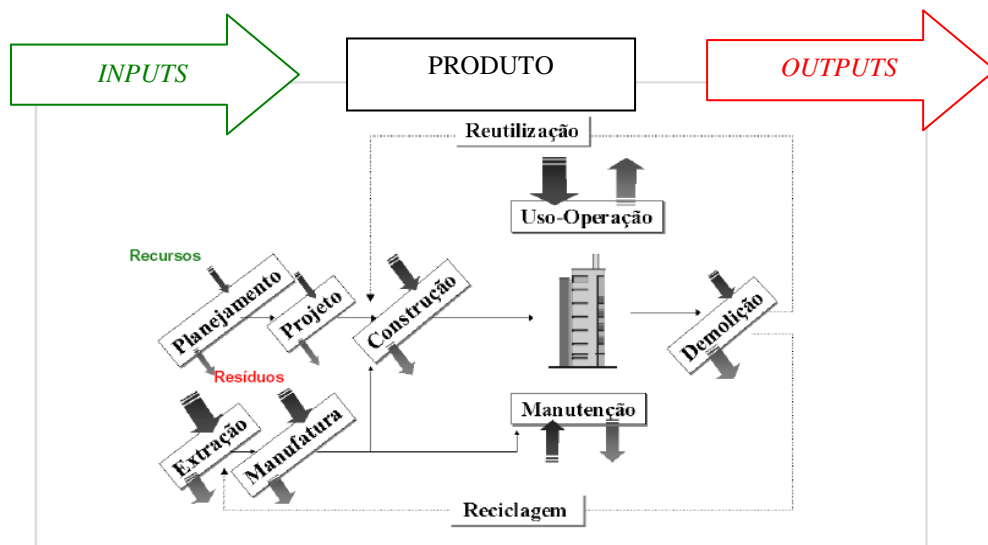


Figura 2.3: Entrada e saída na produção de um edifício (adaptado de SILVA, 2003)

Segundo Blumenschein (2004), é possível afirmar que a indústria da construção é composta por três grupos industriais básicos:

I) indústrias que produzem materiais, insumos e componentes (ou indústrias de suprimentos);

II) indústrias que produzem edificações e obras de engenharia pesada (ou indústrias de processos);

III) indústrias consideradas auxiliares.

Como se pode observar, o processo de produção propriamente dito depende de outros processos que interferem nos impactos relacionados ao setor. Confirmando essa hipótese, Zimmermann, Althaus e Haas (2005) garantem que não só o material deve ser considerado na análise da sustentabilidade, mas também emissões poluentes decorrentes de seu uso.

O processo construtivo inclui desde o momento da tomada de decisão até a ocupação da edificação. O planejamento consiste na fase de maturação das ideias, isto é, no momento de analisar viabilidades físicas, econômicas e financeiras. Na etapa de projeto realizam-se os estudos, cálculos, especificações de materiais e planejam-se as outras fases. Em outras palavras, cria-se no papel o que se tornará real: a edificação. A construção é a materialização do plano. A etapa de uso é a utilização do bem construído, e a fase de manutenção e demolição tem como foco melhorar ou dar outro destino ao ambiente construído.

Medidas tomadas nas fases de projeto e construção, aplicando os princípios de sustentabilidade e de diminuição do impacto ambiental, tendem a significar grande redução de custos, principalmente na fase de utilização. Em contrapartida, as decisões pelo menor custo inicial podem levar a custos muito maiores quando analisados em relação ao ciclo de vida da edificação, levando em conta os custos da energia, da utilização de água, da mão-de-obra para manutenção, da troca dos componentes, de equipamentos etc (LIPPIAT, 1998).

Cada uma das fases anteriormente descritas é interligada de forma dependente e, assim, torna-se responsável por causar e também minimizar impactos<sup>3</sup> no ambiente construído.

Imay *et al.* (2008) buscam reduzir os impactos ambientais da construção de edifícios considerando todas as fases do ciclo de vida da edificação (planejamento, projeto, construção, operação, manutenção e desconstrução) e retroalimentando por meio do *feedback* o processo de gerenciamento de novos contratos de empreendimentos.

Pushkar, Becker e Katz (2005), Thormark (2006) e Erlandsson e Levin (2005) concordam que os impactos ambientais estão ligados à escolha dos materiais, ao consumo de energia, às emissões de poluentes e à conservação de recursos. Logo, para que haja um processo construtivo sustentável, os conceitos de sustentabilidade e de gestão de qualidade devem permear todas as fases do processo. A edificação sustentável representa uma revelação de como se pensa o projeto, a construção e sua utilização (COOK, 2001).

Um processo construtivo sustentável implica na avaliação, em cada etapa do processo, de: 1) impactos ambientais e conservação de energia; 2) requisitos de desempenho nas edificações; 3) requisitos das etapas do processo (produtividade, saúde, segurança dos operários, redução de resíduos e dos custos); e 4) proposição de alternativas tecnológicas de fácil compreensão e uso (desenvolvimento de um projeto detalhado do sistema construtivo compatibilizado).

Kronka (2004) determina metas a serem atingidas em busca da sustentabilidade em todas as etapas do ciclo de vida de uma edificação: 1) aumento da produtividade; 2) eficácia energética; 3) redução do consumo de água; 4) redução de custos de construção, operação, manutenção, demolição, acidentes de trabalho, doenças relacionadas, poluição e lixo e garantia de conforto aos usuários; 5) aumento da flexibilidade e da durabilidade.

---

<sup>3</sup> Freitas *et al.* (2001) e Degani e Cardoso (2002) citam como impactos 1) ao meio físico: aceleração do processo físico do solo, ocorrência de escorregamentos, aumento de áreas inundáveis ou de alagamento, ocorrência de subsidência do solo, diminuição da infiltração de água no solo, contaminação do solo e das águas superficiais e subterrâneas, aumento da quantidade de partículas sólidas e gases na atmosfera e da propagação de ondas sonoras, esgotamento de jazidas minerais, indução de processos erosivos, alterações no regime de vazão, escassez de energia elétrica e de água; 2) ao meio biótico: supressão da vegetação, degradação da vegetação pelo efeito de borda e pela deposição de partículas sólidas nas folhas, danos e incômodos à fauna e à flora, alteração na dinâmica dos ecossistemas; 3) ao meio antrópico: aumento pela demanda por serviços públicos e infraestrutura do consumo de água, de energia, de operações/transações comerciais, da arrecadação de impostos, da oferta de emprego e renda e do tráfego, alterações na percepção ambiental, modificação nas referências culturais, alteração na qualidade paisagística e nas condições de saúde, geração de resíduos perigosos, aumento do volume de aterros sanitários, obstrução de córregos e vias pluviais (enchentes), interferência na drenagem urbana e perda de solos férteis para depósitos de entulhos.

Aumentar a durabilidade é uma medida para redução do impacto ambiental, pois não seria necessário repetir o impacto inicial da produção para o trabalho de reconstrução (HENDRIKS, 2000; EBSSEN; RAMBOL, 2000; MORA, 2007).

Com relação à normatização, no que se refere à edificação a norma NBR 15.575-1 (ABNT, 2008) apresenta uma lista geral de exigências dos usuários em relação à segurança, habitabilidade e também sustentabilidade. Observa-se que esse item foi incluído recentemente, nas discussões finais ainda durante o projeto da norma, e engloba os requisitos de durabilidade, manutenibilidade e impacto ambiental.

A adequação ambiental, segundo a norma NBR 15.575-1, trata da identificação dos riscos ambientais e da adoção das medidas recomendadas nesse requisito referentes ao projeto, à implantação do empreendimento e à seleção de materiais mediante exploração e consumo racionalizado de recursos naturais, objetivando menor degradação ambiental e menor consumo de água, de energia e de matérias-primas. As instalações hidrossanitárias devem privilegiar o emprego de soluções que minimizem o consumo de água e de energia e possibilitem seu reúso.

Os princípios norteadores de sustentabilidade ambiental, segundo Blumenschein (2004), são:

- uso eficiente de energia e água;
- definição de espaços iluminados e ventilados de maneira mais natural possível;
- uso de dimensões e *layouts* que permitam às mudanças ocorrerem naturalmente;
- especificações de materiais que integrem a estrutura do edifício até o momento de sua demolição, os quais certamente voltarão ao processo produtivo como agregado reciclado;
- especificações de materiais internos fabricados sem o uso de materiais tóxicos, que possam ser usados até o dia de serem trocados;
- integração dos sistemas de energia, água e esgoto;



- emprego de processo produtivo de qualidade que minimize perdas, assegure durabilidade dos sistemas construtivos e materiais aplicados e faça a gestão dos resíduos gerados.

Kyvelou (2006) e Ebsen e Rambol (2000) citam os princípios da sustentabilidade social:

- participação do usuário;
- saúde e produtividade;
- segurança para usuários do edifício;
- acessibilidade;
- incidência solar na edificação;
- privacidade visual para o exterior das áreas das moradias;
- áreas de trabalho da moradia;
- materiais locais e tradicionais;
- tradições culturais;
- participação.

Azevedo, Silva e Silva (2007) e GBTool (2007) indicam como princípios para sustentabilidade econômica:

- oportunidade de racionalização de recursos econômicos;
- geração de renda;
- desenvolvimento da economia local;
- proximidade do centro de empregos;
- uso misto dos empreendimentos para a geração de renda;
- projetos compatibilizados;

- fácil manutenção e ampliação.

Segundo Roaf (2001), as edificações deverão combinar o melhor das tradições de cada região, que toma por base os aspectos locais como os materiais construtivos e as responsabilidades climática, econômica e cultural, com soluções apropriadas, buscando por meio do regionalismo a sustentabilidade.

Jassen *et al.* (1984) afirmam que os problemas ambientais devem ser analisados como: a) atributos das atividades e/ou etapas de produção a serem avaliados; b) características dos impactos causados; c) natureza da estrutura da tomada de decisão relacionada com a atividade.

Com isso, fica evidente a necessidade de um levantamento de dados sobre o que entra para a produção do produto que sai, ou seja, os impactos gerados em cada fase e, conseqüentemente, o que se pode fazer para que esses impactos sejam minimizados.

A seguir, procede-se à exposição das várias fases do processo de produção de habitações, ressaltando-se os vários aspectos de sustentabilidade inerentes a elas. São as fases: planejamento, projeto, construção, uso e manutenção/demolição.

### 2.3.1 Fase de planejamento

Para minimizar os impactos da fase de planejamento, que muitas vezes se sobrepõe ao licenciamento de terrenos para o processo de produção da habitação, deve-se analisar a participação dos usuários nas decisões, as características do local, a disponibilidade de recursos financeiros e ambientais, os impactos gerados pela ocupação, as mudanças no ecossistema, a existência de infraestrutura básica e o que deve ser alterado com a modificação do ambiente no que se refere a sistema viário, transporte coletivo, abastecimento de água, esgoto sanitário, coleta municipal de lixo, fornecimento de energia elétrica e previsão de iluminação pública, telefonia, equipamentos comunitários e públicos e estabelecimentos comerciais.

Outro aspecto importante a ser analisado é a elaboração do estudo de impacto ambiental – EIA –, que instrumentaliza a avaliação de impacto ambiental – AIA –, conforme a regulamentação brasileira, especificamente o Conama 01/86, ou até a certificação considerando o entorno, a vizinhança e o loteamento, mediante por exemplo o LEED-ND – *Leadership in energy and environmental design for neighborhood developments rating system* (USGBC, 2007; NEGREIROS; ABIKO, 2007).

Nessa fase a participação dos usuários torna-se essencial para que sejam atendidos aos requisitos dos futuros usuários que vão se beneficiar ou não com a modificação do ambiente. Segundo Paiva (1997), os projetos de empreendimento que excluem tal possibilidade, a qual confere ao projeto personalidade e identidade, perdem em qualidade.

É também importante ser destacada a análise de uma possível revitalização de edifícios existentes, em vez da sua demolição e da construção de outro. Erlandsson *et al.* (2005) e Geraedts (2008) afirmam que reconstruir é uma escolha ambiental melhor que a construção de uma edificação nova.

### 2.3.2 Fase de projeto

Um projeto bem-feito pode amenizar os impactos referentes a outras fases do ciclo de vida do processo produtivo, pois com ele é possível planejar todas as demais etapas. É na fase de projeto que se escolhe o processo construtivo que influencia diretamente os impactos da próxima etapa (construção). A prioridade deve ser dada a processos construtivos que gerem baixo impacto de transporte, mínimo consumo de energia e água e fácil controle, a fim de evitar ou minimizar perdas.

Para tanto não devem ser desconsiderados os conceitos de processo de projeto, fases projeto<sup>4</sup>, construtibilidade<sup>5</sup> e projeto enxuto<sup>6</sup> ou *lean design*.

---

<sup>4</sup> Concepção do produto, desenvolvimento do produto (anteprojeto, projeto legal, projeto pré-executivo, projeto executivo e detalhamento, projeto para produção) e *as built*. (SILVA;SOUZA, 2003)

<sup>5</sup> Habilidade das condições do projeto permitir a ótima utilização dos recursos da construção (O'CONNOR; TUCKER, 1986)

<sup>6</sup> Reduzir ou eliminar as atividades que não agregam valor (BERTELSEN;KOSKELA,2004)

Nessa fase é preciso buscar um projeto sustentável, isto é, que busca maior eficiência energética, correta especificação de materiais de construção de baixo impacto, conforto ambiental, aproveitamento e reúso de recurso, flexibilidade e uso de materiais local, observando a realidade social e econômica. É o momento crítico para empregar os princípios da sustentabilidade (SEDREZ; ROSA; SATTLER, 2001; PENTEADO, 2001; KRONKA, 2004; NGAWI, 2001; KOHLER; MOFFATT, 2003; LLOYD; LANDFIELD; GLAZEBROOK, 2005).

As especificações dos materiais e componentes influenciam sobremaneira a sustentabilidade do projeto. Em função de sua importância, diversos autores, como Woolley *et al.* (1998), Anink, Boonstra e Morris (1996) e Navarra (2005), descrevem por meio de metodologias baseadas na ACV como escolher o melhor material e componente considerando os seus impactos ambientais, descritos em *handbooks* específicos para auxiliar projetistas na seleção e especificação de materiais e componentes para edificações.

Outro exemplo é a seleção de materiais em seis passos desenvolvida por John (2008): 1) verificação da formalidade da empresa – CNPJ –; 2) verificação da formalidade da empresa quanto à licença ambiental; 3) qualidade do produto conforme normas técnicas brasileiras; 4) análise da responsabilidade socioambiental da empresa; 5) cuidado com o verniz verde<sup>7</sup> (*green washing*); 6) análise da durabilidade do produto nas condições de projeto.

A diferença entre os métodos para a seleção de materiais e componentes descritos anteriormente e os de John (2008) é que estes consideram aspectos econômicos e sociais, e os demais, apenas os aspectos ambientais referentes ao consumo energético, depreciação de recursos, redução e minimização da poluição e riscos à saúde.

Ainda, em relação à especificação, podem ser citados os critérios desenvolvidos para materiais e componentes no âmbito do Programa de Responsabilidade Ambiental e Social para a compra (PRAS) no Distrito Federal (BLUMENSCHHEIN; SPOSTO, 2008)

Kronka (2002) aponta como projeto sustentável aquele que observa os seguintes fatores: 1) orientação do terreno, 2) insolação, 3) ventilação natural, 4) conforto acústico, 5) cuidados com a topografia do terreno, 6) otimização do projeto, 7) circulação interna e com o

---

<sup>7</sup> Produtos que se dissem ecológicos, porém não apresentam as metodologias usadas para a classificação.

entorno, 8) otimização do tamanho do projeto, 9) edifício energeticamente eficiente, 10) edifício que utiliza energias renováveis, 11) otimização dos materiais de construção, 12) baixo consumo de água, 13) utilização do esgoto limpo, 14) durabilidade, 15) possibilidade de reutilização e 16) menor potencial de riscos à saúde do usuário.

Pushkar, Becker e Katz (2005) afirmam que na fase de pré-ocupação, a quantidade de material utilizada depende apenas da solução de projeto e quanto maior a quantidade de materiais, maior o impacto ambiental. Contudo o projeto não deve deixar a desejar quanto à segurança, à saúde, à utilidade, à manutenibilidade, à estética e ao conforto.

Segundo o *U. S. Green Building Council*, o conceito de *green design* refere-se a práticas de projeto e construção que significativamente reduzam ou eliminem o impacto negativo dos edifícios no ambiente e dos ocupantes em cinco grandes áreas: 1) planejamento sustentável local, 2) proteção a recursos de água e uso eficiente da água, 3) eficiência de energia, 4) conservação de recursos e materiais, 5) qualidade do ar interno (USGBC, 2006).

Existe uma série de pesquisas de projetos de edificações sustentáveis no Brasil. Entre elas, pode-se citar como exemplo a *Casa eficiente*, que teve como condicionantes 1) o melhor aproveitamento das condições climáticas locais (radiação solar, temperatura do ar, umidade relativa e ventos), 2) o emprego de sistemas alternativos de resfriamento e aquecimento, 3) a prioridade no uso de materiais locais (renováveis de menor impacto ambiental), 4) o projeto paisagístico que privilegia o uso de espécies naturais da mata atlântica em vias de extinção e de espécies frutíferas, tendo como objetivo o aproveitamento da vegetação para a criação de um microclima local, 5) o uso racional de água e instalações hidráulicas que utilizam peças e linhas econômicas, 6) a coleta e reaproveitamento de água pluvial, 7) o tratamento de efluentes por zonas de raízes e reaproveitamento de água tratada, 8) o aquecimento solar e geração fotovoltaica e 9) a acessibilidade (ELETROSUL, 2006).

Outro exemplo é relativo a empresas como a HOK – *Hellmunt, Obata + Kassabaum* –, situada nos EUA, que considera a sustentabilidade como parte da solução de projeto para os seguintes aspectos: a) seleção e desenvolvimento de empreendimentos que promovam comunidades harmoniosas com o meio ambiente, b) desenvolvimento de projetos flexíveis, que aumentam a longevidade do empreendimento, c) uso de materiais apropriados, d) melhoria da eficiência energética e garantia do conforto térmico, e) redução dos impactos ambientais decorrentes do uso energético, f) uso de estratégias naturais para proteger e

recuperar fontes de água, g) conservação da água e consideração de seu reúso, h) promoção da saúde do usuário e conforto do ambiente interno, i) planejamento da reciclagem durante a construção, a demolição e o uso do empreendimento (HOK SUSTAINABLE DESIGN, 2006).

O *Doerr Architecture*, escritório de arquitetura americano autor da lista de verificação para residências denominada *Green architecture checklist: residential* contempla os seguintes aspectos (DOERR ARCHITECTURE, 2006):

a) *Green siting and land use* (propõe a construção de novos empreendimentos em áreas urbanizadas e desenvolvidas, preservando as demais localidades):

- projetos de múltiplo uso, nos quais as residências se integram ao uso comercial, reduzindo a poluição decorrente dos meios de transportes;
- implantação de edificações em locais de fácil acesso ao transporte público e de vias para bicicletas e pedestres, minimizando o uso de automóveis;
- inclusão de *home offices* em residências;
- renovação de edificações antigas em vez de demolí-las;
- distâncias curtas das edificações às estradas e linhas de serviço;
- construções em áreas que já tenham sido prejudicadas;
- edificação situada de modo a preservar a vegetação existente.

b) *Green building design*:

- otimização do espaço interno;
- eficiência no consumo energético por meio de um melhor aproveitamento da luz natural;
- altos níveis de isolamento térmico;
- janelas refletoras de calor;

- utilização de energia renovável (aquecimento solar, iluminação natural, resfriamento natural);
- otimização do uso de materiais, por meio da simplificação da geometria dos edifícios;
- inserção no projeto de facilidades para os usuários praticarem a reciclagem de seus resíduos;
- consideração da captação de água da chuva para uso na irrigação de jardins ou das águas servidas de lavatórios, chuveiros ou lavagem de roupas;
- eficiência no consumo de água;
- baixa manutenção.

c) *Green materials:*

- redução do uso de equipamentos mecânicos e isolantes que contenham componentes químicos que agriam a camada de ozônio, tais como o HCFC;
- emprego de materiais produzidos na região próxima ao empreendimento, reduzindo custos e poluição decorrentes de seu transporte;
- adoção de materiais recicláveis ou provenientes de reciclados;
- seleção de fornecedores responsáveis, especialmente de madeira;
- redução da utilização de materiais que desprendam gases poluentes, tais como produtos compostos por formaldeídos e compostos orgânicos voláteis (VOC);

d) *Green equipment:*

- estímulo ao uso de lâmpadas e dispositivos elétricos de alta eficiência (lâmpadas fluorescentes);
- redução do dimensionamento de aquecedores nos casos do uso da energia solar;

- uso de dispositivos eficientes que controlem o consumo de água e a demanda dos sistemas de esgoto.

Outro exemplo que pode ser citado de projeto residencial sustentável é o BedZed, em Beddington, Inglaterra. Trata-se de um sistema inovador que compreende a habitação como uma variedade de ocupação com unidades de escritórios e equipamentos para a comunidade. Seu objetivo principal é ser emissor zero de carbono. Suas características mais importantes são a mistura de atividades no programa como forma de promover maior convivência; a implantação com alta densidade e espaços otimizados para evitar elevada ocupação de terras; a orientação para o aproveitamento do sol e maiores fachadas nos lados norte e sul; uso de vidros que permitam a entrada de luz, barrando o ganho térmico; paredes internas e externas com mais inércia; uso de paredes duplas para isolamento térmico e acústico; priorização de transporte público e uso de carros movidos à eletricidade; uso de tecnologias eficientes para ventilação; incorporação de painéis fotovoltaicos; volumetria do projeto como forma de sombreamento; valorização dos pedestres, com passagens internas exclusivas; reutilização de água de chuva, de águas cinzas e águas negras<sup>8</sup>, tratadas no local mediante sistema de purificação ecológico; aparelhos nos banheiros que utilizam menor quantidade de água que os convencionais; uso prioritário de materiais da região e de teto jardim na cobertura (LAMBERTS, 2006).

Penteado (2001) sugere que os materiais de construção, além de atenderem às exigências técnicas e legais, devem também satisfazer os pré-requisitos ecológicos e de saúde, que são: serem renováveis e abundantes, de fontes naturais e cuja produção cause baixo impacto ao ambiente; não-poluentes, seja em uso ou em produção; energeticamente eficientes, requerendo pouca energia na produção, no transporte e na utilização; adicionalmente devem ser bons isolantes, a fim de impedirem perdas ou ganhos energéticos indesejáveis, duráveis, fáceis de substituir e manter, produzidos a preços e em condições justas de trabalho, baixos geradores de resíduos, capazes de serem reciclados, conservando a energia necessária para produzir com base na matéria-prima.

Sedrez, Rosa e Sattler (2001) definem como estratégias para um projeto sustentável o conforto ambiental, que inclui confortos térmico, lumínico e acústico. Têm de ser

---

<sup>8</sup> Águas cinzas são provenientes das pias, lavatórios e chuveiros. Já águas negras são as águas usadas em vasos sanitários.



observados também a cultura, os hábitos da comunidade envolvida, a disponibilidade de materiais, levando-se em conta os impactos relacionados a cada escolha, o clima local, a acessibilidade, o espaço para atividades geradoras de renda, o projeto flexível, o uso de materiais não-tóxicos, o reaproveitamento da água da chuva e de água servida, o uso de vegetação para sombreamento e para a produção de alimentos e a realidade social e econômica.

Hendriks (2000) e Mora (2007) em suas pesquisas concluem que, antes de construir uma edificação, a natureza e a quantidade do entulho podem e devem ser consideradas de diversas formas. Para isso, propõem que o projeto seja flexível e que dê preferência para o processo construtivo industrial, isto é, para construções desmontáveis e padronizadas, que utilizam o método de construção compacto (grande espaço habitável por quantidade de material), limitando o uso de materiais aderentes e especificando materiais reciclados. Outra opção, estudada e sugerida por Luther (2008), é relativa a projetos modulares pré-fabricados utilizando materiais reciclados, os R. A. R. E. (*renewable, adaptive, recyclable and environmental*).

Outro aspecto importante a ser observado na fase de projeto é, segundo Moretti (2005), informar como deve ser a manutenção para garantir a alta durabilidade e a redução de patologias.

Para Cheung e Cheng (2008), os critérios para projetos sustentáveis em Hong Kong são: *sustentabilidade social*: 1) conectividade, 2) serviços, 3) vizinhança e contexto, 4) cultura e patrimônio da comunidade; *sustentabilidade econômica*: 1) qualidade, 2) flexibilidade para mudança, 3) reutilização das estruturas existentes, 4) estratégia de manutenção eficiente; e *sustentabilidade ambiental*: 1) saúde do ambiente, 2) ventilação natural, 3) microclima, 4) conservação de energia, 5) água e 6) conforto ambiental.

Vidal e Spoto (2002) afirmam que um bom projeto garante um bom produto e ressaltam a importância de uma sistemática para compatibilização de projetos com vistas à melhoria e à correção de interferências que possam prejudicar a execução.

Segundo Gangemi, Malanga e Ranzo (2000), a tarefa de projetar e construir edifícios sustentáveis é um desafio de grande complexidade e multidisciplinar, havendo a

necessidade de consultores ambientais, graças à natureza e à quantidade de informações para se conduzir e repensar o processo de projeto como um todo.

O projeto é um dos elementos fundamentais do processo de produção no setor da construção. É na fase de projeto que o produto é concebido e os materiais e as técnicas construtivas são especificados. O projeto é, sem sombra de dúvida, o grande elemento indutor da racionalização da construção, da qualidade do produto final e de sua sustentabilidade.

Porém a elaboração de um projeto é um processo complexo, que exige um desempenho cada vez melhor. Além da complexidade, há deficiências no processo, que são, por exemplo, dificuldade de integração entre as atividades de projeto e execução, falta ou ineficácia da gestão de qualidade e da gestão ambiental, ausência de integração entre os agentes envolvidos e carência de projetistas com especialização contínua. Observa-se também nesse campo a necessidade de uma intervenção para mudanças de paradigmas por meio de um interativo esforço de todos os envolvidos com pesquisa, planejamento, controle e uso de métodos sistemáticos.

### 2.3.3 Fase de construção ou execução

Além de um bom projeto e um bom planejamento, nos quais foram estudadas as melhores hipóteses para garantir uma construção sustentável, há necessidade da execução dos projetos de produção e da compatibilização dos projetos e informações.

Deve haver preocupação com a redução da geração de resíduos, por meio de monitoramento e minimização das perdas e desperdícios, gerenciamento logístico da entrega, do armazenamento e do transporte de materiais e da separação de resíduos produzidos, o que é de responsabilidade de todos os envolvidos (HENDRIKS, 2000; BLUMENSCHNEIN, 2004).

A racionalização dos processos tem de ser uma constante para que haja um maior controle ambiental em relação à redução de perdas e, conseqüentemente, à de entulhos. Pode-se

citar como motivos da alta geração de entulho a insuficiência de definição em projeto e a ausência de qualidade nos materiais e componentes utilizados e de procedimentos e mecanismos de controle de execução. A minimização refere-se a não gerar, reusar, reciclar e controlar o tratamento e a disposição adequada dos entulhos (FREITAS *et al.*, 2001).

Uma evolução na busca da redução de resíduos no Brasil foi a publicação da Resolução Conama n.º 307 (5/7/2002), sobre a gestão dos resíduos da construção civil, que classifica os resíduos e estabelece responsabilidades e a necessidade de um plano integrado de gerenciamento de resíduos de construção civil (PIGRCC).

Outro aspecto importante é a preocupação com o *layout* e o planejamento do canteiro de obras, que deve facilitar a execução, a fim de evitar acidentes de trabalho e perda de material e de tempo, garantindo uma execução racionalizada e mais sustentável, com alta produtividade e qualidade.

#### 2.3.4 Fase de uso

A fase de uso é o período em que a edificação vai desempenhar a sua função, sendo importante ressaltar que é o período de tempo mais longo. São as definições das etapas anteriores que geram os maiores impactos nessa fase. Por exemplo, o alto consumo de energia não-renovável pode ser acentuado pela não observância, na fase de projeto, do aproveitamento de iluminação natural.

Segundo Thormark (2006), a energia de operação, por causa de sua longa vida útil, é em torno de 85% a 95% da energia total<sup>9</sup>. No Brasil a eletricidade representa 30% do consumo residencial, e a energia de cocção<sup>10</sup>, 70% desse consumo (TAVARES, 2006).

---

<sup>9</sup> Energia total = energia incorporada (*incorporated energy*) + energia de operação (*operational energy*) (THORMARK, 2006). Energia incorporada: utilizada na construção da edificação, incluindo o conteúdo energético dos materiais e componentes construtivos; trata-se da energia que foi usada desde fontes primárias (extração) até o processo de manufatura e transporte ao local, assim como a energia usada no processo de construção (MANFREDINI; SATTLER, 2005). Energia de operação dos edifícios: usada para aquecimento, refrigeração, ventilação, iluminação e serviços da edificação, usualmente expressa em termos anuais (MANFREDINI; SATTLER, 2005).

<sup>10</sup> Consumo de cocção diz respeito às fontes utilizadas para preparação de alimentos.

Nessa etapa são registrados a maior incidência de patologias e os maiores gastos energéticos, principalmente quando sua vida útil é superior a 50 anos.

### 2.3.5 Fase de manutenção/demolição

Os edifícios são construídos e utilizados para sua finalidade pretendida por um período definido de tempo e, então, finalmente são demolidos. Para reduzir os impactos dessa fase, torna-se necessário um estudo de modo a reaproveitá-los para outro fim. Entretanto, não sendo possível fazê-lo, deve-se pensar em um processo de reciclagem dos resíduos originados da demolição.

Erlandsson e Levin (2005) afirmam que, na fase de manutenção, devem ser avaliados aspectos que modifiquem o ambiente de forma positiva após uma reforma necessária (não somente o conforto ou os valores estéticos), melhorando também os desempenhos técnico e ambiental do edifício.

Segundo Hennessy *et al.* (2008), para ser verdadeiramente sustentável, o edifício ainda tem de garantir que continue a produzir resultados. Isso só é possível com a manutenção adequada. Os procedimentos de manutenção podem poupar energia, incrementando simultaneamente o conforto dos ocupantes e reduzindo impactos. A boa manutenção deve começar na fase de concepção.

Na etapa de manutenção/demolição tornam-se fundamentais cuidados para estender a vida útil da edificação, utilizando-se a demolição seletiva. Além disso, é recomendável a separação com planejamento do espaço físico (HENDRIKS, 2000; BLUMENSCHNEIN, 2004).

Gao *et al.* (2001) estudaram o impacto energético da reciclagem de materiais de construção e concluíram que a energia consumida para a reciclagem geralmente é menor que para produzir o mesmo material.

Todo o processo de reciclagem e reaproveitamento deve ser estudado de forma a gerenciar, prevenir e reduzir os riscos ambientais que o processo é capaz de gerar. A reciclagem pode

também produzir resíduos. É preciso considerar os resíduos dos materiais reciclados no fim de sua vida útil e a possibilidade de serem novamente reciclados – fechando, assim, o ciclo (CARVALHO, 2004). Observa-se ainda que é de suma importância a avaliação dos produtos reciclados quanto aos riscos à saúde dos usuários dos novos materiais.

Dessa forma, é certo que a escolha da reciclagem de um resíduo seja criteriosa e pondere todas as alternativas possíveis com relação ao consumo de energia e matéria-prima pelo processo de reciclagem escolhido (ÂNGULO; ZORDAN; JOHN, 2001).

Ainda quanto à reciclagem observa-se que esta envolve uma gama ampla de conhecimentos multidisciplinares de áreas diferentes: legal, social, de ciência dos materiais, química, de economia, de *marketing*, de engenharias de produto e do processo, de saúde e meio ambiente.

Por fim, a busca pela sustentabilidade contempla a origem dos materiais e de componentes construtivos, passando pela concepção, construção, uso, manutenção e reforma do edifício e alcançando sua desativação e demolição, em que inclui a destinação final do entulho ou sua reciclagem.

#### 2.4 HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL NO BRASIL E NO MUNDO: INTRODUÇÃO E TENDÊNCIAS

Entende-se por habitação de interesse social aquela que se destina a famílias com renda de até dez salários mínimos, abrangendo, principalmente, a faixa que vai até três salários mínimos. Esse critério de delimitação da faixa de interesse social vem sendo adotado em caráter transitório, até que se tenha a definição do padrão de consumo das famílias, que o substituirá (BRASIL, 2004).

Conforme dados do Ministério das Cidades, a dívida social acumulada no Brasil em relação à carência habitacional é em torno de sete milhões de famílias que precisam de novas moradias, sendo 5,5 milhões em áreas urbanas e 1,7 milhões em áreas rurais, além de 10 milhões de domicílios com problemas de infraestrutura básica (BRASIL, 2004).

O conceito de déficit habitacional utilizado está ligado diretamente às deficiências do estoque de moradias, englobando tanto aquelas moradias sem condições de serem habitadas em virtude da precariedade das construções ou de terem sofrido desgaste da estrutura física e que devem ser repostas quanto à necessidade de incremento do estoque, decorrente da coabitação familiar ou da moradia em locais com fins não-residenciais (FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 2005).

O déficit quantitativo tem se ampliado nas faixas de renda de até dois salários mínimos, fenômeno que se verifica em todas as regiões do país, principalmente nas metropolitanas, e representa cerca de 4,2 milhões de moradias. É expressivo o número de unidades habitacionais com algum tipo de carência, como padrão construtivo, situação fundiária, acesso aos serviços e equipamentos urbanos; fato que identifica a carência de regularização fundiária, infraestrutura urbana e saneamento ambiental (BRASIL, 2004).

O panorama habitacional das classes de baixo poder aquisitivo nos países em desenvolvimento, segundo Plessis (2002), é caracterizado:

- por ocupações irregulares, principalmente em áreas de proteção ambiental, ou frágeis do ponto de vista ecológico, criando condições propícias à ocorrência de desabamento e alagamento em épocas de chuva, além da disseminação de doenças (PLESSIS, 2002) e da degradação ambiental (MARICATO, 1997);
- pela sobrecarga ou ausência de infraestrutura e de serviços urbanos, o que colabora com a poluição dos recursos hídricos e do solo e cria um ambiente propício ao surgimento de inúmeras doenças;
- pela concentração de moradores em densidades muito altas (FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 2005);
- pelo declínio da qualidade em função das negligências durante a produção e da falta de manutenção;
- pela baixa capacidade de produção formal;
- pelos altos custos do solo urbano e das habitações, inacessíveis se comparados à renda da população;

- pela ausência de mão-de-obra capacitada;
- pela falta de atenção aos fatores sociais, ambientais, culturais e climáticos no planejamento.

A localização de assentamentos na periferia das cidades dificulta o acesso a serviços básicos como saúde, educação e equipamentos de lazer. Além disso, vincula o acesso às benfeitorias da cidade ao uso de meios motorizados de transporte, o que determina um maior consumo de energia e geração de poluentes.

Torna-se importante aqui caracterizar as duas formas possíveis de provisão habitacional<sup>11</sup>: a formal<sup>12</sup> e a informal. Caracterizam-se como formais aquelas promovidas pela iniciativa pública ou privada. As informais são aquelas construídas por iniciativa da própria população.

No Brasil grande parte da população não possui renda suficiente para a aquisição de um imóvel no mercado formal, conforme pode ser exemplificado pelos dados do Ministério das Cidades. Do total de 4,4 milhões de unidades empreendidas no período de 1995 a 1999, cerca de 70% da produção de moradias foi construída por iniciativa da própria população, ou seja, está fora do mercado formal. Disso decorrem diversos problemas na produção do ambiente construído, como o crescimento das unidades habitacionais irregulares. Plessis (2002) afirma que de 20% a 30% da população dos países em desenvolvimento residem em áreas de ocupação irregular. Segundo a autora, em alguns casos esse percentual é ainda maior, chegando a 54% em Lima, no Peru. A falta de gerenciamento do uso do solo tem na maioria das vezes a localização em loteamentos precários ou favelas, que estão em áreas de proteção ambiental, como mananciais de água ou outras áreas frágeis sob o ponto de vista ecológico.

Por outro lado, a produção formal também apresenta aspectos negativos em relação ao uso do solo. O principal problema diz respeito à política de implantação de empreendimentos

---

<sup>11</sup> Provisão habitacional é um processo físico que cria e transfere uma moradia para seus ocupantes, seus subsequentes usos e reprodução física; ao mesmo tempo é um processo social dominado pelos interesses econômicos envolvidos. Assim, esse conceito inclui outros processos como locação, manutenção, reparo, reforma e demolição, sugerindo que uma política de provisão habitacional deve incluí-los em sua proposição. (SILVA, 2005).

<sup>12</sup> Foco deste trabalho.

destinados à população de baixa renda em locais distantes, onde o preço do solo é mais baixo.

Ainda quanto à produção formal de unidades habitacionais, Plessis (2002) e Sedrez (2004) apontam algumas características recorrentes:

- qualidade duvidosa;
- projetos pouco imaginativos;
- imagem desvalorizada no mercado;
- alta insatisfação dos usuários;
- falta de cadastro sobre disponibilidade de terras para o melhor uso do solo;
- ocupação das áreas definidas pelo baixo valor do solo;
- remoção das comunidades para sítios distantes, dificultando a interação social e o acesso ao emprego, fruto de políticas públicas excludentes;
- pouca diversidade funcional, isto é, os projetos geralmente preveem apenas a implantação de habitações;
- densidade de ocupação inadequada;
- carência de infraestrutura;
- falta, em grande parte dos casos, da efetiva participação das comunidades no processo de planejamento e produção dos empreendimentos;
- falta de consideração de aspectos relacionados à geração de renda, por meio da escolha de técnicas construtivas e materiais de construção que incrementem as economias locais;
- pouca disponibilidade de recursos que requerem a procura de soluções adequadas em termos de qualidade e de baixo custo;
- falta de acesso a fontes de financiamento (MEDEIROS; MONETTI, 2008).



A produção formal e a informal apresentam como características a presença maciça de mão-de-obra com baixa qualificação e de grande rotatividade, tornando ineficiente qualquer programa de treinamento; a baixa qualidade de materiais utilizados, em razão principalmente da insuficiência de normatização relativa a materiais de construção; o baixo nível de industrialização dos processos construtivos; e o desconhecimento, pelo consumidor final, dos requisitos necessários para uma habitação adequada. Observa-se que esses itens dificultam uma maior qualidade na produção habitacional brasileira.

Na década de 90 aconteceram eventos marcantes, como a Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente e Desenvolvimento (Agenda 21) e a Segunda Conferência das Nações sobre Estabelecimentos Humanos (Hábitat II), que aprovou um plano mundial e uma declaração definindo as diretrizes de políticas e os compromissos dos governos nacionais no sentido de melhorar as condições de vida nos centros urbanos e nas zonas rurais e de propiciar “o gozo pleno e gradual do direito à habitação” (HÁBITAT II, 1996).

Um exemplo da introdução das tendências globais desta década é o Programa da Qualidade da Construção Habitacional do Estado de São Paulo (Qualihab), implementado em 1996. Data também do mesmo ano a criação do *construbusiness* como conceito central para análise do setor de construção (ANTAC, 2002). Subsequentemente, decorrente do compromisso firmado pelo Brasil na assinatura da Carta de Istambul (Conferência do Hábitat II), teve início em 1998 o Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade na Construção Habitacional (PBQP-H), que tem por objetivo organizar o setor da construção civil em torno de duas questões principais: a melhoria da qualidade do hábitat e a modernização produtiva. No âmbito do programa destaca-se o sistema de qualificação de empresas, de serviços e obras (SiQ), que propõe a qualificação das empresas de forma evolutiva, cujo último nível resulta na certificação do sistema de gestão da qualidade.

Todas as visões e tendências da construção habitacional (incluindo a habitação de interesse social) foram reunidas, numa perspectiva estratégica, e divulgadas pela Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (Antac) por meio de um trabalho em parceria com o governo federal e órgãos representativos da indústria da construção. Esse documento, sob o título *Plano estratégico para ciência, tecnologia e inovação na área de tecnologia do ambiente construído com ênfase na construção habitacional*, apresenta visões e tendências de futuro para a construção habitacional e estabelece estratégias para a

modernização do macrocomplexo da construção civil, assim como prioridades para ciência, tecnologia e inovação na área (ANTAC, 2002). Nas estratégias apontadas para o desenvolvimento do setor da construção habitacional observa-se também o seguimento de tendências e diretrizes globais. Destacam-se as ações de caráter eminentemente gerenciais e ligadas à integração dos setores da indústria: 1) qualificação dos recursos humanos, 2) infraestrutura de tecnologia industrial básica e serviços tecnológicos para inovação e competitividade, 3) integração da cadeia produtiva, 4) gestão ambiental, 5) inovações relacionadas à gestão, à tecnologia da informação, às tecnologias de produtos, processos e sistemas construtivos, 6) mecanismos de financiamento, 7) requalificação da cidade informal e 8) disseminação da informação (ANTAC, 2002).

Na prática da política habitacional a participação das comunidades nem sempre tem sido operacionalizada, principalmente por questões de planejamento. A falta de planejamento prévio faz com que, muitas vezes, os projetos sejam desenvolvidos em intervalos curtos de tempo, visando ao acesso a programas de financiamento de duração limitada. Esse é um dos problemas originados pela falta de uma política habitacional de longo prazo no Brasil.

No apêndice A deste trabalho encontram-se os principais programas habitacionais disponibilizados pela Secretaria Nacional de Habitação, vinculada ao Ministério das Cidades, que é responsável pela formulação e proposição dos instrumentos para a adoção da Política Nacional de Habitação (BRASIL, 2006).

#### 2.4.1 Exemplos de habitação de interesse social no mundo

Neste item são apresentadas algumas experiências internacionais na produção de habitações de interesse social e suas respectivas ênfases dadas à sustentabilidade.

Na Eslováquia houve um momento em que se acreditava que cada indivíduo deveria ser responsável pela sua moradia sem a ajuda do governo. Porém verificou-se que isso era impraticável, tornando necessário o desenvolvimento de um sistema sustentável de moradia para favorecer todas as camadas da população (ČERVENŇOVÁ, 2005).

Com base em estudos feitos para quantificar os problemas de moradia no país, estimulou-se a criação de organizações não-lucrativas para fomentar o mercado de habitações por meio de *flats* de aluguel para a população com renda de até três salários mínimos e meio por um tempo determinado de três anos. A viabilidade da criação dessas organizações foi fundamentada em estudos de oportunidades e riscos (ČERVENOVÁ, 2005).

Em Bangladesh, um país de alta densidade populacional, com 47% da população pobre, a habitação é uma necessidade primordial. Sua constituição estabelece que a habitação é um direito dos cidadãos, porém grande parcela da população não tem como adquirir sua moradia, e, para intensificar o problema, o país está sujeito a catástrofes naturais. Como o governo não consegue suprir as demandas, buscou-se então o apoio de organizações não-governamentais (ONGs) para a produção de habitações de baixa renda. Essas entidades produziram moradias com características de flexibilidade para ampliação, resistência e baixo custo, utilizando como mão-de-obra a população local e materiais convencionais da região, como por exemplo o bambu. Mas essas mesmas ONGs afirmam que há a necessidade de aumentar as pesquisas de tecnologias de baixo custo (KHANAM, 2004).

Em Portugal, segundo Tolete (2003), existe o Programa Especial de Alojamento (PEA), destinado a minimizar os efeitos do déficit habitacional quantitativo, principalmente na região metropolitana de Lisboa. Contudo, segundo a autora, o programa apresenta problemas, como a criação de “bairros sociais densificados”, que geram “guetos”, e também a falta de integração de processos de desenvolvimento social urbano, havendo apenas a preocupação com o acesso à moradia.

No Canadá as habitações de interesse social (HIS) são de responsabilidade das municipalidades e das ONGs. A preocupação do governo canadense é reduzir ainda mais o consumo de energia. Na década 90 a emissão de gases causadores do efeito estufa era de 8,2% no setor residencial. Atualmente ela passou a ser de 6%. Tal diminuição é atribuída à melhoria da eficiência nos dispositivos e equipamentos de aquecimento e nas características térmicas das casas. O objetivo é minimizar o consumo e os gastos de energia por meio do *marketing*, objetivando que as organizações sociais de HIS participem dos esforços do país para cumprir o Protocolo de Kyoto, reduzindo a emissão de gases que contribuem para o efeito estufa (McKAY; KHARE, 2004).

Na China a partir de 1980 o governo procurou aumentar o estoque de habitações sociais por programas que buscassem promover o desenvolvimento tecnológico, aperfeiçoando o processo de produção do edifício, para executar projetos com maior eficiência e aperfeiçoar o mecanismo de mercado, e buscando fortalecer a indústria da construção, com a utilização de recursos naturais, a promoção do uso eficiente de energia e terra e a melhoria da qualidade da construção. Esses objetivos continuam sendo almejados, com a avaliação dos pilotos experimentais dos programas habitacionais e a identificação do que deve e pode ser aperfeiçoado (CHEN, 2003).

A busca por habitações de interesse social na Coreia do Sul dá-se mediante projetos de regeneração de habitações com a participação dos envolvidos, procurando, além da sustentabilidade ambiental, a sustentabilidade socioeconômica pela preservação social e cultural (KYA HÁ, 2007).

Na Índia há preocupação em encontrar formas de reduzir os impactos dos materiais de construção convencionais. O material mais utilizado nas vedações verticais em habitações de interesse social é o bloco cerâmico. Porém ele demanda extração de solos de boa qualidade para a sua produção e também grandes quantidades de combustível e de resíduos industriais (cinza volante, fosfogesso), o que necessita de extensas áreas de descarte. Na busca da solução para esse problema foi desenvolvido um bloco vazado de cal, cinza volante e gesso para ser usado em habitações de interesse social. A produção do bloco é simples: misturam-se as matérias-primas, que são moldadas e curadas com água. O bloco apresenta propriedades compatíveis com o bloco cerâmico, mas para ser ambiental e financeiramente viável o depósito das matérias-primas deve ser próximo aos pontos de fabricação e utilização (KUMAR, 2002).

No México as habitações de interesse social geralmente são produzidas informalmente, sem assistência técnica. Quando há produção formal, esta é executada em grande quantidade-padrão, o que não gera satisfação nos futuros moradores, acarretando logo após a entrega reformas e modificações para personalizar a habitação. A solução proposta para resolver o problema é por meio de incentivo à participação e também do desenvolvimento de catálogos de projetos que se adaptem às necessidades dos ocupantes (NOGUCHI; VELASCO, 2005). Quanto às normas de desempenho térmico e à eficiência energética dos materiais de construção, elas são aplicadas em edifícios comerciais, onde há uma limitada

consciência sobre a importância da edificação sustentável entre os profissionais responsáveis pelas decisões da produção do ambiente construído (SCHILLER *et al.* 2003).

O desenvolvimento tecnológico para habitações de interesse social na Argentina enfoca a integração com o desenvolvimento sustentável mediante o envolvimento da comunidade com a escola técnica. Os princípios são promover o desenvolvimento econômico em regiões pobres, incentivar a participação social organizada, gerando aprendizado, oportunidades de emprego e de aprendizado de uma profissão, além de usar de forma responsável recursos locais renováveis. As habitações são construídas pela autogestão e autoconstrução, usando, principalmente a madeira como material renovável (MASSUH; PEYLOUBET, 2002). Há também a preocupação com a eficiência energética por meio da obrigatoriedade de níveis mínimos de isolamento térmico em HIS (SCHILLER *et al.*, 2003).

Percebe-se que há uma necessidade mundial de resolver questões referentes a habitações de interesse social, com a evolução do conceito de construção sustentável. Na maioria dos países latino-americanos as construções de HIS normalmente são autoedificadas e informais. Isso evidencia a importância de incentivar a construção sustentável por intermédio da participação e do fortalecimento da comunidade, da formalização dos processos construtivos e do uso de materiais locais de baixo impacto, itens que contribuirão para aumentar o conforto com baixo consumo e baixo custo.

#### 2.4.2 Interface entre projetos, sustentabilidade e habitação de interesse social

Apesar de uma conscientização tardia, a construção civil vem utilizando-se de posturas mais pró-ativas em relação ao meio ambiente e à sustentabilidade. Agopyan *et al.* (1998) apontam como sendo do início da década de 1990 o surgimento das primeiras medidas consistentes no Brasil, com estudos mais sistemáticos e resultados mensuráveis sobre reciclagem, redução de perdas e de energia. Mais recentemente os mesmos autores indicam algumas mudanças que vêm sendo observadas quanto à redução do consumo energético na produção de insumos, como o cimento e a cerâmica de revestimento, a utilização de

resíduos (reciclagem) na produção de componentes como barras de aço e cimento, a preocupação com a redução das perdas e o desperdício nos canteiros de obras, a decisão do Ministério do Meio Ambiente de regulamentar a disposição do entulho por meio da Resolução 307 (5/7/02) do Conama, além do lançamento no mercado de produtos para a economia de água e energia. A atitude observada na esfera do governo federal, que no ano de 2000 ampliou o escopo do PBQP-H (Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade na Construção Habitacional) para PBQP-Hábitat (englobando, dessa maneira, as áreas de saneamento, infraestrutura e transportes urbanos), é sinal de que a produção de habitações não mais é tratada como uma atividade isolada, mas como parte da criação do hábitat urbano.

As questões ambientais não estão introduzidas nos processos de desenvolvimento de produtos do setor da construção civil por estarem associadas à requisito recente no processo. Porém diversos autores concordam que os aspectos ambientais tendem a ser incorporados durante a fase de projeto<sup>13</sup>. A questão ambiental será mais uma a ser avaliada, como a técnica, a estética, a funcionalidade, os requisitos legais e os custos, mas há a possibilidade de apresentar conflitos com os demais parâmetros, principalmente os econômicos e os sociais (PLESSIS, 2002; HUOVILA, 1999; PEARCE, 1998; OLIVEIRA, 2005).

Segundo Choguill (2007), para que as políticas de habitação resolvam a problemática habitacional com sustentabilidade, isto é, para que sejam viáveis economicamente, socialmente aceitas e com técnicas praticáveis e ambientalmente compatíveis, são necessários: 1) participação da comunidade em todas as etapas, para a busca de redução dos custos, satisfação de todos os envolvidos e garantia à qualidade; 2) materiais de boa qualidade e custos acessíveis com respeito à preservação ambiental; 3) padrões de desempenho mínimos, tais como saúde, higiene, desempenho ao fogo, flexibilidade, exigências de segurança; 4) financiamentos alongados; 5) garantia de disponibilidade de terra adequada à construção por meio da valorização social do solo.

A fim de que o Brasil se desenvolva de forma sustentável é preciso corrigir um dos maiores problemas sociais: a falta de habitação para as populações de baixa renda. Há a

---

<sup>13</sup> Existe no mercado uma série de materiais e componentes denominados “ecoprodutos”, porém a maioria não é produzida de acordo com critérios de responsabilidade sustentáveis, observa-se aqui a questão do *marketing* em relação ao tema.

necessidade de integrar as diversas dimensões das sustentabilidades social, econômica, ecológica, espacial e cultural para a produção de habitações de interesse social. Só assim a solução será eficaz e eficiente, proporcionando a otimização do desempenho ao longo da vida útil da habitação.

Segundo Sedrez, Rosa e Sattler (2001), um projeto de habitação de interesse social que contemple a sustentabilidade deve ter como critérios o conforto ambiental, o aproveitamento e o reúso de recursos e a escolha de materiais e sistemas construtivos com características e potencialidades da região.

Buscando essa integração, o centro experimental de tecnologias habitacionais sustentáveis desenvolveu no Rio Grande do Sul o protótipo de uma HIS sustentável. No projeto foram seguidas as diretrizes referentes a: otimização da capacidade funcional; especificação de materiais de construção alinhados com princípios sustentáveis, priorizando os materiais locais, recicláveis e reutilizáveis; contemplação da acessibilidade; processo de autoconstrução; espaço para atividades geradoras de renda; projeto possível de ampliações e remanejamento de espaços; arquitetura solar passiva, com coletores solares de baixo custo; isolamento térmico conforme a realidade climática local; pintura não-tóxica; vegetação para sombreamento e produção de alimentos; reutilização de águas cinzas e águas de chuva; consideração da disponibilidade da infraestrutura local; avaliação das possíveis relações da habitação com seu entorno, evitando a sobrecarga e o desperdício dos serviços públicos disponíveis; viabilização de um modo de vida urbano com menor agressão ao meio ambiente; redução de perdas e desperdícios; uso de fontes de energia renováveis; e preservação da cultura local e detalhamento do projeto, evitando os improvisos na obras (SATTLER *et al.*, 2001).

Benett e Sattler (2004) realizaram uma pesquisa com as famílias de baixa renda para identificar os indicadores de sustentabilidade em habitações populares. Os resultados foram:

- indicadores sociais: transporte público, segurança, telefones públicos, creches para as crianças e acesso a remédios;
- indicadores ambientais: coleta de lixo seletivo, tratamento de esgoto, proteção do solo do lote, áreas verdes públicas e produção comunitária de alimentos;

- indicadores econômicos: cooperativa de trabalhadores, formalidade do trabalho e treinamento, capacitação e gastos com transporte;
- indicadores culturais: alfabetização juvenil, proximidade da escola, fácil locomoção à escola, diversão e lazer infantis, cuidados com a saúde;
- indicadores políticos: importância de assuntos comunitários, liderança comunitária, participação e consciência política.

Analisando o comportamento da população beneficiada por HIS em termos de sustentabilidade, Kowaltowski *et al.* (2006) constataram que 42% da população realizavam reciclagem de lixo, 79% procuravam racionalizar o consumo de energia elétrica, 81% faziam esforços para reduzir o gasto de água, apenas 35% usavam a bicicleta – e esse uso estava relacionado ao lazer e não ao meio de locomoção normal – e 67% acreditavam no benefício da vegetação quanto à qualidade de vida em áreas urbanas.

Tanto a pesquisa de Kowaltowski *et al.* (2006) como a de Carvalho e Sposto (2006) concluíram que a população beneficiada preocupa-se com a sustentabilidade, a qual deve ser incentivada pela educação ambiental.

A falta de critérios socioeconômicos nas decisões de projeto acarreta uma série de problemas de gestão, conservação e manutenção de conjuntos habitacionais (MEDVEDOVSKI *et al.*, 2005). A disposição urbana, os microclimas e os sistemas de tráfego são outros indicadores de sustentabilidade, na medida em que afetam o consumo de energia elétrica, os níveis de poluição e os sistemas de infraestrutura (THOMAS, 2003).

A orientação adequada das habitações, o espaço entre os volumes edificados, o projeto paisagístico e o adequado posicionamento do projeto das aberturas são alternativas que poderiam contribuir para a melhoria das moradias do ponto de vista térmico.

Kowaltowski *et al.* (2006) realizaram um estudo para estabelecer diretrizes de uma metodologia para desenvolver projetos com maior qualidade e sustentabilidade, buscando melhorar a qualidade de vida dos usuários de HIS.

A seleção dos materiais de construção tem forte influência sobre as condições de conforto e sobre o desempenho e a vida útil das edificações. Segundo Krüger e Dumke (2001), os



programas de HIS têm implantado soluções padronizadas em todo o país, independentemente das especificações regionais. Assim, tipologias de projetos semelhantes e do mesmo sistema construtivo são adotadas em locais com disponibilidade de diferentes recursos naturais, assim como características climáticas, culturais e econômicas muito distintas. Ainda segundo esses autores, frequentemente as expectativas e necessidades dos moradores, bem como os danos ambientais causados pelos processos de produção e materiais incorporados, são ignoradas. Entretanto uma pesquisa de Fedrizzi e Kuhn (2006) comprovou que os moradores não sabem, nem mesmo intuitivamente, quais materiais e componentes promovem determinadas condições de conforto ou possuem melhor desempenho para cada situação de exposição, o que evidencia a importância de profissionais da construção para a correção de equívocos e para nortear futuros projetos com uma visão mais ampla de qualidade, desempenho e sustentabilidade.

Além de todos esses aspectos de projeto já citados por diversos autores, há também a necessidade de se preocupar com a especificação dos materiais, dando prioridade àqueles que geram menores impactos ambientais, sociais e econômicos. A seleção de materiais de construção é um item relevante em qualquer estudo de sustentabilidade. A preocupação é justificada, pois os processos de fabricação dos materiais de construção contribuem decisivamente para a geração de gases do efeito estufa.

Análises do consumo energético, de emissões gasosas e de geração de resíduos sólidos relacionados à produção são fundamentais na análise dos impactos causados na produção. O conhecimento da quantidade e dos tipos de fontes energéticas utilizadas permite visualizar a dimensão e o tipo de impacto causado pela produção dos materiais de construção.

Planejar e projetar uma habitação são ações necessárias para que se consiga a redução de poluentes como CO<sub>2</sub> por meio de uma seleção correta de materiais (GERILLA *et al.*, 2007; NGAWI, 2001; SATHRE; GUSTAVSSON, 2007). Para avaliar a sustentabilidade de uma habitação, deve-se examinar as tecnologias e os materiais da habitação, definir padrões e fazer escolhas ao analisar as diferentes etapas do processo da habitação. Assim, é um processo “do berço ao túmulo”, o qual passa pela extração de materiais, por sua manufatura, pelo uso e por sua eliminação ou reciclagem (PULSELLI *et al.* 2007).

Considerando a produção de uma HIS, pode-se afirmar que esta é composta pelos seguintes subsistemas principais: fundação, estrutura, vedações verticais e horizontais e cobertura. Em cada subsistema são utilizados diversos materiais, com diferentes impactos durante a sua manufatura. Para que se possa fazer uma escolha consciente do material, é necessário conhecer seus impactos em relação à sustentabilidade.

Podem ser citados trabalhos que procuram quantificar os impactos por subsistema. Kuhn e Sattler (2006) apresentaram um estudo dos impactos ambientais dos subsistemas de um modelo de HIS no Brasil, mas com as limitações de utilizar apenas dados da literatura. Outro trabalho refere-se ao consumo energético na produção de materiais básicos (diferentes tipos de alvenaria, argamassa e lajes de piso) na Índia, o qual justifica a minimização do consumo de materiais convencionais com o uso de materiais, métodos e técnicas alternativas para a redução da emissão de CO<sub>2</sub>, pelo fato do país produzir e gastar muito material de construção, sendo o responsável por 22% do total. As conclusões foram que o uso de tecnologias alternativas pode resultar na redução considerável na energia incorporada dos edifícios (REDDY; JOGADISH, 2003).

Como não se tem os impactos em relação à sustentabilidade quantificados para todos os materiais usados na produção de uma habitação de interesse social no Brasil, o presente trabalho busca contribuir para a quantificação dos impactos quanto ao uso de recursos naturais (abundância, reciclabilidade, toxicidade), ao conteúdo energético, à emissão de CO<sub>2</sub>, ao desempenho social (número de empregos gerados e utilização de materiais locais) e ao desempenho econômico, considerando o subsistema de vedação vertical para fomentar um banco de dados de uma ferramenta de avaliação da sustentabilidade, com o objetivo de auxiliar a escolha consciente dos materiais e dos processos construtivos.

## 2.5 O SUBSISTEMA DE VEDAÇÃO VERTICAL E A SUA IMPORTÂNCIA NA HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL E NA SUSTENTABILIDADE

Sabbatine (1998) define vedação vertical como sendo um subsistema da habitação constituído por elementos que compartimentam e definem os elementos internos,

controlando a ação de agentes indesejáveis, como fechamentos (vedos), revestimentos, aberturas e esquadrias<sup>14</sup>.

O mesmo autor conceitua parede como um elemento da vedação vertical que pode ser envoltória externa, de compartimentação interna ou de separação, produzida por conformação ou por acoplamento úmido, fixa, pesada, autossuportante, monolítica, com revestimento a posteriori ou sem revestimento e descontínua.

As paredes podem ser subclassificadas em função de seu desempenho: 1) estruturais, que atuam como estruturas portantes do edifício; 2) de contraventamento, que têm a função de aumentar a rigidez da estrutura reticulada e absorver os esforços decorrentes da deformação do pórtico; 3) de vedação, que atuam somente como componente de vedação, sendo esta última o foco deste trabalho.

Há a necessidade de fazer algumas distinções das formas construtivas de se executar uma parede, as quais podem ser: 1) de alvenaria, composta por tijolos ou blocos unidos entre si por juntas de argamassa, formando um conjunto rígido e coeso (parede de bloco de concreto, de bloco cerâmico, de bloco de concreto celular, de bloco de solo cimento, de tijolo maciço e de pedra) (HENDRY, 2001); 2) maciças, moldadas no local, empregando-se fôrmas laterais, com a possibilidade de uso de diferentes materiais (de concreto, de solo-cimento, de taipa, de concreto celular); 3) maciças pré-fabricadas ou pré-moldadas, que são aquelas constituídas pelo acoplamento de painéis pré-moldados ou pré-fabricados.

Os blocos/tijolos são usados há mais de cinco mil anos como materiais de construção em todo o mundo e são utilizados até hoje com a mesma finalidade. Com a urbanização crescente, a demanda aumenta gradualmente. A alta durabilidade e a qualidade dos tijolos são fatores que auxiliam o seu uso freqüente em muitos países. As propriedades físicas e químicas dos blocos e tijolos são determinadas pelas propriedades dos minerais da argila e pela intensidade de calor a que são sujeitos (KARAMAN *et al.*, 2006).

Até meados do século XIX no Brasil, para vedações verticais eram utilizados, no caso de moradias mais simples, o pau-a-pique, o adobe ou a taipa de pilão, e nas habitações mais sofisticadas, a pedra, o barro e às vezes o tijolo de cal. Essas paredes tinham função de vedações e de estrutura autoportante.

---

<sup>14</sup> Não serão incluídas nesta fase da metodologia proposta, vide seção 4 (MASP-HIS).

Com a multiplicação das olarias difundiu-se a tecnologia de alvenaria de tijolos, e nas construções de pequeno porte passaram a predominar as alvenarias portantes de tijolos. A partir das décadas de 1920 e 1930, com a introdução de novos materiais, as alvenarias de tijolos cerâmicos passaram a dar lugar à alvenaria com função exclusiva de vedação. Ao mesmo tempo em que o concreto armado passou a ser amplamente utilizado como estrutura, outros componentes da alvenaria apareceram no mercado, como por exemplo os blocos cerâmicos de oito furos em 1935, os blocos de concreto celular autoclavados em 1948, os blocos de concreto em meados da década de 1950 e o silicocalcário na década de 1970 (BARROS, 1998).

Quanto à produção de habitações, ainda que a demanda fosse crescente, o mercado estava praticamente paralisado por falta de recursos financeiros. Em resposta, buscou-se a produção em massa de unidades habitacionais por meio da industrialização e da pré-fabricação, que teve início em 1970 e entrou em crise nos anos 1980 em função da recessão econômica.

Ainda em relação à pré-fabricação, observa-se que ela é usada mundialmente por se adequar ao aumento da construtibilidade, da eficiência, da qualidade e da produtividade e também por reduzir desperdícios, sem contar o reaproveitamento de fôrmas. Em Hong Kong, por exemplo, o governo incentiva o uso de elementos pré-fabricados em habitações públicas e edifícios institucionais, mas sua utilização se restringe ao uso governamental, não tendo boa aceitação do mercado por causa do custo de implantação e limitação no projeto pelo tamanho e pela forma dos painéis (HENDRY, 2001; CHIANG *et al.*, 2006).

Como inovações tecnológicas de vedação, podem-se citar as iniciativas das vilas tecnológicas que apresentaram diversos processos, como painéis pré-fabricados de concreto celular, blocos de solo-cimento de encaixe e intertrave, placa *Blockboard*<sup>15</sup>, painéis modulares de madeira, blocos de concreto celular autoclavado, painéis de placas pré-moldadas de concreto armado modulares, concreto celular autoportante<sup>16</sup>, painéis sanduíches<sup>17</sup>, painéis de argamassa armada com núcleo de espuma rígida de poliuretano

---

<sup>15</sup> A placa *Blockboard* é formada por um miolo de sarrafos de madeira colados entre si e por duas lâminas coladas de sarrafo.

<sup>16</sup> Parede estrutural em concreto celular espumoso com fibras de polipropileno e malha dupla de aço com reforço de tela nos grandes vãos.

<sup>17</sup> Painéis de estrutura metálica e/ou de madeira em forma de grelha, com chapas colocadas em ambas as faces com epóxi e com revestimento de argamassa epóxi em cada face.

expandido *in loco*, painéis *Wagner Wall*<sup>18</sup>, painéis *hi-tech*<sup>19</sup>, painéis modulares de microconcreto armado, painéis pré-moldados de concreto armado com interior em blocos cerâmicos de seis furos, alvenaria intertravada de blocos de concreto vazados, alvenaria estrutural de blocos de silicocalcários, painéis de concreto celular, paredes de concreto armado moldado *in loco*, alvenaria estrutural com blocos cerâmicos vazados, paredes de concreto leve polimerizado moldadas *in loco*, painéis de argamassa armada com encaixe fêmea-fêmea, alvenaria de blocos cerâmicos de encaixe, painéis GRC (*glassfibre reinforced cement*)<sup>20</sup>, painéis metálicos de aço ou alumínio<sup>21</sup>, painéis de gesso acartonado, painéis sanduíches com faces em concreto com isolamento de poliestireno e interligado por treliça metálica, painéis em estrutura de madeira com alvenaria de blocos, entre outros (MARTUCCI, 1997; IPT, 1998; SILVA; SILVA, 2004; MEMARI *et al.*, 2002; RENECKES; LAFAVE, 2005; BENAYUNE *et al.*, 2006).

Com a retração do mercado brasileiro, a racionalização passou a ser a estratégia de mercado. Teve-se o início do desenvolvimento da “alvenaria racionalizada” em contraposição à “alvenaria tradicional” empregada até então.

Segundo Santos e Heineck (2006), tecnologias mais racionalizadas e/ou industrializadas trazem redução ao número de atividades que não agregam valor ao produto, o que reflete na diminuição de prazos e custos de retrabalho e também do desperdício de materiais. Nesse estudo os autores analisaram os processos de vedação vertical: painéis de parede de concreto, alvenaria convencional de bloco cerâmico ou de concreto, alvenaria racionalizada, alvenaria estrutural e gesso acartonado. Os melhores resultados foram os da alvenaria racionalizada, seguidos dos da alvenaria estrutural e dos do gesso acartonado.

É importante destacar que todas as inovações tecnológicas, para serem eficientes, precisam do detalhamento da sua interface com os demais subsistemas e também da oferta de um desempenho mínimo conforme as normas NBR 15.575-1 e 15.575-4 (ABNT, 2008), além de proporcionar qualidade e satisfação aos usuários finais. Visando à sustentabilidade, é

---

<sup>18</sup> Painéis constituídos de miolo de madeira sarrafeada, lâminas de madeira e chapas lisas prensadas de fibrocimento.

<sup>19</sup> Constituídos de miolo de poliestireno expandido, envolto em telas de aço nas duas faces, unidas por treliças de aço com espaçadores.

<sup>20</sup> Painéis utilizados em estruturas metálicas. GRC é uma designação internacional nas quais fibras de vidro resistentes a álcalis são adicionadas à matriz cimentícia, podendo conter ainda *filler*, pigmentos, adições minerais e aditivos.

<sup>21</sup> Uso restrito no Brasil; utilização em indústrias e edifícios comerciais.

necessário que durante o seu ciclo de vida as inovações tecnológicas sejam menos impactantes. Por exemplo, Kim *et al.* (2005) desenvolveram um sistema de avaliação amplo na Coreia para edifícios multifamiliares, avaliando, por meio de indicadores, o desempenho ambiental, a funcionalidade e o conforto, em vez de avaliar isoladamente cada critério, buscando melhorar o desempenho dos edifícios.

Pode ser citado, também, como inovações, embalagens e paletização, ou outro sistema, como o colocador de bloco *EZ BLOK*, que levanta e assenta 11 blocos simultaneamente, juntamente com um sistema de aperto das juntas que bombeia argamassa para enchimento (HENDRY, 2001). Há outras inovações que acrescentam na produção de blocos resíduos industriais, como, por exemplo, desperdício de óleos e uso de pó de mármore, visando melhorar suas propriedades físicas e mecânicas, além de absorver outros rejeitos da sua produção, incentivando a reciclagem e buscando agregar princípios da sustentabilidade na produção (MONTEIRO *et al.*, 2006; SABOYA JR. *et al.*, 2006).

Os blocos são os principais materiais de construção na China, com uma produção anual de 140 bilhões de unidades; na Índia, na Grécia, no Brasil e em outros lugares do mundo sua produção gera impactos consideráveis (SINGH; ASGHER, 2005; KORONEOS; DOMPROS, 2007).

Muitos trabalhos nacionais quantificaram os impactos ambientais da indústria de blocos cerâmicos, como por exemplo Manfredini e Sattler (2005) e Soares *et al.* (2006), os quais se limitaram aos impactos ambientais do material cerâmico, sem considerar os outros materiais usados para alvenaria e também os demais componentes do sistema de vedação vertical (argamassas de assentamento e revestimentos) e as esquadrias. É importante destacar que no trabalho de Soares *et al.* (2006) foi aplicada a metodologia de análise de ciclo de vida.

Além dos aspectos da sustentabilidade, há a necessidade de se observar a qualidade dos blocos produzidos no Brasil, que, segundo Sposto e Amorim (2003) e Morais (2007), exigem aperfeiçoamento do processo de produção para buscar blocos cerâmicos com manufatura mais sustentável e com produto final de qualidade.

No que se refere às esquadrias do sistema de vedação vertical, Abeyesundra *et al.* (2007) quantificaram isoladamente, para uma edificação existente, os impactos ambientais, sociais

e econômicos da escolha entre alumínio e madeira para portas e janelas, aplicando princípios de ACV e pesquisas por meio de questionários aos usuários, mas da mesma forma o procedimento não constituiu um banco de dados para futuras aplicações em outros projetos.

Emmanuel (2004) quantificou os impactos ambientais de cinco materiais que compõem paredes de alvenaria, buscando identificar na realidade de produção e nas características de seu país (Sri Lanka) qual desses materiais seria o mais sustentável, isto é, quais produziriam menos impacto entre consumo energético na produção, potencial de reciclabilidade e custo no ciclo de vida.

Hülya *et al.* (2008) estudaram o processo produtivo de três diferentes materiais para confecção de paredes na Turquia, sendo eles: bloco de concreto celular, bloco de concreto celular e bloco cerâmico. O trabalho foi feito fundamentado na comparação de aspectos ambientais, considerando o esgotamento de recursos naturais, os gases do efeito estufa, a utilização de água e a produção de resíduos. Seu objetivo foi incentivar a utilização de tecnologias energéticas mais eficientes na produção, desenvolver métodos para otimizar o processamento, recomendar medidas para reduzir os impactos ambientais e os custos, selecionar produtos alternativos, promover um plano de produção para a gestão dos resíduos e promover a reabilitação dos terrenos adjacentes.

Sposto *et al.* (2006) estudaram o gasto energético e o desperdício de blocos cerâmicos e blocos de concreto que abastecem o mercado de Brasília (DF) e concluíram que para se produzir um bloco cerâmico são necessários 3,92 megajoules (MJ), e para produzir um bloco de concreto são necessários 2,90 MJ. Quanto ao desperdício, constataram que este é maior com o bloco cerâmico do que com o bloco de concreto, em função de este último apresentar um processo mais industrializado e ter variações nas dimensões produzidas.

Há outros trabalhos nacionais e internacionais que estudaram formas de reduzir as emissões oriundas do processo de produção de blocos cerâmicos, alterando os combustíveis por formas mais limpas, como *pet coke*<sup>22</sup> ou pó-de-serra e briquetes (KORONEOS; DOMPROS, 2007; MORAIS *et al.*, 2006; MORAIS, 2007).

---

<sup>22</sup> *Pet coke*: coque de petróleo cru usado em substituição da lenha.

Conforme a literatura, toda habitação precisa de um planejamento prévio bem executado e de projetos bem elaborados para que o produto final tenha qualidade. Dessa forma, busca-se acrescentar outro conceito, aliando a qualidade e a sustentabilidade e demonstrando que só assim o resultado final será capaz de resolver qualitativa e quantitativamente o déficit habitacional brasileiro.

Sendo assim, há necessidade de dar a devida importância ao projeto, a fim de que ele seja ambientalmente correto, socialmente eficaz, economicamente possível e culturalmente aceito, partindo de cada subsistema, como é o caso da vedação vertical, que será analisado neste trabalho, por meio de combinações de diferentes tipos de blocos com argamassa de assentamento e dois tipos revestimentos.



### **3 METODOLOGIAS DE AVALIAÇÃO DE SUSTENTABILIDADE**

#### **3.1 INTRODUÇÃO**

Este capítulo apresenta a estrutura conceitual para uma ferramenta de avaliação, os aspectos sobre avaliação de ciclo de vida (ACV) e também as metodologias externas (de outros países) de avaliação ambiental – BREEAM, BEPAC, GBC, LEED e CASBEE –, além de evidenciar as tendências desses tipos de metodologias no Brasil.

Tem-se, ao final, uma ideia da abrangência dos métodos existentes no Brasil e no mundo, bem como uma percepção das limitações das metodologias externas, quando aplicadas no Brasil, e das limitações das próprias metodologias brasileiras. Com base nas constatações feitas, é possível detectar quais são os aspectos não abordados nas metodologias existentes, seja nas externas, por não serem aplicáveis aos casos brasileiros, seja nas brasileiras, por negligenciarem tais aspectos. A metodologia proposta neste trabalho é fundamentada nessas necessidades.

#### **3.2 ESTRUTURA METODOLÓGICA PARA FERRAMENTAS DE AVALIAÇÃO DE SUSTENTABILIDADE**

A análise de sistemas de avaliação de aspectos ambientais de edificações constitui, atualmente, um campo de pesquisa aberto e em evolução, com questões metodológicas ainda por se definirem e se aperfeiçoarem.

Graham (2000) define método de avaliação ambiental como um conjunto de regras de procedimentos cientificamente orientado e destinado à avaliação de produtos de construção segundo critérios da sustentabilidade ambiental. A ferramenta é definida pela IEA ANNEX 31 (2001f) como a interface entre uma estrutura analítica e um agente de tomada de decisão. Instrumentos, segundo o mesmo autor, são procedimentos simplificados, geralmente na forma de uma lista de checagem ou de perfis de desempenho que fornece informações ao usuário para que, de forma passiva, ele decida sobre alternativas para uma determinada situação.

Segundo a IEA ANNEX 31 (2001d), a necessidade de compreender a complexidade das cadeias de causa e efeito do ciclo de vida de produtos da construção estimula o desenvolvimento e o uso de sistemas de avaliação para simplificar e reduzir os esforços de avaliação. Entretanto é preciso estabelecer delimitações que simplifiquem os mecanismos reais, visto que são demasiadamente complexas as características intrínsecas do setor de construção para serem modeladas detalhadamente em sistemas de avaliação.

Trusty (2000) institui uma classificação de sistemas de avaliação em três classes:

- classe 1 – engloba sistemas de comparação e fontes de informações sobre materiais e componentes que possuem ou utilizam ACV na fase de sua aquisição (exemplos: SimaPro, BEES);
- classe 2 – corresponde a sistemas de apoio à decisão para projeto de edificações. Consideram geralmente um aspecto específico (exemplo: Ecotect) (SQUARE ONE, 2004);
- classe 3 – trata-se de sistemas ou estruturas de avaliação de edificações como um todo, possibilitando ponderação e pontuação, para proporcionar resultados simplificados, e sendo aplicáveis a novos projetos ou a edificações existentes, com a meta de certificação ou classificação (exemplos: BREEAM, LEED, GBTool).

As diretrizes para o desenvolvimento de um método de avaliação da sustentabilidade, segundo Silva (2003), devem contemplar as seguintes etapas: 1) definição do que avaliar, 2) definição de como avaliar, 3) definição de quanto deverá ser atingido, 4) lançamento do método.

Alguns autores, como Baumann e Cowell (1998, *apud* JÖNSSON, 2000), IEA ANNEX 31 (2001a; 2001b; 2001c; 2001d; 2001e; 2001f) e Sjöström *et al.* (2004), identificam genericamente o que um sistema de avaliação deve conter, ou seja, os elementos e as etapas de um sistema, colocados em uma ordem lógica.

A estrutura proposta por Baumann e Cowell (1998, *apud* JÖNSSON, 2000) é separada em três aspectos fundamentais: aspectos genéricos, aspectos contextuais e aspectos metodológicos.

Os aspectos genéricos podem ser conceituais, como desenvolver produtos mais sustentáveis ou ferramentas que avaliam as questões com base em dados qualitativos e/ou quantitativos (JÖNSSON, 2000).

Os aspectos contextuais descrevem as situações em que são realizadas as abordagens, sendo compostos por: tipo de responsável pelas decisões, sendo quatro categorias gerais de responsáveis pelas decisões que empregam a informação ambiental (governos/autoridades, companhias, ONGs, indivíduos); finalidades principais (objetos da avaliação) da gerência ambiental, que engloba a sustentação de decisão, estimulando a educação ambiental; objetivos das metodologias, divulgando o desempenho do empreendimento, e perspectivas temporais, que podem ter abordagens utilizadas tanto para avaliações prospectivas quanto para retrospectivas (JÖNSSON, 2000).

Quanto aos aspectos metodológicos, estes são divididos em dimensões da investigação, incluindo a etapa de ciclo de vida, as questões abordadas, as bases de comparação, os limites geográficos e temporais do sistema, os tipos de entrada e saída, a investigação e a análise dos resultados (JÖNSSON, 2000).

Nas dimensões da investigação há ferramentas que compartilham de uma perspectiva do ciclo de vida e se dirigem somente a edições ambientais, ao contrário de outras aproximações, que se dirigem também a edições econômicas e sociais. A base de comparação é o elemento que se mantém constante em uma avaliação, com os quais outros elementos são confrontados. Os limites geográficos das metodologias relacionam-se aos tipos de dados utilizados e à estrutura da avaliação, que deve ser compatível com o tipo de produção ou com o produto no local onde ela será desenvolvida. Os tipos de dados podem ser quantitativos como qualitativos (JÖNSSON, 2000).

Finalmente, um aspecto de grande relevância para a confiabilidade dos resultados é a transparência do processo de avaliação. Jönsson (2000) apresenta cinco questões relevantes para a transparência do processo de avaliação:

- explicitação dos pressupostos (se a metodologia é para avaliação da qualidade ambiental ou da sustentabilidade);
- descrição dos procedimentos que envolvem a avaliação;
- descrição dos dados de entrada utilizados;
- descrição dos resultados parciais que compõem a avaliação global;
- reprodutividade da avaliação.

O fluxo de informações para um sistema de avaliação, segundo a IEA ANNEX (2001f), tem início no usuário do sistema, que é o responsável pela tomada de decisão. Ao longo do processo de avaliação ocorrem entradas de dados, que são tratados, gerando resultados que devem ser apresentados de forma a apoiar a tomada de decisão. Há sistemas sofisticados que permitem aos usuários interferirem em cada etapa, enquanto em sistemas mais simples, tais como listas de checagem, existem pressupostos-padrão que reduzem o número de escolhas do usuário e as oportunidades de interação com o sistema, de modo a facilitar o seu uso e minimizar os recursos para o desenvolvimento de avaliação. Isso, porém, restringe a qualidade ou a sensibilidade dos resultados.

As definições das metas e dos escopos são essenciais para um sistema de avaliação. Estes são desenvolvidos principalmente para apoiar as tomadas de decisão. O escopo do estudo consiste na definição do campo de aplicação e nos tipos de problemas e questões que serão apresentados, definidos segundo as necessidades e a motivação dos usuários (IEA ANNEX 2001e, f).

A escala do objeto de análise é considerada a fronteira do sistema. Uma vez definido o objeto de avaliação, devem ser estabelecidos os pressupostos e as delimitações. Esses pressupostos são críticos para o delineamento do sistema de avaliação, pois instituem as condições em que os resultados são válidos. Dessa forma, é necessário prover transparência à definição de pressupostos e delimitações, e a análise de resultados deve ser amparada pela sua revisão (IEA ANNEX, 2001a).

Em função das metas e do escopo são definidos os critérios, que podem ser adotados baseados em um conhecimento científico já estabelecido, ou de forma intuitiva (subjetiva), para questões que ainda não possuem fundamentação científica. Torna-se importante limitar o número de critérios em uma lista exaustiva.

Para a finalização do processo de avaliação, devem-se apresentar os resultados de modo que facilite a tomada de decisão.

### 3.3 INDICADORES DE AVALIAÇÃO: ESTADO DA ARTE

Métodos e ferramentas de desenvolvimento sustentável, incluindo indicadores (IDEs), são importantes auxiliares para a implementação do desenvolvimento sustentável na indústria da construção.

A ISO/TS 21929-1 (ISO, 2006) define indicadores como elementos que possibilitam extrair uma informação simplificada com base em fenômenos complexos, tais como impactos ambientais, sociais e econômicos, de forma relativamente fácil de usar e entender. Tem como principais funções: a quantificação, a simplificação e a comunicação. Segundo OECD (1993), o indicador está diretamente relacionado a um valor.

O indicador precisa ser relevante, e o seu valor, encontrado por métodos adequados, de forma a capturar tendências para informar agentes de decisões como administradores, contratados, projetistas, a orientar o desenvolvimento e o monitoramento de políticas e estratégias e facilitar o relato das medidas adotadas para a implantação da construção sustentável.

Segundo Huovila (2008), os indicadores são usados para medir o desempenho e monitorar tendências e devem possuir as seguintes qualidades: 1) relevância: clara ligação com o desempenho da meta; 2) objetividade: com base em informações confiáveis; 3) acessibilidade: dados confiáveis que possam ser obtidos; 4) legibilidade: compreensível para a comunidade; 5) mensurabilidade: pode ser medido; 6) sensibilidade: que seu uso seja confiável.

Conforme analisado por Silva (2007), os indicadores de sustentabilidade surgiram primeiro na esfera das nações, em resposta à Agenda 21. Vários níveis de indicadores foram estabelecidos: indicadores nacionais (OECD, ONU, World Bank, CSD<sup>23</sup>), indicadores setoriais de sustentabilidade da construção civil (Ciria<sup>24</sup>, Crisp<sup>25</sup>), indicadores de sustentabilidade organizacional – empresas de projetos e construção (*global reporting initiative guidelines*) – e indicadores de edifícios e projetos (LEED, BREEAM, GBC). Os indicadores definidos em esferas de avaliação mais restritas devem alinhar-se aos indicadores e às metas de desenvolvimento sustentável definidas em âmbito nacional e mundial.

Para o nível de edifícios, a ISO/TS 21929-1 (ISO, 2006) define uma estrutura de indicadores de sustentabilidade de edifícios baseada na premissa de que a construção sustentável atinja o desempenho das técnicas de construção com o mínimo de impacto ambiental. Ao mesmo tempo, incentiva a construção sustentável conciliando os aspectos econômicos, sociais e culturais nos níveis local, regional e global.

---

<sup>23</sup> Na esfera das nações CSD – *Theme Indicator Framework* – organiza os indicadores em quatro dimensões (aspectos sociais, ambientais, econômicos e institucionais).

<sup>24</sup> Ciria: indicadores de sustentabilidade para a indústria da construção do Reino Unido (Ciria, 2001).

<sup>25</sup> Crisp: indicadores de sustentabilidade relacionados ao setor de construção (rede europeia) (Crisp, 2001).

Indicadores de sustentabilidade de edifícios devem incluir os aspectos ambientais e econômicos bem como os aspectos sociais, isto é, eles têm de abranger todas as dimensões da sustentabilidade, característica holística, e todo o ciclo de vida do edifício; precisam ter rastreabilidade e transparência para garantir a precisão científica e a comunicação; devem atender às condições locais; e seus limites devem ser estabelecidos em razão da praticidade e não à custa de certeza direcional (WALLBAUM, 2008).

Huovila (2008) cita pesquisas internacionais que contribuem para a estrutura de indicadores: 1) Bequest (1998-2002): *Building environmental quality evaluation for sustainability through time*; 2) Crisp (2000-2003): *Construction and city related sustainability indicators*; 3) Neskey (2002-2003): *New partnership for sustainable development in the knowledge economy*; 4) Intelcity (2002-2003): *Towards intelligent sustainable cities*; 5) Tissue (2004-2005): *Trends and indicators for monitoring the EU thematic strategy on sustainable development of urban environments*; 6) Asia Pro Eco (2004-2008): *Sustainable building and construction conferences in Asia*; 7) Value4Network (2005-2006): *Sustainability value creation in networked working environments*; 8) ManuBuild (2005-2009): *Open building manufacturing*; 9) Credit (2007-2009): *Construction and real estate: development of indications for transparency*; 10) Perfection<sup>26</sup> (2008-2011): *Performance indications for health, comfort and safety of the indoor environment*.

A estrutura de categorias para a avaliação da sustentabilidade por meio da norma europeia CEN TC 350, segundo Lützkendorf e Ilomäki (2007) e Desmyter e Huovila (2008), é: categoria de impactos ambientais (LCA – mudança do clima, destruição da camada de ozônio, acidificação e eutroficação); categoria de aspectos ambientais (depreciação de recursos não-renováveis, uso de recursos, de energia e de água, disposição de resíduos); categoria conforto e saúde (conforto higrotérmico, qualidade do ar, condições de ventilação, confortos acústico e lumínico, qualidade da água potável); e categoria do custo do ciclo de vida (custos antes de construir, de manutenção, de operação e de desconstrução).

A estrutura de indicadores de sustentabilidade, seguindo a ISO/TS 21929-1 (ISO, 2006), é: indicadores ambientais, indicadores econômicos e indicadores sociais.

Os indicadores ambientais de edifícios abordam os aspectos ambientais, quer em termos de cargas quer em termos de impactos. As cargas ambientais são a utilização dos recursos e da

---

<sup>26</sup> Desenvolvimento de uma estrutura de indicadores de desempenho: saúde, conforto, segurança e acessibilidade para os países da União Europeia (DESMYTER *et al.*, 2008).

produção de resíduos, odores, ruídos e emissões nocivas para o solo, água e ar. Essas cargas ambientais estão relacionadas com os impactos ambientais, que podem ser expressas como categorias de impactos ambientais de acordo com a ISO 14042:2000, item 5.3.

Os indicadores econômicos indicam fluxos financeiros ligados ao edifício. A avaliação do impacto econômico dos edifícios pode ser baseada no custo do ciclo de vida, considerando os custos do investimento inicial (local, projeto, produção, construção), do uso (consumo de água e de energia e gerenciamento dos resíduos), da manutenção, da desconstrução, além da taxa de retorno e do rendimento gerado pelo edifício e por seus serviços.

Os projetos de edifício podem se beneficiar com o uso de avaliação dos custos do ciclo de vida no início da etapa de concepção, para que os resultados contribuam para apoiar as decisões tanto de investimento como de custos de operação (KRIGSVOLL, 2008).

Os indicadores sociais são usados para descrever como os edifícios interagem em relação aos assuntos atinentes à sustentabilidade com a comunidade local<sup>27</sup>. Como aspectos sociais, a ISO/TS 21929-1 (ISO, 2006) sugere que os indicadores contemplem os temas: 1) qualidade das construções como um lugar para viver e trabalhar; 2) saúde e segurança dos usuários; 3) barreira livre de utilização de edifícios; 4) acesso aos serviços necessários pelos usuários de um edifício; 5) satisfação do usuário; 6) coesão social e participação dos usuários e de outras partes interessadas no processo de construção; 7) qualidade arquitetônica dos edifícios; 8) proteção do patrimônio cultural. Todos os tópicos podem ser expandidos.

A maioria das iniciativas internacionais concentra-se em indicadores de sustentabilidade na dimensão ambiental. Por isso torna-se importante destacar alguns poucos exemplos de temas para indicadores sociais.

Quanto aos temas sociais, não se pode deixar de citar os indicadores Ethos de responsabilidade social referente aos seguintes aspectos: valores, transparência e governança em compromissos éticos, valorização do público interno, gestão participativa, respeito ao indivíduo e trabalho decente e relação com os consumidores, clientes, fornecedores, comunidade e governo (ETHOS, 2007).

---

<sup>27</sup> Em nível comunitário sobre questões que podem ser relevantes estão as expansões urbanas, misturadas à utilização das terras, ao acesso a serviços básicos, incluindo o transporte público, à disponibilidade de espaços verdes e abertos, à atratividade dos centros urbanos, ao desenvolvimento de áreas, à disponibilidade de habitação, à segregação social, à qualidade cultural e de proteção do patrimônio cultural, à segurança, ao ruído e à qualidade do ar (ISO, 2006).

Os temas sociais para a construção sustentável no Reino Unido são: 1) respeito à equipe de funcionários: 1a) provisão de treinamento efetivo e avaliações de funcionários; 1b) igualdade de termos e condições; 1c) provisão de oportunidades iguais a todos; 1d) saúde, segurança e provisão de ambiente de trabalho adequado; 1e) manutenção da moral e da satisfação dos funcionários; 1f) participação na tomada de decisões; 2) relacionamento com as comunidades locais: 2a) minimização de perturbação local; 2b) construção de canais efetivos de comunicação; 2c) contribuição para economia local; 2d) entrega de edifícios e estruturas que melhorem o ambiente local; 3) estabelecimentos de parcerias: 3a) construção de relacionamento de longo prazo com clientes; 3b) construção de relacionamento de longo prazo com fornecedores; 3c) cidadania corporativa; 3d) entrega de edifícios e estruturas que aumentem a satisfação, o bem-estar e o valor para clientes e usuários; 3e) contribuição para o desenvolvimento sustentável global (CIRIA, 2001).

No trabalho de Mohammad e Amato (2006), que define indicadores de sustentabilidade para habitações públicas em Hong Kong, os autores estabelecem um critério que determina uma grande área de preocupação, subdivida em questões-chave específicas: 1) condições sociais para a sustentabilidade ambiental (valores, hábitos, regras, estilo de vida, consciência ambiental, regulamentos); 2) distribuição e consumo justos das habitações (habitação justa, normas de habitação, acessibilidade, papel do governo, habitação subvenção políticas); 3) relações sociais harmoniosas (relacionamento locatário e inquilino, habitação subvenção políticas); 4) qualidade da habitação e de vida ambiental (condições internas de habitação); 5) condições culturais conducentes ao ambiente sustentável (valores, hábitos, regras, estilo de vida, consciência ambiental, regulamentação); 6) condições habitacionais de qualidade aceitável (condições internas da habitação); 7) preservação do patrimônio de habitação (habitação *design* interno, concepção externa da habitação); isto é, pregam uma estrutura que reflète o modo de vida das pessoas com sua identidade cultural, preservando a memória coletiva da população localizada em uma sociedade contemporânea no seu contexto tradicional.

Os indicadores estabelecidos neste estudo são considerados indicadores de desempenho para serem utilizados no contexto de métodos para avaliação de projetos de habitações de interesse social e mostram as melhorias, estabelecem *benchmark* e permitem comparações entre projetos individuais, apoiando as tomadas de decisão e o planejamento estratégico do setor com base em todas as dimensões da sustentabilidade.

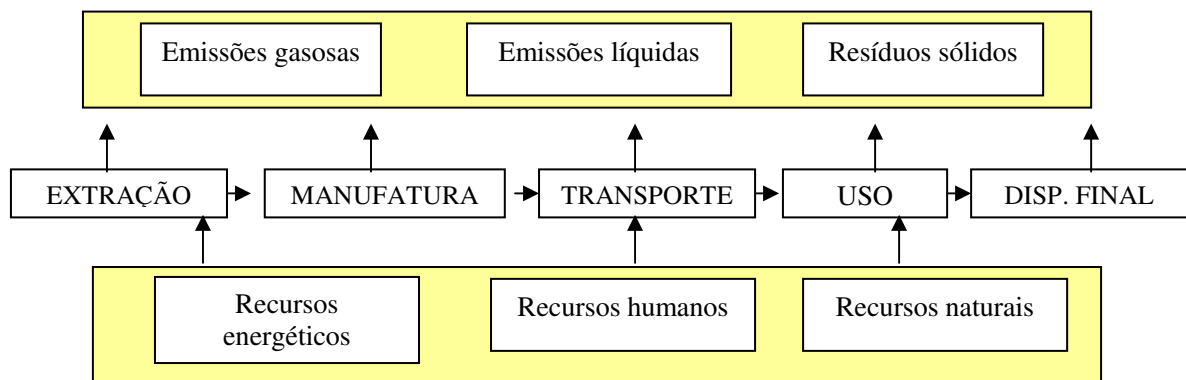


Os próximos subitens descrevem as estratégias ambientais e econômicas por meio da análise de ciclo de vida (ACV) e análise do custo do ciclo de vida (LCC), respectivamente.

### 3.4 ANÁLISE DE CICLO DE VIDA NAS METODOLOGIAS DE AVALIAÇÃO

A análise do ciclo de vida (ACV – LCA<sup>28</sup>) é um processo para avaliar as implicações ambientais de um produto, processo ou atividade, através da identificação e da quantificação dos usos de energia e matéria e das emissões ambientais; avaliar o impacto ambiental desses usos de energia, de matéria e das emissões; e identificar e avaliar oportunidades de realizar melhorias ambientais. A avaliação inclui todo o ciclo de vida do produto, processo ou atividade, abrangendo a extração e o processamento de matérias-primas; manufatura, transporte e distribuição; uso, reúso e manutenção; reciclagem e disposição final. (SETAC<sup>29</sup>, 1991)

A ACV parte da premissa de que todos os estágios da vida de um produto geram impacto ambiental e devem ser analisados. Como pode ser observado na Figura 3.1, desde a extração até a destinação final os produtos geram impactos e consomem recursos. A ACV é o procedimento de analisar formalmente a complexa interação de um sistema (que pode ser um material, um componente ou um conjunto de componentes) com o ambiente ao longo de todo seu ciclo de vida – do berço ao túmulo (*cradle-to-grave*).



**Figura 3.1:** Ciclo aberto de produção (adaptado de GRIGOLETTI, 2001)

<sup>28</sup> Acrônimo da expressão *lifecycle analysis*.

<sup>29</sup> *Society for environmental toxicology and chemistry*.

A série de normas ISO 14000 fornece orientações sobre a estrutura geral para análise de ciclo de vida. A versão brasileira encontra-se no documento NBR ISO 14040 (ABNT, 2004).

De acordo com esse documento, a metodologia típica de análise do ciclo de vida compreende quatro etapas. A primeira etapa, ou definição do escopo, estabelece o objetivo do estudo, sua abrangência e profundidade (limites do sistema), definindo o sistema do produto, que é subdividido em unidades de processos, etapas significativas de entrada de recursos e saídas de resíduos ou emissões. Na construção do inventário do ciclo de vida (LCI, segunda etapa) estudam-se os fluxos de energia e materiais para a identificação e quantificação dos *inputs* (consumo de recursos naturais) e *outputs* (emissões para o ar, água e solo) ambientais associados a um produto durante todo o seu ciclo de vida.

Definida a metodologia para coleta e registro dos dados, deve-se atentar para sua qualidade, tida como uma das principais limitações de uma ACV. Na avaliação do impacto, terceira etapa, esses fluxos de recursos e emissões são caracterizados segundo uma série definida de indicadores de impacto ambiental, geralmente energia incorporada, emissões, consumo de recursos, potencial para reciclagem e toxicidade. Por exemplo, a fase de avaliação de impactos relaciona a emissão de CO<sub>2</sub>, um fluxo, ao aquecimento global, um impacto. A quarta e última etapa, interpretação dos dados, confronta os impactos resultantes com as metas propostas na primeira etapa, apontando para as oportunidades de redução de emissões e consumo de recursos naturais. Além das possibilidades de melhoria do desempenho ambiental nos pontos mais fracos, ficam as sugestões para futuros estudos. Os resultados de uma ACV são apresentados em relatórios.

A avaliação do ciclo de vida é uma das ferramentas mais conhecidas, usada por *ad hoc* ambientais em busca do desenvolvimento sustentável (LEE; BURNETT, 2005). Porém, no estado atual, o analista depara-se frequentemente com qualidade e quantidade insuficientes de dados que o impedem de chegar a uma resposta clara e irrefutável. Como resultado, há apenas uma descrição parcial dos impactos ambientais do sistema (SILVA, 2003). O aspecto positivo do método é o fato de ele ser detalhado, isto é, todos os efeitos ambientais podem ser incluídos na avaliação; o aspecto negativo é a grande quantidade de dados necessários para calcular e avaliar os efeitos ambientais de um produto, bem como os cálculos extensivos fundamentais para a realização de uma ACV.

A noção de ACV tem sido atualmente aceita na comunidade de pesquisa ambiental como a única e legítima base na qual são comparadas alternativas de materiais, componentes, elementos, serviços e até mesmo edifícios completos (COLE *et al.*, 2005).

É importante ressaltar que todas as etapas do ciclo de vida das edificações podem originar processos que causam impactos. Segundo Lippiatt (2002), a abordagem de ciclo de vida foi desenvolvida para possibilitar uma visão sistêmica das questões ambientais relacionadas a um determinado produto, fundamentada no princípio de que todas as etapas de sua vida geram impactos e devem ser analisadas.

O *United Nations Environmental Programme* (UNEP, 2003), afirma que tal abordagem implica que todos os envolvidos na cadeia de processos do ciclo de vida de um produto devem levar em conta os efeitos de suas atividades e decisões sobre o meio ambiente. A abordagem de ciclo de vida pode ser aplicada a metodologias de avaliação de desempenho sustentável com diferentes níveis de detalhamento, tais como a análise do ciclo de vida tradicional ou simplificada (EUROPEAN ENVIRONMENTAL AGENCY, 1997).

Integrando a ACV ao processo de projeto do edifício, os profissionais de projeto da construção podem avaliar os impactos do ciclo de vida de materiais, componentes e sistemas de edifício escolhendo as combinações que reduzem o impacto ambiental de ciclo de vida do edifício. As seguintes ferramentas podem ser usadas para incorporar a ACV ao projeto: 1) padrões de edifício e sistemas da avaliação (BREEAM<sup>30</sup>), 2) ferramentas para avaliar os materiais e os componentes de edifício (BEES<sup>31</sup>), 3) *software* para avaliação completa de edifícios (Athenas<sup>TM</sup>); 4) *software* geral de ACV (SimaPro, TEAM, GaBi) (LLOYD; LANDFIELD; GLAZEBROOK, 2005).

Geralmente os padrões e os sistemas de avaliação são usados para obter a certificação e as etiquetas verdes do edifício. As ferramentas para avaliar os materiais e os componentes de um edifício são usadas para selecionar e obter materiais e componentes ambientalmente preferíveis. *Softwares* para avaliação completa de edifícios são utilizados para modelar e avaliar projetos inteiros do edifício. O *software* geral de ACV é usado para conduzir ACVs detalhados de materiais, componentes e projetos específicos de edifícios (LLOYD *et al.*, 2005).

---

<sup>30</sup> *Building research establishment environmental assessment method.*

<sup>31</sup> *Building for environmental and economic.*

Metodologias conhecidas como, por exemplo, BEES 3.0 para ACV de produtos consideram doze tipos de impactos ambientais: 1) aquecimento global, 2) acidificação, 3) eutroficação, 4) exaustão de combustível fóssil, 5) qualidade do ar interno, 6) alteração do hábitat, 7) efeito estufa (*smog*), 8) camada de ozônio, 9) toxicidade, 10) saúde humana; 11) poluição; 12) contaminações da água (LIPPIATTI *et al.*, 2004). Porém Silva (2003) afirma que ferramentas de suporte à decisão, como o BEES (EUA) e o Athena™ (Canadá), embutem suas próprias bases de dados, mas também não podem ser utilizadas no Brasil porque são personalizadas para seus países de origem e, conseqüentemente, não incluem materiais e soluções construtivas típicos e fundamentais na construção brasileira (como vedações em alvenaria com revestimento em argamassa, por exemplo) e não são editáveis para permitir que o usuário os inclua manualmente.

Lippiatt (2008) realizou um estudo para edifícios comerciais americanos baseados no conceito do ACV para todas as fases do edifício<sup>32</sup> em conjunto com LCC. O resultado gerou o indicador “eficiência de carbono”. Os mesmos autores concluíram que a utilização dessa métrica para a concepção e o dimensionamento do custo-benefício dos investimentos possibilita o fornecimento de subsídios para decisões em busca de uma construção sustentável, especialmente para soluções tecnológicas que poupem energia.

Uma análise do ciclo de vida energético (ACVE) é uma forma simplificada, contudo significativa, para a condução de uma análise de impactos ambientais. Fundamentada na ACV preconizada pela norma ISO 14040, essa análise prioriza o inventário de dados de consumos energéticos diretos e indiretos. Apesar de não usar o conceito de multianálise, característico das ACVs, uma ACVE dá condições para avaliação de impactos ambientais importantes, como a emissão de gases do efeito estufa. Além disso, por ter uma estrutura mais simples do que uma ACV completa, demanda menos custos e tempo na sua execução. Entretanto a proposta de uma ACVE não é substituir um método de análise ambiental amplo como uma ACV, mas preferencialmente facilitar uma tomada de decisão acerca da eficiência energética e dos impactos associados, como, por exemplo, a geração de CO<sub>2</sub>.

Um exemplo de aplicação de ACVE ocorreu na Nova Zelândia, onde foi desenvolvido um modelo abrangendo esses aspectos para um tipo comum de residência, a fim de observar os efeitos específicos do uso de materiais como concreto e isolantes térmicos, além de analisar mais duas variações dessa edificação. Nesse estudo foram calculadas a energia embutida e a

---

<sup>32</sup> Output (IO): based LCA.

energia operacional. As conclusões foram que uma maior quantidade de energia embutida inicial, com aumento do percentual do isolamento térmico, é justificada ao longo do ciclo de vida (MITHRARATNE; VALE, 2004). Na França há estudos de uma ferramenta de simulação de ciclo de vida ligada à outra ferramenta de simulação térmica para melhorar as soluções técnicas (PEUPORTIER, 2001).

Na Itália os estudos de Becalli *et al.* (2008) concluíram que o consumo de energia na fase de operação para uma habitação unifamiliar pode ser responsável por até 75% do consumo total; sua influência é em função das atividades realizadas e das características do projeto.

No Brasil, Tavares (2006) desenvolveu uma metodologia para ACVE em edificações. Em seu trabalho foram identificados e quantificados os eventos significativos que influenciam o consumo de energia em todas as fontes, ao longo do ciclo de vida das edificações, abrangendo a energia embutida, a energia operacional, a energia pós-operacional<sup>33</sup>, e também, como parâmetro de sustentabilidade, foi calculada a geração de CO<sub>2</sub> por fase do ciclo de vida e pelos materiais utilizados.

Para validar sua metodologia, o autor aplicou-a em cinco modelos que simulam as principais características físicas e ocupacionais das edificações brasileiras, considerando um ciclo de vida de 50 anos. Os resultados entre os cinco modelos apresentam valores de consumo energético no ciclo de vida da ordem de 15,01 GJ/m<sup>2</sup> a 24,17 GJ/m<sup>2</sup>, considerados baixos em comparação aos valores internacionais de países desenvolvidos, na ordem de 50 GJ/m<sup>2</sup> a 90 GJ/m<sup>2</sup>; porém as condições climáticas desses países elevam o consumo operacional para climatização. A energia embutida inicial variou de 4,10 GJ/m<sup>2</sup> a 4,90 GJ/m<sup>2</sup>, e a total, de 5,74 GJ/m<sup>2</sup> a 7,32 GJ/m<sup>2</sup>. Tais resultados equivalem de 29% a 49% de todo o ciclo de vida, o que destaca a relevância dos estudos sobre energia embutida. O índice médio de retorno energético, ou seja, o tempo em que uma edificação acumula consumo operacional que supere a energia embutida é de 20 anos. A geração de CO<sub>2</sub> varia de 460 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> a 567 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> na fase pré-operacional, valores semelhantes aos de modelos internacionais. A relação da geração de CO<sub>2</sub> por energia consumida mostra um valor médio na etapa da energia embutida, 78,6 CO<sub>2</sub>/GJ, superior à da fase operacional, 40,5 CO<sub>2</sub>/GJ (TAVARES, 2006).

No trabalho de Zhang *et al.* (2006) foi desenvolvido um sistema de avaliação chamado Bepas (*Building environmental performance analysis system*), baseado na análise de ciclo de vida,

---

<sup>33</sup> Energia pós-ocupação: gastos energéticos referentes à desconstrução.

porém não de forma completa, abordando a definição da meta e o escopo, a análise do inventário e a do impacto, não tendo sido contemplada a fase de interpretação dos impactos para três aspectos: facilidade de construção, materiais de construção e posição do edifício.

Li (2006) propõe uma avaliação das cargas ambientais por meio de uma aproximação integrada da avaliação de impacto do ciclo de vida (R-LCIA), na qual se observam, além das cargas globais, as cargas decorrentes das escolhas de região, isto é, as cargas ambientais causadas pela expansão da infraestrutura – uma proposta de avaliação de edifícios com base no custo social da implantação.

Pushkar, Becker e Katz (2005) desenvolveram uma metodologia para a fase de projeto visando à produção de edifícios ambientalmente otimizados. A metodologia propõe três passos: 1) agrupamento das variáveis de projeto – quatro grupos distintos, reorganizados de acordo com a etapa de maior influência (produção e construção, energia operacional, manutenção e demolição e grupo de integração) –, 2) otimização da metodologia, 3) integração.

O procedimento de agrupamento deve-se ao reconhecimento dos números distintos de grupos de variáveis de decisão baseados nos seus impactos durante os vários estágios do ciclo de vida da edificação, separando as variáveis de decisão. O grupo de otimização é o estabelecimento da maioria das metodologias ajustáveis para garantir a minimização dos impactos ambientais em cada grupo. Já o grupo de integração é a reunião das decisões parciais em um entendimento total do projeto da edificação na direção da solução ambiental geral ótima (PUSHKAR *et al.*, 2005).

Assefa *et al.* (2007) desenvolveram uma ferramenta *Eco-effect* que avalia os impactos externos (produção e transporte de materiais, geração de consumo de energia, emissões, resíduos, depreciação de recursos naturais e substâncias tóxicas) por meio da ferramenta de análise de ciclo de vida e os impactos internos (qualidade do ar interno), com o objetivo de alcançar a construção com qualidade interna mais elevada para os ocupantes e por um impacto ambiental mais baixo.

Wong *et al.* (2008) propuseram uma ferramenta de apoio de decisões para as residências públicas em Hong Kong combinando LCA, LCC e HIA (*health impact assessment*).

Muitos autores, entre eles Perez *et al.* (2008), González e Navarro (2006) e Gustavsson e Sathre (2007), analisam as emissões de CO<sub>2</sub> mediante a ACV comparando diferentes materiais, como o aço, o cimento e a madeira, verificando a escolha que possibilite a menor quantidade de emissões.

A aplicação direta da ACV em avaliação de edifícios no Brasil é, neste momento, complexa, impraticável e insuficiente, em função da carência de dados atuais e precisos relativos a materiais de construção no contexto nacional, o que traz imprecisões (OLIVEIRA, 2005; SILVA, 2003; KUHN; SATTLER, 2006).

Há necessidade de buscar a utilização de partes da metodologia de análise de ciclo de vida para a avaliação de edifícios para que no futuro seja usada de forma integral, pois é consenso que a AVC é a única abordagem disponível para comparar científica e conclusivamente os impactos ambientais.

### 3.5 ANÁLISE DO CUSTO DO CICLO DE VIDA

Medir o desempenho econômico dos edifícios é mais simples do que medir o desempenho ambiental e o social. Publicações sobre o desempenho econômico estão facilmente disponíveis, e estão bem estabelecidos métodos-padrão para realizar avaliações do desempenho econômico.

O método mais adequado para medir o desempenho econômico dos edifícios é o método do custo de ciclo de vida (CCV), padronizado para as análises de investimento de construções pela ASTM (ASTM, 2005).

A análise do custo do ciclo de vida (*life cycle cost* – LCC) é um método matemático-financeiro usado para formar e apoiar uma decisão e é normalmente utilizado no momento de deliberar sobre uma seleção de opções. Tal análise considera todos os componentes do custo, como custos iniciais, de financiamento, de operação, de manutenção, de reposição, entre outros, para cada alternativa.

A avaliação dos custos do ciclo de vida é necessária para a promoção da sustentabilidade econômica quanto à seleção dos materiais e componentes. Esse procedimento ajuda a fornecer referenciais monetários para as soluções ambientalmente mais favoráveis, explicitando relações de custos e benefícios ambientais que de outra forma seriam possivelmente distorcidos.

Mearing *et al.* (1999) consideram as despesas iniciais, antes da construção, e as despesas futuras, depois da ocupação, como custos, matematicamente expressos pela equação:

$$LCC = CI + CM + CD - VR \quad (3.1)$$

Na qual:

$CI$  = custo inicial

$CM$  = custo de uso mais custo de manutenção

$CD$  = custo de desconstrução

$VR$  = valor residual

Segundo Csillag (1993), essa técnica é obrigatória para serviços públicos e obras contratadas pelo governo americano, o que enfatiza a importância de analisar as opções de projeto não só pelo preço inicial de construção, mas considerando o custo total durante o tempo de vida útil da edificação a ser projetada.

Bull *et al.* (2003) descrevem três métodos mais comuns para o cálculo da LCC:

- (i) *payback* simples
- (ii) valor líquido presente (NPV)
- (iii) taxa interna de retorno (IRR)

*Payback* simples é definido como o tempo necessário para o retorno do investimento. Embora seja o mais fácil de calcular, não faz provisão para inflação, juros ou fluxo de taxas. Por essas razões não é amplamente utilizado na indústria da construção civil (EMMANUEL, 2004; BULL *et al.*, 2003).

A taxa interna de retorno (IRR) é uma técnica utilizada quando o investimento produz um retorno sobre o capital investido. Ao utilizar a IRR, o custo do capital é equilibrado contra a



renda, para obter um valor líquido presente igual a zero, levando em conta a taxa de desconto. Assim, ela é inadequada para situações em que a indústria da construção civil pode não ter o rendimento esperado. Além disso, é difícil de balizar os dados, podendo gerar erros inconsistentes (EMMANUEL, 2004; BULL *et al.*, 2003).

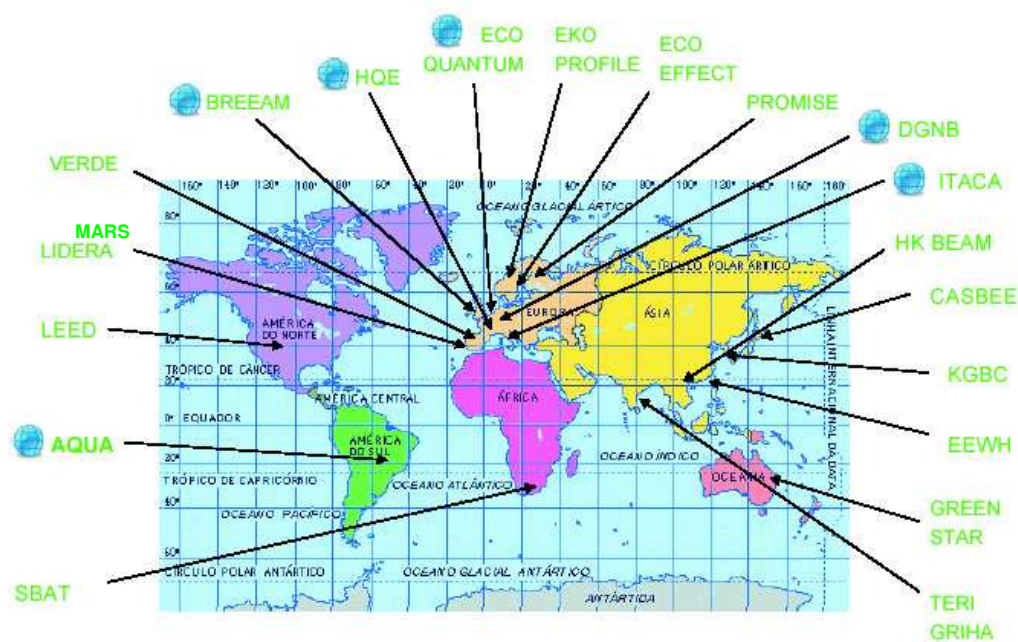
A taxa de retorno presente (NPV) é definida como a soma do capital que tem de ser investido, considerando todas as exigências financeiras futuras para o tempo de vida do investimento. Segundo Bull *et al.* (2003), consiste na melhor opção para a indústria da construção. Então, essa foi a opção escolhida para ser usada na metodologia proposta por este trabalho.

### 3.6 METODOLOGIAS DE AVALIAÇÃO DE SUSTENTABILIDADE: REVISÃO DO ESTADO ATUAL

Segundo Silva (2003), o primeiro sinal da necessidade de avaliar o desempenho ambiental de edificações veio exatamente da constatação de que, até mesmo os países que acreditavam dominar os conceitos de projeto ecológico (*green desing*) não possuíam meios para verificar quão verdes eram de fato os seus edifícios e também não tinham como provar, mais tarde, sua eficácia; esse processo começou há 19 anos.

Kaatz *et al.* (2006) afirmam que a aplicação de métodos para a avaliação da sustentabilidade de edifícios representa um dos meios de implementação da Agenda 21, uma vez que as avaliações facilitam a integração de considerações de sustentabilidade na tomada de decisões para a viabilização de novos empreendimentos.

Atualmente vários países possuem métodos de avaliação, como pode ser visualizado na Figura 3.2.



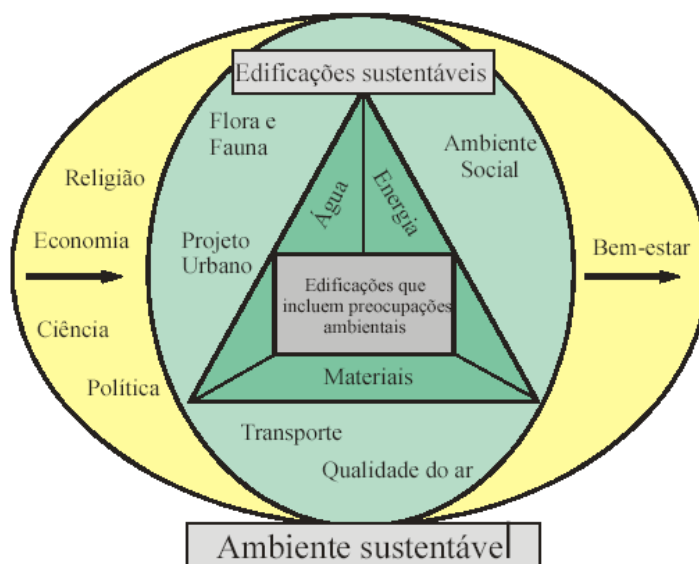
**Figura 3.2:** Metodologias de avaliação no mundo (Adaptado SILVA, 2008)

Algumas características sobre os métodos de avaliação são importantes destacar:

- 1) apesar de construídas sobre uma base comum, as metodologias existentes apresentam diferenças entre si, determinadas principalmente por quatro razões: a) os níveis de pressão sobre os aspectos ambientais variam de um país para outro; b) as práticas construtivas e de projeto são diferentes; c) as condições climáticas, latitudes, aspectos sociais e econômicos diferem-se; d) a receptividade dos mercados à introdução dos métodos é distinta (SILVA, 2003);
- 2) os métodos para avaliação dos edifícios nos países desenvolvidos têm sua prioridade voltada para a avaliação ambiental (*green buildings*), enquanto os modelos dos países em desenvolvimento procuram avaliar a sustentabilidade dos edifícios. A avaliação da sustentabilidade dos edifícios deve ser fundamentada na descrição e avaliação da coesão econômica e nos aspectos ambientais e sociais, ao mesmo tempo tendo em conta a qualidade técnica e funcional do edifício. Kaatz *et al.* (2006) apontam diferenças fundamentais entre métodos de avaliação ambiental e da sustentabilidade que dizem respeito à filosofia da avaliação: os métodos de avaliação ambiental tendem a focar no edifício em termos de seu padrão de desempenho e características físicas; já os métodos de avaliação da sustentabilidade dão maior ênfase ao processo e às transformações que ocorrem nos limites do sistema edificado;

3) os sistemas de avaliação ambiental disponíveis internacionalmente podem ser separados em duas categorias: para o mercado<sup>34</sup> e para pesquisas (SILVA *et al.*, 2003);

4) Rovers (2001) distingue a definição de edificações sustentáveis em três níveis: edificações que incluem preocupações ambientais, edificações sustentáveis e ambiente sustentável (Figura 3.3). O autor considera a primeira definição – edificações que incluem preocupações ambientais – o ponto central quando se inicia um empreendimento. Deve ser levada em consideração a redução do impacto do uso de energia, água e recursos materiais (incluindo rejeitos), que são os três pontos principais que precisam ser gerenciados para que se reduzam os impactos ambientais diretamente relacionados a atividades de construção. O segundo nível – edificações sustentáveis – inclui todos os itens relacionados a construções e ao meio ambiente: flora, fauna, infraestrutura, qualidade do ar, projeto urbanístico etc. A ideia é que não seja possível uma construção na concepção sustentável se esta não for saudável para seus ocupantes, se necessitar de grandes distâncias de transporte dos materiais e se não for atrativa, pois as pessoas não procurarão por ela. O terceiro nível – ambiente sustentável – incorpora o ambiente construído em nosso modo de vida diário, de maneira que garanta um padrão de vida sustentável e o trabalho em conjunto de políticas e ações econômicas a fim de aumentar o bem-estar geral.



**Figura 3.3:** Níveis de construção sustentável (ROVERS, 2001)

<sup>34</sup> Para o mercado, 1) facilmente absorvidos por projetistas ou para receber e divulgar resultados para o mercado; 2) estrutura mais simples, formatada como uma lista de verificação; 3) vinculados à certificação de desempenho; 4) os critérios são prescritivos (exemplos BREEAM, LEED). Para a pesquisa, desenvolvimento de uma metodologia abrangente com fundamentação teórica que possa orientar o desenvolvimento de novos sistemas com critérios de desempenho (como o GBTool).

Cole *et al.* (2005) apontam alguns avanços proporcionados até o momento pelo uso de sistemas de avaliação:

- prática de projeto de edificações ecológicas, na medida em que fornecem uma lista de questões numa estrutura com prioridades explícitas para serem inseridas no rol de questões normalmente consideradas no processo de tomada de decisão;
- possibilidade de descrição abrangente do desempenho ambiental de uma edificação, mesmo por meio de critérios prescritivos;
- possibilidade de reformulação do processo de projeto, tendo em vista que a inclusão de critérios ambientais requer maior integração e trabalho multidisciplinar.

A seguir são descritos os sistemas de avaliação ambiental de edifícios mais conhecidos e suas principais características<sup>35</sup>, os quais são, entre outros, BREEAM, GBTool, LEED, CASBEE, HK-BEAM, HQE, MARS/Lidera e SBAT. É relatada também a realidade do Brasil em termos de métodos de avaliação. Essa discussão serve como base teórica para o desenvolvimento da metodologia proposta por este trabalho.

As análises dos métodos buscaram responder:

1. qual a sua origem?
2. o que avaliam?
3. como funcionam?
4. quais as vantagens e limitações?

### 3.6.1 *Building research establishment environmental assessment method* – BREEAM

O BREEAM é considerado o primeiro e o mais conhecido método de avaliação ambiental. Foi lançado no Reino Unido em 1990 por pesquisadores do BRE<sup>36</sup> e do setor privado em parceria com a indústria, visando à especificação e à mensuração de desempenho dos edifícios. O processo formal de avaliação é fundamentado em auditoria externa (BALDWIN *et al.*, 1990; SILVA, 2003).

---

<sup>35</sup>As categorias de avaliação serão apresentadas de maneira comparativa na tabela 3.1.

<sup>36</sup>*Building research establishment*, Reino Unido

Em 2005 o método recebeu o prêmio *The Best Program Award* na *World Sustainable Building Conference*, realizada em Tóquio. No Reino Unido 65 mil edifícios foram certificados até fevereiro de 2007, e outros 270 mil estão registrados para avaliação (BRE, 2007).

O objetivo geral da metodologia é fornecer orientação sobre as maneiras de minimizar os efeitos adversos dos edifícios nos ambientes local e global e, ao mesmo tempo, promover um ambiente interno saudável e confortável. Os objetivos específicos são: 1) distinguir edifícios de menor impacto ambiental no mercado; 2) encorajar práticas ambientais de excelência no projeto, operação, gestão e manutenção; 3) definir critérios e padrões avançados, além daqueles exigidos por lei, normas e regulamentações; 4) conscientizar proprietários, ocupantes e operadores quanto aos benefícios de edifícios de menor impacto ambiental (BALDWIN *et al.*, 1998; SILVA, 2003).

Atualmente o BREEAM abrange de 15% a 20% das novas construções de edifícios de escritório no Reino Unido (LEE; BURNETT, 2005). Ele avalia edifícios novos e/ou existentes nas categorias escritório, residência, unidades industrial e comercial e escola. A avaliação específica para residências chama-se Ecohomes e é usada nas fases de planejamento, projeto, operação, manutenção e desconstrução. Esse sistema avalia a edificação como um todo ou partes dela.

Os créditos são ponderados para a obtenção de um índice de desempenho ambiental (EPI – *environmental performance index*) que habilita a certificação por meio da classificação: aprovado (36% dos pontos obtidos); bom (48% dos pontos obtidos); muito bom (58% dos pontos obtidos) e excelente (70% dos pontos obtidos); e permite a comparação relativa entre os edifícios certificados pelo sistema.

As principais vantagens do método são sua rápida popularização e por ele ser o precursor dos demais sistemas de avaliação. As limitações são a adoção apenas de critérios prescritivos, não considerando critérios de desempenho, o uso de *benchmarks* pré-definidos pelo BRE e a avaliação apenas de aspectos ambientais.

### 3.6.2 *Green building challenge* (GBC)

*Green building challenge* (GBC) é um consórcio internacional reunido com o objetivo de desenvolver um novo método para avaliar o desempenho ambiental dos edifícios. É um protocolo de avaliação com uma base comum, porém capaz de respeitar diversidades técnicas e regionais (COLE; LARSSON, 2000).

Os objetivos do GBC, enquanto processo, são:

- promover o avanço do estado da arte sobre métodos de avaliação do desempenho ambiental do ambiente construído;
- proporcionar a revisão das questões que se relacionam à sustentabilidade, identificando aspectos relevantes para a produção do ambiente construído e questões que devem constituir o escopo das metodologias de avaliação do desempenho ambiental;
- divulgar o desempenho de empreendimentos que apresentam avanços quanto à sustentabilidade ambiental;
- desenvolver uma estrutura de avaliação do desempenho ambiental do ambiente construído, de conteúdos genéricos, aplicáveis internacionalmente, que sirva como parâmetro de comparação para metodologias existentes e como base para o desenvolvimento de novas metodologias aplicáveis às realidades locais.

A metodologia de avaliação proposta pelo GBC, denominada GBA, classifica-se como uma ferramenta, pois apresenta procedimentos sistematizados para o desenvolvimento de avaliação. Para operacionalizar a abordagem proposta, foi desenvolvida a *green building tool* (GBTool), uma ferramenta que roda em um *software* disponível no mercado – o Microsoft Excel – e facilita a reunião dos inúmeros dados necessários à ponderação dos resultados parciais e ao cálculo do resultado final.

A GBTool é uma segunda geração de sistemas de avaliação de edifícios, projetada para abrandar as limitações e incluir áreas da avaliação do desempenho do edifício previamente ignoradas ou pouco cobertas pelos métodos existentes e para refletir as prioridades, tecnologias, tradições construtivas e até valores culturais existentes em diferentes países ou regiões em um mesmo país (COLE, s.d; LARSSON, 2001).

Segundo Larsson (2005), as características da ferramenta GBTool são: 1) é flexível; 2) permite a terceiros adicionar pesos que refletem as variações importantes para cada região e estabelecem os *benchmarks* relevantes para cada tipo de ocupação; 3) admite instituir *benchmarks* para cada localidade (para utilizar o sistema, equipes nacionais devem primeiramente ajustar dois pontos principais: o peso dos parâmetros – ponderações – embutidos no sistema e a escala de desempenho – *benchmarks*); 4) possibilita que as avaliações sejam realizadas em quatro estágios distintos do ciclo de vida da edificação e fornece *benchmarks* para cada fase; 5) pode ser aplicado em construções novas, existentes ou uma mistura das duas; 6) aceita comparações com o LEED; 7) não está vinculada a nenhuma certificação.

Os elementos de avaliação da GBTool são classificados em três níveis: o primeiro é assuntos; o segundo, categorias; e o terceiro, critérios. No primeiro nível há sete edições gerais do desempenho, o segundo inclui 29 categorias, e o terceiro possui 109 critérios de avaliação (CHANG; CHIANG; CHOU, 2007).

O sistema é dividido em dois módulos. O módulo A inclui os *benchmarks* e os pesos; estes podem ser alterados conforme a região de aplicação da ferramenta. O módulo B é feito para ser usado por projetistas para realizar uma autoavaliação de acordo com os termos estabelecidos no módulo A (LARSSON, 2005).

A pontuação é atribuída por comparação com uma escala de desempenho de referência (*benchmarks*). Os parâmetros de desempenho são basicamente de dois tipos: os que podem ser expressos com valores numéricos (critérios quantitativos), e os que são mais bem descritos em forma de texto (critérios qualitativos). A GBTool tenta expressar a maioria dos parâmetros possíveis em forma numérica, mas em alguns casos isso não é possível. Em todos os casos valores de desempenho são relacionados a uma escala que varia de -1 a +5, com as seguintes interpretações:

- -1: negativo;
- 0: mínimo de desempenho;
- 3: boa prática;
- 5: melhor prática.

Para a avaliação do desempenho da fase de projeto, os projetistas são orientados a fazer a autoavaliação usando o módulo B, o qual está validado com os pesos e os *benchmarks* no módulo A, sendo essa calibração realizada pela parte interessada. O sistema não sugere certificação nessa fase, porque não houve ainda a verificação do desempenho na fase de operação (LARSSON, 2005).

A pontuação global do edifício é obtida pela agregação das pontuações com suas respectivas ponderações. Para tanto, a pontuação de cada categoria é obtida mediante a ponderação dos pontos de cada um dos critérios que a constituem, assim como a pontuação de cada um dos temas principais é obtida pela ponderação dos pontos de suas categorias. Por fim, a pontuação final do edifício é obtida por intermédio da ponderação dos pontos de todos os temas principais.

A comunicação dos resultados é feita de duas formas distintas: o resultado do desempenho relativo e o resultado do desempenho absoluto do edifício. No primeiro são apresentadas as pontuações obtidas pelo edifício em cada tema principal avaliado, assim como a pontuação global do edifício. Esses resultados estão diretamente relacionados com a decisão dos pesos na avaliação, uma vez que as pontuações são calculadas após a ponderação de cada questão. A ferramenta gera um gráfico de barras que representa a pontuação de cada um dos temas principais.

O resultado do desempenho absoluto do edifício é feito por meio de indicadores de sustentabilidade ambiental, ou seja, medidas absolutas do desempenho que caracterizam as práticas sustentáveis do edifício e que facilitam a comparação internacional entre edifícios.

Como vantagens, o método, além dos aspectos ambientais, apresenta alguns aspectos sociais e econômicos, pode ser customizado à realidade local e não há certificados e sim níveis de desempenho. Porém as desvantagens são: fórmulas matemáticas automáticas (não acessíveis aos usuários); necessidade de grande quantidade de informações para a customização (LEE; BURNETT, 2006); para realidade atual do Brasil, tornam-se inacessíveis os critérios de desempenho diferentes daqueles das normas brasileiras.

O mais apropriado é utilizar a GBTool em seu propósito original e desenvolver um método local com base na fundamentação teórico-científica que ela oferece.



### 3.6.3 *Leadership in energy and environmental design (LEED)*

Em 1994 o *U. S. Green Building Council (USGBC)* iniciou um programa para desenvolver nos Estados Unidos um sistema de classificação de desempenho consensual, orientado para o mercado, visando acelerar o desenvolvimento e a implementação de práticas de projeto e construção ambientalmente responsáveis.

O sistema da avaliação de LEED foi criado para transformar o ambiente construído em um ambiente sustentável, com o objetivo de fornecer à indústria de edifícios alguns padrões consistentes com o que se conceitua como edifício verde. O sistema da avaliação é desenvolvido e refinado continuamente mediante um processo aberto (USGBC, 2006).

O LEED é uma ferramenta de projeto, construção e operação. Com uma estrutura simples, é baseado em especificações de desempenho em vez de critérios prescritivos e toma como referência os princípios ambientais<sup>37</sup> e de uso de energia consolidados em normas e recomendações de organismos de terceira parte, com credibilidade reconhecida (SILVA, 2003).

Todas as categorias têm o peso definido pelo número de requisitos exigidos. Isto é, não há ponderação entre categorias, mas o número variável de itens referente a elas define implicitamente seus pesos.

A certificação é obtida conforme a classificação LEED: *certified, silver, gold e platinum*, com base no total de pontos obtidos, que são 26, 33, 39 e 52, respectivamente (USGBC, 2006; KRAMER, 2006).

Podem ser certificados edifícios comerciais, escritórios, estabelecimentos de serviços e comércio, edifícios institucionais (escolas, bibliotecas, museus, igrejas), hotéis, residências e loteamentos urbanos (USGBC, 2006; KRAMER, 2006; SILVA, 2008).

A primeira etapa da certificação do LEED é registrar o projeto. Para ganhar a certificação, um projeto de edifício deve possuir determinados pré-requisitos e marcas de nível do desempenho (créditos) de acordo com cada categoria (USGBC, 2006).

---

<sup>37</sup> Não há aspectos sociais e econômicos.

A certificação é válida por cinco anos e após esse período deve haver a solicitação de avaliação em outro programa, como o LEED *Existing Buildings* ou o LEED *Commercial Interiors*.

Atualmente é o método com maior potencial de crescimento, pelo investimento maciço que está sendo feito para sua difusão e aprimoramento. O LEED – talvez por ser a metodologia mais disseminada<sup>38</sup>, de fácil utilização e aplicada em outros países que não seu país de origem (os Estados Unidos) – recebe constante atenção e, conseqüentemente, críticas de quem o utiliza (meio técnico) e de quem o avalia metodologicamente (meio acadêmico).

Como desvantagens, os autores Udall e Schendeler (2005) e Lewis (2005) citam que não há preocupação para especificações, apenas para a certificação, que o método possui um alto custo (monetário, tempo e de esforço) em um sistema engessado pela burocracia e que ele não atenta à responsabilidade ambiental.

#### 3.6.4 *Comprehensive assessment system for building environmental efficiency (CASBEE)*

CASBEE é a mais recente inovação no campo das avaliações ambientais de edifícios, desenvolvida pelo *Japan Sustainability Building Consortium (JSBC)*. A versão atual – CASBEE 2008 –, segundo Massaki *et al.* (2008), inclui medidas visando à mitigação do aquecimento global.

CASBEE é uma família composta por quatro ferramentas de avaliação, cada uma delas destinada a usuários bem definidos, que podem avaliar o projeto ou os edifícios existentes em estágios específicos de seu ciclo de vida. Para edifícios novos, tem-se ferramenta de avaliação de pré-projeto e ferramenta de projeto para o ambiente (novas construções). Para edifícios já existentes, as ferramentas são de certificação ambiental e de avaliação pós-ocupação (operação e renovação sustentáveis). Elas destinam-se à avaliação de edifícios de escritório, escolares e multirresidenciais (IWAMURA, 2005).

---

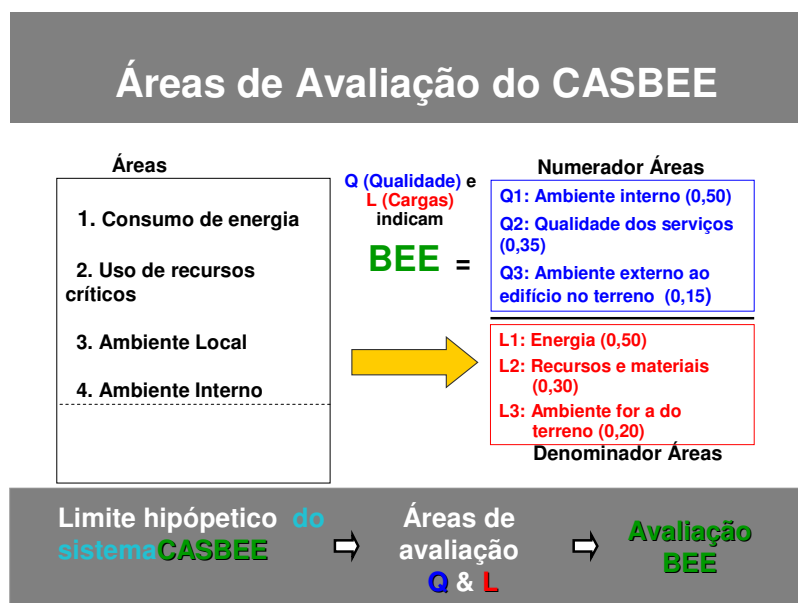
<sup>38</sup> Segundo Miller *et al.* (2008), espera-se que até 2015 o Canadá possa reduzir as emissões de GHG em 50%, influenciados pelo LEED.

A estrutura conceitual do CASBEE caracteriza-se por dois pontos principais: a definição de limites do sistema analisado (o edifício) e o levantamento e balanceamento entre impactos positivos e negativos gerados ao longo de seu ciclo de vida.

O CASBEE propõe aplicar o conceito de sistema fechado (um espaço hipotético encerrado pelos limites do terreno) para determinar a capacidade ambiental relacionada ao edifício a ser avaliado. Esse limite define e distingue claramente o espaço dentro dos limites do terreno (ambiente como propriedade privada) e fora deles (ambiente como propriedade pública). Em relação a esses dois tipos de espaços, o CASBEE define dois fatores:

- L (cargas ambientais) – impactos negativos que se estendem para fora do espaço hipotético (para o ambiente público);
- Q (qualidade ambiental) – qualidade e desempenho ambiental do edifício dentro do espaço hipotético.

A Figura 3.4 apresenta a estrutura de avaliação e pontuação do sistema CASBEE. Quanto maior o quociente do BEE (indicador de eficiência ambiental do edifício – *Building environmental efficiency* – dado pela relação “qualidade (Q)/cargas (L)”, em que Q é a qualidade e enfatiza o ambiente interno e L são as cargas ambientais relativas ao uso de energia), maior a sustentabilidade do edifício.



**Figura 3.4:** Estrutura de avaliação e pontuação (IWAMURA, 2005)

Para cada item são atribuídos até cinco pontos, segundo critérios de pontuação determinados de acordo com os padrões técnicos e sociais vigentes no momento da avaliação. Os resultados para cada item avaliado são dados no formulário de pontuação em termos de Q (qualidade e desempenho) e LR (redução das cargas ambientais). Nesse ponto o LR ainda não é o fator L (cargas ambientais) e sim o nível de redução das cargas ambientais, em relação a um edifício de referência (pontuação igual a 3) suposto no mesmo terreno (IWAMURA, 2005).

Cada item avaliado é ponderado de forma que a soma dos coeficientes de ponderação quanto a uma categoria de avaliação seja igual a 1. A pontuação de cada item é multiplicada pelo coeficiente de ponderação correspondente (pré-definido) e agregada em totais de pontos por categoria de Q (equação 3.2) ou LR (equação 3.3). O indicador de eficiência ambiental (BEE) é obtido pela equação 3.4 (IWAMURA, 2005).

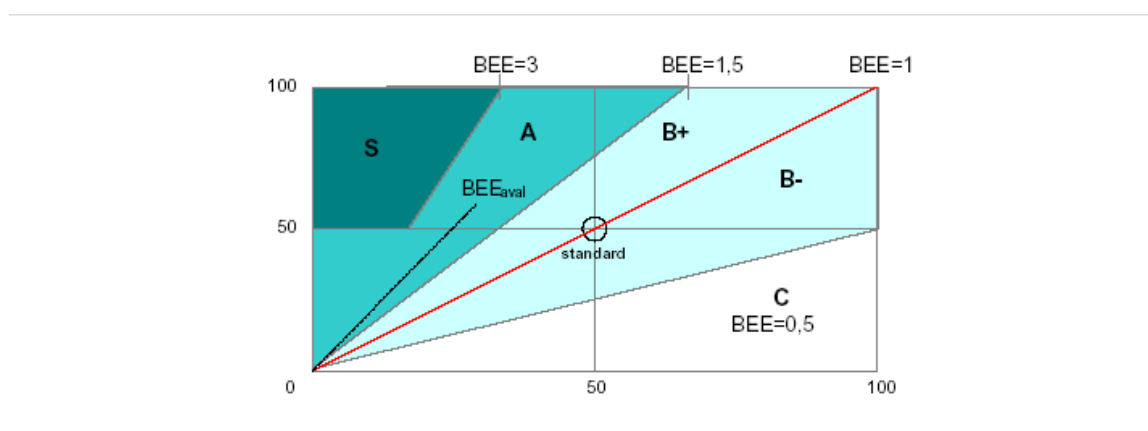
$$SQ = \sum (Q \times C_{pond}) \quad (3.2)$$

$$SLR = \sum (LR \times C_{pond}) \quad (3.3)$$

$$BEE = Q/L \quad (3.4)$$

Nas quais  $Q = 25 (SQ-1)$ ,  $L = 25 (5-SLR)$ , e  $C_{pond}$  é a ponderação de pontos.

Além dos valores numéricos, os resultados são sumarizados em gráficos de radar e de colunas e no diagrama de BEE (Figura 3.5). O CASBEE classifica o desempenho do edifício em cinco níveis: S, A, B+, B- e C, em que S é a melhor classificação possível (IWAMURA, 2005).



**Figura 3.5:** Diagrama de eficiência ambiental do edifício BEE (IWAMURA, 2005)

Como desvantagens do método, podem ser citados a avaliação apenas dos aspectos ambientais, o uso de *benchmarks* pré-estabelecidos pelo JSBC e o fato de ser um ecossistema fechado (espaço dentro e fora do terreno), o que leva a certa dificuldade de delimitar esses dois espaços. As vantagens são: constantes atualizações e preocupação com a melhoria contínua do método; mediante pesquisas de satisfação com os usuários (KAJIMOTO *et al.*, 2008), possibilita a geração de um indicador (BEE); por ser realizado em fases, possibilita verificar com maior precisão se o que foi planejado e projetado foi realmente construído; em pouco tempo conquistou o grande número de usuários, graças à facilidade de compreensão e explicação clara dos seus benefícios (HIROA KI *et al.*, 2008).

### 3.6.5 Hong Kong *building environmental assessment method* (HK-BEAM)

Lançado em 1996 para avaliar, melhorar e certificar a sustentabilidade ambiental dos edifícios, o HK-BEAM foi desenvolvido pela *Building environmental assessment method* (BEAM), uma sociedade sem fins lucrativos. Segundo dados de Lam *et al.* (2008), há mais de 35 mil residências certificadas voluntariamente em Hong Kong.

O BEAM é um método de avaliação de edificações que abrange as boas práticas ambientais, utilizando uma abordagem do ciclo de vida. A avaliação global compreende práticas ambientais no planejamento, concepção, construção, comissionamento, operação, manutenção e gestão. Essa abordagem incentiva a construção de edifícios destinados a cumprir as suas funções, enquanto minimiza os consequentes impactos sobre o meio ambiente. Por último, o método é um marco de referência para edifícios sustentáveis e possibilita para terceiros o reconhecimento do desempenho de excelência do edifício. Os resultados são rotulados como platina, ouro, prata, bronze ou não-classificado em conformidade.

Lam *et al.* (2008) descrevem que o BEAM avalia o desempenho em todo o ciclo de vida utilizando dois padrões: 1) BEAM versão 4/2004 para os novos edifícios, que abrange planejamento, projeto, construção e renovação; 2) BEAM versão 5/2004 para os edifícios existentes, com foco na gestão, operação e manutenção.

O BEAM pode ser utilizado em edifícios comerciais, residenciais, industriais, educacionais e institucionais, em hotéis e restaurações. O governo de Hong Kong é o maior cliente desse método dos últimos 12 anos (LIM *et al.*, 2008).

A maior desvantagem do método é que ele considera apenas aspectos ambientais, e sua maior vantagem é que proporciona, mesmo voluntariamente, um grande número de edificações certificadas.

### 3.6.6 *NF bâtiments tertiaires: démarche HQE<sup>®</sup> bureau et enseignement*

A partir da década de 1990 a França iniciou as pesquisas para desenvolver um método de avaliação ambiental para o setor habitacional e desenvolveu o *NF Single-family Home-HQE<sup>®</sup>* em 2007.

A certificação é composta por duas partes inter-relacionadas: o referencial *SMO, système de management d.operation* (sistema de gestão do empreendimento); e o referencial *QEB, qualité environnementale du bâtiment* (qualidade ambiental do edifício). Em suma, o SMO é a base para o empreendedor na gestão do empreendimento, assegurando que a qualidade ambiental, definida pelo referencial QEB, seja alcançada.

A concessão do certificado QEB é sujeita ao atendimento de 14 metas estabelecidas, sendo pelo menos três delas com níveis altamente eficientes, no mínimo quatro avaliadas com nível eficiente e no máximo sete com nível básico (QUALITEL, 2008).

Além do referencial SMO, uma segunda característica marcante da certificação francesa é que ela impõe que todas as categorias apresentem um desempenho pelo menos igual ao normalizado, regulamentar ou correspondente às práticas usuais. Além disso, não há escala de atribuição do certificado: o empreendimento é ou não ambientalmente correto, respondendo a um perfil ambiental coerente (FOSSATI, 2008).

Outro ponto inovador do referencial francês é a flexibilidade garantida pela possibilidade de priorizar o atendimento a categorias mais relevantes para o empreendedor, desde que devidamente acompanhadas por justificativas.

O método francês diferencia-se de outros sistemas de certificação por ter o escopo ampliado para além das preocupações ambientais, de conforto e saúde, requerendo a realização de análise de custos globais da operação.

Assim como no CASBEE, a avaliação não fica apenas na verificação do atendimento aos índices de desempenho relativo às características do produto final edificado, avaliando o edifício em três ocasiões distintas: fases de programa, projeto e execução.

O resultado final para o empreendimento é a certificação ou não, não havendo nenhum nível hierárquico (maior ou menor desempenho ambiental). No caso de certificação o empreendedor tem o direito de usar a marca *NF bâtiments tertiaires: démarche HQE* ao longo de toda a vida útil. Para tanto, a operação deve se submeter a três auditorias: ao final das fases de planejamento, de projeto e de execução. As auditorias devem verificar a adequação tanto do sistema de gestão adotado quanto das avaliações ambientais feitas pelo empreendedor, atestando a sua conformidade ao perfil ambiental mínimo estabelecido (CSTB, 2005).

### 3.6.7 Lidera – *Sustainable assessment system* – e MARS-H – *Building sustainability assessment tool*

Tanto o Lidera quanto a MARS-H são portugueses, porém o primeiro é um método de avaliação de sustentabilidade urbana (BRAGANÇA *et al.*, 2008), que não é o escopo deste trabalho. Assim, esse item descreve a MARS-H por ser uma metodologia de avaliação relativa da sustentabilidade de edifícios de habitação, sendo aplicável no contexto urbano português para edificações novas, existentes ou renovadas.

A MARS-H é baseada na GBTool, com abordagem harmonizada com o projeto da norma CEN/TC350, *Sustentabilidade da construção obras – avaliação do desempenho ambiental de edifícios*. Essa metodologia permite futura classificação e rotulagem dos edifícios (certificados) em analogia com o desempenho energético dos imóveis (EPBD), além de analisar as três dimensões da sustentabilidade (BRAGANÇA *et al.*, 2008; MATHEUS, 2004; MATHEUS *et al.*, 2008).

Segundo os mesmos autores, a metodologia MARS-H não pode ser usada como um sistema de classificação, salvo se for validada por uma entidade independente. Quando se destina a um processo formal de certificação, a equipe de projeto tem de apresentar para a *iiSBE* Portugal tanto o anteprojeto com os resultados da autoavaliação quanto a documentação de concepção. Em seguida, o projeto é avaliado e certificado por peritos independentes qualificados na *Building sustainable avaliation* (BSA). O certificado de sustentabilidade do edifício é emitido no final, tanto pela *iiSBE* Portugal quanto pela *iiSBE* internacional.

A metodologia está em fase final de elaboração, não sendo ainda aplicada em nenhum projeto real, contudo os parâmetros de análise baseiam-se em índices de comparação entre as soluções de referência e as soluções de estudo (BRAGANÇA *et al.*, 2008; MATHEUS, 2004; MATHEUS *et al.*, 2008).

### 3.6.8 Sustainable building assessment tool – SBAT

O SBAT é uma ferramenta de avaliação da sustentabilidade de edifícios desenvolvida em 1999 pelo *Council for Scientific and Industrial Research* (CSIR) da África do Sul. Seu objetivo é avaliar não apenas o desempenho ambiental do edifício, mas também a contribuição do edifício em amparar e desenvolver sistemas mais sustentáveis nos seus arredores. Além das questões ambientais, avalia aspectos sociais e econômicos.

A ferramenta pode ser utilizada em todas as tipologias de edificações e etapas do ciclo de vida do edifício, desde o programa de necessidades até a desconstrução (em determinadas etapas alguns requisitos podem se tornar não-aplicáveis). Ela foi desenvolvida para aplicação em países em desenvolvimento, com base nos critérios estabelecidos pela teoria das pegadas ecológicas, para os aspectos ambientais, e nos indicadores IDH<sup>39</sup> e GPI<sup>40</sup>, para os aspectos sociais e econômicos (GIBBERD, 2008).

Para a aplicação da ferramenta no auxílio ao desenvolvimento de um projeto de um novo empreendimento, por exemplo, o usuário deve compor seus objetivos selecionando numa tabela (*target setting table*) um nível de desempenho desejável (variando de 1 a 5) para cada requisito: se o requisito for considerado irrelevante para o projeto, atribui-se 1; se for pouco importante, 2; e assim por diante, até o requisito ser considerado essencial, nível 5, para aquele projeto.

Para avaliação do projeto propriamente dito, o usuário deve indicar a porcentagem de atendimento de cada requisito, variando de 0 a 100% (se o critério não for atendido, atribui-se 0% e se for totalmente atendido, 100%). A planilha calculará o número de pontos obtidos para cada requisito e comporá o relatório final, avaliando os aspectos sociais, econômicos e

---

<sup>39</sup> Índice de desenvolvimento humano.

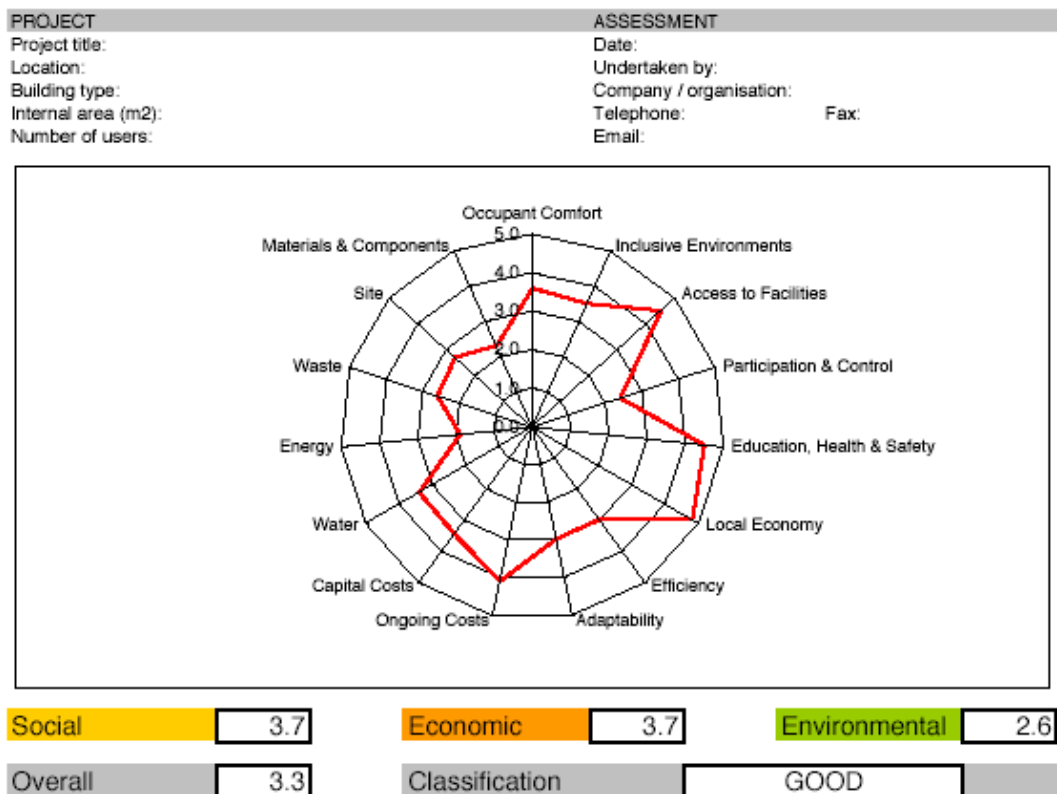
<sup>40</sup> Índice de progresso.



ambientais individualmente e indicando um desempenho global do edifício em termos de sustentabilidade, conforme apresentado na Figura 3.6.

A maior vantagem é considerar os aspectos ambientais, econômicos e sociais, mas a desvantagem é que a classificação pode se tornar subjetiva.

### SUSTAINABLE BUILDING ASSESSMENT TOOL (SBAT- P) V1



**Figura 3.6:** Exemplo de relatório gráfico gerado pelo SBAT (GIBBERD, 2008)

#### 3.6.9 Outros exemplos de ferramentas de avaliação da sustentabilidade existentes no mundo

Na Turquia, Esin (2007) propõe uma análise, por meio de entrevistas, sobre os impactos ambientais do processo produtivo de materiais e componentes de construção, considerando a eficiência de recursos, quantidade de materiais recicláveis que são utilizados na produção, taxa de embalagens recicláveis, eficiência energética, consumo de água, emissão de resíduos, efeito à saúde humana e concordância com as normas técnicas. Concluindo, quanto maior a pontuação obtida pelo processo, melhor será a sua produção.

Santin (2008), por sua vez, gera três indicadores, conhecidos como “estratégias de três passos”, para analisar a eficiência dos materiais e componentes em três países: México, Peru e

Holanda. Os indicadores são: 1) quantidade de materiais eficientes; 2) uso de materiais renováveis; 3) critérios de desmontagens e de reutilização.

Na Alemanha Hegner e Lützkendorf (2008) estão desenvolvendo o sistema de certificação que integram medidas complementares, de apoio e de planejamento mediante a ferramenta de avaliação conhecida como GESAM – *German sustainability assessment method*.

Em Cingapura o governo tornou obrigatória a certificação com base no *green mark*, que foi desenvolvido fundamentado em critérios pré-estabelecidos do BREEAM, LEED e *Green star* (WEE; RUNESON, 2008).

Na Austrália, além do método de certificação da sustentabilidade ambiental, o *Green star*, estão sendo desenvolvidas e testadas duas novas ferramentas, sendo uma de apoio à decisão de projeto, automatizando a avaliação dos custos ambientais, conhecida por *LCA 3D computer aided drafting* (Jones *et al.*, 2008), e a outra para auxiliar as especificações de materiais e componentes de piso, telhado e paredes, levando em conta a utilização de recursos, consumo de água, mudanças climáticas, uso do solo e danos à saúde humana – *BAMS (Building assemblies and materials scorecard)* (IYER-RANIGA *et al.*, 2008).

Nota-se que o desenvolvimento de métodos e ferramentas capazes de avaliar a sustentabilidade, ora certificando ora apoiando medidas que levam a construções mais sustentáveis, está em desenvolvimento dinâmico e acelerado em todo mundo, forçando mudanças rápidas do segmento no que diz respeito aos impactos gerados, sendo eles ambientais, sociais e econômicos.

### 3.6.10 Metodologias de avaliação utilizadas no Brasil e suas tendências

Os conceitos aqui apresentados serão úteis para o desenvolvimento da metodologia proposta neste trabalho. Observa-se a necessidade de avaliação da interferência no ambiente construído e na busca de uma comunidade mais sustentável, bem como a da identificação e construção do ambiente, incluindo de forma sistêmica as dependências e os impactos de cada etapa do seu ciclo de vida.

Outro aspecto importante a ser considerado é a necessidade de desenvolver uma ferramenta de avaliação para o contexto brasileiro. Conforme estudos de Silva (2003), os sistemas de

avaliação de edificações desenvolvidos até hoje não se aplicam diretamente nas condições brasileiras, pois

- a forma como esses métodos avaliam é inadequada, uma vez que é preciso realizar ponderações compatíveis com as prioridades regionais e nacionais;
- não existem dados nacionais de ACV para análise de materiais;
- o quanto deve ser atingido em cada sistema é definido em função de uma gama de fatores específicos dos contextos nacionais e regionais, e não existem ainda referências adequadas no contexto brasileiro.

Com base nessas afirmações, a autora desenvolveu um método de avaliação de sustentabilidade para edifícios de escritório. O trabalho de Silva (2003) constitui a principal referência no contexto brasileiro a respeito do desenvolvimento de um sistema de avaliação adaptado às necessidades específicas do país. O método é pautado nos seguintes princípios:

- salto da avaliação ambiental para a avaliação de sustentabilidade;
- definição dos requisitos a avaliar;
- minimização de subjetividade: aproximação do conceito ACV;
- formato de pontuação com estrutura evolutiva;
- blocos conceituais de critérios híbridos de desempenho;
- critérios de ponderação mediante a ferramenta de análise hierárquica (AHP).

A metodologia proposta por Silva (2003) foi construída fundamentada na estrutura temática utilizada pela UN CSD e em instrumentos de avaliação de sustentabilidade de nações, de setores econômicos e de organizações, na proposição de uma agenda para a construção sustentável no Brasil e na análise dos métodos e projetos de normas ISO relacionados à avaliação ambiental e de sustentabilidade de edifícios.

Este trabalho continua em evolução no âmbito do grupo Qualidade e Sustentabilidade do Ambiente Construído da Unicamp, que está para formatar a primeira certificadora brasileira no tema, a *Brazilian Green Building Council* – Conselho Verde do Edifício –, para suportar a eficiência no uso dos recursos (tais como a água e a energia) ao reduzir o desperdício da

construção e da operação. Buscando a colaboração com construtores, instituições financeiras, grupos civis da sociedade e o governo, o objetivo é instituir o desenvolvimento sustentável por meio da indústria de construção (SILVA,2007).

Ações em prol de construções mais sustentáveis e metodologias de avaliação da sustentabilidade de edificações brasileiras vêm avançando nos últimos anos. Em agosto de 2007 foi lançado publicamente o Conselho Brasileiro de Construção Sustentável – CBCS –, que conta com a participação de diversos membros representantes da academia e do setor produtivo da indústria da construção. O CBCS é uma associação civil sem fins lucrativos com o objetivo social de contribuir para a promoção do desenvolvimento sustentável por intermédio da geração e disseminação de conhecimento, orientação técnica, capacitação, realização de eventos e articulação e formação de redes, mobilizando a cadeia produtiva da construção civil, seus clientes e consumidores (CBCS, 2007).

Em 2007 foi proposto o projeto Tecnologias para Construção Habitacional mais Sustentável, cujo objetivo é desenvolver soluções adequadas à realidade brasileira para tornar a construção habitacional mais sustentável. O foco da pesquisa está nos conjuntos habitacionais unifamiliares de interesse social (empreendimentos para baixa e média rendas), procurando abranger também a construção autogerida. O projeto envolve pesquisadores de cinco universidades públicas brasileiras e empresas e associações da indústria da construção no desenvolvimento de requisitos em oito categorias: água; energia; seleção de materiais, componentes e sistemas; canteiro de obras; qualidade do ar externo e infraestrutura; qualidade do ambiente interno e saúde; gestão social; e gestão do empreendimento (PROJETO..., 2007).

Seguindo a tendência mundial de exigências relacionadas ao meio ambiente por setores públicos e agências financiadoras, o Banco Real lançou em julho de 2007 o Real Obra Sustentável<sup>41</sup>, um modelo de relacionamento que promove a adoção de boas práticas socioambientais no setor da construção civil. O programa engloba ações como a aplicação do questionário de risco socioambiental na análise do financiamento para a construção, estudos de viabilidade do projeto e vistorias técnicas ambientais durante todo o período de sua execução. Nesse programa foi desenvolvido o *Guia de boas práticas na construção civil*, um manual com informações para buscar as eficiências ambientais, sociais e econômicas no momento de planejar e construir (BANCO REAL, 2007).

---

<sup>41</sup> Certificado LEED NC – Silver 2007.

Já em 2008 houve dois marcos importantes no Brasil. O primeiro deles foi o desenvolvimento da metodologia de certificação para edificações brasileiras<sup>42</sup>, o Aqua (alta qualidade ambiental), com base na metodologia francesa *HQE*<sup>®</sup>, sendo estruturado pelo referencial do sistema de gestão do empreendimento (SGE), para avaliar o sistema de gestão ambiental do empreendimento implantado pelo empreendedor, e pelo referencial da qualidade ambiental do edifício (QAE), para avaliar o desempenho arquitetônico e técnico da construção. Para obter o certificado, os interessados devem buscar auditorias independentes externas e atender aos requisitos mínimos estabelecidos como critérios de avaliação para cada categoria (conjunto de preocupações)<sup>43</sup>, conforme a classificação: bom, superior e excelente (AQUA, 2008).

O outro marco no Brasil foi a customização dos critérios de avaliação da metodologia Aqua para edifícios de escritórios em Florianópolis, desenvolvida na tese de doutoramento de Fossati (2008).

Silva (2008), analisando a construção sustentável no Brasil, apontou os seguintes aspectos: usam-se no país dois tipos de certificações – o LEED e o HQE (AQUA) –, sendo o LEED com 39 projetos registrados, com uma concentração de 29 destes na região sudeste. Dessa forma, pode-se afirmar que os aspectos econômicos e sociais estão sendo negligenciados em um país em desenvolvimento como o Brasil, pois os dois métodos avaliam apenas os aspectos ambientais e são impulsionados pelo *marketing* e não pela busca real da construção sustentável e são concentrados em uma área restrita do país.

A Etiqueta de Eficiência Energética de Edificações PROCEL/ELETRONBRÁS será incluído no LEED/AQUA (Amorin, 2009)

Na Tabela 3.1 é apresentado um resumo comparativo dos requisitos analisados em todas as metodologias apresentadas neste item.

É possível concluir que as metodologias propostas até agora no Brasil, quando aplicadas em apenas edifícios de escritórios, avaliam somente os aspectos ambientais. Uma vez apresentada e justificada a necessidade de desenvolver sistemas de avaliação da sustentabilidade de produtos da construção no contexto brasileiro, deve-se levar em conta no desenvolvimento de estudos as limitações existentes em termos de dispersão de estudos, ausência de dados

---

<sup>42</sup> Fases cobertas pela certificação: programa, concepção e projetos.

<sup>43</sup> As categorias serão demonstradas na tabela 3.1.

confiáveis, conhecimento e interesse sobre questões ambientais por conta dos agentes envolvidos na tomada de decisão (SILVA, 2003; SPERB, 2000; OLIVEIRA, 2005).

A proposta deste trabalho é desenvolver um novo método de avaliação de sustentabilidade para habitações de interesse social com foco no projeto, considerando os aspectos ambientais, socioculturais e econômicos aplicados à região de Goiânia (GO) e do Distrito Federal (DF).

**Tabela 3.1** – Comparação das categorias das metodologias apresentadas

	<b>BREEAM</b>	<b>GBTool</b>	<b>LEED</b>	<b>CASBEE<sup>44</sup></b>	<b>HK-BEAM</b>	<b>HQE</b>	<b>MARS</b>	<b>SBAT</b>	<b>SILVA (2003)</b>	<b>AQUA</b>	<b>FOSSATI (2008)</b>
<b>AMBIENTAIS</b>											
Gestão	<i>f</i> (10%)					<i>f</i> <sup>45</sup>			<i>f</i>	<i>f</i>	
Saúde e conforto	<i>f</i> (14%)					<i>f</i> <sup>46</sup>			<i>f</i>	<i>f</i>	<i>f</i>
Uso de energia	<i>f</i> (22%)	<i>f</i>	<i>f</i> (25%)	<i>f</i>	<i>f</i>	<i>f</i>	<i>f</i>	<i>f</i>	<i>f</i>	<i>f</i>	<i>f</i>
Transporte	<i>f</i> (8%)										<i>f</i>
Uso de água	<i>f</i> (10%)	<i>f</i>	<i>f</i> (7%)	<i>f</i>	<i>f</i>	<i>f</i>	<i>f</i>	<i>f</i>	<i>f</i>	<i>f</i>	<i>f</i>
Uso de materiais	<i>f</i> (14%)	<i>f</i> (25%) <sup>47</sup>	<i>f</i> (19%)	<i>f</i>	<i>f</i>	<i>f</i> <sup>48</sup>	<i>f</i>	<i>f</i>	<i>f</i>	<i>f</i>	<i>f</i>
Uso do solo e ecologia	<i>f</i> (12%)				<i>f</i>				<i>f</i>		
Poluição (cargas ambientais)	<i>f</i> (10%)	<i>f</i> (25%)		<i>f</i> <sup>49</sup>							

<sup>44</sup> Os aspectos são subdivididos em três grandes grupos: ambiente global, ambiente local e ambiente em volta.

<sup>45</sup> Consiste em gestão de manutenção e sistema de gestão do empreendimento.

<sup>46</sup> Confortos higrotérmico, acústico e visual e qualidade sanitária (saúde).

<sup>47</sup> Porcentagem total: energia e consumo de recursos.

<sup>48</sup> Referente a dois aspectos: 1) escolha integrada dos produtos, sistemas e processo construtivo; 2) gestão de resíduos.

**Tabela 3.1** – Comparação das categorias das metodologias apresentadas

	<b>BREEAM</b>	<b>GBTool</b>	<b>LEED</b>	<b>CASBEE<sup>44</sup></b>	<b>HK-BEAM</b>	<b>HQE</b>	<b>MARS</b>	<b>SBAT</b>	<b>SILVA (2003)</b>	<b>AQUA</b>	<b>FOSSATI (2008)</b>
Canteiros de obras						✓				✓	
Seleção do local (planejamento, projeto e desenvolvimento)		✓ (10%)	✓ (20%)						✓		✓ <sup>50</sup>
Qualidade do ar interno		✓ (15%)	✓ (22%)		✓	✓	✓		✓	✓	✓
Funcionalidade e controle dos serviços de construção		✓ (5%)								✓	
Desempenho ao longo do tempo		✓ (10%)									
Inovações e processo de projeto			✓ (7%)		✓						
Ambiente interno				✓							
Ambiente externo				✓							

<sup>49</sup> Emissões de LCCO<sub>2</sub>, válido a partir da versão 2008.

<sup>50</sup> Uso e ocupação do solo



**Tabela 3.1** – Comparação das categorias das metodologias apresentadas

	<b>BREEAM</b>	<b>GBTool</b>	<b>LEED</b>	<b>CASBEE<sup>44</sup></b>	<b>HK-BEAM</b>	<b>HQE</b>	<b>MARS</b>	<b>SBAT</b>	<b>SILVA (2003)</b>	<b>AQUA</b>	<b>FOSSATI (2008)</b>
Qualidade dos serviços				/						/	
Biodiversidade							/				
Relação do edifício						/				/	
Resíduos								/	/		
Terreno								/			
<b>SOCIAL</b>											
Aspectos sociais e econômicos		/ (10%)									
Conforto e saúde dos ocupantes							/	/			
Acessibilidade							/				/
Ambiente inclusivo								/			
Acesso à facilidade								/			
Participação e controle								/			

**Tabela 3.1** – Comparação das categorias das metodologias apresentadas

	<b>BREEAM</b>	<b>GBTool</b>	<b>LEED</b>	<b>CASBEE<sup>44</sup></b>	<b>HK-BEAM</b>	<b>HQE</b>	<b>MARS</b>	<b>SBAT</b>	<b>SILVA (2003)</b>	<b>AQUA</b>	<b>FOSSATI (2008)</b>
Educação, saúde e								✓			
Impactos sobre os operários									✓		
Impactos sobre os usuários									✓		
Impactos sobre a sociedade									✓		
<b>ECONÔMICOS</b>											
Custos							✓				
Adaptabilidade e flexibilidade							✓	✓			
Economia local								✓			
Eficiência de uso								✓			
Custos correntes								✓			
Custos de capitais								✓			

**Tabela 3.1** – Comparação das categorias das metodologias apresentadas

	<b>BREEAM</b>	<b>GBTool</b>	<b>LEED</b>	<b>CASBEE<sup>44</sup></b>	<b>HK-BEAM</b>	<b>HQE</b>	<b>MARS</b>	<b>SBAT</b>	<b>SILVA (2003)</b>	<b>AQUA</b>	<b>FOSSATI (2008)</b>
Produtividade									✓		
Melhoria do produto									✓		
Investimento, agregação do valor e benefícios recebidos									✓		
Comprometimento e pró-atividade									✓		

## **4 METODOLOGIA MASP-HIS**

### **4.1 INTRODUÇÃO**

A fim de atingir os objetivos do presente trabalho, foi desenvolvida uma metodologia denominada MASP-HIS (Metodologia de Avaliação da Sustentabilidade de Projetos de Habitação de Interesse Social) para a verificação da sustentabilidade de projetos de HIS. Tal metodologia foi construída fundamentada em um arcabouço teórico-conceitual profundo e abrangente<sup>51</sup>, fruto da investigação feita por esta autora (vide referências) por meio de uma pesquisa teórica para a comprovação da literatura mundial disponível sobre o assunto.

A referida metodologia foi articulada com base em indicadores e índices de sustentabilidade, determinados a partir de critérios e procedimentos de caráter quantitativo e qualitativo relacionados com requisitos de sustentabilidade de projetos de habitações de interesse social. Os principais conceitos de interesse utilizados foram apresentados na revisão da literatura, nos capítulos 2 e 3.

#### **4.1.1 Descrição do capítulo**

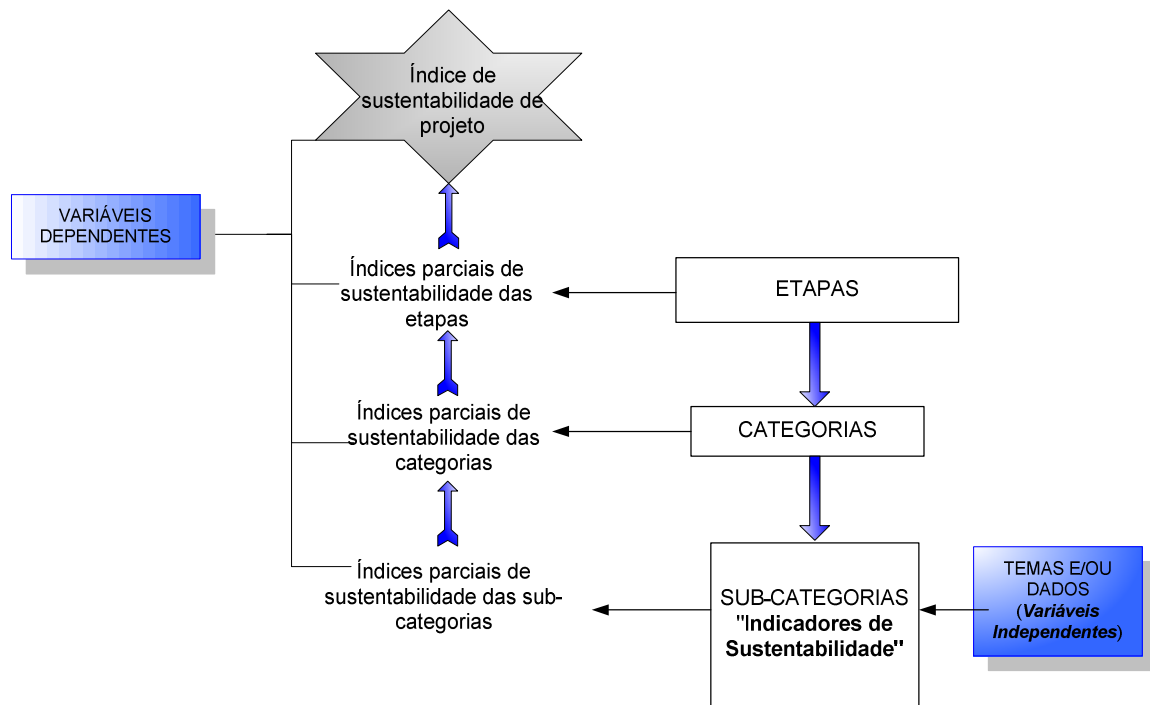
São apresentados neste capítulo a visão geral da metodologia MASP-HIS, objeto desta tese, o estabelecimento de indicadores com base em critérios consistentes com a literatura atual para aferição da sustentabilidade de projetos, bem como todos os procedimentos que fundamentaram cada etapa que compõe a metodologia para a obtenção dos índices de sustentabilidade em relação aos aspectos ambientais, socioculturais e econômicos, no domínio da análise dos projetos completos das edificações e das especificações de subsistemas específicos.

### **4.2 VISÃO GERAL DA METODOLOGIA MASP-HIS**

---

<sup>51</sup> A metodologia foi baseada em todos os critérios e requisitos encontrados na literatura estudada, cuja autora separou em aspectos ambientais ou socioculturais ou econômicas e depois em categorias e subcategorias, conforme as questões apresentadas no item 4.2. Buscou-se identificar o que se há de melhor e aplicável a realidade local na literatura e nas metodologias apresentadas.

A metodologia desenvolvida neste trabalho foi estruturada segundo a ordem hierárquica demonstrada na Figura 4.1.



**Figura 4.1:** Estrutura hierárquica da metodologia proposta

Além dessa estruturação, de acordo com IEA INNEAX 31 (2001f), para desenvolver um método de avaliação é necessário identificar os seus componentes, quais sejam: os usuários, o objetivo, os domínios e/ou princípios, a meta geral, o escopo e os critérios. Nesse sentido, a seguir são definidos sucintamente cada um dos componentes, assim como os agentes neles envolvidos, segundo a metodologia MASP-HIS:

- a) usuários: todos os projetistas (engenheiros e arquitetos) do segmento da construção que se destinam a habitações de interesse social;
- b) objetivo: proporcionar a avaliação da fase de projeto no ciclo de vida da habitação com foco na sustentabilidade, minimizando impactos e garantindo a qualidade na gestão do processo de projeto por meio de indicadores;
- c) domínios e/ou princípios:

1) *projetos completos*: checar se os projetos completos contemplam aspectos da sustentabilidade ambiental, sociocultural e econômica baseados em requisitos pré-estabelecidos, ponderando os resultados;

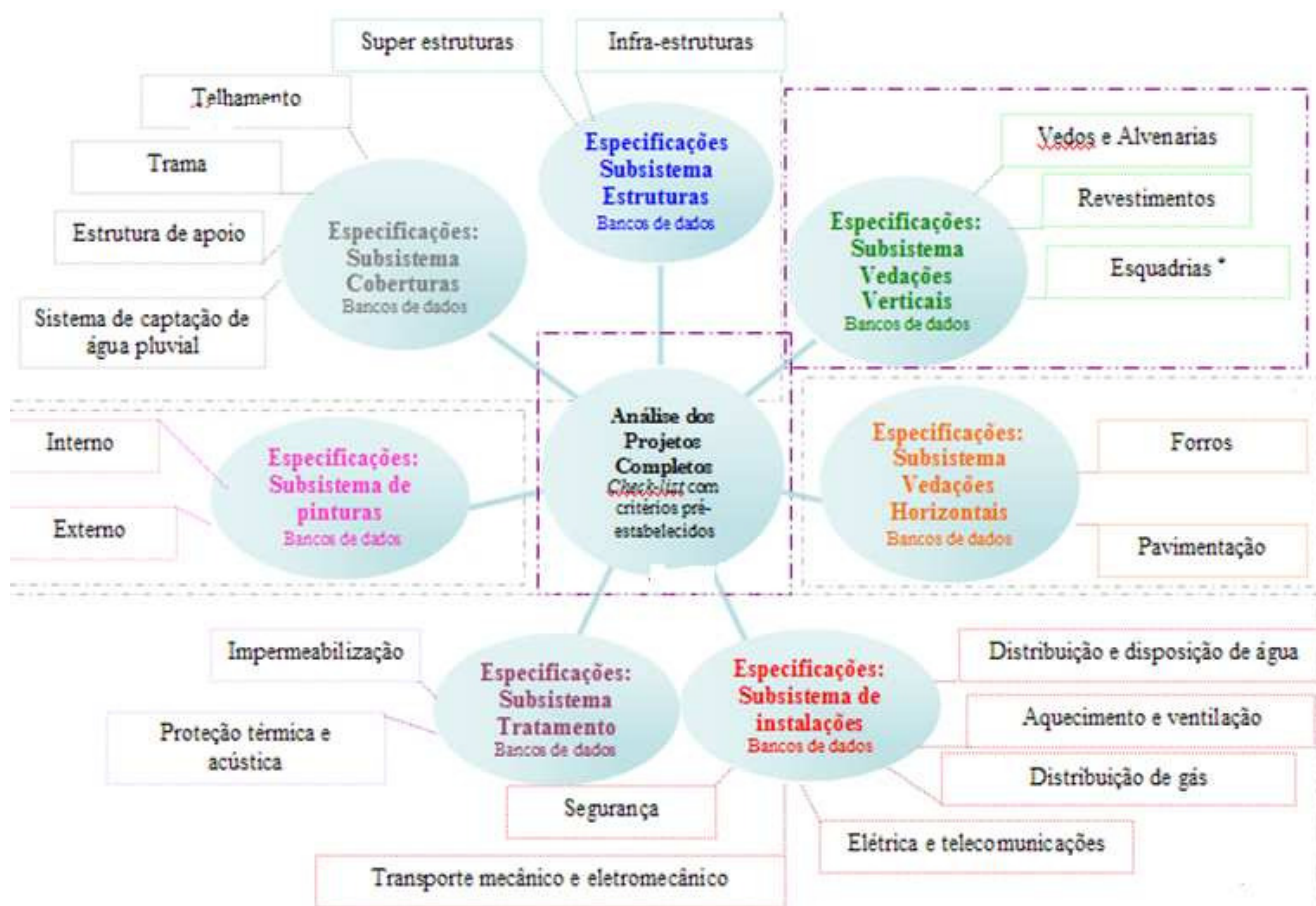
2) *subsistemas*: considerar as implicações, em termos de impactos ambiental, sociocultural e econômico, associados à especificação de materiais e componentes dos subsistemas ao longo do ciclo de vida, desde a extração de recursos para sua fabricação até sua deposição final. No presente trabalho são analisados os impactos do subsistema de vedações verticais, como piloto experimental para validação metodológica.

d) meta geral: estabelecer uma estrutura simplificada para avaliação da sustentabilidade e caracterização dos impactos, possibilitando a tomada de decisão para projetos de HIS;

e) escopo: com base em aspectos ambientais, sociais, culturais e econômicos, busca-se orientar a elaboração de projetos destinados a HIS com foco na sustentabilidade. Destaca-se que a ferramenta pode ser classificada como híbrida e contém aspectos prescritivos e de desempenho;

f) critérios: a seleção dos critérios para tomada de decisão foi feita de forma a deixar transparecer as prioridades, apresentando resultados que facilitem o entendimento e que sejam confiáveis.

Os domínios de uma edificação, que abrangem todos os seus subsistemas, podem ser visualizados na Figura 4.2. Nesta Figura são destacados a análise dos projetos completos e o subsistema de vedações verticais, uma vez que estes são os domínios utilizados neste trabalho para a validação da metodologia MASP-HIS.



**Figura 4.2:** Representação esquemática dos subsistemas de uma edificação: destaque para a análise dos projetos completos<sup>52</sup> e para o subsistema de vedações verticais.

\* Não será analisada neste trabalho.

Contudo, os outros subsistemas podem ser similarmente implementados no futuro, uma vez que a referida metodologia foi concebida para sofrer contínuas ampliações e aperfeiçoamentos.

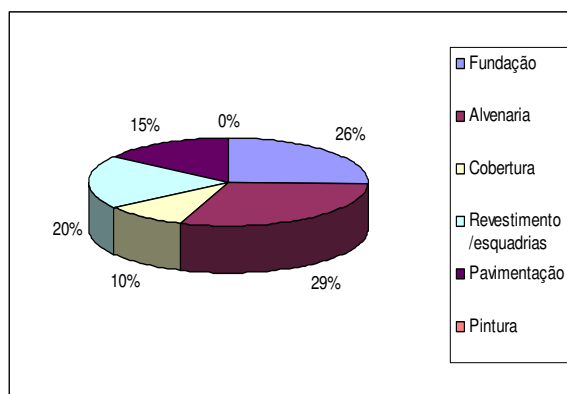
A escolha do subsistema de vedação vertical justifica-se pelos seguintes motivos: 1) em razão da grande quantidade de material usado nesse subsistema, como pode ser observado nas Figuras 4.3 e 4.4, fato observado em uma pesquisa da quantidade, em massa, dos materiais usados em projetos de HIS aplicados no conjunto habitacional da Associação Habitacional Morar Bem, em Goiânia (GO)<sup>53</sup>; 2) por apresentar desperdícios e perdas acentuadas<sup>54</sup>; 3) por demonstrar frequentemente inovações e racionalização dos processos produtivos; 4) pelo fato de a produção de seus materiais e componentes gerar impactos ambientais, sociais e econômicos; 5) por determinar diretrizes fundamentais para planejamento e programação de

<sup>52</sup> Projetos arquitetônicos e complementares

<sup>53</sup> Levantamento realizado pela autora.

<sup>54</sup> Segundo pesquisas no Brasil, as perdas estão em torno de 15%.

execução; 6) por compor grande parte do desempenho do edifício<sup>55</sup>; 7) por ter profunda relação com a ocorrência de problemas patológicos; 8) por constituir em muitos casos a própria estrutura do edifício; 9) por representar, segundo Mascaró (2006), em torno de 20% do custo total de edificação residencial de padrão simples.



**Figura 4.3:** Porcentagens da quantidade de massa (kg/m<sup>2</sup>) para cada subsistema, referente à média de três projetos em Goiânia (GO)



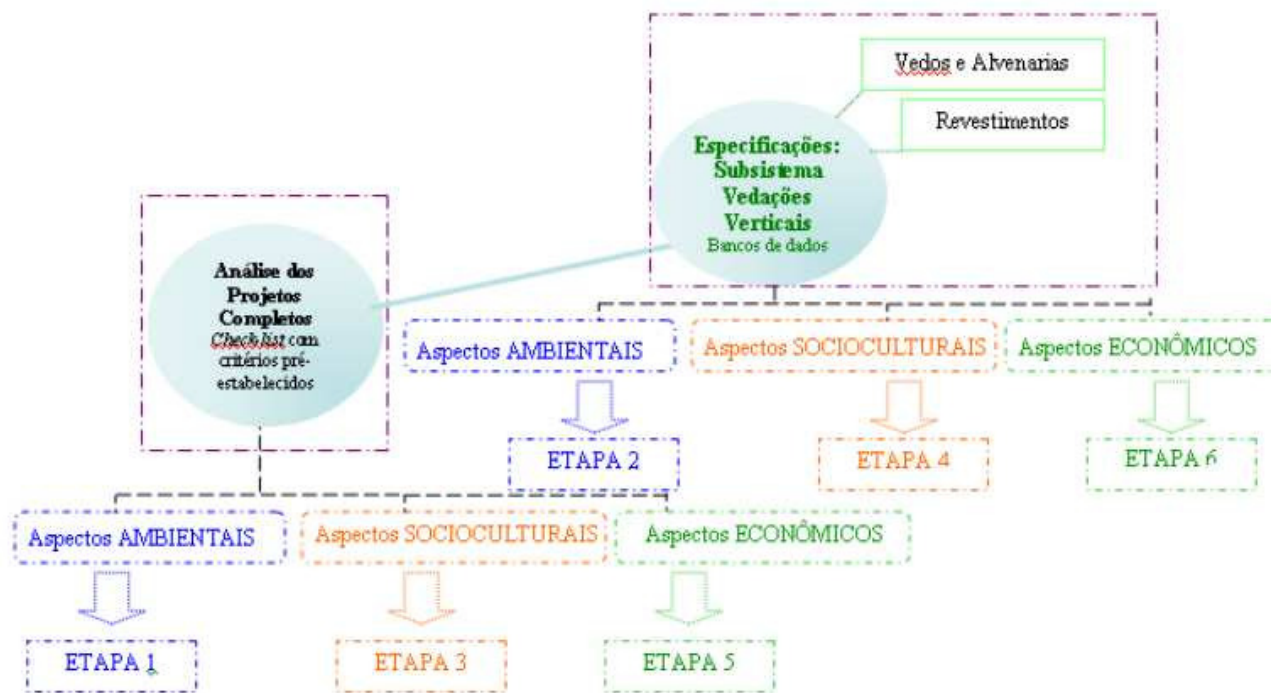
**Figura 4.4:** Conjunto habitacional Associação Habitacional Morar Bem, em Goiânia (GO), financiado com o Fundo de Desenvolvimento Social

É importante ressaltar que existem poucos dados da sustentabilidade de materiais e componentes disponíveis e, por se tratar de uma ciência nova e em constante evolução, a ferramenta proposta (metodologia MASP-HIS) tem seus limites estabelecidos respectivamente pelas variáveis *dados* e *evolução da ciência*.

Para a obtenção dos índices de sustentabilidade conforme a estrutura hierárquica apresentada na Figura 1.1, os procedimentos da metodologia MASP-HIS foram fracionados em 6 etapas, conforme se observa na Figura 4.5. Observa-se que os aspectos ambientais, socioculturais e econômicos são considerados tanto na análise dos projetos completos quanto especificação dos materiais e componentes do subsistema de vedações verticais.

<sup>55</sup> Grande influência no desempenho térmico e acústico, por exemplo.





**Figura 4.5:** Metodologia MASP-HIS fracionada em 6 etapas.

Para a obtenção dos índices propostos, relacionadas à análise dos projetos completos e especificações de materiais e componentes, foi realizada neste trabalho uma extensa pesquisa com autores nacionais e internacionais (vide revisão da literatura) e a partir da qual foram formuladas perguntas acerca dos aspectos ambientais, socioculturais e econômicos, quais sejam:

- 1) o que é necessário para contemplar os aspectos ambientais, socioculturais e econômicos para a construção sustentável?
- 2) como se podem medir os aspectos ambientais, socioculturais e econômicos?
- 3) os aspectos ambientais, socioculturais e econômicos são aplicáveis em HIS?
- 4) os aspectos ambientais, socioculturais e econômicos são aplicáveis na fase de projeto?
- 5) esses aspectos podem ser dispostos na forma de *check list* com resposta SIM ou NÃO?

Todos os aspectos que obtiveram resposta positiva foram agrupados em categorias e subcategorias, estas na forma de indicadores. A escolha desses indicadores teve por base pesquisas dos impactos locais (regionais) em relação aos globais (Brasil e mundo). Para cada subcategoria foram desenvolvidos temas (perguntas) a fim de verificar se o projeto contempla

requisitos de sustentabilidade relacionados aos referidos aspectos ambientais, socioculturais, e econômicos. Tais temas, a princípio, se estiverem contemplados no projeto, conferem maior sustentabilidade a ele.

O próximo passo para a definição dos índices de sustentabilidade foi a determinação dos critérios essenciais e de caracterização<sup>56</sup>. Assim, os indicadores essenciais foram obtidos pela quantidade de respostas positivas sobre a quantidade total de perguntas. Os indicadores de caracterização<sup>57</sup> foram medidos pelas respostas às perguntas de quantificação, como por exemplo: o quociente entre quantidade de pontos de uma parada de ônibus pela distância entre eles. Observa-se que um dos objetivos dos indicadores de caracterização é desenvolver *benchmarks*.

No contexto da análise dos projetos completos, os aspectos ambientais, socioculturais e econômicos se referem, respectivamente, às etapas 1, 3 e 5 da metodologia MASP-HIS.

Já os índices das etapas 2, 4 e 6 destinam-se a auxiliar na especificação de materiais e componentes para o subsistema construtivo, buscando aqueles que causam menores impactos ambientais, socioculturais e econômicos, respectivamente. Estes índices são estabelecidos, considerando-se as diferentes combinações dos materiais componentes do subsistema considerado.

A etapa 2, é aquela destinada a auxiliar na especificação de materiais e componentes considerando os aspectos ambientais, relevante em qualquer estudo de sustentabilidade, pois influenciam o conforto ambiental, o desempenho e a vida útil das edificações. Cada subsistema é composto por diversos materiais e componentes que consomem recursos materiais e energia (*inputs*), gerando emissões e resíduos (*outputs*). Assim, o intuito da etapa 2 é determinar critérios e requisitos para quantificar essas entradas e saídas. Na metodologia proposta, foi implementado o subsistema de vedações verticais, mas todos os outros subsistemas de uma edificação poderão ser implementados no futuro.

Os critérios para determinar os índices da etapa 4 foram os mesmos daqueles das etapas 1, 3 e 5, apenas com a diferença de considerar os materiais e componentes do piloto experimental,

---

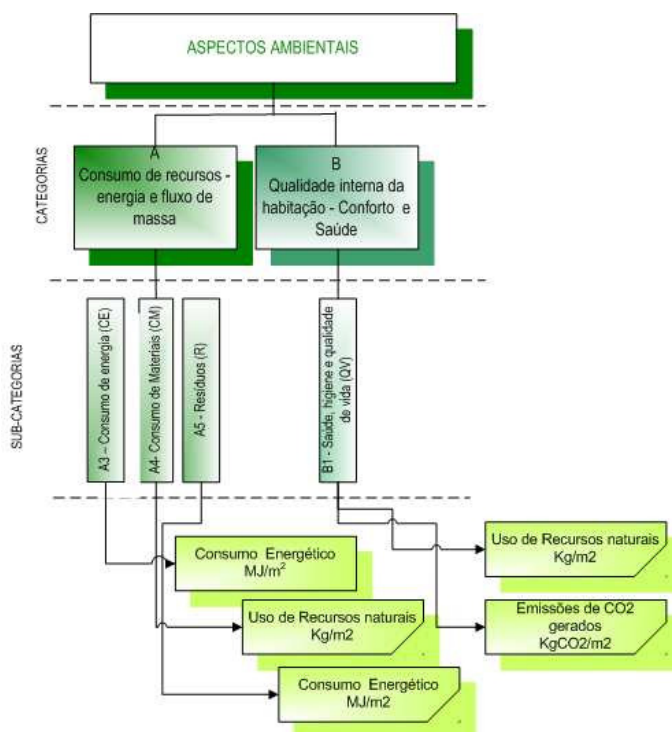
<sup>56</sup> Critérios essenciais são obtidos das respostas positiva ou negativa (sim/não); e os critérios de caracterização, são obtidos das respostas de quantificação.

<sup>57</sup> Formulação apresentada no Apêndice A2

para a execução da alvenaria, do assentamento e do revestimento<sup>58</sup> do subsistema de vedações verticais, quais sejam: bloco cerâmico, bloco de concreto, tijolo de solo-cimento, cimento, areia, cal e gesso.

Os índices da etapa 6 foram determinados pelos critérios do custo do ciclo de vida (*life cycle costing*) para a execução de alvenarias para um tempo de vida útil de 40 anos (conforme abordado no capítulo 3 e no item 4.8.1 deste capítulo).

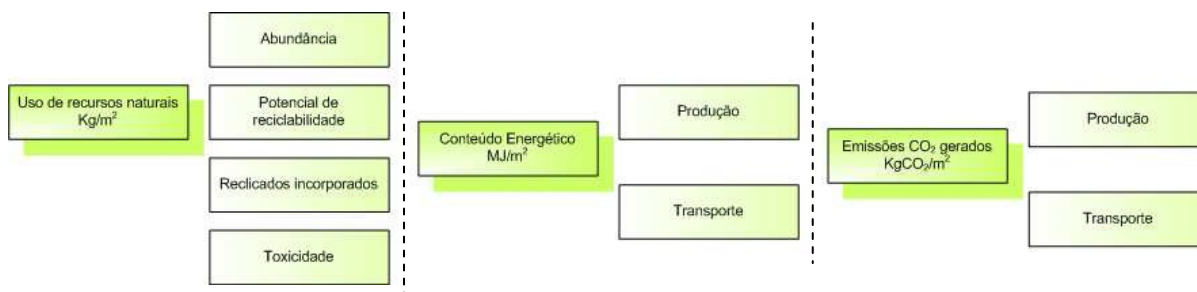
Os conceitos de ACV para a especificação de materiais e componentes em projetos são incorporados na etapa 2 da metodologia MASP-HIS. Mas desenvolver a ACV para a edificação não é o foco deste trabalho, e sim analisar os impactos importantes relacionados ao uso e emprego desses materiais e componentes. Para tanto, é levado em conta o subsistema de vedação vertical, com opções para materiais e componentes convencionais amplamente usados em projetos de habitações de interesse social, cujos impactos estão relacionados ao consumo energético, ao uso de recursos naturais e às emissões de CO<sub>2</sub>. Na Figura 4.6 podem ser visualizadas as relações entre estes elementos e os indicadores de sustentabilidade, dentro do aspecto ambiental.



**Figura 4.6:** Relações entre consumo energético, recursos naturais e emissões de CO<sub>2</sub> e os indicadores de sustentabilidade ambiental (critérios da etapa 2)

<sup>58</sup> Para o estudo são consideradas as argamassas convencionais, em função da falta de dados relativos ao traço das argamassas industrializadas.

A Figura 4.7 apresenta os critérios de subdivisão dos recursos naturais, do conteúdo energético e das emissões de CO<sub>2</sub>, conforme foi estabelecido na metodologia MASP-HIS.

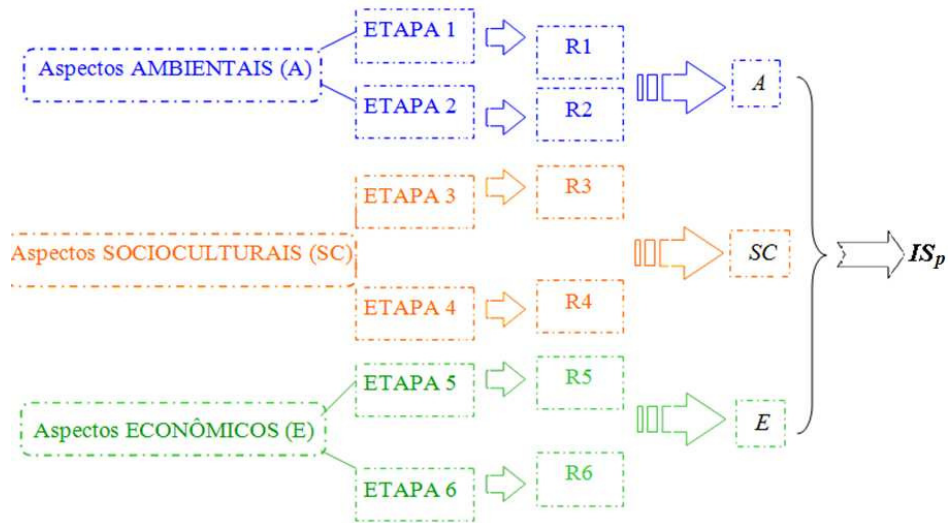


**Figura 4.7:** Subdivisão dos recursos naturais, conteúdo energético e emissões de CO<sub>2</sub>, conforme a metodologia MASP-HIS (critérios da etapa 2)

Como não se tem os impactos quantificados para alguns dos materiais e componentes usados na produção de uma habitação de interesse social no Brasil, este trabalho busca contribuir para a sua quantificação no que se refere ao uso de recursos naturais, como abundância, reciclabilidade, reciclados incorporados, toxicidade, conteúdo energético (produção e transporte) e emissões geradas de CO<sub>2</sub> (produção e transporte), considerando o subsistema de vedação vertical. Essa quantificação é usada para fomentar o banco de dados da metodologia MASP-HIS.

Nos procedimentos desta metodologia, os resultados são obtidos para 1 m<sup>2</sup> de alvenaria para as combinações de materiais estabelecidas segundo a Figura 4.11. No subsistema de vedação vertical implementado, são considerados os seguintes materiais: bloco cerâmico (9 x 19 x 19 cm), bloco de concreto (9 x 19 x 39 cm), tijolo solo-cimento (23 x 11 x 5 cm) e os materiais constituintes das argamassas de assentamento e de revestimento convencionais (cimento, cal, areia e gesso).

Observa-se ainda, que os índices de sustentabilidade são obtidos parcialmente para cada uma das seis etapas da metodologia MASP-HIS, representados pelas variáveis *R1*, *R2*, *R3*, *R4*, *R5* e *R6*. Em seguida são obtidos os índices de sustentabilidade específicos para os aspectos ambientais, socioculturais e econômicos, que também são parciais, cujas variáveis são respectivamente *A*, *SC* e *E*. Por fim, é obtido o índice de sustentabilidade de projeto, o *IS<sub>P</sub>*, para as habitações de interesse social (Figura 4.8).



**Figura 4.8:** Esquema para a visualização do fluxo dos cálculos dos índices de sustentabilidade parciais e final da metodologia MASP-HIS

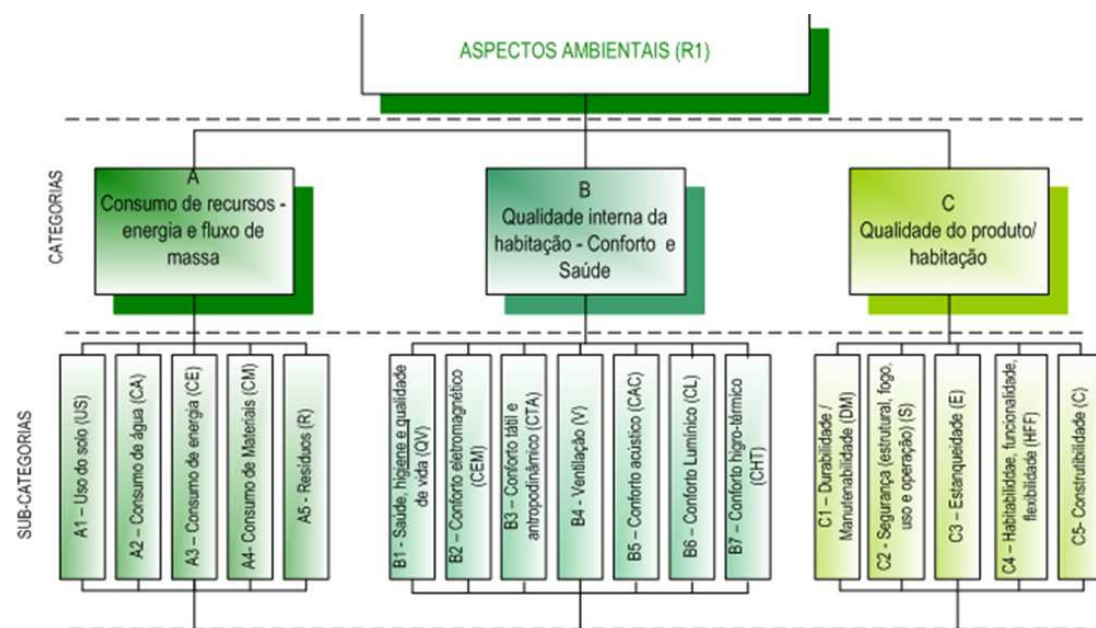
Esta metodologia também permite a obtenção de índices de sustentabilidade pela combinação dos diversos materiais e componentes envolvidos, tanto em relação aos índices parciais quanto ao de sustentabilidade de projeto. O fluxo para o cálculo de todos os índices parciais e de projeto pode ser visualizado também na Figura 1.1.

Em virtude da grande quantidade de temas e indicadores necessários para a verificação da sustentabilidade de projeto e com a finalidade de viabilizar os cálculos dos índices de sustentabilidade de forma rápida e segura, esta autora desenvolveu o programa computacional denominado PROMASP-HIS. Esse programa foi construído na linguagem *Visual Basic*, com utilização de interface gráfica e de entrada e saída de dados do *software* Microsoft Excel<sup>TM</sup>, que também se presta à execução dos cálculos e das operações lógicas necessárias.

As especificidades de cada etapa da metodologia MASP-HIS são apresentadas no desenvolvimento deste capítulo. Primeiramente são apresentadas as especificidades relacionadas à análise dos projetos completos (etapas 1, 3 e 5) e depois as especificidades do subsistema de vedações verticais (etapas 2, 4 e 6), piloto experimental.

### 4.3 ASPECTOS AMBIENTAIS PARA A ANÁLISE DOS PROJETOS COMPLETOS DAS EDIFICAÇÕES (ETAPA 1)

Os aspectos ambientais para a análise dos projetos completos (etapa 1 da metodologia MASP-HIS) foram divididos em três categorias (A, B e C), as quais por sua vez foram divididas em subcategorias, conforme pode ser observado na Figura 4.9. As subcategorias são os indicadores ambientais para a análise dos projetos completos das edificações.



**Figura 4.9:** Matriz com os aspectos ambientais para a análise dos projetos completos das edificações

#### 4.3.1 Definição dos indicadores e índices ambientais para a análise dos projetos completos das edificações

Os indicadores ambientais (subcategorias) para a análise dos projetos completos das edificações foram estabelecidos conforme a Tabela 4.1. Os critérios para a escolha dos indicadores foram descritos anteriormente, cujos temas são apresentados no Apêndice A3.

Após terem sido determinados os temas, o profissional responsável pela análise da sustentabilidade do projeto de habitação de interesse social em estudo deve verificar, na forma de perguntas, se o referido projeto contempla ou não os temas previstos para cada um dos indicadores ambientais. Caso isso aconteça, o profissional habilitado preenche em planilha

própria do programa PROMASP-HIS<sup>59</sup> a janela correspondente à resposta SIM; do contrário, a resposta a ser preenchida será NÃO. Ele também pode perceber que o tema não se aplica ao projeto em questão e clicar na seleção correspondente, situação em que o programa exclui o tema automaticamente dos cálculos.

Como os indicadores devem ter, por definição, seus índices calculados com fórmulas matemáticas simples, de modo a possibilitar um fácil e rápido entendimento, esses índices foram estabelecidos pela relação  $QS/QT$ , na qual  $QS$  é a soma das respostas SIM e  $QT$ , a soma das respostas SIM e NÃO, para cada um dos temas.

**Tabela 4.1:** Definição de indicadores ambientais (subcategorias) para a análise dos projetos completos das edificações e quantidade de perguntas (temas) para cada indicador

Categoria	Subcategoria (indicador de sustentabilidade ambiental)	Equações	Qtde de temas
A	Uso do solo (US)	$US = QS/QT$	26
	Consumo de água (CA)	$CA = QS/QT$	9
	Consumo de energia (CE)	$CE = QS/QT$	6
	Consumo de materiais (CM)	$CM = QS/QT$	11
	Resíduos (R)	$R = QS/QT$	11
B	Saúde, higiene e qualidade de vida (QV)	$QV = QS/QT$	9
	Conforto eletromagnético (CEM)	$CEM = QS/QT$	2
	Conforto tátil e antropodinâmico (CTA)	$CTA = QS/QT$	3
	Ventilação (V)	$V = QS/QT$	13
	Conforto acústico (CA)	$CA = QS/QT$	7
	Conforto lumínico (CL)	$CL = QS/QT$	15
	Conforto higrotérmico (CHT)	$CHT = QS/QT$	7
C	Durabilidade (DM)	$DM = QS/QT$	9
	Segurança (estrutural, fogo, uso e operação) (S)	$S = QS/QT$	25
	Estanqueidade (E)	$E = QS/QT$	11
	Habitabilidade, funcionalidade e flexibilidade (HFF)	$HFF = QS/QT$	8
	Construtibilidade (C)	$C = QS/QT$	10

<sup>59</sup> Apêndice em CD

Os índices de sustentabilidade ambientais das categorias A, B e C são obtidos, respectivamente, pelas equações 4.1, 4.2 e 4.3.

$$A = \frac{US + CA + CE + CM + R}{5} 100 \quad (4.1)$$

$$B = \frac{QV + CEM + CTA + V + CA + CL + CHT}{7} 100 \quad (4.2)$$

$$C = \frac{DM + S + E + HFF + C}{5} 100 \quad (4.3)$$

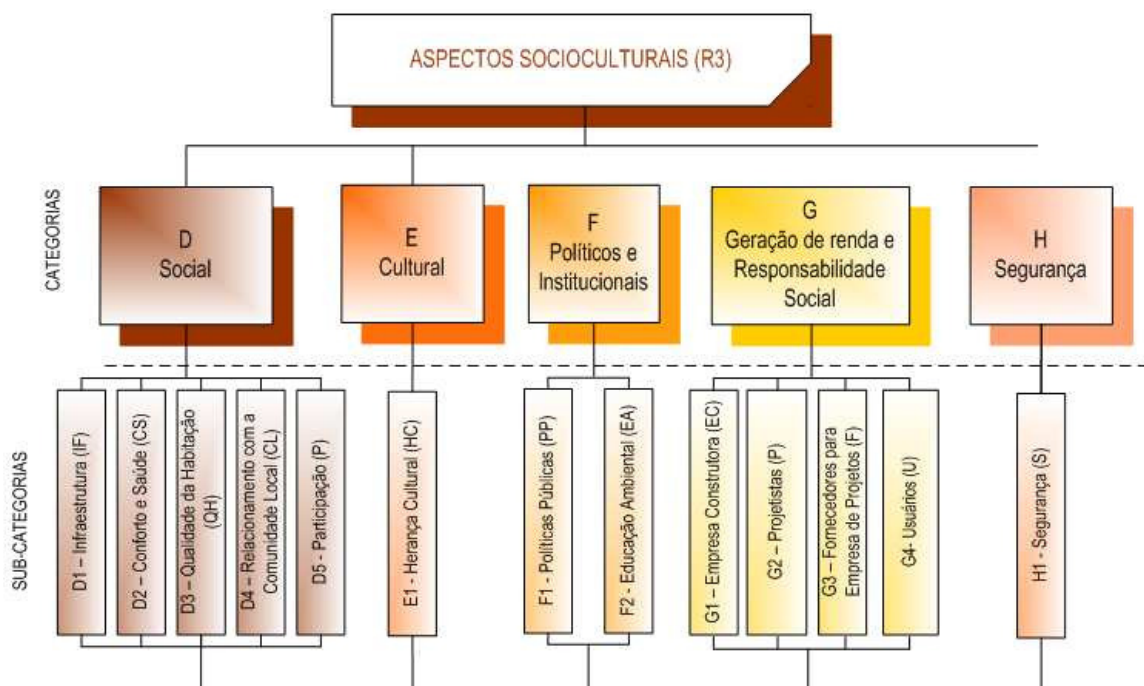
Por conseguinte, o índice de sustentabilidade do aspecto ambiental  $R1$  para a análise dos projetos completos das edificações (etapa 1) é calculado pela equação 4.4.

$$R1 = \frac{A + B + C}{3} \quad (4.4)$$

#### 4.4 ASPECTOS SOCIOCULTURAIS PARA A ANÁLISE DOS PROJETOS COMPLETOS DAS EDIFICAÇÕES (ETAPA 3)

Os aspectos socioculturais para a análise dos projetos completos (etapa 3 da metodologia MASP-HIS) foram divididos em cinco categorias (D, E, F, G e H), as quais por sua vez foram divididas em subcategorias, conforme pode ser observado na Figura 4.10. As subcategorias são os indicadores socioculturais para a análise dos projetos completos das edificações.





**Figura 4.10:** Aspectos socioculturais para a análise dos projetos completos das edificações

#### 4.4.1 Definição dos indicadores e índices socioculturais para a análise dos projetos completos das edificações

Os indicadores socioculturais (subcategorias) para a análise dos projetos completos das edificações foram estabelecidos conforme a Tabela 4.2. Os critérios para a escolha dos indicadores foram descritos anteriormente, cujos temas são apresentados no Apêndice A3. O tratamento das perguntas relacionadas aos temas em questão é o mesmo daquele dado na etapa 1.

**Tabela 4.2:** Definição de indicadores socioculturais (subcategorias) para a análise dos projetos completos das edificações e quantidade de perguntas (temas) para cada indicador

Categoria	Subcategoria (indicador de sustentabilidade sociocultural)	Equações	Qtde de temas
D	Infraestrutura (IF)	$IF = QS/QT$	11
	Conforto e saúde (CS)	$CS = QS/QT$	9
	Qualidade do produto/habitação (QP)	$QP = QS/QT$	10
	Relacionamento com a comunidade local (CL)	$CL = QS/QT$	6
	Participação (P)	$P = QS/QT$	8
E	Herança cultural (HC)	$HC = QS/QT$	8
F	Políticas públicas (PP)	$PP = QS/QT$	18
	Educação ambiental (EA)	$EA = QS/QT$	3
G	Empresas construtoras (EC)	$EC = QS/QT$	31
	Empresas de projeto (EP)	$EP = QS/QT$	35
	Fornecedores para empresas de projeto (F)	$F = QS/QT$	9
	Usuários (U)	$U = QS/QT$	3
H	Segurança (S)	$S = QS/QT$	4

Os índices de sustentabilidade socioculturais das categorias D, E, F, G e H são obtidos, respectivamente, pelas equações 4.5, 4.6, 4.7, 4.8 e 4.9:

$$D = \frac{IF + CS + QP + CL + P}{5} 100 \quad (4.5)$$

$$E = 100C \quad (4.6)$$

$$F = \frac{PP + EA}{2} 100 \quad (4.7)$$

$$G = \frac{EC + P + F + U}{4} 100 \quad (4.8)$$

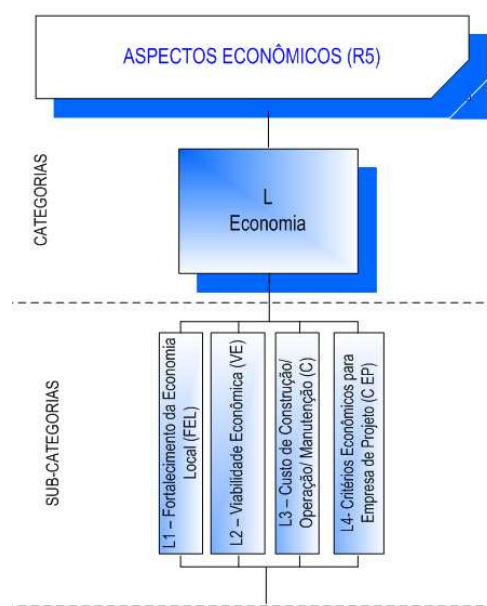
$$H = S.100 \quad (4.9)$$

Por sua vez, o índice de sustentabilidade do aspecto sociocultural para a análise dos projetos completos das edificações ( $R3$ ) é calculado pela equação 4.10.

$$R3 = \frac{D + E + F + G + H}{5} \quad (4.10)$$

## 4.5 ASPECTOS ECONÔMICOS PARA A ANÁLISE DOS PROJETOS COMPLETOS DAS EDIFICAÇÕES (ETAPA 5)

Os aspectos econômicos para a análise dos projetos completos das edificações (etapa 5 da metodologia MASP-HIS) foram estabelecidos em apenas uma categoria (L), a qual por sua vez foi dividida em subcategorias, conforme pode ser observado na Figura 4.11. As subcategorias são os indicadores econômicos para a análise dos projetos completos das edificações.



**Figura 4.11:** Aspectos econômicos para a análise dos projetos completos das edificações

### 4.5.1 Definição dos indicadores e índices econômicos para a análise dos projetos completos das edificações

Os indicadores econômicos (subcategorias) para a análise dos projetos completos das edificações foram estabelecidos conforme a Tabela 4.3. Os critérios para a escolha dos indicadores foram descritos anteriormente, cujos temas são apresentados no Apêndice A3. O tratamento das perguntas relacionadas aos temas em questão é o mesmo daquele dado nas etapas 1 e 3.

**Tabela 4.3:** Definição de indicadores econômicos (subcategorias) para a análise dos projetos completos das edificações e quantidade de perguntas (temas) para cada indicador

Categoria	Subcategoria (indicadores econômicos para a análise dos projetos completos das edificações)	Equações	Qtde de temas
L	Fortalecimento da economia local (FEL)	$FEL = QS / QT$	4
	Viabilidade econômica (VE)	$VE = QS / QT$	5
	Custo de construção, operação e manutenção (C)	$C = QS / QT$	7
	Critérios econômicos para empresas de projeto (CEP)	$CEP = QS / QT$	3

O índice de sustentabilidade econômica da categoria L, que já é o índice de sustentabilidade do aspecto econômico para a análise dos projetos completos das edificações ( $R5$ ), é obtido conforme a equação 4.11.

$$R5 = L = \frac{FEL + VE + C + CEP}{4} 100 \quad (4.11)$$

#### 4.6 ASPECTOS AMBIENTAIS DO SUBSISTEMA DE VEDAÇÕES VERTICAIS (ETAPA 2)

A etapa 2 consiste em obter o índice de sustentabilidade  $R2$  relacionado aos aspectos ambientais do subsistema de vedações verticais, o qual foi selecionado para ser o primeiro subsistema a ser implementado no programa PROMASP-HIS, pelos motivos explicitados no item 4.2 desta tese. O índice  $R2$  é obtido para as diferentes combinações dos materiais que compõem o subsistema de vedação vertical considerado.

Os materiais foram agrupados segundo as funções alvenaria, assentamento e revestimento da seguinte forma:

- alvenaria: blocos cerâmicos (9 x 19 x 19 cm), blocos de concreto (9 x 19 x 39 cm) e em tijolo solo-cimento (23 x 11 x 5 cm);
- assentamento: argamassa mista de cimento, cal hidratada e areia;
- revestimento:
  - a) argamassa mista de cimento e areia para o chapisco, e argamassa mista de cimento, cal hidratada e areia para o reboco paulista;
  - b) pasta de gesso.

#### 4.6.1 Índices de sustentabilidade da alvenaria

No caso da alvenaria, em que a unidade de referência é o metro quadrado de cada material (bloco cerâmico, bloco de concreto ou tijolo solo-cimento), os índices de sustentabilidade considerados na metodologia MASP-HIS referem-se à energia incorporada na produção e no transporte, às emissões de CO<sub>2</sub> gerados na produção e no transporte, ao potencial de reciclabilidade, à quantidade de materiais reciclados incorporáveis, à toxicidade e à abundância de cada material envolvido. As propriedades físicas e geométricas, bem como os índices energéticos envolvidos nos cálculos, relativos aos materiais da alvenaria, estão demonstradas no Apêndice A3. Esses dados foram estabelecidos de acordo com as referências identificadas no mesmo apêndice e estão inseridos no banco de dados do programa PROMASP-HIS. Tais valores podem sofrer alterações conforme a evolução dos estudos e o surgimento de novas referências.

##### 4.6.1.1 Energia incorporada aos materiais na produção (EI)

Para a obtenção da energia incorporada na produção, são levados em consideração nos cálculos os dados relativos à quantidade de material utilizado e o índice energético de cada material. Define-se que quanto mais energia incorporada, menos sustentável é o material.

Os índices de sustentabilidade  $EI$  dos componentes da alvenaria são obtidos por meio da implementação computacional e pela normalização entre os valores dos índices energéticos envolvidos, da seguinte forma:

a) verificação do componente com menor consumo de energia, o qual é selecionado como mais sustentável;

c) obtenção dos índices de sustentabilidade dos outros componentes, conforme a equação 4.12:

$$EI_i = \frac{IE_{\min}}{IE_i} 100 \quad (4.12)$$

em que  $EI_i$  é o índice que representa os índices de sustentabilidade calculados para cada componente não classificado como mais sustentável; e  $IE_i$ , o índice energético, em MJ/kg por  $m^2$ , de cada componente não classificado como mais sustentável. Nessa situação o componente mais sustentável ficará com o índice 100, e os demais ficarão sempre com seus índices variando entre 0 e 100, o que possibilita uma visualização rápida e clara da sustentabilidade relativa entre os materiais.

#### 4.6.1.2 Energia incorporada no transporte ( $EI_t$ )

Em relação à energia incorporada no transporte, são considerados dados como quantidade de material, índice energético e distância percorrida no transporte dos materiais. Observa-se que quanto mais energia consumida, menos sustentável é o material.

Os índices de sustentabilidade relativos à energia incorporada no transporte dos materiais são obtidos com o uso da equação 4.12, em que a variável  $EI$  passa a ser  $EI_t$ .

#### 4.6.1.3 Emissão de $CO_2$ gerado na produção ( $ECO_2$ )

Neste caso, são considerados os dados relativos à quantidade de  $CO_2$  gerado na produção e a quantidade de materiais usado para confeccionar  $1m^2$ . Define-se que quanto maior é a emissão de  $CO_2$ , menos sustentável é o material.

Os índices de sustentabilidade relativos à emissão de  $CO_2$  gerado na produção dos materiais são obtidos com o uso da equação 4.13.

$$ECO_{2i} = \frac{TCO_{2min}}{TCO_{2i}} \cdot 100 \quad (4.13)$$

em que  $ECO_2$  é o índice de sustentabilidade do material mais sustentável em relação à emissão de  $CO_2$ ;  $TCO_{2min}$  é o total de  $CO_2$  emitido, em kg por  $m^2$ , do material com menor emissão de  $CO_2$  (material mais sustentável) e  $TCO_{2i}$  é o total de  $CO_2$  emitido, em kg por  $m^2$ , de cada material não classificado como mais sustentável.

#### 4.6.1.4 Emissão de CO<sub>2</sub> gerado no transporte ( $ECO_{2r}$ .)

Neste caso, são considerados os dados relativos à quantidade de CO<sub>2</sub> gerado no transporte, considerando, também, a quantidade de materiais e a distância percorrido da produção a obra. Observa-se que quanto maior é a emissão de CO<sub>2</sub> gerado no transporte dos materiais, menos sustentável é o componente.

Os índices de sustentabilidade relativos à emissão de CO<sub>2</sub> gerado no transporte dos materiais são obtidos com o uso da equação 4.13 , nas quais a variável  $ECO_2$  passa a ser  $ECO_{2r}$ .

#### 4.6.1.5 Potencial de reciclabilidade (PR)

Em relação ao potencial de reciclabilidade, para cada material essa informação foi armazenada no banco de dados do PROMASP-HIS na forma de SIM ou NÃO, e no ato da escolha do componente pelo profissional habilitado, quando da entrada de dados, a resposta já aparece automaticamente em janela específica e é considerada nos cálculos dos índices. Caso a resposta seja NÃO, o índice de sustentabilidade respectivo será o menor valor possível, ou seja, zero. Constata-se que quanto maior é o potencial de reciclabilidade, mais sustentável é o material.

Os índices de sustentabilidade relativos ao potencial de reciclabilidade são obtidos com a equação 4.14.

$$PR_i = \frac{TM_i}{TM_{max}} 100 \quad (4.14)$$

em que  $PR$  é o índice de sustentabilidade do material mais sustentável em relação ao potencial de reciclabilidade;  $TM_{max}$ , o total da massa, em kg por  $m^2$ , do material com maior potencial de reciclabilidade (material mais sustentável);  $PR_i$ , o índice de sustentabilidade quanto ao potencial de reciclabilidade de cada material não classificado como mais sustentável; e  $TM_i$ , o total da massa, em kg por  $m^2$ , de cada material não classificado como mais sustentável.

#### 4.6.1.6 Materiais reciclados incorporáveis (MI)

São considerados, em relação aos materiais incorporáveis, a possibilidade de incorporação de insumo reciclável nos componentes do subsistema de vedação vertical. Essa informação deve ser dada pelo usuário (profissional habilitado) por meio de SIM ou NÃO. Caso a resposta seja NÃO, o índice de sustentabilidade respectivo (*MI*) será o menor valor possível, ou seja, zero. Se a resposta for SIM, o percentual já é considerado automaticamente pelo programa PROMASP-HIS, via banco de dados. No caso, o profissional habilitado deve, de acordo com os insumos utilizados para confeccionar os blocos, especificar:

- 1) qual é o tipo de cimento utilizado, cujas opções no programa são:
  - a) CP II (cimento Portland tipo II, que segundo a norma NBR 11578 (ABNT, 1991) incorpora no máximo 34% de resíduo tipo escória de alto forno);
  - b) CP III (cimento Portland tipo III, que segundo a norma NBR 5735 (ABNT, 1991) incorpora no máximo 70% de resíduo tipo escória de alto forno);
  - c) CP IV (cimento Portland tipo IV, que segundo a norma NBR 5736 (ABNT, 1991) incorpora no máximo 50% de resíduo tipo pozolônico).
- 2) se a areia possui uma porcentagem de resíduos classe A – neste trabalho é considerada uma porcentagem máxima de 30% (OLIVEIRA *et al.*, 2003);
- 3) se para a confecção dos blocos de concreto utilizou-se tanto a areia e cimento como os resíduos incorporados (“AREIA+CP II” ou “AREIA+CP III” ou “AREIA+CP IV”);
- 4) se para a confecção de blocos cerâmicos utilizou-se o chamote<sup>60</sup> como resíduo – neste trabalho é considerado 10% de incorporação de chamote (GOVEIA, 2008);
- 5) se para a confecção de tijolos de solo-cimento utilizou-se em substituição ao solo uma porcentagem de resíduo classe A – neste trabalho considerou-se 20% de substituição segundo o trabalho de SOUZA *et al.* 2006);

---

<sup>60</sup> Chamote – resíduo de cerâmico queimado



6) se para a confecção de tijolos de solo-cimento usou-se tanto o solo-cimento como os resíduos incorporados (“SOLO+CP II” ou “SOLO+CP III” ou “SOLO+CP IV”).

Observa-se que quanto maior é a quantidade de materiais reciclados incorporáveis, maior a sustentabilidade do material.

Os índices de sustentabilidade em relação aos materiais incorporáveis são obtidos com o uso da equação 4.15.

$$MI_i = \frac{TI_i}{TI_{max}} 100 \quad (4.15)$$

em que  $MI$  é o índice de sustentabilidade do material mais sustentável em relação à quantidade de material reciclável incorporável;  $TI_{max}$ , o total da massa, em  $kg$  por  $m^2$ , do material com maior quantidade de material reciclável incorporável (material mais sustentável);  $MI_i$ , o índice de sustentabilidade em relação à quantidade de material reciclável incorporável de cada material não classificado como mais sustentável; e  $TI_i$ , o total da massa, em  $kg$  por  $m^2$ , de cada material não classificado como mais sustentável.

#### 4.6.1.7 Toxicidade (TX)

A informação se há toxicidade nos materiais foi armazenada no banco de dados do PROMASP-HIS na forma de SIM ou NÃO, e a resposta é apresentada no ato da escolha do material pelo profissional habilitado. Caso a resposta seja SIM, o índice de sustentabilidade respectivo será o menor valor possível, ou seja, zero. Observa-se que no caso de o material não ser tóxico, ou seja, quando a resposta for NÃO, quanto menor for a quantidade de material usado em massa, mais sustentável será o material.

Os índices de sustentabilidade relativos à toxicidade são obtidos com a equação 4.16..

$$TX_i = \frac{TM_{min}}{TM_i} 100 \quad (4.16)$$

em que  $TX$  é o índice de sustentabilidade do material mais sustentável quanto à toxicidade;  $TM_{min}$ , o total da massa, em  $kg$  por  $m^2$ , do material com menor quantidade de material utilizado (material mais sustentável);  $TX_i$ , o índice de sustentabilidade em relação à

quantidade de toxicidade de cada material não classificado como mais sustentável; e  $TM_i$ , o total da massa, em  $kg$  por  $m^2$ , de cada material não classificado como mais sustentável

#### 4.6.1.8 Abundância (A)

Este item se relaciona à abundância na natureza das matérias-primas utilizadas nos componentes. Essa informação foi armazenada no banco de dados do PROMASP-HIS na forma de SIM ou NÃO, e a resposta é apresentada no ato da escolha do componente pelo profissional habilitado, quando da entrada de dados. O critério para o componente ser considerado abundante é que a distância das jazidas das matérias-primas empregadas na sua produção deve ser menor do que  $300 km$ . Caso a resposta seja NÃO, o índice de sustentabilidade respectivo será o menor valor possível, ou seja, zero. Observa-se que quando o componente for abundante, caso em que a resposta será SIM, quanto menor for a sua quantidade em massa, maior será a sua sustentabilidade.

Os índices de sustentabilidade em relação à abundância dos materiais são obtidos com a equação 4.17,

$$A_i = \frac{TM_{\min}}{TM_i} 100 \quad (4.17)$$

em que  $A$  é o índice de sustentabilidade do componente mais sustentável referente à abundância;  $TM_{\min}$ , o total da massa, em  $kg$  por  $m^2$ , do componente com menor quantidade de matéria-prima utilizada (componente mais sustentável);  $A_i$ , o índice de sustentabilidade em relação à abundância de cada componente não classificado como mais sustentável; e  $TM_i$ , o total da massa, em  $kg$  por  $m^2$ , de cada componente não classificado como mais sustentável.

#### 4.6.1.9 Índices de sustentabilidade ambiental dos componentes da alvenaria

Os índices de sustentabilidade dos componentes da alvenaria ( $ISA_{MAT}$ ) são dados pela média aritmética dos índices parciais relativos aos índices  $EI$ ,  $EI_t$ ,  $ECO_2$ ,  $ECO_{2t}$ ,  $PR$ ,  $MI$ ,  $TX$  e  $A$  de cada componente envolvido, conforme a equação 4.18:

$$ISA_{MAT} = \frac{EI + EI_t + ECO_2 + ECO_{2t} + PR + MI + TX + A}{8} \quad (4.18)$$

Observa-se que, da forma como os índices foram normalizados, o índice de sustentabilidade  $ISA_{mat}$  sempre terá seus valores entre 0 e 100, possibilitando uma visualização rápida e fácil da sustentabilidade relativa entre os componentes.

#### 4.6.2 Índices de sustentabilidade dos materiais utilizados na argamassa de assentamento

Os índices de sustentabilidade dos materiais utilizados no assentamento, quais sejam cimento, cal hidratada e areia, são calculados, com algumas ressalvas, de forma análoga aos cálculos para os componentes da alvenaria. As ressalvas referem-se a alguns cálculos específicos, necessários em virtude das particularidades inerentes aos diferentes materiais, como por exemplo:

a) o traço da argamassa na forma *cimento:cal:areia* por unidade de massa, sendo que no caso dos componentes da alvenaria, as quantidades são referidas em unidades por metro quadrado;

b) é calculada a média dos índices de sustentabilidade do cimento, da cal e da areia, conforme a equação 4.19, para a obtenção dos índices de sustentabilidade da argamassa de assentamento, como é o caso, por exemplo, da energia incorporada na produção.

$$EI_{AAmedio} = \frac{EI_{AAcemento} + EI_{AAcal} + EI_{AAareia}}{3} \quad (4.19)$$

Assim, cada um dos quesitos ( $EI$ ,  $EI_t$ ,  $ECO_2$ ,  $ECO_{2t}$ ,  $PR$ ,  $MI$ ,  $TX$  e  $A$ ) tem um índice de sustentabilidade que engloba o cimento, a cal e a areia em conjunto. Porém os índices de sustentabilidade parciais individuais da cal, do cimento e da areia são úteis para a verificação da sustentabilidade relativa entre tais materiais, quando da análise pelo profissional habilitado, a fim de verificar qual material está abaixando ou elevando a sustentabilidade média.

Observa-se ainda que o índice de sustentabilidade da argamassa de assentamento é considerado para dois traços distintos (cimento:cal:areia), utilizados com bloco cerâmico (1:2:8) e com bloco de concreto (1:0,5:8), conforme a equação 4.20. Contudo o programa está aberto para novos traços.

$$ISA_{agas} = \frac{EI + EI_t + ECO_2 + ECO_{2t} + PR + MI + TX + A}{8} \quad (4.20)$$

A quantidade de massa de cada material utilizado na argamassa de assentamento depende diretamente do traço utilizado (TCPO, 2003).

#### 4.6.3 Índices de sustentabilidade dos materiais utilizados na argamassa de revestimento

##### 4.6.3.1 Índice de sustentabilidade ambiental do chapisco

Inicialmente, são calculados separadamente os índices de sustentabilidade do cimento e da areia, para os quesitos  $EI$ ,  $EI_t$ ,  $ECO_2$ ,  $ECO_{2t}$ ,  $PR$ ,  $MI$ ,  $TX$  e  $A$ . Em seguida, é calculada a média desses quesitos entre o cimento e a areia. Finalmente, o cálculo do índice de sustentabilidade do chapisco é feito pela média desses quesitos médios, conforme a equação 4.21.

$$ISA_{CH} = \frac{EI + EI_t + ECO_2 + ECO_{2t} + PR + MI + TX + A}{8} \quad (4.21)$$

No caso do chapisco, o banco de dados do PROMASP-HIS foi alimentado com os quantitativos em massa para o traço 1:3 (*cimento:areia*).

##### 4.6.3.2 Cálculo do índice de sustentabilidade ambiental do reboco paulista e da pasta de gesso

O índice de sustentabilidade do reboco paulista e da pasta (argamassa) de gesso é obtido da seguinte forma:

a) cálculos separados, para o cimento, a cal, a areia e a argamassa de gesso, dos quesitos  $EI$ ,  $EI_t$ ,  $ECO_2$ ,  $ECO_{2t}$ ,  $PR$ ,  $MI$ ,  $TX$  e  $A$ ;

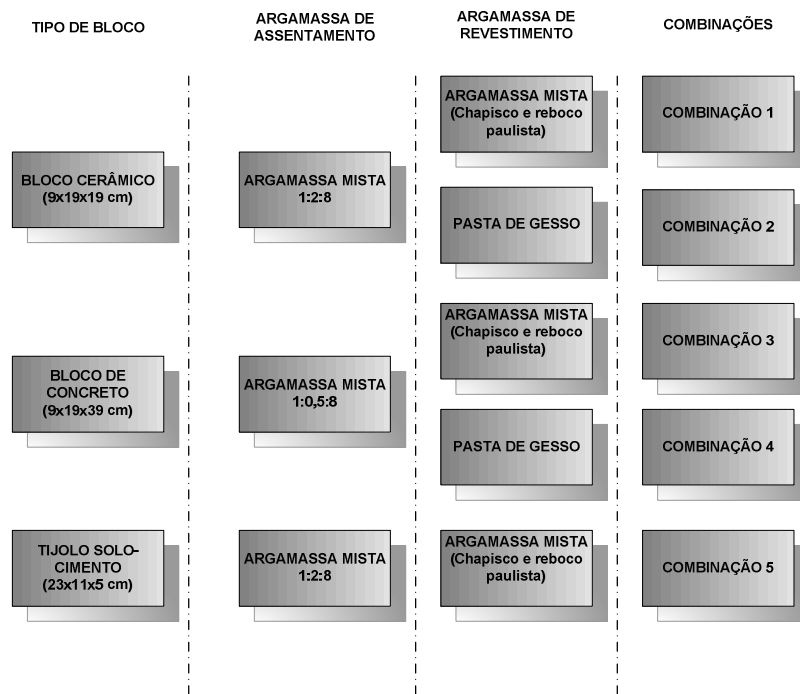
b) cálculo da sustentabilidade relativa entre o reboco e a argamassa de gesso, com base nos quesitos expostos no item a). A sustentabilidade dos componentes do reboco é obtida da mesma forma como foi obtida aquela dos componentes do chapisco. Assim, os índices de sustentabilidade do reboco e da argamassa de gesso, são dados pela equação 4.22 e 4.23.

$$ISA_{RV\ reboco} = \frac{EI + EI_t + ECO_2 + ECO_{2t} + PR + MI + TX + A}{8} \quad (4.22)$$

$$ISA_{RV\ arg.gesso} = \frac{EI + EI_t + ECO_2 + ECO_{2t} + PR + MI + TX + A}{8} \quad (4.23)$$

#### 4.6.3.3 Análise da sustentabilidade para diversas combinações dos materiais nos serviços de elevação (execução) de alvenaria, assentamento e revestimento de argamassa

A metodologia MASP-HIS pode ser utilizada para verificar a sustentabilidade de projetos na especificação dos materiais e componentes, assim como para obter a melhor combinação desses materiais na busca de uma maior sustentabilidade. Dessa forma, são previstas no programa cinco combinações, as quais estão ilustradas na Figura 4.12.



**Figura 4.12:** Combinações para a obtenção dos índices de sustentabilidade R2 (aspectos ambientais do subsistema de vedações verticais)<sup>61</sup>

<sup>61</sup> Não foi considerada a combinação 6 (tijolo de solo cimento, argamassa de assentamento e gesso) devido à possibilidade de ocorrência de patologia no revestimento.

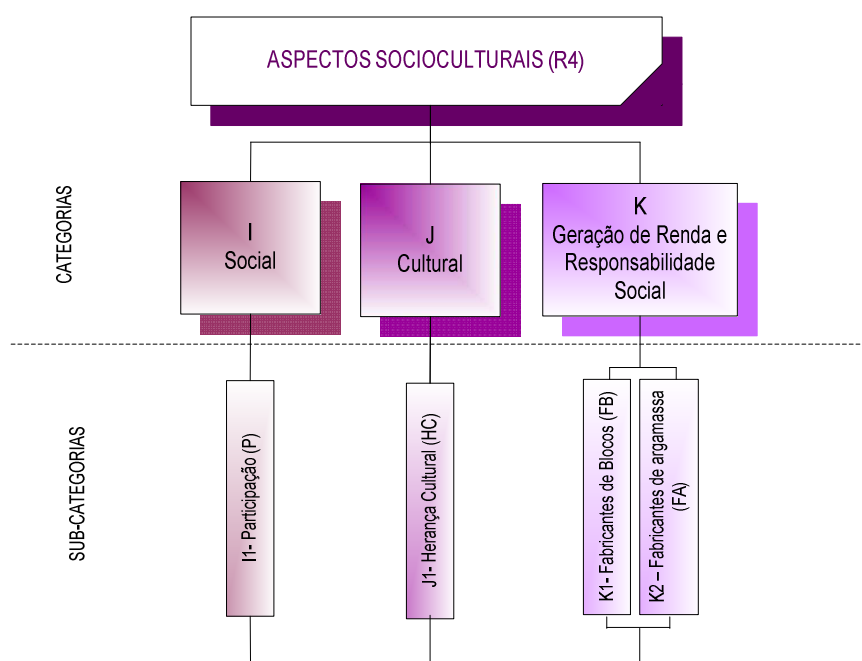
O índice de sustentabilidade  $R2_i$  de cada combinação  $i$  é a média aritmética da sustentabilidade de cada elemento que compõe a combinação. Por exemplo, o índice de sustentabilidade da combinação 1 é dado pela equação 4.24,

$$R2 = R2_{comb1} = \frac{ISA_{MATblocoCeramico} + ISA_{AGAS} + (ISA_{CH} + ISA_{RVRebocoPaulista})}{4} \quad (4.24)$$

na qual  $ISA_{MATBlocoCerâmico}$  refere-se ao índice de sustentabilidade do bloco cerâmico da alvenaria;  $ISA_{AGAS}$  corresponde ao índice de sustentabilidade da argamassa mista de assentamento; e  $ISA_{CH} + ISA_{RVRebocoPaulista}$  referem-se aos índices de sustentabilidade do chapisco e do reboco paulista da argamassa de revestimento, respectivamente.

#### 4.7 ASPECTOS SOCIOCULTURAIS DO SUBSISTEMA DE VEDAÇÕES VERTICAIS (ETAPA 4)

Os aspectos socioculturais do subsistema de vedações verticais (etapa 4 da metodologia MASP-HIS) foram divididos em três categorias (I, J e K), as quais por sua vez foram divididas em subcategorias, conforme pode ser observado na Figura 4.13. As subcategorias são os indicadores socioculturais do subsistema de vedações verticais.



**Figura 4.13:** Aspectos socioculturais do sistema de vedações verticais

#### 4.7.1 Definição dos indicadores e índices socioculturais do subsistema de vedações verticais

Após terem sido estabelecidos os temas, o profissional responsável pela análise de sustentabilidade do projeto de habitação de interesse social em estudo deve verificar, na forma de perguntas (Apêndice A3), se o referido projeto contempla ou não os temas previstos para cada um dos indicadores socioculturais. Caso isso aconteça, o profissional habilitado preenche em uma planilha própria do programa PROMASP-HIS a janela correspondente à resposta SIM; do contrário, a resposta a ser preenchida será NÃO. Caso o projeto não contemple algum tema, o profissional deve clicar na opção corresponde “Não se aplica”, situação em que o programa exclui automaticamente o tema dos cálculos.

Assim como nas etapas 1, 3 e 5, os índices e indicadores socioculturais da etapa 4 foram estabelecidos pela relação  $QS/QT$ , conforme a Tabela 4.4, em que  $QS$  é a soma das respostas SIM e  $QT$  é a soma das respostas SIM e NÃO para os temas quanto aos seus respectivos indicadores.

**Tabela 4.4:** Definição de indicadores socioculturais (subcategorias) do subsistema de vedações verticais e quantidade de perguntas (temas) para cada indicador – etapa 4

Categoria	Subcategoria	Equações e quantidade de perguntas (temas) para cada subcategoria (indicador)	
I	Participação (P)	$P = QS/QT$	6
J	Herança cultural (HC)	$HC = QS/QT$	4
K	Fabricantes de blocos (FB)	$FB = QS/QT$	13
	Fabricantes de materiais de argamassa (FA)	$FR = QS/QT$	13

Na etapa 4 os índices de sustentabilidade são estabelecidos para várias combinações estabelecidas conforme a Figura 4.11. As combinações são entre os elementos da alvenaria (bloco cerâmico, bloco de concreto ou tijolo de solo-cimento), da argamassa de assentamento (argamassa mista de cimento, cal e areia) e da argamassa de revestimento, tanto da argamassa mista para chapisco (cimento e areia) quanto para argamassa mista para reboco (cimento, cal e areia ou pasta de gesso).

Dessa forma, a combinação 4, por exemplo, é composta de bloco de concreto (alvenaria), argamassa mista de cimento, cal e areia (assentamento) e pasta de gesso (revestimento). O

bloco de concreto é representado pela variável  $FB$ ; a argamassa mista de cimento, cal e areia, assim como a argamassa de gesso, são representadas pela variável  $FA$ .

É importante notar, observando a Tabela 4.4 em conjunto com a Figura 4.11, que a variável  $FA$  (Fabricantes de materiais ou insumos para argamassa) tem 13 perguntas (temas) a serem respondidas pelo profissional habilitado. Entretanto essa variável refere-se tanto à argamassa de assentamento quanto à argamassa de revestimento, de modo que, no caso da combinação 4, por exemplo, as mesmas 13 perguntas serão respondidas quatro vezes ( $4 \times 13$ ), quais sejam: três vezes para a argamassa mista, respectivamente para o cimento, a cal e a areia, e uma vez para a pasta de gesso. Se fosse a combinação 3, de acordo com a metodologia MASP-HIS as 13 perguntas seriam feitas oito vezes ( $8 \times 13$ ), ou seja, três vezes para a argamassa mista, respectivamente para o cimento, a cal e a areia, duas vezes para o chapisco, respectivamente para o cimento e a areia, e três vezes para o reboco paulista, respectivamente para o cimento, a cal e a areia. Ocorre que, no caso da combinação 3, como os fabricantes são os mesmos e apenas três materiais se repetem, a quantidade de perguntas respondidas fica simplificada para  $3 \times 13$ , sendo feita apenas uma vez para cada material, cimento, cal e areia.

Logo, o índice de sustentabilidade dos aspectos socioculturais ( $R4$ ), do subsistema de vedações verticais, da combinação  $Comb_i$  ( $i = 1,5$ ), é dado pela equação 4.25,

$$R4 = R4_{Comb_i} = \frac{P + HC + K_{Comb_i}}{3} 100 \quad (4.25)$$

na qual

$$K_{Comb_i} = \frac{FB_i + FA_i}{2} \quad (4.26)$$

Na equação 4.32,  $FB_i$  e  $FA_i$  são os coeficientes da combinação  $Comb_i$  obtidos pela relação  $QS/QT$ , que representa o total das respostas SIM em relação ao total das perguntas respondidas pelo profissional habilitado, respectivamente em relação aos fabricantes de blocos e aos fabricantes de argamassa, da categoria Geração de Renda e Responsabilidade Social; e  $P$  e  $HC$  são os coeficientes obtidos pela mesma relação, mas agora com respeito à Participação e à Herança Cultural, respectivamente das categorias Social e Cultural.



#### 4.8 ASPECTOS ECONÔMICOS DO SUBSISTEMA DE VEDAÇÕES VERTICAIS (ETAPA 6)

Os aspectos econômicos do subsistema de vedações verticais (etapa 6 da metodologia MASP-HIS) tratam do custo do ciclo de vida (CCL) dos materiais (ou *life cycle costing* – LCC). Existem alguns métodos para o cálculo do CCL dos materiais, conforme explicitado no capítulo 3 da revisão da literatura. Na metodologia MASP-HIS foi considerado o método do valor presente, por ele ser o mais ajustável ao objeto desta tese e o mais usado para o contexto da construção civil.

Assim, os custos totais (ou globais) considerados no ciclo de vida do subsistema de vedações verticais na metodologia MASP-HIS estão representados na equação 4.27.

$$C_T = C_I + C_M + C_D \quad (4.27)$$

Na qual  $C_I$  é o custo inicial;  $C_M$ , o custo de manutenção; e  $C_D$ , o custo de desconstrução.

Os custos iniciais dos materiais devem ser informados pelo profissional habilitado em uma planilha específica do PROMASP-HIS para os seguintes casos:

- a) alvenaria de vedação com bloco cerâmico (9 x 19 x 19 cm) com juntas de 12 mm de argamassa mista de cimento, cal hidratada e areia (traço 1:2:8 – unidade  $m^2$ );
- b) alvenaria de vedação com bloco de concreto (9 x 19 x 19 cm) com juntas de 10 mm de argamassa mista de cimento, cal hidratada e areia (traço 1:0,5:8 – unidade  $m^2$ );
- c) alvenaria de vedação com tijolo de solo-cimento (23 x 11 x 5 cm) com juntas de 12 mm de argamassa mista de cimento, cal hidratada e areia (traço 1:2:8 – unidade  $m^2$ );
- d) chapisco para parede interna com argamassa de cimento e areia com espessura de 5 mm (traço 1:3 – unidade  $m^2$ );
- e) emboço/massa única para parede com argamassa mista de cimento, cal hidratada e areia com espessura de 20 mm (traço 1:2:11 – unidade  $m^2$ );
- f) pasta de gesso desempenado aplicado sobre parede interna (unidade  $m^2$ ).

Segundo Collen (2003), o custo de operação e manutenção constitui cerca de 75% a 80% dos custos globais de um empreendimento, cuja vida útil é de 50 anos. Com base nessa

informação e pela impossibilidade de obter dados precisos acerca do assunto, adotou-se como custo de manutenção na metodologia MASP-HIS o valor de 80% dos custos globais para uma vida útil de  $T = 40$  anos, com parcelas anuais. Porém, uma vez que surgirem outros dados considerados razoáveis, estes poderão ser inseridos no banco de dados do programa para fins de utilização.

Por ser apropriado anualmente durante 40 anos, o custo de manutenção total, calculado pelo método do valor presente, é dado pela equação 4.28,

$$C_M = \sum_{t=1}^{40} \frac{C_t}{(1+r)^t} \quad (4.28)$$

Na qual  $C_t$  é o custo anual de manutenção;  $t$ , o tempo em anos, variando de 1 a 40 anos; e  $r$ , uma taxa de atualização da manutenção a valor presente, em que estão embutidos os efeitos da inflação e os da taxa de juros. A taxa  $r$  é dada pela equação 4.29.

$$r = \left[ \left( \frac{1 + \text{juros}}{1 + \text{inflação}} \right) - 1 \right] \quad (4.29)$$

Os custos de manutenção anuais  $C_t$  são calculados automaticamente pelo programa PROMASP-HIS em função da proporção destes em relação aos custos globais  $C_T$  e iniciais  $C_I$ , conforme a equação 4.30,

$$C_T = \frac{C_I}{0,2} \quad C_M = 0,8C_T \quad C_t = \frac{C_M}{T} \quad (4.30)$$

em que  $T = 40$  anos.

Os custos de desconstrução  $C_D$ , considerados na metodologia MASP-HIS, envolvem o custo de reciclagem  $C_R$ , de demolição da alvenaria  $C_{DA}$  e do revestimento  $C_{DR}$ , como é demonstrado pela equação 4.31,

$$C_D = C_R + C_{DA} + C_{DR} \quad (4.31)$$

em que todos os custos de desconstrução têm como unidade o  $m^2$ .

O custo de reciclagem é estabelecido na literatura em  $R\$/kg$ ; logo, para se obter o custo em  $R\$/m^2$  da reciclagem, basta verificar qual é a quantidade de massa reciclada em  $1 m^2$  de

alvenaria e o preço da reciclagem por quilo. Assim, entra-se com os dados das espessuras do revestimento e da alvenaria (para o cálculo da quantidade de massa) e com o preço em R\$ por quilograma de material reciclado, para que o programa PROMASP-HIS calcule automaticamente o custo de reciclagem  $C_R$  pela equação 4.32,

$$C_R = \frac{\gamma_R e_R + \gamma_A e_A}{9,81} R\$ \quad (4.32)$$

na qual:

$\gamma_R$  = peso específico do revestimento ( $Kgf/m^3$ );

$\gamma_A$  = peso específico da alvenaria ( $Kgf/m^3$ );

$e_R$  = espessura do revestimento ( $m$ );

$e_A$  = espessura da alvenaria ( $m$ );

$R\$$  = custo em reais para a reciclagem.

O custo de demolição da alvenaria convencional é especificado na literatura como a soma dos custos pedreiro/hora e servente/hora, os quais são multiplicados pelo coeficiente de tempo 0,6 e 6,0, respectivamente, para chegar ao custo em  $R\$/m^3$  (TCPO, 2003). Então, para obter o custo em  $R\$/m^2$  da demolição da alvenaria, devem ser informados ao programa a espessura da alvenaria, para a transformação das quantidades de  $m^3$  para  $m^2$ , e os preços em R\$ do pedreiro/hora e do servente/hora, a fim de que sejam executados os cálculos automaticamente e que se obtenha o custo  $C_{DA}$  pela equação 4.33,

$$C_{DA} = \frac{0,6R\$_p + 6R\$_s}{1m^3/e} \quad (4.33)$$

em que  $R\$_p$  é o custo do pedreiro/hora;  $R\$_s$ , o custo do servente/hora; e  $e$ , a espessura da alvenaria.

O custo da demolição do revestimento também é instituído na literatura como a soma dos custos pedreiro/hora e servente/hora, mas estes são multiplicados respectivamente pelos coeficientes de tempo 0,05 e 5,0, para chegar diretamente ao custo em  $R\$/m^2$ . Logo, para obter o custo em  $R\$/m^2$  da demolição do revestimento, devem ser informados ao programa apenas os preços em R\$ do pedreiro/hora e do servente/hora, a fim de que ele execute os cálculos automaticamente e obtenha o custo  $C_{DR}$  pela equação 4.34.

$$C_{DR} = 0,05R\$_P + 0,5R\$_S \quad (4.34)$$

4.8.1 Definição dos índices de sustentabilidade dos aspectos econômicos do subsistema de vedação vertical (etapa 6)

Da mesma forma como aconteceu nas etapas 2 e 4, na etapa 6 da metodologia MASP-HIS há cinco combinações de materiais para a obtenção dos índices de sustentabilidade dos aspectos econômicos do sistema de vedação vertical, conforme é visualizado na Figura 4.11.

Dessa forma, o índice de sustentabilidade  $R6$  dos aspectos econômicos do subsistema de vedação vertical, para as cinco combinações, é dado pela equação 4.35,

$$R6_{Comb_i} = C_{Ii} + C_{Mi} + C_{Di} \quad i = 1,5 \quad (4.35)$$

em que  $C_{Ii}$ ,  $C_{Mi}$  e  $C_{Di}$  são os custos inicial, de operação/manutenção e de desconstrução, respectivamente, da combinação de materiais  $i$ .

#### 4.9 ÍNDICE DE SUSTENTABILIDADE DE PROJETO

Conforme a exposição feita ao longo deste capítulo, a metodologia MASP-HIS permite a obtenção de vários índices parciais de sustentabilidade de um projeto, relacionados com os diversos subsistemas de uma edificação quanto aos aspectos ambientais, socioculturais e econômicos. Tais índices são obtidos com base em indicadores estabelecidos em cada aspecto, tanto pela verificação da existência ou não de requisitos necessários à edificação, quanto pela quantificação de efeitos danosos relacionados aos materiais (como a emissão de  $CO_2$ , a toxicidade e outros), de materiais e energia gastos e dos custos envolvidos nos seus ciclos de vida.

Essa metodologia possibilita a obtenção de índices de sustentabilidade pela combinação dos diversos componentes e materiais envolvidos, em relação aos índices parciais e ao de sustentabilidade de projeto.

O índice de sustentabilidade de projeto  $IS_P$  é um único índice de sustentabilidade de todo o projeto. Ele vem sendo construído ao longo do fluxo de cálculos dos índices parciais de

sustentabilidade. O fluxo de cálculos pode ser observado na Figura 4.5, em conjunto com as Figuras 4.4 e 4.3. Ao final, o  $IS_P$  da combinação de materiais  $i$  é dado pela equação 4.36.

$$IS_{P_i} = \frac{A_i + SC_i + E_i}{3} \quad (4.36)$$

em que  $A_i$ ,  $SC_i$  e  $E_i$  são os índices de sustentabilidade parciais da combinação de materiais  $i$ , em relação aos aspectos ambientais, socioculturais e econômicos respectivamente, dados pela equação 4.37.

$$A_i = \frac{R1_i + R2_i}{2} \quad SC_i = \frac{R3_i + R4_i}{2} \quad E_i = \frac{R5_i + R6_i}{2} \quad (4.37)$$

Destaca-se a importância tanto dos índices de sustentabilidade parciais como do índice de projeto (final). O índice de sustentabilidade final  $IS_P$  é útil para a comparação entre as diversas combinações de componentes e materiais possíveis, bem como para a verificação da evolução da sustentabilidade de determinado tipo de projeto ao longo do tempo. Os índices de sustentabilidade parciais, além das possibilidades descritas para o índice final, ainda são úteis para identificar problemas de sustentabilidade localizados que, se solucionados, não comprometem o projeto como um todo. É o caso, por exemplo, de a sustentabilidade do aspecto ambiental ter um valor relativamente baixo (abaixo de 50), mas em virtude apenas dos indicadores “uso do solo” e “resíduos”, que baixaram a média.

### **Vedações verticais internas e externas**

Quando se trata do material gesso, deve-se dispendir especial cuidado para que este esteja presente apenas nas vedações verticais internas, uma vez que o mesmo deve estar sempre seco. Desta forma, as combinações 2 e 4 somente podem estar presentes nos ambientes internos. Assim, quando usada a combinação 2 para a vedação vertical interna, deve ser considerada a combinação 1 para a vedação vertical externa; e quando considerada a combinação 4 para vedação vertical interna, deve ser considerada a combinação 3 para a vedação vertical externa da edificação.

O cálculo para a obtenção do índice de sustentabilidade de projeto, considerando os ambientes interno e externo, é realizado pela média ponderada que leva em conta os índices de sustentabilidade das combinações envolvidas, e suas respectivas áreas de vedações verticais, conforme a equação 4.44.

$$IS_{P_{xy}} = \frac{Area_E \cdot IS_{Px} + Area_I \cdot IS_{Py}}{Area_T}, \quad x = 1,3 \text{ e } y = 2,4 \quad (4.38)$$

Na equação 4.44,  $IS_{P_{xy}}$  é o índice de sustentabilidade de projeto, relativa à ponderação entre a combinação  $x$  da área externa e a combinação  $y$  da área interna da edificação, onde os subíndices 1 e 3 somente podem combinar com os subíndices 2 e 4, respectivamente;  $Area_E$ ,  $Area_I$  e  $Area_T$  são, respectivamente, as áreas externa, interna e total da edificação considerada. Ressalta-se que as áreas úmidas, como as áreas das vedações dos banheiros, podem ser consideradas com o acréscimo de mais uma parcela na equação 4.44, ou podem ser embutidas na parcela das áreas externas, poderem ter o mesmo revestimento destas.

#### 4.10 VISUALIZAÇÃO GRÁFICA DOS RESULTADOS

O programa PROMASP-HIS, além da apresentação dos resultados numéricos, permite a visualização gráfica dos índices de sustentabilidade de diversas formas, conforme abaixo, as quais podem ser vistas no capítulo 5, da análise dos resultados:

- visualização dos indicadores de cada subcategoria, em gráficos de barra, comparando-os com o valor máximo (100) e com o valor médio<sup>62</sup> (50), uma vez que a escala varia de zero a 100;
- visualização, em gráficos radiais, dos índices de sustentabilidade agrupados em combinações e agrupados em aspectos (ambiental, sociocultural e econômico), tanto em relação aos índices parciais quanto ao índice de projeto.

#### 4.11 CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE A METODOLOGIA MASP-HIS

A despeito de já existirem métodos para a verificação da sustentabilidade, a metodologia MASP-HIS se diferencia das demais pelos seguintes motivos:

- a) é aplicável em projetos de HIS brasileiras da região de Goiânia – Goiás;
- b) tem articulação inédita em relação aos aspectos ambientais, socioculturais e econômicos;

---

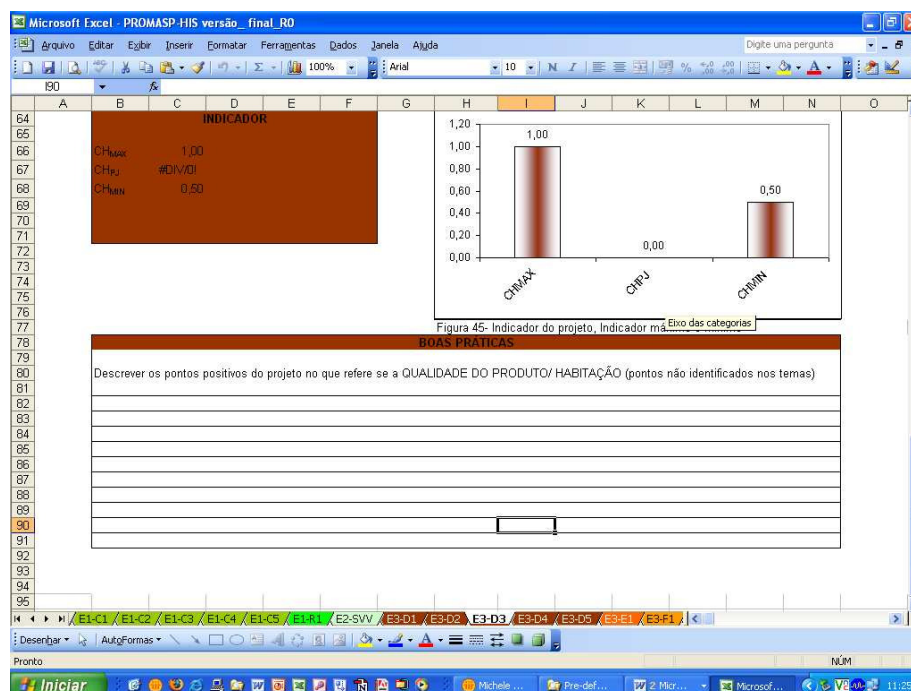
<sup>62</sup> Valor definido pela autora como o mínimo necessário para se alcançar nos indicadores proposto pela metodologia MASP-HIS

- c) possibilita subsídios confiáveis para especificações de materiais e componentes mais sustentáveis para o subsistema de vedação vertical;
- d) é passível de expansão tanto em relação ao banco de dados quanto em relação à implementação de novos subsistemas;
- e) é de fácil uso e possui interface amigável, cuja implementação computacional foi feita via Excel/*Visual Basic*;
- f) possibilita aplicação imediata tanto em nível regional como em nível nacional e mundial, bastando para tanto construir e/ou ampliar o banco de dados;
- g) possibilita a verificação da evolução da sustentabilidade ao longo do tempo, com bases conceituais e bancos de dados confiáveis.

Pretende-se ter ampliados, continuamente, a abrangência de avaliação de projeto e as exigências de sustentabilidade, através da criação de níveis de desempenho por meio de estabelecimento de *benchmarks*. Isto pode ser obtido, com a presente metodologia, pelo preenchimento voluntário em janelas específicas do programa PROMASP-HIS, por parte do usuário (profissional habilitado), dos indicadores de caracterização, quando da análise de projetos. São disponibilizados para tanto os quadros Boas Práticas em cada uma das etapas 1, 3, 4 e 5, conforme podem ser visualizados nas Figuras 4.14 e 4.15.

INDICADORES PARA DESENVOLVER BENCHMARKS PARA REALIDADE REGIONAL										
VARIÁVEIS										
A_eit	A_circ	A_p	A_real	C_ttotal	C_t	P_th	C_e	P_te	Paço	Aform
Resultado			Objetivo			Diretrizes para análise				
Índice de compactidade (Ic)	#DIV/0!	Indica o quanto o projeto afasta-se da forma mais econômica no que diz respeito ao perímetro das paredes externas (um círculo).				Devem ser considerados as dimensões do terreno principalmente no caso de terrenos estreitos e compridos. A existência de um grande número de reentrâncias ou saliências no projeto arquitetônico também são fatores que influenciam este resultado. Fatores relacionados a estética e a volumetria da edificação devem ser considerados na análise do indicador, pois, em muitos casos, existem a necessidade de levar os mesmos em conta na decisão final sobre a forma da edificação.				
Índice de circulação (I)	#DIV/0!	Verificar a otimização da relação entre as áreas de circulação vertical e horizontal de uso comum e área do pavimento tipo.				As áreas destinadas a circulação vertical e horizontal têm a função de promover o acesso de pessoas e bens, agregando pouco valor ao imóvel. Por esta razão, deve-se minimizar a sua área, dentro dos parâmetros mínimos e legais que garantam a circulação adequada. Para a análise do resultado deste indicador devem ser consideradas as dimensões do terreno, principalmente no caso de terrenos estreitos e compridos. O número de unidades, elevadores também influenciam o resultado deste indicador. Nestes casos, é importante o desenvolvimento de opções de projeto que procurem otimizar as áreas de circulação.				

**Figura 4.14:** Exemplo dos indicadores de caracterização da etapa 1; categoria Qualidade do Produto Habitação; subcategoria Construtibilidade



**Figura 4.15:** Exemplo dos indicadores de caracterização – quadro Boas práticas da etapa 3; categoria Social; subcategoria Qualidade da Habitação

Com o incremento e a atualização desses indicadores de caracterização, será possível atualizar o programa, incluindo mais requisitos necessários para aferir a sustentabilidade de projetos de HIS.

É importante ressaltar que se pretende criar uma estrutura aberta, isto é, passível de atualizações e inovações após a introdução da cultura de avaliação. Para um julgamento mais completo, no entanto, é importante avaliar as demais fases do ciclo de vida de uma edificação, buscando retroalimentar o processo como todo.



## **5 VALIDAÇÃO DA METODOLOGIA MASP-HIS: ANÁLISE DOS RESULTADOS DE PROJETOS APLICADOS**

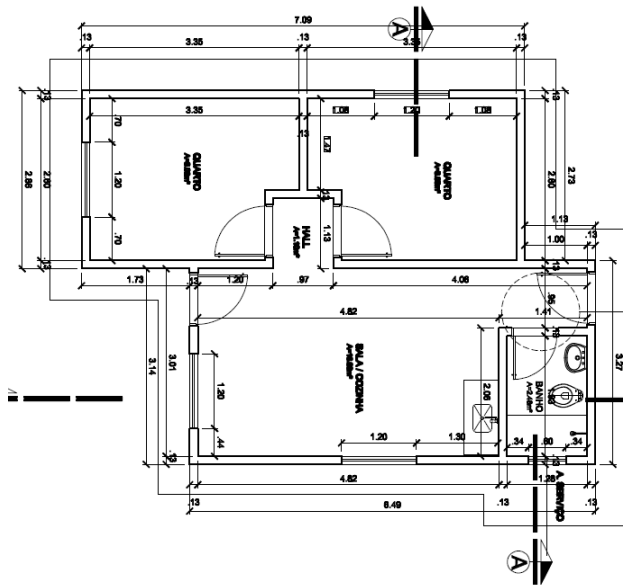
Serão analisados a seguir dois projetos de edificações de interesse social da região metropolitana de Goiânia com o objetivo de validar a metodologia MASP-HIS. A entrada de dados para ambos os projetos é feita com base no banco de dados criado e inserido no código do programa e via teclado, quando se trata da especificação dos materiais do subsistema de vedações verticais, e via teclado, quando está relacionada aos temas analisados para a verificação de requisitos de sustentabilidade de projeto. Os temas também estão implementados no programa na forma de perguntas, que devem ser respondidas pelo profissional habilitado à medida que são apresentadas no monitor, conforme a sequência estabelecida no programa.

Além disso, serão apresentados e analisados os resultados individuais para cada projeto quanto aos seus respectivos índices de sustentabilidade parciais e de todo o projeto, bem como será feito um estudo comparativo entre os índices dos dois projetos. Entretanto, em função da grande quantidade de temas a ser respondidos e de especificações de materiais, somente serão relacionadas no texto as análises cujos temas e especificações demonstraram maior importância em termos de resultados comparativos ou que tiveram maior potencial para elevar ou diminuir os respectivos índices de sustentabilidade. Todas as respostas e especificações podem ser acessadas pelo leitor no apêndice A4, ou seja, o disco magnético que contém os arquivos do programa PROMASP-HIS nos quais foram rodados os dois projetos.

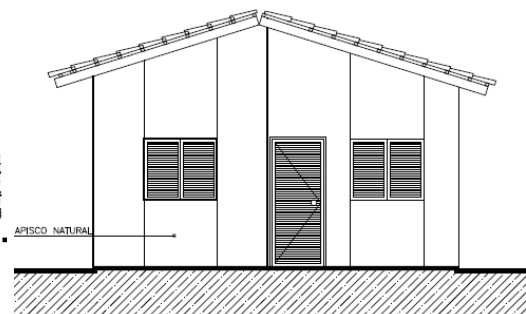
### **5.1 PROJETO-PADRÃO DE HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL DA PREFEITURA DE GOIÂNIA**

Este exemplo trata de um projeto-padrão de habitações de interesse social para a construção de unidades unifamiliares para a população de baixa renda da região metropolitana de Goiânia, pertencente à prefeitura da cidade, doravante denominado projeto 1. As características gerais do projeto são: a) unidades habitacionais dispostas em terrenos de propriedade da prefeitura; b) inflexibilidade, de modo que o projeto não muda em função das

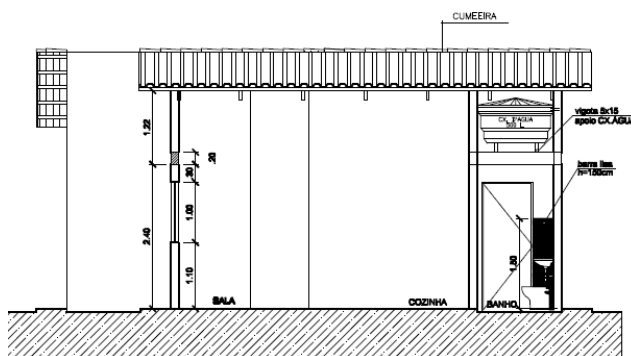
características climáticas, de relevo e de orientação geográfica (Figura 5.5); c) unidades habitacionais com 40,80 m<sup>2</sup> de área construída; d) terreno de cada unidade sem tamanho definido e dependente de cada conjunto habitacional; e) unidade com quatro cômodos (Figura 5.1) – uma sala e cozinha, dois quartos e um banheiro, além de uma área de circulação (hall). Posteriormente serão relacionadas as características do projeto geométrico para um caso específico de aplicação referente ao projeto 1 nos seguintes elementos: planta baixa (Figura 5.1), fachada frontal (Figura 5.2), corte longitudinal (Figura 5.3), corte transversal (Figura 5.4) e planta de locação (Figura 5.5).



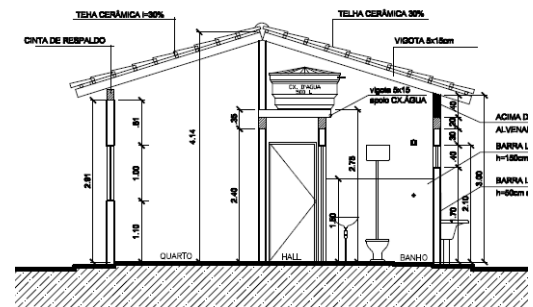
**Figura 5.1:** Planta baixa



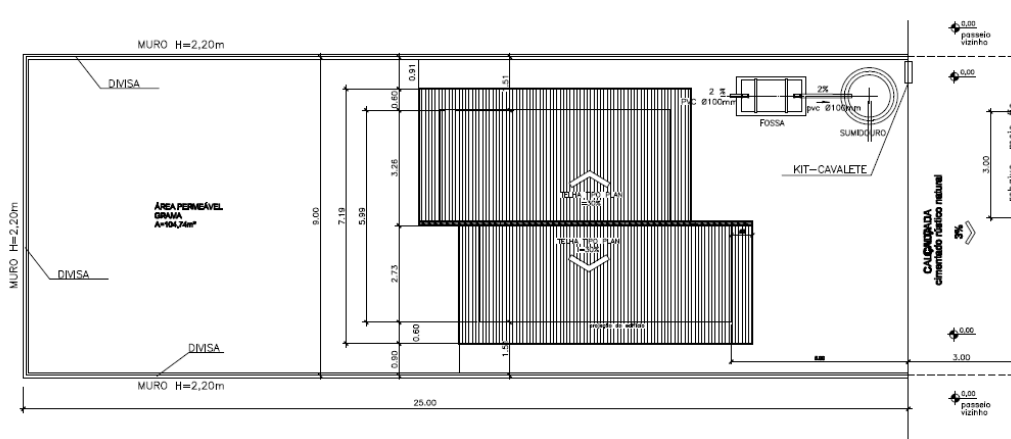
**Figura 5.2:** Fachada frontal



**Figura 5.3:** Corte longitudinal



**Figura 5.4:** Corte transversal



**Figura 5.5:** Planta de localização

## 5.2 PROJETO-PADRÃO DE HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL DA ORGANIZAÇÃO NÃO-GOVERNAMENTAL HABITAT BRASIL

Este exemplo trata de um projeto-padrão de habitações de interesse social para a construção de unidades unifamiliares para a população de baixa renda da região metropolitana de Goiânia, pertencente à organização não-governamental Habitat Brasil, doravante denominado projeto 2. As características gerais do projeto são: a) unidades habitacionais dispostas em terrenos públicos; b) inflexibilidade, de modo que o projeto não muda em função das características climáticas, de relevo e de orientação geográfica (Figura 5.10); c) unidades habitacionais com 50 m<sup>2</sup> de área construída; d) terreno de cada unidade sem tamanho definido e dependente de cada conjunto habitacional; e) unidade com seis cômodos (Figura 5.6) – uma sala, uma cozinha, dois quartos, um banheiro e uma área de serviço, além de uma área de circulação (hall). Posteriormente serão apresentadas as características geométricas do projeto geométrico para um caso específico de aplicação referente ao projeto 2 nos seguintes elementos: planta baixa (Figura 5.6), fachada frontal (Figura 5.7), corte longitudinal (Figura 5.8), corte transversal (Figura 5.9) e planta de localização e situação (Figura 5.10).

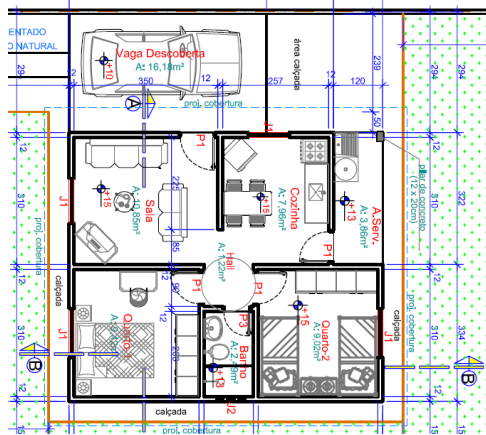


Figura 5.6: Planta baixa

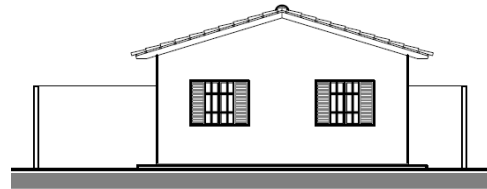


Figura 5.7: Fachada frontal

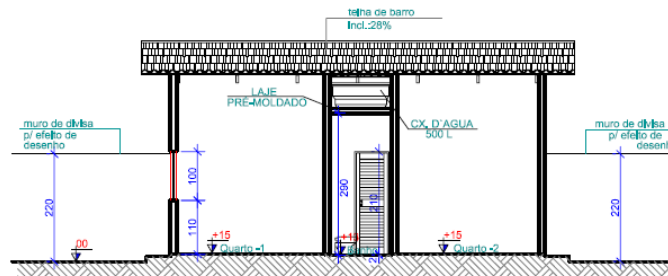


Figura 5.8: Corte longitudinal

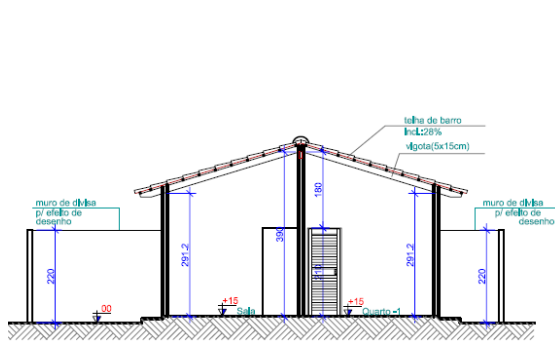


Figura 5.9: Corte transversal



Figura 5.10: Planta de locação e situação

### 5.3 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Após lançados os dados referentes aos projetos 1 e 2 no programa PROMASP-HIS, foram obtidos os seus respectivos índices de sustentabilidade parciais e de projeto. Esses índices serão apresentados a seguir, agrupados em tabelas comparativas com suas respectivas ilustrações gráficas. As tabelas comparativas estão com seus dados aglutinados em vários grupos, que são: a) índices referentes aos projetos completos, que englobam a etapa 1 (Aspectos ambientais), a etapa 3 (Aspectos socioculturais) e a etapa 5 (Aspectos econômicos); b) índices quanto às especificações dos subsistemas de vedações verticais dos projetos, que abrangem a etapa 2 (Aspectos ambientais), a etapa 4 (Aspectos socioculturais), e a etapa 6 (Aspectos econômicos); c) índices de sustentabilidade ambiental, sociocultural e econômico, referentes às médias entre os índices dos projetos completos e os das especificações dos subsistemas de vedações verticais para cada um desses aspectos; d) índice de sustentabilidade de projeto; e) índice de sustentabilidade de projeto, ponderado entre as vedações verticais internas e externas; f) indicadores de caracterização.

É importante observar que, na estrutura da metodologia MASP-HIS, as categorias são compostas de subcategorias (que são os indicadores de sustentabilidade), e estas são pontuadas pelas diversas questões respondidas quanto aos seus respectivos temas e/ou requisitos de sustentabilidade. Assim, os índices de sustentabilidade de cada subcategoria dependem da quantidade de itens com respostas favoráveis à sustentabilidade. Por conseguinte, os subsequentes índices de sustentabilidade, tanto os parciais como o do projeto como um todo, são calculados pelas médias dos índices parciais precedentes.

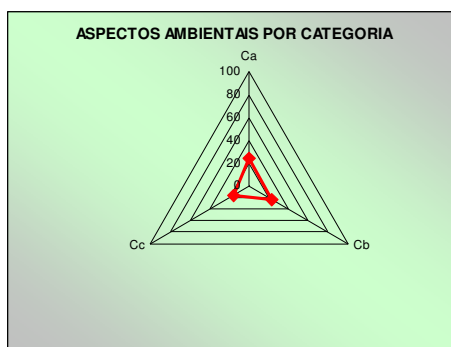
#### 5.3.1 Resultados referentes aos projetos completos

##### **a) Etapa 1: aspectos ambientais**

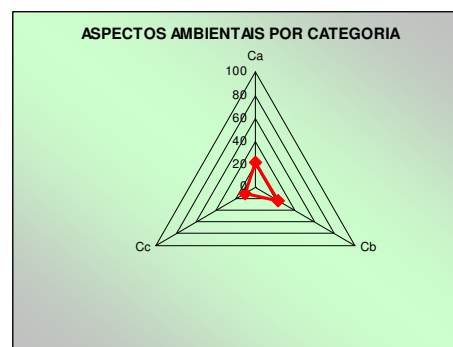
Os índices parciais de sustentabilidade referentes aos aspectos ambientais dos projetos completos estão apresentados na Tabela 5.1, a qual proporciona a análise comparativa entre os resultados dos projetos 1 e 2. As ilustrações gráficas dos resultados da tabela são apresentadas na Figura 5.11.

**Tabela 5.1:** Aspectos ambientais dos projetos completos – Etapa 1

ASPECTOS AMBIENTAIS – R1 (Etapa 1)	PROJETO 1	PROJETO 2
		<b>20,77</b>
<b>Categoria Ca: Consumo de recursos – energia e fluxo de massa</b>	<b>24,38</b>	<b>21,85</b>
Subcategoria: Uso do solo (US)	29,63	25,00
Subcategoria: Consumo de água (CA)	18,18	18,18
Subcategoria: Consumo de energia (CE)	42,86	28,57
Subcategoria: Consumo de materiais (CM)	31,25	37,50
Subcategoria: Resíduos (R)	00,00	00,00
<b>Categoria Cb: Qualidade interna da habitação – conforto e saúde</b>	<b>22,43</b>	<b>22,08</b>
Subcategoria: Saúde, higiene e qualidade de vida (QV)	37,50	37,50
Subcategoria: Conforto eletromagnético (CEM)	00,00	00,00
Subcategoria: Conforto tátil e antropodinâmico (CTA)	5,56	5,56
Subcategoria: Ventilação (V)	27,27	18,18
Subcategoria: Conforto Acústico (CAC)	00,00	00,00
Subcategoria: Conforto lumínico (CL)	60,00	66,67
Subcategoria: Conforto higrotérmico (CHT)	26,67	26,67
<b>Categoria Cc: Qualidade do produto/habitação</b>	<b>15,50</b>	<b>10,90</b>
Subcategoria: Durabilidade /Manutenabilidade (DM)	00,00	00,00
Subcategoria: Segurança (S)	10,00	9,52
Subcategoria: Estanqueidade (E)	30,00	20,00
Subcategoria: Habitabilidade, funcionabilidade, flexibilidade (HFF)	37,50	25,00
Subcategoria: Construtibilidade (C)	00,00	00,00



(a) Projeto 1



(b) Projeto 2

**Figura 5.11:** Aspectos ambientais dos projetos completos – Etapa 1 (Resultados por categoria)

De acordo com os resultados da Tabela 5.1, ambos os projetos têm seus índices de sustentabilidade relativos aos aspectos ambientais dos projetos completos muito baixos, menores do que o valor considerado mínimo no escopo da metodologia MASP-HIS, que é de 50 na escala de 0 a 100. Seus índices são 20,77 e 18,27, respectivamente para os projetos 1 e

2. Além de baixos, seus valores são muito próximos, fato que leva a concluir que os dois têm pouca preocupação com os aspectos ambientais de construção sustentável. Houve pequenas diferenças nas três categorias, como: Cb (Qualidade interna da habitação – conforto e saúde), Cc (Qualidade do produto/habitação) e Ca (Consumo de recursos – energia e fluxo de massa), sempre com pequena vantagem para o projeto 1.

Os fatores ambientais favoráveis à sustentabilidade nos projeto 1 e 2, e que os diferenciaram entre si, são em relação à cada subcategoria:

1) Categoria Ca – Consumo de recursos – energia e fluxo de massa

**Uso do solo:**

Projeto 1: previsão de áreas públicas para recreação, incentivando passeios, lazer e atividades físicas;

Projeto 2: análise das propriedades do solo para a escolha das fundações.

**Consumo de energia:**

Projeto 1: especificação de materiais e componentes com menor consumo de energia.

**Consumo de materiais:**

Projeto 2: especificação de piso de cerâmica , enquanto o piso no projeto 1 é de concreto.

- Comentários dos itens não pontuados (NP), ou pontados com índices iguais (II), nos dois projetos:

**Consumo de água (II):** o projeto 1 concentra as instalações próximas umas das outras<sup>63</sup>, resultante em uma maior racionalização de tubulações;

**Resíduos (NP):** nenhum dos projetos privilegia o gerenciamento dos resíduos, apesar da regulamentação do CONAMA/307 de 2002.

2) Categoria Cb – Qualidade interna da habitação – conforto e saúde

---

<sup>63</sup> Item não pontuado, mas passivo de pontuação.

### **Ventilação:**

Projeto 1: área de ventilação atende ao critério mínimo de norma.

### **Conforto lumínico:**

Projeto 2: melhor posicionamento das janelas em relação ao ambiente externo.

- Comentários dos itens não pontuados (NP), ou pontuados com índices iguais (II), nos dois projetos:

**Saúde, higiene e qualidade de vida (II):** pouca preocupação;

**Conforto eletromagnético (NP):** não há preocupação com áreas afetadas com efeitos radioativos;

**Conforto tátil e antropodinâmico (II):** o projeto 1 contempla habitações para portadores de mobilidade reduzida (PMR), mas apenas para as unidades habitacionais dos mutuários com mobilidade reduzida no momento da implantação do projeto. Essa é uma solução muito paliativa, uma vez que a sustentabilidade pressupõe que todas as unidades estejam preparadas para eventuais futuros PMR;

**Conforto acústico (NP):** não houve preocupação;

**Conforto higrotérmico:** pouca preocupação.

### **b) Etapa 3: aspectos socioculturais**

Os índices parciais de sustentabilidade referentes aos aspectos socioculturais dos projetos completos estão apresentados na Tabela 5.2, a qual proporciona a análise comparativa entre os resultados dos projetos 1 e 2. As ilustrações gráficas dos resultados da tabela são demonstradas na Figura 5.12.

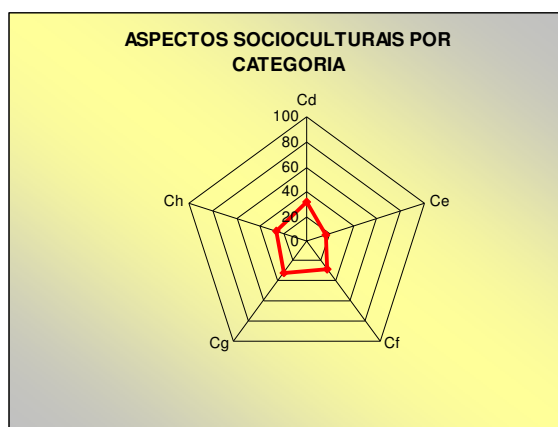
Em relação aos resultados da Tabela 5.2, ambos os projetos têm seus índices de sustentabilidade relativos aos aspectos ambientais dos projetos completos muito baixos, menores do que o valor estabelecido como mínimo no escopo da metodologia MASP-HIS, que é de 50 na escala de 0 a 100. Seus índices são 26,69 e 34,22 para os projetos 1 e 2. O projeto 2 é mais sustentável nesse quesito, mas os dois têm pouca preocupação com os aspectos socioculturais de construção sustentável.



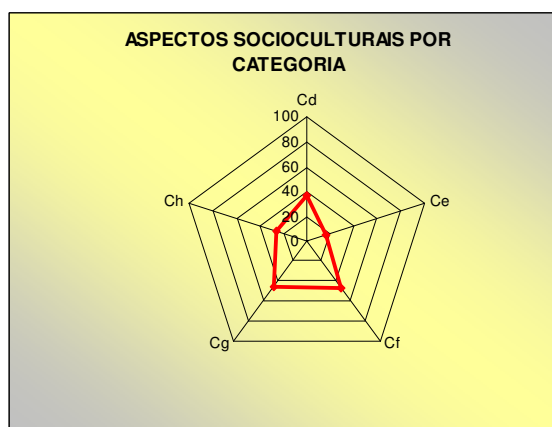
Os projetos apresentaram o mesmo resultado quanto às categorias Ce (Cultural) e Ch (Segurança). As diferenças ocorreram nas categorias Cd (Social), Cf (Políticas e institucionais) e Cg (Geração de renda e responsabilidade social), com vantagem para o projeto 2 em todas elas.

**Tabela 5.2:** Aspectos socioculturais dos projetos completos – Etapa 3

ASPECTOS SOCIOCULTURAIS – R3 (Etapa 3)	PROJETO 1	PROJETO 2
<b>Categoria Cd: Social</b>	<b>31,94</b>	<b>36,54</b>
Subcategoria: Infraestrutura (IF)	30,00	36,36
Subcategoria: Conforto e Saúde (CS)	36,36	36,36
Subcategoria: Qualidade da habitação (CH)	60,00	60,00
Subcategoria: Relacionamento com a comunidade local (CL)	33,33	50,00
Subcategoria: Participação (P)	00,00	00,00
<b>Categoria Ce: Cultural</b>	<b>16,67</b>	<b>16,67</b>
Subcategoria: Herança cultural (HC)	16,67	16,67
<b>Categoria Cf: Políticas e institucionais</b>	<b>27,78</b>	<b>47,21</b>
Subcategoria: Políticas públicas (PP)	55,56	61,11
Subcategoria: Educação ambiental (EA)	00,00	33,33
<b>Categoria Cg: Geração de renda e responsabilidade social</b>	<b>32,05</b>	<b>45,65</b>
Subcategoria: Empresa construtora (EC)	17,78	38,10
Subcategoria: Projetista (P)	43,75	24,49
Subcategoria: Fornecedores para empresa de projetos (F)	66,67	60,00
Subcategoria: Usuários (U)	00,00	60,00
<b>Categoria Ch: Segurança</b>	<b>25,00</b>	<b>25,00</b>
Subcategoria: Segurança (S)	0,25	0,25



(a) Projeto 1



(b) Projeto 2

**Figura 5.12:** Aspectos socioculturais dos projetos completos – Etapa 3 (Resultados por categoria)

Os fatores socioculturais favoráveis à sustentabilidade nos projetos 1 e 2, e que os diferenciaram entre si, são, em relação à cada subcategoria:

1) Categoria Cd – Social

**Infraestrutura:**

Projeto 2: região mais urbanizada do que a do projeto 1.

**Relacionamento com a comunidade local:**

Projeto 2: região mais harmônica com regiões urbanizadas próximas, enquanto a região do projeto 1 foi considerada uma área de expansão urbana por estar em uma área rural cercada de fazendas.

- Comentários dos itens não pontuados (NP), ou pontuados com índices iguais (II), nos dois projetos:

**Conforto e saúde (II):** pouca preocupação;

**Qualidade da habitação (NP):** o projeto 2 possui área de serviço coberta e ambos os projetos foram bem pontuados;

**Participação (NP):** não há previsão de participação das comunidades locais na concepção dos projetos.

2) Categoria Ce – Cultural

- Comentários dos itens não pontuados (NP), ou pontuados com índices iguais (II), nos dois projetos:

**Herança cultural (II):** pouca preocupação.

3) Categoria Cf – Políticas institucionais

**Políticas públicas:**

Projeto 2: estímulo à acessibilidade para a habitação por meio de financiamentos, enquanto as unidades do projeto 1 são doadas para aquelas famílias que atendem a critérios pré-estabelecidos; os dois foram bem pontuados.

### **Educação ambiental:**

Projeto 2: há um profissional responsável pelos projetos de educação ambiental. O projeto 1 não se preocupa com a educação ambiental.

#### 4) Categoria Cg – Geração de renda e responsabilidade social

### **Empresa construtora:**

Projeto 2: analisa o impacto social de suas atividades e possui treinamento de sustentabilidade para seus colaboradores; há pouca preocupação de ambos os projetos;

### **Projetista:**

Projeto 1: projeto executado por funcionários da prefeitura, o que pressupõe maior responsabilidade social e geração de renda, enquanto o projeto 2 é executado por prestadores de serviço, o que configura uma relação de emprego precária.

### **Fornecedores para empresas de projetos:**

Projeto 1: processo de compras por licitação pública (Lei 8.666/93), o que permite maior igualdade de participação social;

Projeto 2: relação com os fornecedores com mais tempo de duração, o que pressupõe maior capital social.

### **Usuários:**

Projeto 2: boa preocupação com o treinamento dos usuários em relação à sustentabilidade ambiental; no projeto 2 não há preocupação com os usuários.

#### 5) Categoria Ch – Segurança

- Comentários dos itens não pontuados (NP), ou pontuados com índices iguais (II), nos dois projetos:

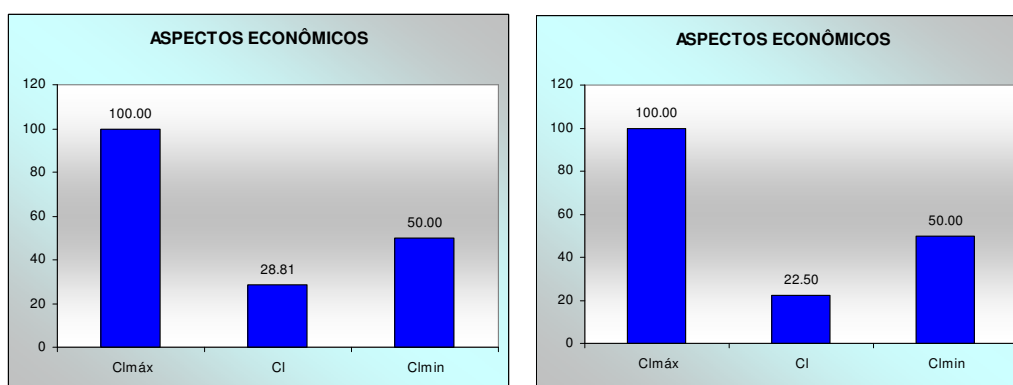
**Segurança (II)**: Os dois projetos contêm preocupação apenas com a segurança durante o processo construtivo.

**c) Etapa 5: aspectos econômicos**

Os índices parciais de sustentabilidade referentes aos aspectos socioculturais dos projetos completos estão apresentados na Tabela 5.3, a qual proporciona a análise comparativa entre os resultados dos projetos 1 e 2. As ilustrações gráficas dos resultados desta tabela são demonstradas na Figura 5.13.

**Tabela 5.3:** Aspectos econômicos dos projetos completos – Etapa 5

ASPECTOS ECONÔMICOS – R5 (Etapa 5)	PROJETO 1	PROJETO 2
		<b>28,81</b>
<b>Categoria CI: Econômica</b>	<b>28,81</b>	<b>22,50</b>
Subcategoria: Fortalecimento da economia local (FEL)	33,33	33,33
Subcategoria: Viabilidade econômica (VE)	20,00	40,00
Subcategoria: Custo de construção/operação/manutenção (C)	28,57	16,67
Subcategoria: Critérios econômicos para empresa de projeto (CEP)	33,33	00,00



(a) Projeto 1

(b) Projeto 2

**Figura 5.13:** Aspectos econômicos dos projetos completos – Etapa 5 (Resultados por categoria)

Segundo os resultados da Tabela 5.3, os dois projetos têm seus índices de sustentabilidade relativos aos aspectos econômicos dos projetos completos muito baixos, menores do que o valor estabelecido como mínimo no escopo da metodologia MASP-HIS, que é de 50 na escala de 0 a 100. Seus índices são 28,81 e 22,50 para os projetos 1 e 2. O projeto 1 é mais sustentável nesse quesito, mas ambos têm pouca preocupação com os aspectos econômicos de construção sustentável.

Os fatores econômicos favoráveis à sustentabilidade nos projetos 1 e 2, e que os diferenciaram entre si, são os seguintes, relativos à subcategoria:

## 1) Categoria CI – Econômica:

### **Viabilidade econômica**

Projeto 2: apresenta estudo de viabilidade econômica, incluindo taxa de retorno.

### **Custo de construção/operação/manutenção**

Projeto 1: preocupação com uso de lâmpadas fluorescentes ao longo de sua operação.

### **Crítérios econômicos para empresa de projeto**

Projeto 1: previsão de ações sustentáveis, como cuidados com o consumo de energia.

- Comentários dos itens não pontuados (NP), ou pontuados com índices iguais (II), nos dois projetos:

**Fortalecimento da economia local (II):** pouca preocupação.

#### 5.3.1.1 Índice de sustentabilidade dos projetos completos

O índice de sustentabilidade dos projetos completos, levando em conta os aspectos ambientais, socioculturais e econômicos das etapas 1, 3 e 5, atingiu para os projetos 1 e 2, respectivamente, os valores de 25,42 e 24,99. Com esses índices, os projetos não podem ser considerados sustentáveis pela metodologia MASP-HIS, que tem como pressuposto o mínimo de 50 para o índice de sustentabilidade dos projetos completos.

O projeto 1 ficou ligeiramente mais sustentável, contudo com uma diferença muito pequena, que pode ser considerada uma igualdade técnica se for considerada uma margem de erro de 0,5%. Essa igualdade, entretanto, pode levar a uma impressão errada de que os projetos são iguais em todos os aspectos, uma vez que tal equilíbrio ocorreu após o equacionamento dos índices das várias categorias envolvidas, os quais foram na maioria das vezes diferentes entre os projetos, de acordo com as Tabelas 5.1, 5.2 e 5.3, com uma diferença de 19,42% na categoria Políticas e institucionais, relativa aos aspectos socioculturais. Assim, é necessário que se faça uma análise criteriosa de todos os índices parciais de maneira a encontrar e solucionar pontos críticos do projeto.

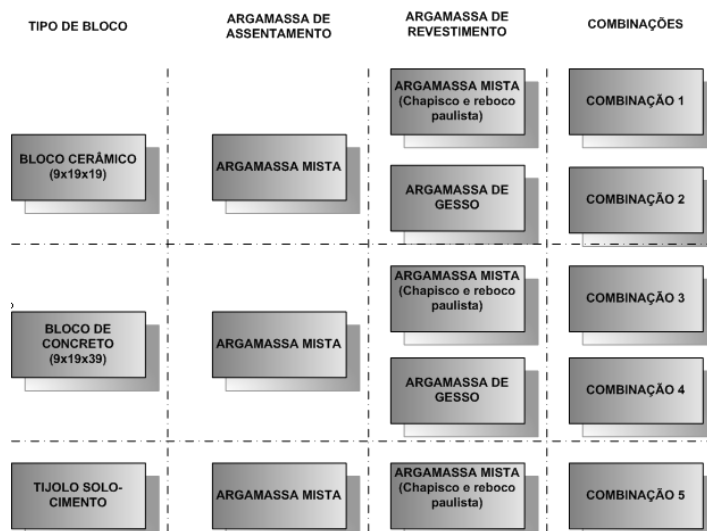
### 5.3.2 Resultados referentes às especificações dos subsistemas de vedações verticais

#### a) Etapa 2: aspectos ambientais

Os índices parciais de sustentabilidade referentes aos aspectos ambientais do subsistema de vedações verticais estão apresentados na Tabela 5.4, a qual proporciona a análise comparativa entre os resultados dos projetos 1 e 2. São demonstrados os índices parciais quanto aos tipos de bloco (cerâmico, concreto ou solo-cimento), à argamassa de assentamento (traços 1:2:8 e 1:0,5:8), ao chapisco (traço 1:3) e à argamassa de revestimento (traço 1:2:11 e pasta de gesso). Na tabela também constam os índices parciais de sustentabilidade para as diversas combinações de materiais da Figura 5.14, cujas ilustrações gráficas estão na Figura 5.15.

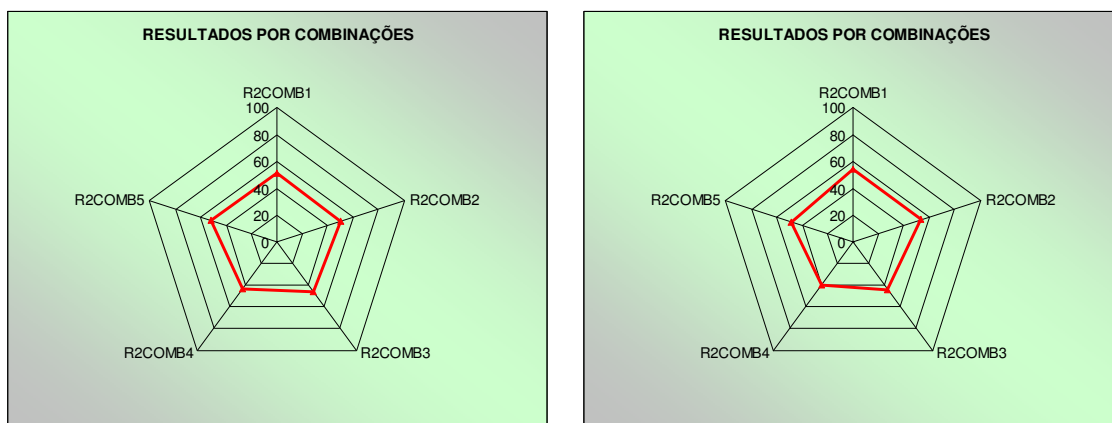
**Tabela 5.4:** Índices de sustentabilidade parciais dos aspectos ambientais do subsistema de vedações verticais

ASPECTOS AMBIENTAIS – R2 (Etapa 2)	PROJETO 1	PROJETO 2
<b>TIPO DE BLOCO</b>		
Bloco cerâmico	67,93	67,93
Bloco de concreto	52,16	42,96
Tijolo de solo-cimento	66,70	56,87
<b>ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO</b>		
Traço 1:2:8	49,15	49,06
Traço 1:0,5:8	44,60	45,17
<b>CHAPISCO</b>		
Traço 1:3	54,18	54,09
<b>ARGAMASSA DE REVESTIMENTO</b>		
Traço 1:2:11	35,16	33,15
Pasta de gesso	31,52	31,64
<b>COMBINAÇÃO 1 – R2<sub>Comb1</sub></b>	<b>51,61</b>	<b>51,06</b>
<b>COMBINAÇÃO 2 – R2<sub>Comb2</sub></b>	<b>49,54</b>	<b>49,54</b>
<b>COMBINAÇÃO 3 – R2<sub>Comb3</sub></b>	<b>46,53</b>	<b>43,84</b>
<b>COMBINAÇÃO 4 – R2<sub>Comb4</sub></b>	<b>42,76</b>	<b>39,92</b>
<b>COMBINAÇÃO 5 – R2<sub>Comb1</sub></b>	<b>51,30</b>	<b>48,29</b>



**Figura 5.14:** Combinações de materiais e componentes do subsistema de vedações verticais

Quando são analisados os resultados da Tabela 5.4, pode-se observar que todos os tipos de bloco apresentaram boa sustentabilidade em relação aos aspectos ambientais, com índices acima de 50, exceto do bloco de concreto do projeto 2, com 42,96. O maior índice foi o do bloco cerâmico dos projetos 1 e 2, que alcançou o valor de 67,93. Há diferenças entre os índices dos projetos 1 e 2 principalmente em função das distâncias de transporte dos materiais.



(a) Projeto 1

(b) Projeto 2

**Figura 5.15:** Índices de sustentabilidade ambiental para as diversas combinações de materiais

Todas as argamassas de assentamento tiveram seus índices na faixa de 44 a 50. Não houve grandes variações. O maior índice foi de 49,15, com traço 1:2:8, do projeto 1, e o menor índice, de 44,60, com o traço 1:0,5:8, do projeto 2.

Os chapiscos também tiveram índices bons e muito próximos entre os projetos, com valores pouco acima de 50.

As argamassas de revestimento apresentaram os piores índices, com pequenas variações de 31,50 a 35,5. O maior índice foi 35,16, com o traço 1:2:11, do projeto 1, e o menor índice, 31,52, com a argamassa de gesso, do projeto 1. O que fez baixar os índices das argamassas de revestimento em relação às argamassas de assentamento foi a combinação transporte/quantidade de material da areia, uma vez que esta está em maior quantidade nos revestimentos e suas distâncias de transporte são relativamente altas.

Quando são analisadas as diferentes combinações de materiais, verifica-se que a melhor foi a combinação 1 (bloco cerâmico, argamassa de assentamento – traço 1:2:8, argamassa de revestimento – traço 1:2:11) nos dois projetos, com valores de 51,61 e 51,06 para os projetos 1 e 2. A pior foi a combinação 4 (bloco de concreto, argamassa de assentamento – traço 1:0,5:8, revestimento com argamassa de gesso), cujos valores foram respectivamente 42,76 e 39,92. A sustentabilidade da combinação 4 diminuiu em relação à combinação 1 pelos seguintes motivos: a) presença do gesso na primeira, já que ele está à maior distância, não tem reciclabilidade quando em contato com outro material e não possui materiais reciclados incorporados; b) o bloco cerâmico possui maior sustentabilidade do que o bloco de concreto em relação a vários índices (energia incorporada e no transporte, emissões de CO<sub>2</sub> na produção e no transporte, toxicidade e abundância). Seus índices somente são menores quanto ao potencial de reciclabilidade e aos materiais reciclados incorporados.

Ressalta-se que a combinação 5 (tijolo solo-cimento, argamassa de assentamento – traço 1:2:8, argamassa de revestimento – traço 1:2:11) teve valores muito próximos e abaixo daqueles da combinação 1 em relação ao contexto de cada projeto. A diferença é em razão dos blocos: o tijolo solo-cimento<sup>64</sup> é confeccionado na obra, e a distância de transporte do cimento do tijolo solo-cimento é maior do que a distância de transporte do bloco cerâmico.

#### **b) Etapa 4: aspectos socioculturais**

Os índices parciais de sustentabilidade referentes aos aspectos socioculturais do subsistema de vedações verticais estão apresentados na tabela 5.5, a qual proporciona a análise comparativa entre os resultados dos projetos 1 e 2. São demonstrados os índices parciais das seguintes categorias: Social (Ci), Cultura (Cj) e Geração de renda e responsabilidade social (Ck). Na

---

<sup>64</sup> Foi considerando que os tijolos de solo cimento foram fabricados na obra.

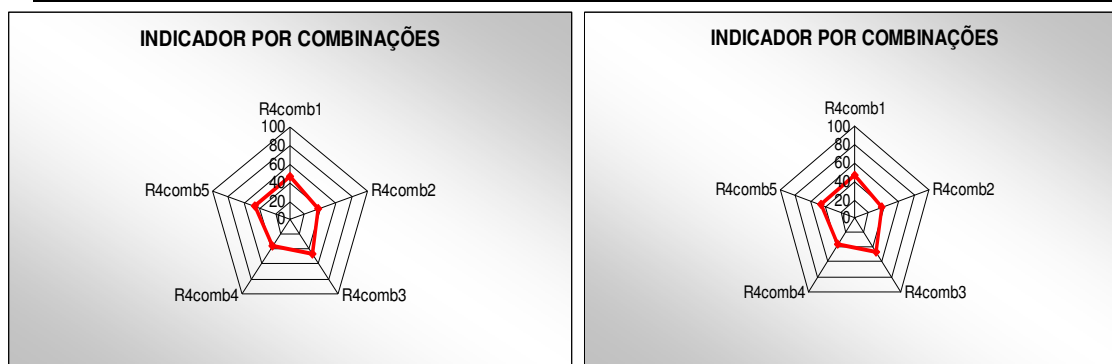


tabela também constam dos índices parciais de sustentabilidade para as diversas combinações de materiais da Figura 5.14, cujas ilustrações gráficas estão na Figura 5.16.

É importante notar que, em relação à categoria Ck, os materiais são os mesmos daqueles abordados nos aspectos ambientais. Entretanto o enfoque já não é mais aquele relacionado aos fatores que impactam diretamente no meio ambiente, como energia gasta, emissão de CO<sub>2</sub>, toxicidade, reciclabilidade etc., mas sim aos fatores quanto à geração de renda e à responsabilidade social no contexto da manipulação dos materiais pelos agentes envolvidos. Dessa forma, não são mais importantes elementos como o traço, a quantidade de material, a distância de transporte, entre outros.

**Tabela 5.5:** Índices de sustentabilidade parciais dos aspectos socioeconômicos do subsistema de vedações verticais

ASPECTOS SOCIOCULTURAIS – R4 (Etapa 4)	PROJETO 1	PROJETO 2
<b>Categoria Ci: Social</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
Subcategoria: Participação (P)	0,00	0,00
<b>Categoria Cj: Cultural</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
Subcategoria: Herança cultural (HC)	100	100
<b>Categoria Ck: Geração de renda e responsabilidade social</b>		
Subcategoria: Fabricantes de blocos (FB)		
Bloco cerâmico	16,67	16,67
Bloco de concreto	16,67	16,67
Tijolo de solo-cimento	16,67	16,67
Subcategoria: Fabricantes de argamassa (FA)		
Argamassa de cimento:cal:areia	59,69	59,69
Argamassa de cimento:areia	49,04	49,04
Pasta de gesso	7,69	7,69
<b>COMBINAÇÃO 1 – R4<sub>Comb1</sub></b>	<b>46,85</b>	<b>46,85</b>
<b>COMBINAÇÃO 2 – R4<sub>Comb2</sub></b>	<b>36,41</b>	<b>36,41</b>
<b>COMBINAÇÃO 3 – R4<sub>Comb3</sub></b>	<b>46,85</b>	<b>46,85</b>
<b>COMBINAÇÃO 4 – R4<sub>Comb4</sub></b>	<b>36,41</b>	<b>36,41</b>
<b>COMBINAÇÃO 5 – R4<sub>Comb5</sub></b>	<b>46,85</b>	<b>46,85</b>



(a) Projeto 1

(b) Projeto 2

**Figura 5.16:** Índices de sustentabilidade sociocultural para as diversas combinações de materiais

Na Tabela 5.5 verifica-se que todos os índices parciais do projeto 1 são iguais aos índices parciais do projeto 2 para todas as subcategorias e/ou materiais. Como consequência, as combinações apresentaram o mesmo comportamento. Isso porque, quando se fala em fatores sociais, culturais, de renda ou responsabilidade social, a influência nos projetos é a mesma, uma vez que estas são características homogêneas em toda a região.

Em relação à categoria Ci (Social), os projetos evidenciam que não há preocupação com a participação dos usuários na especificação dos materiais. Em contrapartida, a herança cultural, da categoria Cj (Cultural), está presente na especificação dos materiais, pois não há materiais novos especificados em nenhum dos projetos. O fato deixa clara a utilização de materiais existentes na região, elemento que favorece a sustentabilidade.

Todos os blocos garantiram o mesmo índice de sustentabilidade sociocultural: 16,67. É um índice baixo, que está relacionado aos seguintes fatores: baixa formalidade de emprego, poucas ações voltadas à saúde e à segurança no trabalho e que promovam um comércio justo, falta de certificações do processo de produção, desconhecimento das normas técnicas, falta de acompanhamento do ciclo de vida dos produtos, processos e serviços e falta de avanço tecnológico. Os únicos fatores a favor da sustentabilidade dos blocos foram a pontualidade de entrega e a utilização de mão-de-obra local na produção desses materiais.

A pasta de gesso teve um índice ainda menor igual a, 7,69. A análise é a mesma feita para os blocos, senão pela falta de pontualidade na entrega do material, por causa das dificuldades no transporte.

As argamassas apresentaram índices um pouco melhores (59,69 e 49,04). Eles foram calculados em relação aos materiais: cimento, cal e areia. Os fatores favoráveis à sustentabilidade da areia são apenas uso de mão-de-obra local, pontualidade na entrega (jazidas relativamente próximas e abundantes) e avanço tecnológico (modernas técnicas de extração). O cimento e a cal tiveram elementos favoráveis à sustentabilidade, exceto pela falta de comércio justo e de certificação.

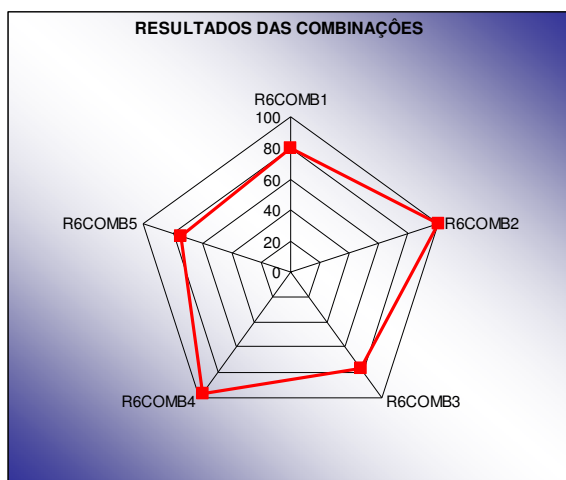
As combinações 1, 3 e 5 foram as melhores, com índice de sustentabilidade de 46,85, e as piores foram a 2 e a 4, com índice igual a 36,41. As causas diretas para esses índices são os materiais, conforme as análises precedentes. As combinações 2 e 4 foram as piores justamente porque nelas está presente o gesso, material com o menor índice de sustentabilidade (7,69) para a região.

c) Etapa 6: aspectos econômicos

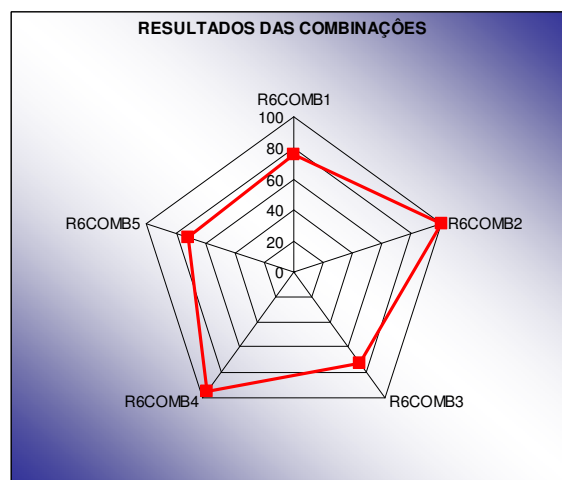
Os índices parciais de sustentabilidade relativos aos aspectos econômicos do subsistema de vedações verticais são apresentados na tabela 5.6, a qual proporciona a análise comparativa entre os resultados dos projetos 1 e 2. Na Tabela apenas constam dos índices parciais de sustentabilidade para as diversas combinações de materiais da Figura 5.14, cujas ilustrações gráficas estão na Figura 5.17. Isso se deu porque os fatores econômicos efetivamente considerados todos os custos do ciclo de vida dos materiais e componentes.

**Tabela 5.6:** Índices parciais de sustentabilidade dos aspectos econômicos do subsistema de vedações verticais

ASPECTOS ECONÔMICOS – R6 (Etapa 6)	PROJETO 1	PROJETO 2
COMBINAÇÃO 1 – R6 <sub>Comb1</sub>	79,57	75,67
COMBINAÇÃO 2 – R6 <sub>Comb2</sub>	100,00	100,00
COMBINAÇÃO 3 – R6 <sub>Comb3</sub>	77,25	72,98
COMBINAÇÃO 4 – R6 <sub>Comb4</sub>	96,36	95,35
COMBINAÇÃO 5 – R6 <sub>Comb5</sub>	74,60	71,94



(a) Projeto 1



(b) Projeto 2

**Figura 5.17:** Índices de sustentabilidade econômica para as diversas combinações de materiais

Pelos dados da Tabela 5.6, pode-se observar que a combinação 2 (bloco cerâmico, argamassa de assentamento – traço 1:2:8, argamassa de revestimento – pasta de gesso) é a mais sustentável, ou seja, é a que tem o menor custo de ciclo de vida. Isso ocorreu porque a combinação possui todos os custos (inicial, manutenção e desconstrução) mais baixos do que os outros materiais com a mesma função nas outras combinações.

Destaca-se que, para o custo de manutenção, foi utilizada a taxa de retorno de investimento de 10% a. a. (valor mínimo para qualquer investimento) e a taxa de inflação de 7,12% a. a para um período de retorno de 40 anos. A taxa de inflação considerada é a média da inflação dos últimos 10 anos, conforme dados do Banco Central do Brasil, disponível no *site* <www.bcb.gov.br>.

Os índices das combinações do projeto 1 foram sempre maiores do que os do projeto 2 porque o primeiro usa as tabelas de preço da Agetop (Agência Goiana de Transporte e Obras), enquanto o segundo utiliza as tabelas de preço de mercado.

A combinação 5 (tijolo solo-cimento, argamassa de assentamento – traço 1:2:8, argamassa de revestimento – traço 1:2:11) teve o índice mais baixo para ambos os projetos, uma vez que o custo do ciclo de vida de seus materiais foi o mais alto entre todas as combinações.

Analisando a melhor e a pior combinações em termos de sustentabilidade econômica, 2 e 5 respectivamente, verifica-se que ambas contêm a argamassa de assentamento – traço 1:2:8. Logo, o que contribuiu para o aumento do custo da combinação 5 em maior proporção foi o tijolo solo-cimento, que substituiu o bloco cerâmico por causa do aumento do seu custo inicial.

Entretanto ressalta-se que a diferença entre o menor e o maior índice não passou de 28,06%, o que indica pequenas diferenças entre o custo do ciclo de vida dos diversos materiais utilizados no subsistema de vedações verticais na região metropolitana de Goiânia.

### 5.3.3 Índices de sustentabilidade ambiental, sociocultural e econômica

A seguir são apresentados os índices de sustentabilidade dos projetos 1 e 2 separadamente para os aspectos ambiental, sociocultural e econômico, obtidos pela média aritmética entre os índices parciais da análise dos projetos completos e das especificações dos subsistemas de vedações verticais quanto à cada um dos aspectos. As análises desses índices ficaram restritas aos valores demonstrados, uma vez que os motivos para a sua ocorrência foram debatidos nos itens precedentes.

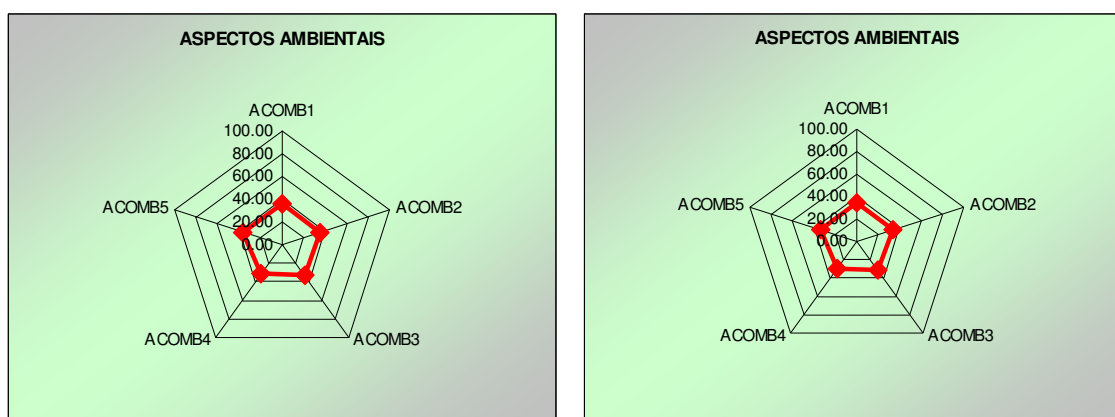
### 5.3.3.1 Índices de sustentabilidade dos aspectos ambientais

O índice de sustentabilidade dos aspectos ambientais do projeto 1 ou do projeto 2 é a média aritmética entre o índice de sustentabilidade ambiental do projeto completo (etapa 1) e o índice de sustentabilidade ambiental das especificações do subsistema de vedações verticais (etapa 2) para cada uma de suas combinações. Esse índice ( $A_{Combi}$ ) é apresentado na Tabela 5.7 e na Figura 5.18.

**Tabela 5.7:** Índices de sustentabilidade ambiental ( $A_{Combi}$ ) dos projetos 1 e 2

ETAPA 1	R1	Projeto 1	Projeto 2			Projeto 1	Projeto 2
		20.77	18.28				
		Projeto 1	Projeto 2				
	R2 <sub>COMB1</sub>	51.35	51.06	⇒	A <sub>COMB1</sub>	36.06	34.67
	R2 <sub>COMB2</sub>	49.54	49.54		A <sub>COMB2</sub>	35.15	33.91
ETAPA 2	R2 <sub>COMB3</sub>	46.27	43.84		A <sub>COMB3</sub>	33.52	31.06
	R2 <sub>COMB4</sub>	42.76	39.92		A <sub>COMB4</sub>	31.77	29.10
	R2 <sub>COMB5</sub>	51.04	48.29		A <sub>COMB5</sub>	35.91	33.29

Da Tabela 5.7 depreende-se que o projeto 1 tem maior sustentabilidade ambiental do que o projeto 2 para todas as combinações analisadas. Ambos apresentam sustentabilidade ambiental baixa na escala de 0 a 100, pois as máximas dos projetos 1 e 2 foram respectivamente 36,06 e 34,67. As variações entre as máximas e as mínimas foram pequenas, sendo 4,29 e 5,57 para os projetos 1 e 2. De qualquer forma, a combinação 1 é a mais sustentável e a combinação 4 é a menos sustentável para ambos os projetos nos aspectos ambientais.



(a) Projeto 1

(b) Projeto 2

**Figura 5.18:** Índices de sustentabilidade ambiental ( $A_{Combi}$ ) dos projetos 1 e 2

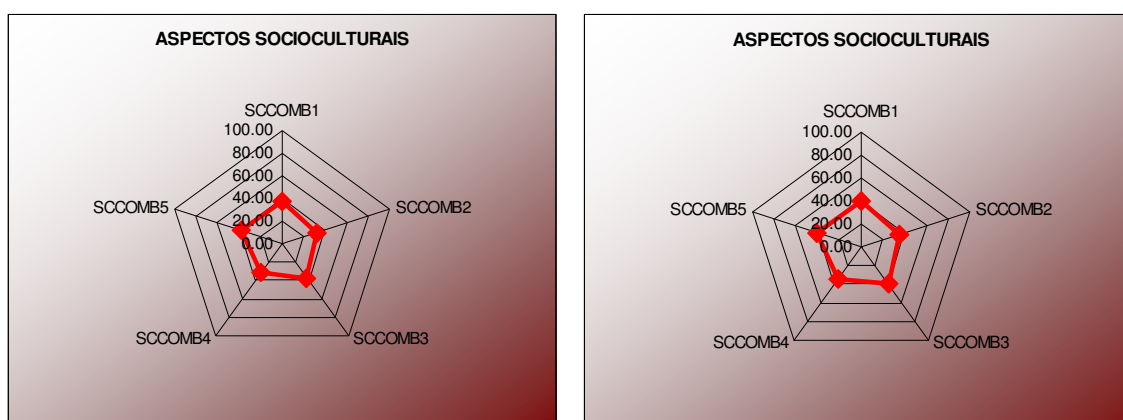
### 5.3.3.2 Índices de sustentabilidade dos aspectos socioculturais

O índice de sustentabilidade dos aspectos socioculturais do projeto 1 ou do projeto 2 é a média aritmética entre o índice de sustentabilidade sociocultural do projeto completo (etapa 3) e o índice de sustentabilidade ambiental das especificações do subsistema de vedações verticais (etapa 4) para cada uma de suas combinações. Esse índice ( $SC_{Combi}$ ) é apresentado na Tabela 5.8 e na Figura 5.18.

**Tabela 5.8:** Índices de sustentabilidade sociocultural ( $SC_{Combi}$ ) dos projetos 1 e 2

ETAPA 3	R3	Projeto 1	Projeto 2			Projeto 1	Projeto 2
		26.69	34.22				
		Projeto 1	Projeto 2				
	R4 <sub>COMB1</sub>	46.85	46.85	⇒	SC <sub>COMB1</sub>	36.77	40.53
	R4 <sub>COMB2</sub>	36.41	36.41		SC <sub>COMB2</sub>	31.55	35.31
ETAPA 4	R4 <sub>COMB3</sub>	46.85	46.85		SC <sub>COMB3</sub>	36.77	40.53
	R4 <sub>COMB4</sub>	36.41	36.41		SC <sub>COMB4</sub>	31.55	35.31
	R4 <sub>COMB5</sub>	46.85	46.85		SC <sub>COMB5</sub>	36.77	40.53

Verifica-se pela Tabela 5.8 que o projeto 2 tem maior sustentabilidade sociocultural do que o projeto 1 para todas as combinações analisadas. Ambos apresentam sustentabilidade sociocultural baixa na escala de 0 a 100, pois as máximas dos projetos foram respectivamente 36,77 e 40,53 (combinações 1, 3 e 5). As variações entre as máximas e as mínimas foram pequenas, 5,27 e 5,22 respectivamente. As combinações 2 e 4 foram os menores, com valores iguais: 31,55 e 35,31, respectivos projetos 1 e 2.



(a) Projeto 1

(b) Projeto 2

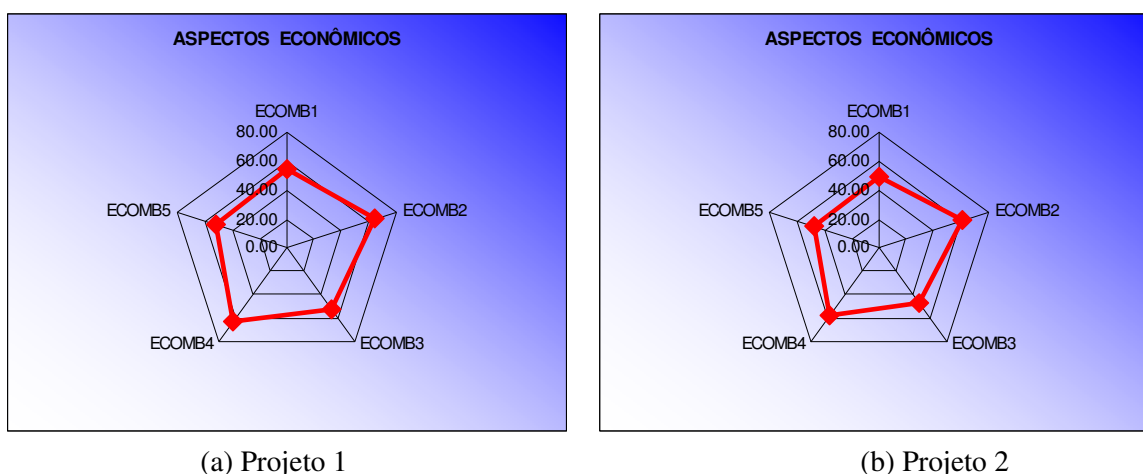
**Figura 5.19:** Índices de sustentabilidade sociocultural ( $SC_{Combi}$ ) dos projetos 1 e 2

### 5.3.3.3 Índices de sustentabilidade dos aspectos econômicos

O índice de sustentabilidade dos aspectos econômicos do projeto 1 ou do projeto 2 é a média aritmética entre o índice de sustentabilidade econômica do projeto completo (etapa 5) e o índice de sustentabilidade ambiental das especificações do subsistema de vedações verticais (etapa 6) para cada uma de suas combinações. Esse índice ( $E_{\text{Combi}}$ ) é apresentado na Tabela 5.9 e na Figura 5.18.

**Tabela 5.9:** Índices de sustentabilidade econômica ( $E_{\text{Combi}}$ ) dos projetos 1 e 2

ETAPA 5	R5	Projeto 1	Projeto 2				
		28.81	22.50				
		Projeto 1	Projeto 2				
	<b>R6<sub>COMB1</sub></b>	79.57	75.67	⇒	<b>E<sub>COMB1</sub></b>	<b>54.19</b>	<b>49.08</b>
	<b>R6<sub>COMB2</sub></b>	100.00	100.00		<b>E<sub>COMB2</sub></b>	<b>64.40</b>	<b>61.25</b>
<b>ETAPA 6</b>	<b>R6<sub>COMB3</sub></b>	77.25	72.98		<b>E<sub>COMB3</sub></b>	<b>53.03</b>	<b>47.74</b>
	<b>R6<sub>COMB4</sub></b>	96.36	95.35		<b>E<sub>COMB4</sub></b>	<b>62.59</b>	<b>58.92</b>
	<b>R6<sub>COMB5</sub></b>	74.60	71.94		<b>E<sub>COMB5</sub></b>	<b>51.71</b>	<b>47.22</b>



**Figura 5.20:** Índices de sustentabilidade econômica ( $E_{\text{Combi}}$ ) dos projetos 1 e 2

Conclui-se que o projeto 1 tem maior sustentabilidade econômica do que o projeto 2 para todas as combinações analisadas. O projeto 1 apresenta boa sustentabilidade econômica, chegando a alcançar na escala de 0 a 100 o valor de 64,40 na combinação 2. Seu menor valor foi 51,71 na combinação 5. O projeto 2 também contém boa sustentabilidade, apesar de três combinações (1, 3 e 5) apresentarem valores abaixo, mas próximos, de 50; sua maior e menor

combinações, assim como no projeto 1, foram respectivamente a 2 e a 5. As variações entre as maiores e menores combinações dos projetos alcançaram valores de 12,69 e 14,03 para os projetos 1 e 2.

#### 5.3.4 Índice de sustentabilidade de projeto

O índice de sustentabilidade de projeto ( $IS_p$ ) é o índice de sustentabilidade global do projeto e leva em conta os aspectos ambientais, socioculturais e econômicos na análise dos projetos completos e das especificações dos subsistemas de vedações verticais. Tem sua origem nas categorias que abrangem conjuntos de indicadores (subcategorias) elaborados criteriosamente e fundamentados em temas ou requisitos necessários para que os projetos sejam considerados sustentáveis.

O fluxo de cálculos para a obtenção do  $IS_p$  começa no cálculo dos indicadores, baseado em quocientes que consideram requisitos de sustentabilidade de projeto, e depois segue nos cálculos das sucessivas médias aritméticas para a obtenção dos índices parciais de sustentabilidade, já apontados nos itens precedentes deste capítulo<sup>65</sup>. Ao final, o  $IS_p$  é a média aritmética entre os índices de sustentabilidade ambiental, sociocultural e econômica do projeto ou, alternativamente, entre o índice de sustentabilidade do projeto completo e o índice de sustentabilidade das especificações do subsistema de vedações verticais.

Ademais, os índices de sustentabilidade de projeto foram obtidos (via metodologia MASP-HIS) para as diversas combinações analisadas e são representados pela variável  $IS_{Pi}$ , em que o índice  $i$  se refere à cada combinação. Esses índices são apresentados na Tabela 5.10. Também estão presentes na mesma tabela os índices dos aspectos ambientais, socioculturais e econômicos, já apresentados e comentados anteriormente.

---

<sup>65</sup> Também são efetuados outros cálculos, dependendo dos conceitos envolvidos em cada etapa, como é o caso das normalizações, somatórias, médias ponderadas, cálculos financeiros, entre outros.



**Tabela 5.10:** Índices de sustentabilidade de projeto dos projetos 1 e 2 para as diversas combinações analisadas

<b>Projeto 1</b>									
A <sub>COMB1</sub>	36.19	A <sub>COMB2</sub>	35.15	A <sub>COMB3</sub>	33.65	A <sub>COMB4</sub>	31.77	A <sub>COMB5</sub>	36.03
SC <sub>COMB1</sub>	36.77	SC <sub>COMB2</sub>	31.55	SC <sub>COMB3</sub>	36.77	SC <sub>COMB4</sub>	31.55	SC <sub>COMB5</sub>	36.77
E <sub>COMB1</sub>	54.19	E <sub>COMB2</sub>	64.40	E <sub>COMB3</sub>	53.03	E <sub>COMB4</sub>	62.59	E <sub>COMB5</sub>	51.71
<b>ISp<sub>COMB1</sub></b>	<b>42.38</b>	<b>ISp<sub>COMB2</sub></b>	<b>43.70</b>	<b>ISp<sub>COMB3</sub></b>	<b>41.15</b>	<b>ISp<sub>COMB4</sub></b>	<b>41.97</b>	<b>ISp<sub>COMB5</sub></b>	<b>41.50</b>
<b>Projeto 2</b>									
A <sub>COMB1</sub>	34.67	A <sub>COMB2</sub>	33.91	A <sub>COMB3</sub>	31.06	A <sub>COMB4</sub>	29.10	A <sub>COMB5</sub>	33.29
SC <sub>COMB1</sub>	40.53	SC <sub>COMB2</sub>	35.31	SC <sub>COMB3</sub>	40.53	SC <sub>COMB4</sub>	35.31	SC <sub>COMB5</sub>	40.53
E <sub>COMB1</sub>	49.08	E <sub>COMB2</sub>	61.25	E <sub>COMB3</sub>	47.74	E <sub>COMB4</sub>	58.92	E <sub>COMB5</sub>	47.22
<b>ISp<sub>COMB1</sub></b>	<b>41.43</b>	<b>ISp<sub>COMB2</sub></b>	<b>43.49</b>	<b>ISp<sub>COMB3</sub></b>	<b>39.78</b>	<b>ISp<sub>COMB4</sub></b>	<b>41.11</b>	<b>ISp<sub>COMB5</sub></b>	<b>40.35</b>

Pela Tabela 5.10 verifica-se que o projeto 1 é mais sustentável para todas as combinações. Entretanto os dois projetos apresentaram valores muito próximos para todas elas, com a máxima diferença de 1,37 na escala de 0 a 100 para a combinação 1.

Os maiores índices dos projetos 1 e 2 foram, respectivamente, 43,70 e 43,49, na combinação 2; e os menores índices para ambos foram 41,15 e 39,78, na combinação 3. Embora nenhum projeto tenha alcançado o valor de 50 para nenhum índice, seus valores não foram tão baixos. Isso aconteceu graças aos aspectos econômicos, pois sem eles os índices teriam sido bem menores, conforme depreende-se da Tabela 5.10. Assim, é certo que nesses dois casos analisados os aspectos ambiental e sociocultural devem ser objeto de estudo e de melhoria pelos profissionais responsáveis.

### 5.3.5 Índice de sustentabilidade de projeto, ponderado entre as vedações verticais internas e externas

A seguir será apresentado o índice de sustentabilidade de projeto ponderado, quando consideradas as vedações internas e externas, obtido pela média ponderada que leva em conta os índices de sustentabilidade das combinações envolvidas e suas respectivas áreas de vedações verticais. Esse índice existe porque as paredes externas, bem como as internas úmidas, não podem ser revestidas de gesso, uma vez que tal material deve permanecer sempre seco.

Assim, foram obtidos os seguintes índices para os projetos 1 e 2: a) ponderação entre a combinação 2, para a vedação vertical interna, e a combinação 1, para a vedação vertical externa; b) ponderação entre a combinação 4, para vedação vertical interna, e a combinação 3, para a vedação vertical externa da edificação. As combinações 2 e 4 têm a presença de gesso no revestimento. Esses índices podem ser vistos na Tabela 5.11, que também apresenta os índices de sustentabilidade de projeto das combinações 1, 2, 3 e 4, já vistos e comentados anteriormente para fins de comparação com as médias ponderadas.

**Tabela 5.11:** Índices de sustentabilidade de projeto, ponderados entre as vedações verticais interna e externa

<b>Combinações</b>	<b>Projeto 1</b>	<b>Projeto 2</b>
1 – Vedação externa	<b>43,09</b>	<b>42,46</b>
2 – Vedação interna		
3 – Vedação externa	<b>41,59</b>	<b>40,45</b>
4 – Vedação interna		
ISp <sub>COMB1</sub>	<b>42.38</b>	<b>41.43</b>
ISp <sub>COMB2</sub>	<b>43.70</b>	<b>43.49</b>
ISp <sub>COMB3</sub>	<b>41.15</b>	<b>39.78</b>
ISp <sub>COMB4</sub>	<b>41.97</b>	<b>41.11</b>

Da Tabela 5.11 depreende-se que, embora a combinação 2 tenha sido a melhor, ela não pode ser usada em vedações externas. Porém, pelas pequenas diferenças encontradas em ambos os projetos, o uso do gesso nas vedações internas não é um fator determinante de sustentabilidade de projeto.

### 5.3.6 Indicadores de caracterização

Nos projetos analisados foram extraídos, apenas<sup>66</sup>, três indicadores de caracterização referentes aos projetos arquitetônicos, de instalações de água fria e de instalações elétricas – de compacidade, de tubulações hidráulicas e de eletrodutos elétricos –, conforme apresentado na Tabela 5.12.

O indicador de compacidade está relacionado com os custos e com as perdas e com conforto térmico indesejáveis no projeto, que aumentam os seus custos; quanto maior esse indicador, que varia na escala de 0 a 100, menores serão tais custos. O indicador de tubulações hidráulicas refere-se ao comprimento total da tubulação de água fria no projeto em relação ao

<sup>66</sup> Quantidade possível pelos dados e informações dos projetos analisados

número de pontos de água fria; e o indicador de eletrodutos, ao comprimento total dos eletrodutos no projeto em relação ao número de pontos de eletricidade. Quanto maiores os indicadores de tubulações e de eletrodutos, mais bem otimizado será o projeto.

**Tabela 5.12:** Indicadores de caracterização

<b>INDICADORES</b>	<b>PROJETO 1</b>	<b>PROJETO 2</b>	<b>REFERENCIA<sup>67</sup> (NORIE, 1995)</b>
de capacidade	79.40 (%)	92.28 (%)	86,55%
de tubulações	4.80 m/pontos	5.70 m/pontos	4,61 m/pontos
de eletrodutos	1.43 m/pontos	1.57 m/pontos	3,13m/pontos

Da Tabela 5.12 verifica-se que o projeto 2 obteve os melhores indicadores e, portanto, está mais otimizado. Tais indicadores poderão ser inseridos na metodologia MASP-HIS nas suas próximas atualizações.

---

<sup>67</sup> Na literatura os dados não são para HIS

## 6 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

### 6.1 CONCLUSÕES

O objetivo deste trabalho foi desenvolver uma ferramenta metodológica para avaliação da sustentabilidade de habitações de interesse social para fins de aplicação no estado de Goiás, com possibilidade de ampliação de seu escopo para outras regiões do Brasil e do exterior. Pode-se concluir que tal objetivo foi alcançado, uma vez que foi criada a nova metodologia de avaliação de habitações de interesse social, denominada MASP-HIS, viabilizada com a criação neste mesmo estudo da ferramenta computacional PROMASP-HIS, a qual auxiliou no estabelecimento dos critérios e requisitos de sustentabilidade, bem como nos cálculos e operações lógicas previstos na metodologia MASP-HIS.

Este trabalho apresenta, por meio da metodologia desenvolvida e dos resultados obtidos, em atendimento aos objetivos específicos traçados no início da pesquisa, importantes contribuições na busca de uma construção mais sustentável, conforme se observa a seguir:

- 1) foi desenvolvida uma ferramenta metodológica para avaliação da sustentabilidade de habitações de interesse social para fins de aplicação no estado de Goiás, com possibilidade de ampliação de seu escopo para outras regiões do Brasil e do exterior, com base em indicadores e índices passíveis de serem expandidos e atualizados;
- 2) a metodologia MASP-HIS identifica os critérios essenciais de sustentabilidade de projetos baseada no alinhamento dos conceitos de sustentabilidade e de gestão do processo de projeto mediante a elaboração dos temas propostos, como por exemplo o uso de coordenação e compatibilização de projetos, ou pelos indicadores de caracterização da categoria Qualidade do produto habitação e da subcategoria Construtibilidade;
- 3) tal metodologia considera as dimensões ambiental, sociocultural e econômica da sustentabilidade, tanto para a análise dos projetos completos como para a especificação de materiais e componentes.
- 4) a metodologia desenvolvida, com seus respectivos indicadores e índices, pode ser expandida e aplicada em vários outros subsistemas de uma edificação, além do subsistema de vedações verticais, como no subsistema de estrutura, possibilitando o mapeamento da

sustentabilidade de projeto de edificações de interesse social, bem como a evolução dessa sustentabilidade ao longo do tempo, na localidade onde estiver sendo aplicada;

5) por conter quadros de Boas Práticas e indicadores de caracterização, a metodologia contribui para o desenvolvimento de *benchmarks*, mas, para tanto, torna-se necessário o monitoramento das aplicações da ferramenta, por parte da autora e do grupo de pesquisa, para as possíveis atualizações e ampliações;

6) conforme apresentado e discutido no capítulo 5, foi possível analisar os indicadores e índices parciais e gerais de sustentabilidade, o que permitiu a identificação dos pontos fracos e críticos de projeto de modo a ajudar os projetistas em proposição de melhorias que tenham potencial de elevação dos respectivos índices;

7) foi desenvolvido o *software* PROMASP-HIS para cálculo dos indicadores e índices de sustentabilidade da metodologia proposta e para as operações lógicas necessárias, com saída numérica e gráfica dos resultados. Esse programa computacional encontra-se em anexo no Apêndice A4, na forma de disco magnético.

8) montou-se um banco de dados referente ao uso de recursos naturais, ao consumo energético e à emissão de CO<sub>2</sub>, quando da produção e do transporte dos materiais, para fins de auxílio à especificação dos materiais para o subsistema de vedação vertical, o qual pode ser ampliado e atualizado sem influenciar nas formulações da metodologia MASP-HIS;

9) por intermédio dos critérios estabelecidos na metodologia MASP-HIS, em conformidade com a evolução da ciência atual é possível escolher e especificar os materiais e componentes para o subsistema de vedações verticais, considerando os aspectos ambiental, sociocultural e econômico em conjunto, todos com o mesmo grau de importância;

10) observa-se, nos capítulos 4 e 5, que a metodologia MASP-HIS não leva em conta apenas o material ou o componente isolado; avalia também, por meio de combinações, qual é a melhor solução para a especificação dos materiais quanto aos aspectos da sustentabilidade;

Após serem cumpridos os objetivos estabelecidos, as contribuições desta tese culminaram em algumas originalidades no contexto da sustentabilidade de edificações:

a) criação de uma metodologia de avaliação da sustentabilidade de projetos de habitação de interesse social para aplicação específica no estado de Goiás, mas aberta e com possibilidade de aplicação em outras regiões do Brasil e do mundo;

b) avaliação da sustentabilidade de projeto de habitações de interesse social, passível de análise independente para cada subsistema da edificação, considerando as dimensões ambiental, sociocultural e econômica; dimensões essas que somente têm sido abordadas em avaliações de edificações de escritórios comerciais, de acordo com a literatura atual no contexto brasileiro;

c) criação de um banco de dados relativo ao uso de recursos naturais, ao consumo energético e à emissão de CO<sub>2</sub>, quando da produção e do transporte dos materiais para fins de auxílio à especificação dos materiais;

d) desenvolvimento de uma ferramenta computacional, denominada PROMASP-HIS, a qual engloba todos os procedimentos da metodologia proposta.

A metodologia MASP-HIS, mediante sua validação com dois projetos da região metropolitana de Goiânia, mostrou-se consistente, com alto grau de aplicabilidade e de fácil e amigável manipulação para entrada e saída de dados, apesar da complexidade do tema que trata e da grande quantidade de informações essenciais para a obtenção de resultados confiáveis.

Foram obtidas respostas (saídas do PROMASP-HIS) relativas aos índices de sustentabilidade parciais e de projeto, que possibilitaram a identificação dos pontos fracos e fortes dos projetos analisados em relação às especificações dos materiais e aos requisitos de sustentabilidade de projeto necessários. Quanto aos projetos estudados, como exemplos de pontos fracos podem ser citados: baixa preocupação ambiental, como conforto acústico negligenciado ou falta de gerenciamento de resíduos; baixa preocupação sociocultural, como a não-participação dos usuários na concepção dos projetos ou falta de preocupação com a educação ambiental; baixa preocupação econômica, como pouca preocupação com o fortalecimento da economia local; e especificação inadequada dos materiais, como a utilização de materiais sem incorporação de reciclados, a não-participação dos usuários na especificação e o uso de materiais com o custo do ciclo de vida maior em relação a outros materiais disponíveis no mercado. Já os pontos fortes são: boa preocupação ambiental, como previsão de áreas públicas para recreação ou bom posicionamento das janelas em relação ao ambiente externo; boa preocupação

sociocultural, como projeto para execução em região urbanizada ou análise do impacto social das atividades; boa preocupação econômica, como estudo de viabilidade econômica e preocupação com uso de lâmpadas fluorescentes.

Ao final, informações relevantes relativas à sustentabilidade dos dois projetos foram detectadas, como o fato de terem apresentado índices baixos de sustentabilidade para as diversas especificações (combinações) de materiais, com uma média na escala de 0 a 100 de 34,56 para o projeto 1 e de 32,41 para o projeto 2 em relação aos aspectos ambientais; e uma média de 34,68 e 32,44 para os mesmos projetos quanto aos aspectos socioculturais. Em contrapartida, ambos apresentaram boa sustentabilidade considerando os aspectos econômicos, com médias de 57,18 e 52,84, respectivamente. Assim, os aspectos econômicos contribuíram para melhorar os índices de sustentabilidade médios dos projetos, que ficaram em 42,14, para o projeto 1, e em 41,23, para o projeto 2. Dessa forma, é possível concluir que o projeto 1 é mais sustentável do que o projeto 2, embora haja apenas uma pequena diferença de 0,91%. É razoável também afirmar que os dois projetos precisam melhorar sua sustentabilidade, principalmente nos aspectos ambiental e sociocultural.

Ademais, foi possível verificar nos dois casos analisados que o uso de gesso nas vedações verticais internas não é um fator determinante de sustentabilidade de projeto. Isso se deu porque houve pequenas variações nos índices de sustentabilidade, quando do uso do gesso nas vedações internas no lugar de revestimento de argamassa mista.

É importante observar que, mesmo com a utilização de metodologias como a MASP-HIS, existem algumas limitações no emprego desse tipo de ferramenta no Brasil: 1) pouca disponibilidade de dados na literatura nacional<sup>68</sup>, principalmente para a ampliação dos critérios como os da etapa 2 da metodologia MASP-HIS, de maneira que se tenha uma análise completa do ciclo de vida no que se refere às emissões de NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, materiais particulados, entre outros; 2) os valores estabelecidos por normas ou leis nacionais não refletem o estágio atual da evolução dos conceitos de construção sustentável, muitas vezes pela falta de conscientização dos envolvidos no processo de construção de habitações de interesse social ou até mesmo pela falta de metodologias como a MASP-HIS, que permitam a atualização e aplicação das normas e leis. Esse fato pode ser confirmado pelos baixos índices alcançados pelos projetos que validaram a metodologia desenvolvida.

---

<sup>68</sup> Foram considerados neste trabalho, apesar da intensa pesquisa nacional e internacional, apenas dados de produção nacional, pois conforme salientado por diversos autores a forma de produção é bastante diferente entre países desenvolvidos e países em desenvolvimento.

Acredita-se que, em um futuro próximo, os requisitos de sustentabilidade serão considerados requisitos técnicos como segurança estrutural e contra incêndio, buscando assim, maior segurança e conforto aos usuários. Tais requisitos estarão apoiados em normas. Estas por sua vez estarão fundamentadas em metodologias de avaliação de sustentabilidade consistentes, que guiarão os profissionais envolvidos em busca de soluções mais adequadas para a construção do ambiente, pois projetos e especificações mais sustentáveis figuram-se como uma das alternativas para mitigar os impactos gerados no processo construtivo, principalmente em um ambiente como o Brasil, onde há uma carência de habitações.

## 6.2 SUGESTÕES PARA FUTURAS PESQUISAS

Apesar da tentativa de alcançar maior abrangência no desenvolvimento da pesquisa pelo grau de complexidade do tema em questão e como o assunto relacionado a habitações de interesse social está ainda incipiente em termos nacionais, são apresentadas algumas sugestões para trabalhos futuros de variáveis que não puderam estar presentes no escopo deste trabalho, as quais são:

- 1) mapear e analisar os indicadores de sustentabilidade para uma determinada região, avaliando uma amostra razoável de projetos;
- 2) fazer uma comparação inter-regional de indicadores de sustentabilidade de projetos;
- 3) monitorar os resultados alcançados pelos projetos nas construções, avaliando as oportunidades de melhorias contínuas da metodologia MASP-HIS;
- 4) comparar os resultados alcançados pela metodologia proposta com outras metodologias existentes no mundo para fins de criação de *benchmarks*;
- 5) formatar o *software* PROMASP-HIS da metodologia MASP-HIS para fins de comercialização;
- 6) dar continuidade ao desenvolvimento da metodologia para os demais subsistemas de uma edificação, conforme salientado na Figura 4.2:
  - a) conforme a evolução da ciência, acrescentar outros critérios nas etapas destinadas à especificação de materiais e componentes;
  - b) ampliar a metodologia para outros tipos de construções, como por exemplo edifícios comerciais.



7) 7) Definir estratégias para absorção do mercado produtivo.

## REFERÊNCIAS

ABEYSUNDRA, U. G. Y. *et al.* Environmental economic and social analysis of materials for doors and windows in Sri Lanka. **Building and Environment**, v. 42, n. 5, p. 2.141-2.149, 2007.

AGOYTAN, V. *et al.* **Alternativas para redução de desperdício de materiais nos canteiros de obra**: relatório final. São Paulo: EPUSP, 1998.

ASTM E 917 Standard Practice for Measuring Life-Cycle Costs of Buildings and Building Systems, EUA, 2005

ÂNGULO, S. C.; ZORDAN, S. E.; JOHN, V. M. Desenvolvimento sustentável e a reciclagem de resíduos na construção civil. *In*: SEMINÁRIO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A RECICLAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL: MATERIAIS RECICLADOS E SUAS APLICAÇÕES, 4., 2001, São Paulo.

ANINK, D.; BOONSTRA, C.; MORRIS, A. **Handbook of sustainable building**: an environmental preference method for selection of materials for use in construction and refurbishment. Londres: James and James, 1996.

ANTAC/MDIC. **Plano estratégico para ciência, tecnologia e inovação na área de tecnologia do ambiente construído com ênfase na construção habitacional**. Versão 1. Brasília: ANTAC/MCT, abril/2002.

AQUA. **Referencial técnico de certificação**: edifícios do setor de serviços. Processo Aqua. Escritórios e edifícios escolares. Fundação Vanzolini, 2008.

ASSEFA, G. *et al.* Environmental assessment of building properties: where natural and social sciences meet. The case of eco-effect. **Building and Environment**, v. 42, p. 1.458-1.464, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 5.735**: cimento Portland de alto-forno. Rio de Janeiro, 1991.

\_\_\_\_\_. **NBR 5.736**: cimento Portland de pozolânico. Rio de Janeiro, 1991.

\_\_\_\_\_. **NBR 9.050**: acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro, 2004.

\_\_\_\_\_. **NBR 10.151**: acústica. Avaliação do ruído em áreas habitadas visando ao conforto da comunidade. Procedimento. Rio de Janeiro, 2000.

\_\_\_\_\_. **NBR 11.578**: cimento Portland composto. Rio de Janeiro, 1991. 5 p.

\_\_\_\_\_. **NBR ISO 14001**: sistemas de gestão ambiental. Requisitos. Rio de Janeiro, 2004.

\_\_\_\_\_. **NBR 15.220-2:** desempenho térmico de edificações. Parte 2. Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_. **NBR 15.575-1:** desempenho de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos. Rio de Janeiro, 2008.

\_\_\_\_\_. **NBR 15.575-2:** desempenho de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos. Parte 2. Requisitos para os sistemas estruturais. Rio de Janeiro, 2008.

\_\_\_\_\_. **NBR 15.575-3:** desempenho de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos. Parte 3. Requisitos para os sistemas de pisos internos. Rio de Janeiro, 2008.

\_\_\_\_\_. **NBR 15.575-4:** desempenho de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos. Parte 4. Sistema de vedações verticais externas e internas. Rio de Janeiro, 2008.

\_\_\_\_\_. **NBR 15.220-3:** Zoneamento Bioclimático Brasileiro. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_. **NBR ISO 14001:** sistemas de gestão ambiental. Requisitos com orientação para uso. Rio de Janeiro, 2004. 27 p.

\_\_\_\_\_. **NBR ISO 14040:** avaliação do ciclo de vida. Princípios e estrutura. Rio de Janeiro, 2004. 10 p.

AZEVEDO, N. J. D.; SILVA, M. R.; SILVA, J. J. R. Avaliação de sustentabilidade de habitações de interesse social: uma proposta para região metropolitana de Recife e resultados. *In: ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS*, Campo Grande, 2007.

BALDWIN, R. *et al.* BREEAM 1/90: an environmental assessment for new office designs. **BRE Report**. Garston: CRC, 1990.

\_\_\_\_\_. BREEAM 98 for offices: an environmental assessment method for office buildings. **BRE Report**. Garston: CRC, 1998. 36 p.

BANCO REAL. Guia de boas práticas na construção civil. 2007. Disponível em: <<http://www.bancoreal.com.br>>. Acesso em: ago. 2008.

BARROS, M. M. B.; SABBATINI, F. H.; MEDEIROS, J. S. O processo de produção das alvenarias racionalizadas. *In: SEMINÁRIO DE TECNOLOGIA E GESTÃO NA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS: VEDAÇÕES VERTICAIS*, 1., São Paulo, 1998. **Anais...** São Paulo: EPUSP/PCC, 1998. 308 p.

BECALLI, G. *et al.* Energy and environment analysis of a mono-familiar Mediterranean house. *In: WORLD SUSTAINABLE BUILDING CONFERENCE*, 8., Austrália, 2008.

BENAYUNE, A. *et al.* Structural behaviors of eccentrically loaded precast sandwich panels. **Construction and Building Materials**, v. 20, p. 713-724, 2006.

BENETT, P.; SATTLER, M. Indicadores de sustentabilidade em habitação popular. *In: CONFERÊNCIA NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO*, 4., 2004. São Paulo. **Anais...** São Paulo: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ANTAC), 2004.

BLUMENSCHNEIN, R. N. **A sustentabilidade na cadeia produtiva da indústria da construção**. 2004. 264 f. Tese (Doutorado em Política e Gestão Ambiental)–Centro de Desenvolvimento Sustentável de Brasília, Brasília, 2004.

BLUMENSCHNEIN, R.; SPOSTO, R. M. **Relatório final**: Programa de Gestão de Materiais da Indústria da Construção do Distrito Federal. Programa de Racionalização e Redução de Perdas PRRP. Piloto 2. Brasília, 2006.

BRAGANÇA, L. *et al.* A report on sustainable building and construction in Portugal. *In: WORLD SUSTAINABLE BUILDING CONFERENCE*, 8., Austrália, 2008.

BRASIL. Lei n.º 10.295, de 17 de outubro de 2001. Dispõe sobre a política nacional de CGIEE. Conservação e uso racional de energia e dá outras providências (regulamentada pelo Decreto n.º 4.059 de 19 de dezembro de 2001). Brasília, DF, 17 de outubro de 2001.

BRASIL. Ministério das Cidades. **Política nacional de habitação**. Brasília, 2004. Disponível em: <www.cidades.gov.br>. Acesso em: set. 2006.

\_\_\_\_\_. **Programas habitacionais**. Brasília, 2006. Disponível em: <www.cidades.gov.br>. Acesso em: set. 2006.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Regulamentação para etiquetagem de nível de eficiência energética de edifícios comerciais, de serviços e públicos. Versão 9, aprovada em outubro de 2007 pelo Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética, 2007.

BROWN, G. Z.; DEKAY, M. **Sol, vento e luz**: estratégias para projeto de arquitetura. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2004.

BUILDING RESEARCH ESTABLISHMENT. **BREEAM fact file**: versão 3. Disponível em: <[http://www.breeam.org/filelibrary/Breeam\\_Fact\\_File\\_Version\\_3\\_February\\_2007.pdf](http://www.breeam.org/filelibrary/Breeam_Fact_File_Version_3_February_2007.pdf)>. Acesso em: 6 out. 2007.

\_\_\_\_\_. **Environmental assessment method breem/ecohomes**. Disponível em: <<http://www.breeam.org/ecohomes.html>>. Acesso em: nov. 2006.

BULL, J. W. *et al.* **Life cycle costing for construction**. Nova York: Taylor & Francis e-Library, 2003.

CAMARGOS, T. D. Como usar C, T&I para promover a inclusão social: habitação. *In: PARCERIAS ESTRATÉGICAS – SEMINÁRIO TEMÁTICO PARA 3. CONFERÊNCIA NACIONAL DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO*. **Anais...** Brasília, 2005, n. 1, parte 1.

CARMO, A. T.; PRADO, R. T. A. **Qualidade do ar interno: TT/PCC/23**. São Paulo: EPUSP, 1999.

CARVALHO, M. T. M. **Estudo dos resíduos de gesso e suas aplicações na construção civil**. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)–Universidade Federal de Goiás, 2004.

CARVALHO, M. T. M.; SPOSTO, R. M. Proposta preliminar de requisitos para avaliação da sustentabilidade de habitações de interesse social na região metropolitana de Goiânia. ENTAC, 11., Florianópolis, **Anais...** Florianópolis, 2006.

CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DU BÂTIMENT. NF Bâtiments Tertiaires. **Démarche HQE: Bureau et Enseignement**. Paris: Centre Scientifique et Technique du Bâtiment/Janvier, 2005.

ČERVENŇOVÁ, L. Social housing in Slovakia: the task and justness of the non-profit housing organizations establishment in Slovakia. **International Journal of Strategic Property Management**, v. 9, 2005.

CHANG, K. F.; CHIANG, C. M.; CHOU, P. C. Adapting aspects of GBTool 2005: searching for suitability in Taiwan. **Building and Environment**, v. 42, p. 310-316, 2007.

CHEN, K. Urban housing quality in China: a post-occupancy evaluation study of state pilot housing estates. **Journal of Architectural and Planning Research**, 2003.

CHEUNG, K.; CHENG, V. Designing for sustainability of building: Hong Kong context. *In*: WORLD SUSTAINABLE BUILDING CONFERENCE, 8., Austrália, 2008.

CHIANG, *et al.* Prefabrication and barriers to entry: a case study of public housing and institutional buildings in Hong Kong. **Habitat International**, v. 30, p. 482-499, 2006.

CHOGUILL, C. L. The search for policies to support sustainable housing. **Habitat International**, v. 31, p. 143-149, 2007.

CIB. **Agenda 21 on sustainable construction**. CIB Report Publication 237, 1999.

COLLEN, I. F. A manutenção periódica de edifícios. **Planeta CAD Estudo Companhia de Arquitetura e Design**. 2003. Disponível em: <<http://www.planetaCAD.com>>. Acesso em: jan. 2008.

COLE, R. J. **Building environmental performance assessment criteria: THE IEA BCS Annex 31**. Energy related environmental impact of buildings: survey on existing results and ongoing work. [s.d.], 2 p.

COLE, R. J.; LARSSON, N. Green building challenge: lessons learned from GBC'98 and GBC 2000. *In*: SUSTAINABLE BUILDINGS 2000. **Proceeding...** Paris, 1997. p. 19-29.

COLE, R. J. *et al.* Building environmental assessment tools: current and future roles. *In*: WORLD SUSTAINABLE BUILDING CONFERENCE. **Proceedings**, Tóquio, 2005, 5 p.

CONSELHO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL. Disponível em: <<http://www.cbcs.org.br>>. Acesso em: jan. 2008.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução n.º 001 de 23 de janeiro de 1986, Brasília. Disponível em: <<http://www.conama.gov.br>>. Acesso em: 5 set. 2006.

\_\_\_\_\_. Resolução n.º 307 de 5 de julho de 2002, Brasília. Disponível em: <<http://www.conama.gov.br>>. Acesso em: 5 fev. 2003.

CONSTRUCTION INDUSTRY RESEARCH AND INFORMATION ASSOCIATION. **Sustainable construction: company indicators**. CIRIA Report C563 (CIRIA's Project RP609). Londres: CIRIA/AW Atkins Consultants, 2001.

COOK, J. Millennium measures of sustainability: beyond bioclimatic architecture. *In: PLEA 2001 CONFERENCE: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PASSIVE AND LOW ENERGY ARCHITECTURE. RENEWABLE ENERGY FOR A SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF BUILT ENVIRONMENT*, 18., Florianópolis, 2001, **Anais...** Florianópolis, 2001, p. 37-44.

CRISP NETWORK. **Construction-related sustainability indicators**: CRISP newsletter. n. 1, 6 p.

CSILLAG, J. M. **Análise do valor**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 1993.

CURWELL, S.; HAMILTON, A.; COOPER, I. Towards sustainable development: identifying the role for the development and construction industry professional. The work of BEQUEST. *In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS*, 1., 1997, Canela. **Anais...** Porto Alegre: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ANTAC), 1997. p. 339-350.

DEFRA. **Sustainable construction brief**. Disponível em: <[www.dti.gov.uk/construction/sustain](http://www.dti.gov.uk/construction/sustain)>. Acesso em: 22 maio 2005.

DEGANI, C. M.; CARDOSO, F. F. A sustentabilidade ao longo do ciclo de vida de edifícios: a importância da etapa de projeto arquitetura. *In: NUTAU*, 2002, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 2002.

DESMYTER, J.; HUOVILA, P. Performance indicators for health comfort and safety of the indoor environment. *In: WORLD SUSTAINABLE BUILDING CONFERENCE*, 8., Austrália, 2008.

DOERR ARCHITECTURE. Definition of sustainability and the impacts of building. Disponível em: <<http://doerr.org/services/residential-checklist.html>>. Acesso em: ago. 2006.

EBSEN, C.; RAMBOL, B. International review of sustainable low-cost housing projects. *In: Proceedings: strategies for a sustainable built environment*. Pretoria, 2000.

ELETROSUL. Disponível em: <<http://www.eletrosul.gov.br/casaeficiente>>. Acesso em: jul. 2006.

EMMANUEL, R. Estimating the environmental suitability of wall materials: preliminary results from Sri Lanka. **Building and Environment**, v. 39, p. 1.253-1.261, 2004.

ERLANDSSON, M.; BORG, M. Generic LCA: methodology applicable for buildings, constructions and operation services. Today practice and development needs. **Building and Environment**, v. 38, p. 919-938, 2003.

ERLANDSSON, M.; LEVIN, P. Environmental assessment of rebuilding and possible performance improvements effect on a national scale. **Building and Environment**, v. 40, p. 1.459-1.471, 2005.

ESIN, T. A study regarding the environmental impact analysis of the building materials production process (in Turkey). **Building and Environment**, v. 42, p. 3.860-3.871, 2007.

ETHOS. **Indicadores Ethos de responsabilidade social**. Disponível em: <<http://www.ethos.org.br>>. Acesso em: ago. 2007.

EUROPEAN ENVIRONMENTAL AGENCY. **Comparing environmental impacts data on clean technologies**: technical report. n. 1. Copenhagen, 1997.

FIGUEIREDO, G. A. B. G. **Sistemas urbanos de água**: avaliação de método para análise de sustentabilidade ambiental de projetos. 2000. 215 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana)–Programa de Pós-graduação em Engenharia Urbana, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2000.

FOSSATI, M. **Metodologia para avaliação da sustentabilidade de projetos de edifícios**: o caso de escritórios em Florianópolis. 2008. Tese (Doutorado)–Universidade Federal de Santa Catarina, 2008.

FREDRIZZI, B.; KUHN, E. A. Percepção dos moradores ao desempenho dos materiais das habitações. *In*: ENTAC, 11., Florianópolis, **Anais...** Florianópolis, 2006.

FREITAS, C. G. L. *et al.* (Coord.). **Habitação e meio ambiente**: abordagem integrada em empreendimentos de interesse social. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 2001.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. **Déficit habitacional no Brasil**: municípios selecionados e microrregiões geográficas. Belo Horizonte: Fundação João Pinheiro, 2005.

GANGEMI, V.; MALANGA, R.; RANZO, P. Environmental management of the design process: managing multidisciplinary design. The role of environmental consultancy. **Renewable Energy**, v. 19, p. 277-284, 2000.

GAO, W. *et al.* Energy impacts of recycling disassembly material in residential buildings. **Energy and Building**, n. 1.296, 2001.

- GERAEDTS, R. A second chance for old building. *In: WORLD SUSTAINABLE BUILDING CONFERENCE*, 8., Austrália, 2008.
- GERILLA, G. P.; TEKNOMO, K.; HOKAO, K. An environmental assessment of wood and steel reinforced concrete housing construction. **Building and Environment**, v. 42, p. 2.778-2.784, 2007.
- GIBBERD, J. The sustainable building assessment tool: integration sustainability into current design and building processes. *In: WORLD SUSTAINABLE BUILDING CONFERENCE*, 8., Austrália, 2008.
- GILCHRIST, A.; ALLOUCHE, E. N. Quantification of social costs associated with construction projects: state of the art review. **Tunnelling and Underground Space Technology**, v. 20, p. 89-104, 2005.
- GONZÁLEZ, M. J.; NAVARRO, J. G. Assessment of the decrease of CO<sub>2</sub> emission in the construction field thought the selection of materials: practical case study of three houses of low environmental impact. **Building and Environment**, v. 41, p. 902-909, 2006.
- GOUVEIA, F. P. **Análise da influência do chamote (resíduos de blocos cerâmicos moídos) nas principais propriedades de massas cerâmicas para blocos**. 2008. Dissertação (Mestrado)—Brasília, 2008.
- GRAHAM, P. The role of building environmental performance assessment in design. **Environmental Design Guide**, 2000.
- GRIEB, H. *et al.* **Feasibility study: integration of social aspects into LCA**. 2006.
- GRIGOLETTI, G. C. **Caracterização de impactos ambientais de indústria de cerâmica vermelha do estado do Rio Grande do Sul**. 2001. 154 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia)—Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.
- HABITAT. UNITED NATIONS CENTRE FOR HUMAN SETTLEMENTS. **An urbanizing world: global report on human settlements**. Grã-Bretanha: Oxford University Press, 1996.
- HEGNER, H. D.; LÜTZKENDORF, T. From energy certificate to sustainability report: sustainable building in Germany. Objectives, results, lessons learned. *In: WORLD SUSTAINABLE BUILDING CONFERENCE*, 8., Austrália, 2008.
- HENDRIKS, C. H. F. **The building cycle**. Netherlands: Aeneas Technical Publishers, 2000.
- HENDRY, E. A. W. Masonry walls: materials and construction. **Construction and Building Materials**, v. 15, p. 323-330, 2001.
- HENNESSY, S. *et al.* Maintaining green building: beyond the design process. *In: WORLD SUSTAINABLE BUILDING CONFERENCE*, 8., Austrália, 2008.



HIROAKI, T. *et al.* Three studies on the promotion of assessment tools and market transformation: the case of CASBEE. *In: WORLD SUSTAINABLE BUILDING CONFERENCE*, 8., Austrália, 2008.

**HOK – Hellmunt, Obata + Kassabaum.** Disponível em: <<http://www.hoksustainabledesign.com>>. Acesso em: ago. 2006.

HOUNG, N. V.; SOEBARTO, V. Gaps in understanding sustainable housing: case study in Adelaide and Hanoi. **Architectural Science Review**, v. 46, p. 369-374, 2003.

HUOVILA, P. On the way towards sustainable building. *In: SHARING KNOWLEDGE ON SUSTAINABLE BUILDING*, 1999. **Proceedings...** Bari: Department of Architecture and Town Planning/Institute of Engineering for Land and Environmental, 1999. Disponível em: <<http://www.iris.ba.cnr.it/sksb/SKSB%20abstracts-paper.htm>>. Acesso em: out. 2006.

HÜLYA, K. *et al.* Comparative environmental assessment of masonry wall units regarding manufacturing process. *In: WORLD SUSTAINABLE BUILDING CONFERENCE*, 8., Austrália, 2008.

HUOVILA, P. Framework and indication for sustainable urban development. *In: WORLD SUSTAINABLE BUILDING CONFERENCE*, 8., Austrália, 2008.

\_\_\_\_\_. On the way towards sustainable building. *In: SHARING KNOWLEDGE ON SUSTAINABLE BUILDING*, 1999. **Proceedings...** Bari: Department of Architecture and Town Planning/Institute of Engineering for Land and Environmental, 1999. Disponível em: <<http://www.iris.ba.cnr.it/sksb/SKSB%20abstracts-paper.htm>>. Acesso em: out. 2006.

IEA ANNEX 31 – ENERGY-RELATED ENVIRONMENTAL IMPACT OF BUILDING. **Context and methods for tool designers.** 2001a. Disponível em: <<http://annex31.wiwi.unikarlsruhe.de/CONCEPTS.htm>>. Acesso em: nov. 2006.

IEA ANNEX 31 – ENERGY-RELATED ENVIRONMENTAL IMPACT OF BUILDING. **Decision making framework.** 2001b. Disponível em: <<http://annex31.wiwi.unikarlsruhe.de/CONCEPTS.htm>>. Acesso em: nov. 2006.

IEA ANNEX 31 – ENERGY-RELATED ENVIRONMENTAL IMPACT OF BUILDING. **Directory of tools.** 2001c. Disponível em: <<http://annex31.wiwi.unikarlsruhe.de/CONCEPTS.htm>>. Acesso em: nov. 2006.

IEA ANNEX 31 – ENERGY-RELATED ENVIRONMENTAL IMPACT OF BUILDING. **Environmental framework.** 2001d. Disponível em: <<http://annex31.wiwi.unikarlsruhe.de/CONCEPTS.htm>>. Acesso em: nov. 2006.

IEA ANNEX 31 – ENERGY-RELATED ENVIRONMENTAL IMPACT OF BUILDING. **LCA methods for buildings.** 2001e. Disponível em: <<http://annex31.wiwi.unikarlsruhe.de/CONCEPTS.htm>>. Acesso em: nov. 2006.

IEA ANNEX 31 – ENERGY-RELATED ENVIRONMENTAL IMPACT OF BUILDING. **Type of tools.** 2001f. Disponível em: <<http://annex31.wiwi.unikarlsruhe.de/CONCEPTS.htm>>. Acesso em: nov. 2006.

IMAY, Y. *et al.* Environmental considerations in building life cycle management of a general contractor in Japan: Obayashi Corporation. *In: WORLD SUSTAINABLE BUILDING CONFERENCE*, 8., Austrália, 2008.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). Climate change 2007: the physical science basis, this summary for policymakers. *In: SESSION OF WORKING GROUP I OF THE IPCC*, 10., Paris, 2007.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **Environmental management: life cycle assessment. Life cycle impact assessment. ISO 14.042.** Geneva: ISO, 2000.

\_\_\_\_\_. **ISO/TS 21929-1: sustainability in building construction. Sustainability indicators. Parte 1. Framework for the development of indicators for building.** Suíça, 24 f.

\_\_\_\_\_. **ISO/TS 21931-1: sustainability in building construction. Framework for method of assessment for environmental performance of construction works. Part 1: Building.** Suíça, 2006. 24 f.

IPT. **Catálogo de processos e sistemas construtivos para habitação.** São Paulo: Instituto de Pesquisa Tecnológicas, 1998.

IWAMURA, K. The movement towards sustainable building in Japan. *In: WGBC CONGRESS IN SAN FRANCISCO*, 2005.

IYER-RANIGA, U. *et al.* A framework for understanding the environment impact of buildings in Australia. *In: WORLD SUSTAINABLE BUILDING CONFERENCE*, 8., Austrália, 2008.

JASSEN, R. *et al.* Environmental policy analysis: which method for which problem? **Revue d'Economie Regionale et Urbane**, n. 5, 1984.

JOHN, G.; CLEMENTS-CROOME, D.; JERONIMIDIS, G. Sustainable building solutions: a review of lessons from the natural world. **Building and Environment**, v. 40, p. 319-328, 2005.

JOHN, V. M. Desafios de seleção de materiais e fornecedores. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL*, 1., São Paulo, 2008.

\_\_\_\_\_. Desenvolvimento sustentável e a construção de habitacional. *In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA 58; SIMPÓSIO ANTAC: O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A CONSTRUÇÃO HABITACIONAL*, 2006, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 2006.

JOHN, V. M. *et al.* Agenda 21 for the Brazilian construction industry: a proposal. *In: CONSTRUCTION AND ENVIRONMENT: FROM THEORY INTO PRACTICE*, 2000, São Paulo. **Proceedings...** São Paulo: CIB/PCC/USP, 2000.

JONES, D. *et al.* Piloting 4D sustainability assessment software in the Netherlands. *In: WORLD SUSTAINABLE BUILDING CONFERENCE*, 8., Austrália, 2008.

JÖNSSON, A. Tools and method for environmental assessment of building products: methodological analysis of six selected approaches. **Building and Environmental**, v. 35, p. 223-238, 2000.

JORGENSEN, S. L. **Social aspects of sustainable development**. Social Development Department Word Bank Socially Sustainable Development, 2002.

KAATZ, E. *et al.* Advancing key outcomes of sustainability building assessment. **Building Research and Information**, v. 34, n. 4, p. 308-320, 2006.

KAJIMOTO, K. *et al.* Studies concerning the status of utilizing CASBEE evaluation and the prevalence of assessment tool in design division within large contractors in Japan. *In: WORLD SUSTAINABLE BUILDING CONFERENCE*, 8., Austrália, 2008.

KARAMAN, H. G. *et al.* Assessment of clay bricks compressive strength using quantitative values of colour components. **Construction and Building Materials**, v. 20, p. 348-354, 2006.

KHANAM, S. Increasing access to housing for low income people in Bangladesh through income and employment generation. *In: WORLD URBAN FORUM UN-HABITAT*. 2004, Barcelona. **Proceedings...** Barcelona, 2004.

KIM, K. W. *et al.* Development of a housing performance evaluation model for multi-family residential buildings in Korea. **Building and Environment**, v. 40, p. 1.103-1.116, 2005.

KOHLER, N.; MOFFATT, S. Life cycle analysis of the built environment. **UNEP Industry and Environment**, 2003, p. 17-21.

KORONEOS, C.; DOMPROS, A. Environmental assessment of brick production in Greece. **Building and Environment**, v. 42, p. 2.114-2.123, 2007.

KOWALTOWSKI, D. C. C. K. *et al.* Análise de parâmetros de implantação de conjuntos habitacionais de interesse social: ênfase nos aspectos de sustentabilidade ambiental e da qualidade de vida. **Construção e Meio Ambiente**, v. 7, 2006. (Coletânea Habitate).

KRAMER, K. W. LEED: rating and tild up. **Concrete International**, v. 28, p. 32-34, 2006.

KRIGSVOLL, G. Life cycle costing as part of decision making use of building information models. *In: WORLD SUSTAINABLE BUILDING CONFERENCE*, Australia, 2008.

KRONKA, R. C. M. Arquitetura e sustentabilidade. *In: CICLO DE CURSOS DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL*, v. 2, 2004.

\_\_\_\_\_. **Arquitetura de baixo impacto humano e ambiental**. São Paulo, 2002. Tese (Doutorado em Arquitetura)–Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2002.

KRÜGER, E. L.; DUMKE, E. M. S. Avaliação integrada da vila tecnológica de Curitiba. **Tuiuti Ciência e Cultura**, Curitiba, v. 25, n. 3, p. 63-82, 2001.

KUHN, E. A.; SATTLER, M. A. Avaliação ambiental de protótipo de habitação de interesse social mais sustentável. *In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO*, 11., Florianópolis, 2006. **Anais...** Florianópolis, 2006.

KUMAR, S. A perspective study on fly ash-lime-gypsum bricks and hollow blocks for low cost housing development. **Construction and Building Materials**, v. 16, p. 519-525, 2002.

KYA HÁ, S. Housing regeneration and building sustainable low-income communities in Korea. **Habitat International**, v. 31, p. 116-129, 2007.

KYVELOU, S. Planning and building green in the Mediterranean: realities and perspectives. *In: SBC Mediterranean Report*, 2006.

LAM, K. K. *et al.* A report on the state of sustainable building in Hong Kong. *In: WORLD SUSTAINABLE BUILDING CONFERENCE*, 8., Austrália, 2008.

LAMBERTS, R. Sustentabilidade, conforto e eficiência energética nas habitações. *In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA 58; SIMPÓSIO ANTAC: O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A CONSTRUÇÃO HABITACIONAL*, 2006, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 2006.

LARSSON, N. Bumpy road ahead. *In: WORLD SUSTAINABLE BUILDING CONFERENCE*, Austrália, 2008.

\_\_\_\_\_. **An overview of the GBC method and GBTool**. 2005.

\_\_\_\_\_. **Canadian green building strategies**. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PASSIVE AND LOW ENERGY ARCHITECTURE*, 18.. 2001, Florianópolis, 2001. p. 17-26.

LAYRARGUES, P. P. Do ecodesenvolvimento ao desenvolvimento sustentável: evolução de um conceito? **Proposta**, ano 25, n. 71, p. 5-10, 1997.

LEE, W. L.; BURNETT, J. Customization of GBTool in Hong Kong. **Building and Environment**, v. 41, p. 1.831-1.846, 2006.

LEITE, F. L.; SCHRAMM, F. K.; FORMOSO, C. T. Gestão de empreendimentos habitacionais de interesse social: foco na gestão de requisitos do cliente e no projeto do sistema de produção. **Construção e Meio Ambiente**, v. 7, 2006. (Coletânea Habitate).

LEWIS, S. Is LEED Broken? **Environmental Design+Construction**, 2005. Disponível em: <<http://www.edcmag.com>>. Acesso em: 23 nov. 07.

LI, Z. A new life cycle impact assessment approach for building. **Building and Environment**, v. 41, p. 1.414-1.422, 2006.

LIPPIATT, B. C. **BEES 1.0: building for environmental and economic sustainability**. Technical manual and user guide. Gaithersborough: NIST, 1998. 84 p.

LIPPIATT B. Building for Environmental and Economic Sustainability Technical Manual and User Guide, **NISTIR 6916**, Outubro, 2002

\_\_\_\_\_. NIST BusiBEES and tools for green building. *In: WORLD SUSTAINABLE BUILDING CONFERENCE*, 8., Austrália, 2008.

LIPPIATT, B. C. *et al.* Measuring the life cycle environmental and economic performance of concrete: the bees approach. *In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON SUSTAINABLE DEVELOPMENT AND CONCRETE TECHNOLOGY*, 2004. **Proceedings...** 2004.

LLOYD, S.; LANDFIELD, A.; GLAZEBROOK, B. Integrating LCA into green building design. **Building Design & Construction**, p. 52-54, 2005.

LUTHER, M. A new paradigm for sustainable residential building. *In: WORLD SUSTAINABLE BUILDING CONFERENCE*, 8., Austrália, 2008.

LÜTZKENDORF, T.; ILOMÄKI, A. How to assess the contribution of building to sustainable development. *In: BMBF FORUM FOR SUSTAINABILITY*, 4., German EU Council Presidency, 2007.

MANFREDINI, C.; SATTLER, M. A. Estimativa da energia incorporada a materiais de cerâmica vermelha no Rio Grande do Sul. **Ambiente Construído**, v. 5, n. 1, p. 23-37, 2005.

MARICATO, E. Contradições e avanços da Habitat II. *In: SOUZA, A. G. (Org). Habitar contemporâneo: novas questões no Brasil dos anos 90*. 1997. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo)–Faculdade de Arquitetura, Universidade Federal Bahia, 1997. p. 21-37.

\_\_\_\_\_. **Brasil, cidades: alternativas para a crise urbana**. Petrópolis: Vozes, 2001.

MARTUCCI, R. **Relatório Final: análise e avaliação de desempenho vila tecnológica de Ribeirão Preto**. São Carlos, 1997. Palestra.

MASCARÓ, J. L. **O custo das decisões arquitetônicas**. 4. ed. Porto Alegre: +4, 2006.

MASSUH, H.; PEYLOUBET, P. Las nuevas alianzas: la producción del hábitat popular también en la escuela. *In: HABITARE SEMINÁRIO IBERO-AMERICANO DE REDE CYTED XIV*, 4., v. 2, 2002.

MATHEUS, R. F. M. S. **Novas tecnologias construtivas com vistas à sustentabilidade da construção**. Dissertação (Mestrado)–Escola de Engenharia, Universidade do Minho, Portugal, 2004.

MATHEUS, R. F. M. S. *et al.* Sustainability assessment and rating of Portuguese's building. *In: WORLD SUSTAINABLE BUILDING CONFERENCE*, Austrália, 2008.

MCGRANAHAN, G.; SATTERTHWAITE, D. Environmental health or ecological sustainability: reconciling the brown and green agendas in urban development. *In*: PUGH, C. (Ed.). **SUSTAINABLE CITIES IN DEVELOPING COUNTRIES**, Earthscan, London, 2000.

MCKAY, S.; KHARE, A. Awareness development for an energy management program for social housing in Canada. **Energy and Buildings**, v. 36, p. 237-250, 2004.

MEARING, T. *et al.* **Life cycle cost analysis handbook**. Alaska: Department of Education e Early Development, 1999.

MEDEIROS, F. B.; MONETTI, E. **Análise da adequação dos programas de financiamento habitacional para atender as necessidades de aquisição de moradias adequadas à população de baixa renda no Brasil**. São Paulo: BT/PCC/492, 2008.

MEDVEDOVSKI, N. S. *et al.* Gestão habitacional para uma arquitetura sustentável. **Ambiente Construído**. Porto Alegre, v. 5, p. 49-61, 2005.

MELHADO, S. B.; BARROS, M. M. S.; SOUZA, A. L. R. **Qualidade do projeto de edifícios: fluxogramas e planilhas de controle de projeto**. São Paulo: Escola Politécnica/USP, 1996. (Documento CPqDCC n.º 20.091 - EP/SC-1).

MEMARI, A. M. *et al.* Seismic response of a new type of masonry tie used in brick veneer walls. **Construction and Building Materials**, v. 16, p. 397-407, 2006.

MILLER, G. *et al.* Sustainable building Canada on the move. *In*: **WORLD SUSTAINABLE BUILDING CONFERENCE**, 8., Austrália, 2008.

MITHRARATNE, N.; VALE, B. Life cycle analysis model for New Zealand houses. **Building and Environment**, v. 39, p. 483-492, 2004.

MOHAMMAD, F.; AMATO, A. Public housing and social sustainability indicators: HK-BEAM as a case study. *In*: **ANNUAL RESEARCH CONFERENCE OF THE ROYAL INSTITUTION OF CHARTERED SURVEYORS**, 2006. **Proceedings...** 2006.

MONTEIRO, S. N. *et al.* Red ceramic industrial productions incorporated with oily waste. **Construction and Building Materials**, 2006.

MORA, E. P. Life cycle, sustainability and the transcendent quality of building materials. **Building and Environment**, v. 42, p. 1.329-1.334, 2007.

MORAIS, D. M. **Briquetes de resíduos lignocelulosicos como potencial energético para queima de blocos cerâmicos: aplicação em uma indústria de cerâmica vermelha que abastece o DF**. Tese (Doutorado)–Universidade de Brasília, 2007.

MORAIS, D. M. *et al.* Qualidade e sustentabilidade na produção de blocos cerâmicos utilizados no Distrito Federal e Goiás: aspectos energéticos no ciclo de queima utilizando-se lenha, pó de serra e briquetes. *In*: **ENTAC**, 11., 2006, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 2006.

- MORETTI, R. S. Habitação popular e sustentabilidade. **Revista Técnico**, v. 98, 2005.
- NAVARRA. **Guía de buenas prácticas ambientales**: construcción de edificios. Fundación Centro de Recursos ambientales, 2005.
- NEGREIROS, I.; ABIKO, A. Análise de métodos de avaliação ambiental para loteamentos urbanos. *In*: ELECS, Campo Grande, 2007.
- NGOWI, A. B. Creating competitive advantage by using environment: friendly building processes. **Building and Environment**, v. 36, p. 291-298, 2006.
- NOGUCHI, M.; VELASCO, C. R. H. A ‘mass custom design’ approach to upgrading conventional housing development in Mexico. **Habitat International**, v. 29, p. 325-336, 2005.
- NORIE “Sistemas de Indicadores de Qualidade e Produtividade para Construção Civil: Manual de Utilização”. 2º edição, Porto Alegre, 1995
- OLIVEIRA, D. F. Análise da dosagem para reciclagem do resíduo de construção civil na fabricação de blocos de vedação. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE CERÂMICA, 47., 2003, João Pessoa.
- OLIVEIRA, D. P. **Contribuição para a avaliação ambiental de subsistemas de cobertura em habitações de interesse social**. 2005. 192 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)–Escala de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.
- ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT – OECD. **Core set of indicators for environmental performance reviews**: a synthesis report by the group on the state of the environment. Environment monographs, n. 83, 1993, 39 f.
- PAIVA, V. T. Caminhos da tecnologia: transmissão e reconversão do conhecimento na produção habitacional popular. *In*: ENCONTRO NACIONAL SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADE SUSTENTÁVEIS, 1., 1997, Canela. **Anais...** Canela, 1997.
- PEARCE, A. R. **A primer on green building materials**: technical paper produced for sustainable facilities & infrastructure program. Atlanta: Georgia Tech Research Institute, 1998.
- PENTEADO, H. M. Sustentabilidade na obra de Renzo Piano: elementos para prática contemporânea de projeto. *In*: ENCONTRO NACIONAL E ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE EDIFICAÇÕES SUSTENTÁVEIS E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS, 1. e 2., Canela, 2001. **Anais...** Canela, 2001.
- PEREZ, N. *et al.* The influence of construction materials on the life cycle energy use and carbon dioxide emission medium sized commercial building. *In*: WORLD SUSTAINABLE BUILDING CONFERENCE, 8., Austrália, 2008.

PLESSIS, C. (Org). **Agenda 21 for sustainable construction in developing countries**. Pretoria: CIB/UNEP-IETC, 2002.

POUPORTIER, B. L. P. Life cycle assessment applied to the comparative evaluation of single family houses in the French context. **Energy and Building**, n. 33, 2001.

PROJETO... **Tecnologias para construção habitacional mais sustentável**. FINEP 2386/04, 2007. Disponível em: <[http://www.habitacaosustentavel.pcc.usp.br/metas\\_avaliacao.htm](http://www.habitacaosustentavel.pcc.usp.br/metas_avaliacao.htm)>. Acesso em: nov. 2007.

PULASKI, M. H.; HORMAN, M. J. Organizing constructability knowledge for design. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 911, 2006.

PULSELLI, R. M. *et al.* Energy analysis of building manufacturing, maintenance and use: em-building indices to evaluate housing sustainable. **Energy and Building**, v. 39, p. 620-628, 2007.

PUSHKAR, S.; BECKER, R.; KATZ, A. A methodology for design of environmental optimal buildings by variable grouping. **Building and Environment**, v. 40, p. 1.126-1.139, 2005.

QUALITEL LA CERTIFICATION POUR LE CONFORT D'USAGE À CHARGES MAÎTRISÉES LOGEMENTS NEUFS, intégration des labels énergétiques

REDDY, B. V. V.; JAGODISH, K. S. Embodied energy of common and alternative building materials and technologies. **Energy and Building**, v. 35, p. 129-137, 2003.

RENECKES, D.; LAFAVE, J. M. Analysis of brick veneer walls on wood frame construction subjected to out-of-plane loads. **Construction and Building Materials**, v. 19, p. 430-447, 2005.

ROAF, S. C. Education in a climate of change. *In*: PLEA CONFERENCE. INTERNATIONAL CONFERENCE ON PASSIVE AND LOW ENERGY ARCHITECTURE – RENEWABLE ENERGY FOR A SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF BUILT ENVIRONMENT, 18., 2001, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 2001. p. 11-16.

ROSSI, A. M. G. Habitação e a cidade sustentável. *In*: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA 58; SIMPÓSIO ANTAC: O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A CONSTRUÇÃO HABITACIONAL, 2006, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 2006.

ROVERS, R. Sustainable building: an international overview of current and future activities. *In*: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PASSIVE AND LOW ENERGY ARCHITECTURE: PLEA, 18., 2001, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, p. 27-36, 2001.

SABBATINE, F. H. **Tecnologia de vedações verticais**. 1998. Notas de aula.



SABOYA JR., F. *et al.* The use of the powder marble by-product to enhance the properties of brick ceramic. **Construction and Building Materials**, 2006.

SANTIN, O. G. Analysis of material and energy efficiency of Mexican, Peruvian and Dutch dwelling using the three step-strategies. *In: WORLD SUSTAINABLE BUILDING CONFERENCE*, 8., Austrália, 2008.

SANTOS, D. G.; HEINECK, L. F. Seleção de processos construtivos através da segmentação de processos em suas atividades constituintes: caso das vedações verticais. *In: ENTAC*, 11., 2006, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 2006.

SATHRE, R.; GUSTAVSSON, L. Effects of energy and carbon taxes on building material competitiveness. **Energy and Building**, v. 39, p. 488-494, 2007.

SATO, M. *et al.* Incorporation of LCCO<sub>2</sub> assessment to CASBEE. *In: WORLD SUSTAINABLE BUILDING CONFERENCE*, 8., Austrália, 2008.

SATTLER, M. A.; PEREIRA, F. O. R. **Construção e Meio Ambiente**, v. 7, 2006. 296 p. (Coletânea Habitare).

SATTLER, M. A. *et al.* Aplicação de tecnologias sustentáveis em um conjunto habitacional de baixa renda. v. 2. **Inovação, Gestão da Qualidade & Produtividade e Disseminação do Conhecimento na Construção Habitacional**. 2001. (Coletânea Habitare).

SCHILLER, S. *et al.* Edificación sustainable: consideraciones para la calificación del hábitat construido en el contexto regional latino americano. **Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente**, v. 7, n. 1, Argentina, 2003.

SCHRAMM, F. K. *et al.* O projeto do sistema de produção na gestão de empreendimentos habitacionais de interesse social. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 6, p. 59-71, 2006.

SEDREZ, M. M. **Sustentabilidade do ambiente construído**: contribuição para a avaliação de empreendimentos habitacionais de interesse social. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)—Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2004.

SEDREZ, M. M.; ROSA, F. F.; SATTLER, M. A. Estratégias de projeto para habitações do CETHS em Nova Hartz, RS. *In: ENCONTRO NACIONAL E ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE EDIFICAÇÕES SUSTENTÁVEIS E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS*, 2. e 1. 2001, Canela. **Anais...** Canela, 2001.

SHIMBO, I. *et al.* Indicadores de sustentabilidade na cadeia produtiva de habitação em madeira de reflorestamento. *In: ENTAC*, 8., 2000, Salvador, v. 1, p. 181-188, Salvador, 2000.

SILVA, J. G. **Análise do ciclo de vida de tijolos prensados de escória de alto-forno**. 2005. Dissertação (Mestrado)—Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005.

SILVA, M. A. C.; SOUZA, R. **Gestão do processo de projeto de edificações**. São Paulo: O Nome da Rosa, 2003.

SILVA, M. F. S. **Modelo de referência para análise e desenvolvimento de sistemas de monitoramento de intervenções de governos municipais no campo habitacional**. 2005. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção)–Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

SILVA, M. G.; SILVA, V. G. **Painéis de vedação**. 2. ed. Rio de Janeiro: Centro Brasileiro de Construção em aço, 2004, v. 1. 57 p.

SILVA, V. G. **Avaliação da sustentabilidade de edifícios de escritórios brasileiros: diretrizes e bases metodológicas**. Tese (Doutorado)–EPUSP, São Paulo, 2003.

SILVA, V. G. **Environmental assessment of buildings: towards an appropriate approach to Brazilian environmental Agenda**: final report for the International Training Programmed on Sustainable Building and Urban Design (SBUD). Rotterdam: Institute for Housing and Urban Studies – IHS, 2001.

SILVA, V. G. Indicadores de sustentabilidade de edifícios estado da arte e desafios para o desenvolvimento no Brasil. **Ambiente Construído**, v. 7, p. 47-66, 2007.

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

SILVA, V. G. *et al.* Environmental assessment of buildings: towards an appropriate approach to Brazilian environmental Agenda. *In*: SUSTAINABLE BUILDING, 2002. **Proceedings...** iiSBE/CIB/Bigforsk: Oslo, Norway, 2002.

SILVA, V. G. *et al.* Sustainable Building in Brazil. *In*: WORLD SUSTAINABLE BUILDING CONFERENCE, Austrália, 2008.

SINGH, A. L.; ASGHER, M. S. Impact of brick kilns on land use/landcover changes around Aligarh city, India. **Habitat International**, v. 29, p. 591-602, 2005.

SJÖSTRÖM, C. Service life of the building. *In*: Application of the performance concept in building. Tel Aviv. CIB. v. 2. **Proceedings...** 1996. p. 1-6.

SJÖSTRÖM, C. *et al.* **Guide and bibliography to service life and durability research for building materials and components**. Londres: CIB W080/RILEM 175-SLM, 2004.

SOARES, S. R. *et al.* A avaliação do ciclo de vida no contexto da construção civil. v. 7, Porto Alegre, 2006. (Coletânea Habitare).

SOCIETY FOR TOXICOLOGY AND CHEMISTRY – SETAC. CONSOLI, F. *et al.* (Ed.). Guidelines for life cycle assessment: a code of practice. *In*: WORKSHOP HELD IN SESIMBRA, Portugal, 1993. **Proceedings...** Portugal, 1993. 69 p.

SOUZA, A. L. R.; BARROS, M. M. S. B.; MELHADO, S. B. Qualidade, projeto e inovação na construção civil. *In: ENCONTRO NACIONAL DA TECNOLOGIA NO AMBIENTE CONSTRUÍDO*, 1995, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, 1995.

SOUZA, M. I. B. *et al.* Tijolo de solo-cimento com resíduos de construção. **Revista Técnica**, v. 113, São Paulo, 2006.

SPERB, M. **Avaliação de tipologias habitacionais a partir da caracterização de impactos ambientais relacionados a materiais de construção**. 2000. 149 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)–Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

SPOSTO, R. M. **Relatório final**: gestão e tecnologia para a qualidade e sustentabilidade na produção de blocos cerâmicos e alvenaria no Distrito Federal. Brasília: FINEP/HABITAT/FVA, 2007.

SPOSTO, R. M.; AMORIM, C. Preliminary analyses of quality and sustainability for masonry for housing in Brasília, Brasil. *In: PLEA Conference on Passive and low-energy architecture*, 20., **Anais...** Santiago, 2003.

SPOSTO, R. M. *et al.* Management and technology for quality and sustainability of masonry components in Brasilia's market. *In: CIB W107 ONSTRUCTION IN DEVELOPING COUNTRIES INTERNATIONAL SYMPOSIUM – CONSTRUCTION IN DEVELOPING ECONOMIES: NEW ISSUES AND CHALLENGES*, Santiago, Chile, 2006. Cd-rom.

SZOKOLAY, S. V. **Introduction to architectural science**: the basis of sustainable design. Oxford: Architectural Press, 2004.

TAVARES, S. F. **Metodologia de análise do ciclo de vida energético de edificações residenciais brasileiras**. 2006. Tese (Doutorado em Engenharia Civil)–Universidade Federal de Santa Catarina, 2006.

TCPO. **Tabela de composição de preços para orçamento**. São Paulo: PINI, 2003.

THOMAS, R. (Ed.). **Sustainable urban design**: an environmental approach. Londres: Spon Press, 2003.

THORMARK, C. The effect of material choice on the total energy need and recycling potential of a building. **Building and Environment**, v. 41, p. 1.019-1.026, 2006.

TOLETE, T. S. F. **Quinta da mina**: modos de vida num bairro de habitação social. 2003. Dissertação (Licenciatura em Sociologia)–Instituto Superior de Ciência do Trabalho e da Empresa, Portugal, 2003.

TRUSTY, W. B. Introducing an assessment tools classification system. **Advanced Building Newsletters**, Ottawa, n. 25, p. 18, jul. 2000.

TZORTZOPOULOS, P. **Contribuições para o desenvolvimento de um modelo do processo de projeto de edificações em empresas construtoras incorporadoras de**

**pequeno porte.** 1999. Dissertação (Mestrado em Engenharia)–Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre.

UDALL, R.; SCHENDLER, A. **LEED is broken: let's fix it.** EUA: Aspen, 2005.

UNITED NATIONS. **Report of the United Nations Conference on Environment and Development.** Rio de Janeiro, 1992, v. 1. Resolutions adopted by the conference, annex II. Agenda 21. A/CONF. 151/26/REV. 1 (v. I). p 9-479, 1992.

UNITED NATIONS ENVIRONMENTAL PROGRAMME. **Evaluation of environmental impacts in life cycle assessment.** Paris: UNEP, 2003.

UNITED STATES GREEN BUILDING COUCIL. **An introduction to the U. S. Green Building Council and the LEED green building rating system.** Washington, DC. Disponível em: <[www.usgbc.org](http://www.usgbc.org)>. Acesso em: ago. 2006.

USGBC – UNITED STATES GREEN BUILDING COUNCIL. Leadership in energy and environmental design. LEED for new construction and major renovations (LEED-NC). Version 2.2. Rating System. 2. ed. 2007. Disponível em: <<https://www.usgbc.org/LEED>>. Acesso em: set. 2007.

UNITED STATES GREEN BUILDING COUNCIL. **LEED projects directory:** registered project list. Disponível em: <<http://www.usgbc.org/LEED/Project/RegisteredProjectList.aspx>>. Acesso em: 23 out. 2007.

U. S. GREEN BUILDING COUNCIL. **LEED green building rating system™.** Disponível em: <<http://www.usgbc.org>>. Acesso em: out. 2006.

VIDAL, F. E. C; SPOSTO, R. M. Uma aplicação de um sistema de assistência técnica a autoconstrução de habitações econômicas: a experiência do programa Casa da Gente no Distrito Federal (1998). **Engenharia Civil**, Escola de Engenharia Universidade do Minho, n. 14, Portugal, 2002.

WAAGE, S. A. *et al.* Fitting together the building block for sustainability: a revised model for integration ecological, social, and financial factors into business decision-making. **Journal of Cleaner Production**, v. 13, p. 1.145-1.163, 2005.

WALLBAUM, H. Sustainability indicators for the built environment: the challenges ahead. *In:* WORLD SUSTAINABLE BUILDING CONFERENCE, 8., Austrália, 2008.

WEE, K. N.; RUNESON, M. An evaluation of the effectiveness of the green building performance tools in Singapore. *In:* WORLD SUSTAINABLE BUILDING CONFERENCE, 8., Austrália, 2008.

WONG, F. W. *et al.* A compendium of build ability issues from the viewpoints of construction practitioners. **Architectural Science Review**, v. 81, 2006.

WONG, F. W. *et al.* Benchmarking of the health performance of residential for combined life cycle assessment, life cycle costing and health impact assessment tool for public

housing Hong Kong. *In: WORLD SUSTAINABLE BUILDING CONFERENCE*, 8., Austrália, 2008.

WOOLLEY, T. *et al.* **Green building handbook**: a guide to building products and their impact on the environment. v. 1. Londres: Spon Press, 1997.

YEANG, K. **Proyectar com la naturaleza**: bases ecológicas para el proyecto arquitectónico. Espanha: McGraw-Hill, 1995.

\_\_\_\_\_. **The green skyscraper**: the basis for designing sustainable intensive building, Prestel, Nova York, 1999. 394 p.

ZHANG, Z. *et al.* BEPAS: a life cycle building environmental performances assessment model. **Building and Environment**, v. 41, p. 669-675, 2006.

ZIMMERMANN, M.; ALTHAUS, H-J.; HAAS, A. Benchmarks for sustainable construction: a contribution to develop a standard. **Energy and Buildings**, v. 37, p. 1.147-1.157, 2005.

ZORDAN, S. E. **Fichas técnicas**: entulho da indústria da construção civil. Disponível em: <<http://www.reciclagem.pcc.usp.br>>. Acesso em: 20 mar. 08.

## **APÊNDICES**

## **A1 –PROGRAMAS HABITACIONAIS BRASILEIROS**

## PROGRAMAS DE HIS NO BRASIL

Serão apresentados no Quadro A.2 os principais programas habitacionais disponíveis pela Secretaria Nacional de Habitação, vinculada ao Ministério das cidades, que é responsável pela formulação e proposição dos instrumentos para a implementação da Política Nacional de Habitação (BRASIL,2006)

Quadro A2 – Programas Habitacionais Brasileiro

PRODUTOS	PROGRAMA /AÇÃO	PROPONENTE	FONTE	OBSERVAÇÕES
<b>Construção de unidades habitacionais</b>	Apoio ao Poder Público para Construção Habitacional (Antigo Morar Melhor)	Poder público (Ministério das Cidades, Caixa Econômica Federal, Administração pública -estadual, distrital e municipal)	OGU <sup>69</sup>	- apoio a Estados, Distrito Federal e municípios para viabilizar o acesso a moradia a famílias ate 3 SM <sup>70</sup> , que vivem em localidades urbanas e rurais; - construção ou aquisição de unidades habitacionais, lotes urbanizados e requalificação de imóveis existentes.
	Carta de Crédito Individual	Pessoa física	FGTS <sup>71</sup>	- aquisição, construção, conclusão, ampliação ou melhoria de unidade habitacional por meio de aquisição de materiais de construção ou lote urbanizado.
	Carta de Crédito Associativo	Pessoa física	FGTS	- pessoas físicas associadas em grupos formados; - aquisição e construção de Unidades Habitacionais, Reabilitação urbana de lotes urbanizados.
	Apoio à Produção	Pessoa jurídica	FGTS	- conceder financiamentos a empresas do ramo da construção civil, voltadas à produção de imóveis novos, com desembolso vinculado à comercialização prévia de, no mínimo, 30% das unidades do empreendimento;
	Pró-Moradia	Poder público	FGTS	- O Pró-Moradia financia, estados, municípios, Distrito Federal, para oferecer acesso à moradia adequada à população em situação de vulnerabilidade social e com rendimento familiar mensal preponderante de até três salários mínimos; - Modalidades: Urbanização e regularização de assentamentos precários; produção de conjuntos habitacionais; desenvolvimento institucional.
	Programa de Arrendamento Residencial (PAR)	Pessoa jurídica	FAR <sup>72</sup>	- Proporcionar moradia à população de baixa renda, sob a forma de arrendamento com opção de compra; - O PAR é uma operação de aquisição de empreendimentos novos, a serem construídos, em construção ou recuperar / reformar;
	Programa Crédito Solidário	Pessoa física	FDS <sup>73</sup>	- O Programa é voltado ao atendimento de necessidades habitacionais da população de baixa renda, organizada por cooperativas, associações e entidades da sociedade civil, visando à produção de novas habitações, a conclusão e reforma de moradias existentes, mediante concessão de financiamento diretamente ao beneficiário, pessoa física.
<b>Aquisição de unidade</b>	Apoio ao Poder Público para Construção Habitacional	Poder público (Ministério das	OGU	- apoio a Estados, Distrito Federal e municípios para viabilizar o acesso a moradia a famílias ate

<sup>69</sup> OGU – Orçamento Geral da União

<sup>70</sup> 3SM – Três salários mínimos

<sup>71</sup> FGTS – Fundo de Garantia de Tempo de Serviço

<sup>72</sup> FAR - Fundo de Arrendamento Residencial



<b>habitacional nova</b>		Cidades, Caixa Econômica Federal, Administração pública -estadual, distrital e municipal)		3 SM, que vivem em localidades urbanas e rurais; - construção ou aquisição de unidades habitacionais, lotes urbanizados e requalificação de imóveis existentes.
	Carta de Crédito Individual	Pessoa física	FGTS	- aquisição, construção, conclusão, ampliação ou melhoria de unidade habitacional por meio de aquisição de materiais de construção ou lote urbanizado.
	Carta de Crédito Associativo	Pessoa física	FGTS	- pessoas físicas associadas em grupos formados; - aquisição e construção de Unidades Habitacionais, Reabilitação urbana de lotes urbanizados.
	Programa de Arrendamento Residencial (PAR)	Pessoa jurídica	FAR	- Proporcionar moradia à população de baixa renda, sob a forma de arrendamento com opção de compra; - O PAR é uma operação de aquisição de empreendimentos novos, a serem construídos, em construção ou recuperar / reformar;
<b>Aquisição de unidade habitacional usada</b>	Apoio ao Poder Público para Construção Habitacional	Poder público (Ministério das Cidades, Caixa Econômica Federal, Administração pública -estadual, distrital e municipal)	OGU	- apoio a Estados, Distrito Federal e municípios para viabilizar o acesso a moradia a famílias até 3 SM, que vivem em localidades urbanas e rurais; - construção ou aquisição de unidades habitacionais, lotes urbanizados e requalificação de imóveis existentes.
	Carta de Crédito Individual	Pessoa física	FGTS	- aquisição, construção, conclusão, ampliação ou melhoria de unidade habitacional por meio de aquisição de materiais de construção ou lote urbanizado
<b>Conclusão, ampliação, reforma ou melhoria de unidade habitacional</b>	Apoio à Melhoria das Condições de Habitabilidade de Assentamentos Precários	Poder público (Administração pública -estadual, distrital e municipal)	OGU	- Promover a urbanização de assentamentos humanos precários, com a execução de intervenções necessárias à segurança, salubridade e habitabilidade de população localizada em áreas inadequadas à moradia, visando a permanência ou realocação.
	Carta de Crédito Individual	Pessoa física	FGTS	- aquisição, construção, conclusão, ampliação ou melhoria de unidade habitacional por meio de aquisição de materiais de construção ou lote urbanizado.
	Programa Crédito Solidário	Pessoa física	FDS	- O Programa é voltado ao atendimento de necessidades habitacionais da população de baixa renda, organizada por cooperativas, associações e entidades da sociedade civil, visando à produção de novas habitações, a conclusão e reforma de moradias existentes, mediante concessão de financiamento diretamente ao beneficiário, pessoa física
<b>Aquisição de material de construção</b>	Apoio à Melhoria das Condições de Habitabilidade de Assentamentos Precários	Poder público (Administração pública -estadual, distrital e municipal)	OGU	- Promover a urbanização de assentamentos humanos precários, com a execução de intervenções necessárias à segurança, salubridade e habitabilidade de população localizada em áreas inadequadas à moradia, visando a permanência ou realocação.
	Carta de Crédito Individual	Pessoa física	FGTS	- aquisição, construção, conclusão, ampliação ou melhoria de unidade habitacional por meio de aquisição de materiais de construção ou lote urbanizado.
	Programa Crédito Solidário	Pessoa física	FDS	- O Programa é voltado ao atendimento de necessidades habitacionais da população de baixa renda, organizada por cooperativas, associações e entidades da sociedade civil, visando à produção

<sup>73</sup> FDS - Fundo de Desenvolvimento Social

				de novas habitações, a conclusão e reforma de moradias existentes, mediante concessão de financiamento diretamente ao beneficiário, pessoa física
<b>Aquisição de lote urbanizado</b>	Apoio ao Poder Público para Construção Habitacional	Poder público (Ministério das Cidades, Caixa Econômica Federal, Administração pública -estadual, distrital e municipal)	OGU	- apoio a Estados, Distrito Federal e municípios para viabilizar o acesso a moradia a famílias até 3 SM, que vivem em localidades urbanas e rurais; - construção ou aquisição de unidades habitacionais, lotes urbanizados e requalificação de imóveis existentes.
	Carta de Crédito Individual	Pessoa física	FGTS	- aquisição, construção, conclusão, ampliação ou melhoria de unidade habitacional por meio de aquisição de materiais de construção ou lote urbanizado.
<b>Produção de lote urbanizado</b>	Apoio ao Poder Público para Construção Habitacional	Poder público (Ministério das Cidades, Caixa Econômica Federal, Administração pública -estadual, distrital e municipal)	OGU	- apoio a Estados, Distrito Federal e municípios para viabilizar o acesso a moradia a famílias até 3 SM, que vivem em localidades urbanas e rurais; - construção ou aquisição de unidades habitacionais, lotes urbanizados e requalificação de imóveis existentes
	Carta de Crédito Associativo	Pessoa física	FGTS	- pessoas físicas associadas em grupos formados; - aquisição e construção de Unidades Habitacionais, Reabilitação urbana de lotes urbanizados.
<b>Requalificação de imóveis urbanos</b>	Apoio ao Poder Público para Construção Habitacional	Poder público (Ministério das Cidades, Caixa Econômica Federal, Administração pública -estadual, distrital e municipal)	OGU	- apoio a Estados, Distrito Federal e municípios para viabilizar o acesso a moradia a famílias até 3 SM, que vivem em localidades urbanas e rurais; - construção ou aquisição de unidades habitacionais, lotes urbanizados e requalificação de imóveis existentes.
	Carta de Crédito Associativo	Pessoa física	FGTS	- pessoas físicas associadas em grupos formados; - aquisição e construção de Unidades Habitacionais, Reabilitação urbana de lotes urbanizados.
	Programa de Arrendamento Residencial (PAR)	Pessoa jurídica	FAR	- Proporcionar moradia à população de baixa renda, sob a forma de arrendamento com opção de compra; - O PAR é uma operação de aquisição de empreendimentos novos, a serem construídos, em construção ou recuperar / reformar;
<b>Urbanização de assentamentos precários</b>	Apoio à Melhoria das Condições de Habitabilidade de Assentamentos Precários	Poder público (Administração pública -estadual, distrital e municipal)	OGU	- Promover a urbanização de assentamentos humanos precários, com a execução de intervenções necessárias à segurança, salubridade e habitabilidade de população localizada em áreas inadequadas à moradia, visando a permanência ou realocação.
	Pro-Moradia	Poder público	FGTS	- O Pró-Moradia financia, estados, municípios, Distrito Federal, para oferecer acesso à moradia adequada à população em situação de vulnerabilidade social e com rendimento familiar mensal preponderante de até três salários mínimos; - Modalidades: Urbanização e regularização de assentamentos precários; produção de conjuntos habitacionais; desenvolvimento institucional
<b>Desenvolvimento institucional</b>	Habitare-Brasil/BID	Poder público	OGU	- O Programa destina recursos para o fortalecimento institucional dos municípios e para a execução de obras e serviços de infraestrutura urbana e de ações de intervenção social e ambiental, por meio, respectivamente, do Subprograma de Desenvolvimento Institucional (DI) e do Subprograma de Urbanização de Assentamentos Subnormais (UAS);

	Pro-Moradia	Poder público	FGTS	-O Pró-Moradia financia, estados, municípios, Distrito Federal, para oferecer acesso à moradia adequada à população em situação de vulnerabilidade social e com rendimento familiar mensal preponderante de até três salários mínimos; - Modalidades: Urbanização e regularização de assentamentos precários; produção de conjuntos habitacionais; desenvolvimento institucional
--	-------------	---------------	------	---

Fonte: Ministério das Cidades – [http:// www.cidades.gov.br](http://www.cidades.gov.br) acesso em 10/05/06

## **A2- FÓRMULAS PARA OS INDICADORES DE CARACTERIZAÇÃO**

Indicador	<b>Índice de compacidade</b>
Objetivo	Indica o quanto o projeto afasta-se da forma mais econômica no que diz respeito ao perímetro das paredes externas (um círculo).
Fórmula	$I_c = \frac{2\sqrt{3,14 \times A_{edif}}}{P_p}$
Critérios	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Área da edificação (A<sub>edif</sub>):</b> Medida em planta pela face externa das paredes. Não inclui a área de sacadas e floreiras.</li> <li>• <b>Perímetro das paredes externas (P<sub>p</sub>):</b> Medida em planta, pelo eixo das paredes, no pavimento tipo. Não são consideradas como paredes externas as proteções (mureta e guarda-corpo) de sacadas e terraços. Ao medir o perímetro não descontar os vãos das aberturas (portas e janelas)</li> </ul>
Análise	Devem ser consideradas as dimensões do terreno principalmente no caso de terrenos estreitos e compridos. A existência de um grande número de reentrâncias ou saliências no projeto arquitetônico também são fatores que influenciam este resultado. Fatores relacionados a estética e a volumetria da edificação devem ser considerados na análise do indicador pois, em muitos casos, existe a necessidade de levar os mesmos em conta na decisão final sobre a forma da edificação.

Indicador	<b>Índice de circulação</b>
Objetivo	Verificar a otimização da relação entre as áreas de circulação vertical e horizontal de uso comum e a área do pavimento tipo
Fórmula	$I = \frac{A_{circ}}{A_{edif} + A_{sf}} * 100$
Critérios	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Área da edificação (A<sub>edif</sub>):</b> Medida em planta pela face externa das paredes. Não inclui a área de sacadas e floreiras</li> <li>• <b>Área de sacada e floreira (A<sub>sf</sub>):</b> Medida em planta da edificação. Inclui a área de projeção das muretas de proteção. Não pode existir sobreposição desta área com a área do pavimento tipo</li> <li>• <b>Área de circulação de uso comum (A<sub>circ</sub>):</b> Área da caixa do elevador, escada, corredor e hall, e outras áreas de uso comum no pavimento tipo da edificação, medidas em planta segundo o critério da NBR 12721.</li> </ul>
Análise	As áreas destinadas a circulação vertical e horizontal têm a função de promover o acesso de pessoas e bens, agregando pouco valor ao imóvel. Por esta razão, deve-se minimizar a sua área, dentro dos parâmetros mínimos que garantam a circulação adequada. Para a análise do resultado deste indicador devem ser consideradas as dimensões do terreno, principalmente no caso de terrenos estreitos e compridos. O número de unidades do pavimento tipo da edificação, existência e o número de elevadores também influenciam o resultado deste indicador. Ainda, exigências legais podem limitar a possibilidade de otimização da área. Nestes casos, é importante o desenvolvimento de opções de projeto que procurem otimizar as áreas de circulação

<b>Indicador</b>	<b>Densidade de paredes</b>
<b>Objetivo</b>	Verificar o grau de otimização da compartimentação do pavimento tipo, pois os planos verticais correspondem a aproximadamente 40% do custo das edificações e, pelo seu peso, podem elevar o custo da estrutura.
<b>Fórmula</b>	$DP = \frac{A_p}{A_{edif}}$
<b>Crítérios</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Área do pavimento tipo (<math>A_{pavt}</math>): Medida em planta pela face externa das paredes. Não inclui a área de sacadas e floreiras</li> <li>• Área de projeção das paredes externas e internas (<math>A_p</math>): Perímetro das paredes, medido no pavimento tipo, multiplicado pela espessura das respectivas paredes. Ao medir o perímetro, não descontar os vãos das aberturas (portas e janelas)</li> </ul>
<b>Análise</b>	Devem ser consideradas as dimensões dos ambientes projetados, uma vez que quanto menores os ambientes, maior tende a ser a densidade de paredes. A existência de um grande número de reentrâncias ou saliências no projeto arquitetônico também influenciam o resultado do indicador. Ainda, a forma do terreno pode influenciar o resultado, caso seja necessária a definição de corredores muito longos.

<b>Indicador</b>	<b>Índice de carga</b>
<b>Objetivo</b>	Possibilitar a análise da relação entre a carga total da edificação e sua área real, objetivando a redução de custos com estrutura e fundações.
<b>Fórmula</b>	$IC = \frac{CT_{total}}{A_{real}}$
<b>Crítérios</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Carga total da edificação</b> (<math>CT_{total}</math>): Carga total calculada para a edificação</li> <li>• <b>Área real global</b> (<math>A_{real}</math>): Área de toda a edificação, obtida segundo os critérios da NBR 12721</li> </ul>
<b>Análise</b>	A carga total da edificação influencia fortemente os custos com fundações e com a própria estrutura. É necessário considerar-se a carga resultante do tipo de estrutura utilizada (avaliando-se o seu peso próprio), e as cargas resultantes do tipo de elementos de vedação vertical utilizados (tijolos, blocos, paredes de gesso acartonado, revestimentos de parede, revestimentos de piso, etc.), os quais influenciam substancialmente na carga final da edificação. Além disto, deve-se considerar também as demais cargas consideradas no cálculo estrutural.

Indicador	<b>Índice de tubulações hidráulicas</b>
Objetivo	Verificar a eficiência do projeto arquitetônico quanto ao grau de concentração de pontos hidráulicos na edificação e do projeto hidráulico quanto ao traçado das tubulações, relacionando o comprimento das tubulações ao número de locais de atendimento. Também poder ser utilizado para gerar informações para estimativas expeditas de custo.
Fórmula	$I_h = \frac{C_t}{P_h}$
Critérios	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Comprimento das tubulações (Ct):</b> Comprimento das tubulações de água fria e água quente, medida em planta horizontal e verticalmente, independente do diâmetro</li> <li>• <b>Número de pontos hidráulicos (Pth):</b> São considerados pontos os locais listados a seguir (um ponto para água fria e um ponto para água quente): torneira, válvula de descarga, caixa de descarga, chuveiro, bebedouro, caixa d'água e outras esperas</li> </ul>
Análise	Quanto menor for o resultado do indicador, maior o grau de otimização do projeto (arquitetônico e hidrossanitário). Nos casos em que o lançamento dos projetos complementares ocorrer em paralelo ao anteprojeto de arquitetura, é possível a execução de modificações no projeto objetivando otimizar o resultado do indicador e, assim, diminuir custos. Quando o lançamento do projeto for executado somente após a aprovação legal do projeto de arquitetura, este resultado pode ser utilizado somente como parâmetro para próximos projetos.

Indicador	<b>Índice de eletrodutos</b>
Objetivo	Verificar a eficiência do projeto elétrico quanto ao traçado dos eletrodutos, relacionando o comprimento dos mesmos ao número de locais de atendimento. Também poder ser utilizado para gerar informações para estimativas expeditas de custo.
Fórmula	$I_e = \frac{C_e}{P_e}$
Critérios	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Comprimento dos eletrodutos (Ce):</b> Comprimento dos eletrodutos horizontais e verticais, independente do diâmetro, medido no projeto</li> <li>• <b>Número de pontos elétricos (Pte):</b> São considerados pontos: interruptores, luminárias, tomadas, tecla de campainha, sirene de campainha, tomada para ar condicionado, chuveiro elétrico, centro de distribuição e quadro geral. Os interruptores simples, duplo, triplo equivalem a um ponto; assim como cada interruptor tipo hotel</li> </ul>
Análise	Quanto menor for o resultado do indicador, maior o grau de otimização dos projetos arquitetônico e elétrico. Nos casos em que o lançamento dos projetos complementares ocorre em paralelo ao anteprojeto de arquitetura, é possível a execução de modificações no projeto objetivando otimizar o resultado do indicador e, assim, diminuir custos. Quando o lançamento do projeto for executado somente após a aprovação legal do projeto de arquitetura, este resultado pode ser utilizado somente como parâmetro para próximos projetos.

Indicador	<b>Índice de fôrmas</b>
Objetivo	Indicar a racionalidade da escolha do sistema estrutural e do dimensionamento da estrutura quanto a área de formas. Também poder ser utilizado para gerar informações para estimativas expeditas de custo
Fórmula	$I_{forma} = \frac{A_{form}}{A_{real}}$
Crítérios	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Área das formas (Aform):</b> Área das formas, medida no projeto estrutural pela face de contato com as peças de concreto armado. Não inclui as formas das fundações (nem vigas de fundação). Fazer na planilha uma descrição do sistema estrutural utilizado</li> <li>• <b>Área real global (Areal):</b> Área de toda a edificação, obtida segundo os critérios da NBR 12721</li> </ul>
Análise	Quanto menor for o resultado do indicador, maior o grau de otimização do projeto. Entretanto, é necessário analisar-se o tipo de estrutura utilizada, a modulação estrutural proposta, entre outros fatores, que podem exercer influências sobre a área de fôrmas necessária

Indicador	<b>Índice do aço</b>
Objetivo	Detectar o super-dimensionamento da armadura da estrutura de concreto armado ou a má distribuição de cargas no projeto arquitetônico. Também poder ser utilizado para gerar informações para estimativas expeditas de custo
Fórmula	$I_{aço} = \frac{P_{aço}}{A_{real}}$
Crítérios	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Peso do aço (Paço):</b> Peso da armadura, obtido no projeto estrutural. Não inclui a armadura das fundações (nem vigas de fundação)</li> <li>• <b>Área real global (Areal):</b> Área de toda a edificação, obtida segundo os critérios da NBR 12721</li> </ul>
Análise	Quanto menor for o resultado do indicador, maior o grau de otimização do projeto. Entretanto, é necessário analisar-se o tipo de estrutura utilizada, a modulação estrutural proposta, a carga resultante de elementos de vedação vertical utilizados, entre outros fatores, que podem exercer influências sobre a quantidade de aço necessária a estrutura. Através deste indicador, juntamente com a “relação entre o volume de concreto e a área construída”, pode-se gerar a relação entre o peso do aço e o volume de concreto, indicador bastante utilizado por projetistas de estruturas.

Fonte: Norie, 1995



### **A3- TEMAS E DADOS USADOS NO PROMAPS-HIS**

MASP-HIS	Etapa 1
	Aspectos ambientais
<b>Aspectos Gerais</b>	
<b>Análise completa de todos os projetos</b>	
<i>Categoria</i>	
<i>Consumo de recursos - energia e fluxo de massa</i>	
<i>Sub-categorias</i>	
<b>1. Uso do solo</b>	
<b>A1.1</b> O projeto contempla mecanismos para evitar e controlar processos erosivos devido a implantação do empreendimento?	
Quais? (não pontua)	
<b>A1.2</b> O projeto contempla mecanismos para recuperar áreas em processos erosivos próximas a implantação do empreendimento?	
Quais? (não pontua)	
<b>A1.3</b> Foram realizadas investigações geotécnicas necessárias e adequadas para conhecer o solo do empreendimento <sup>1</sup> ?	
<b>A1.4</b> As fundações escolhidas estão de acordo com as propriedades do solo ?	
<b>A1.5</b> Os taludes locais são preservados?	
<b>A1.6</b> O projeto define os serviços de terraplenagem com balanceamento de volumes de cortes e aterros, evitando a movimentação de terra e a criação de taludes acentuados?	
<b>A1.7</b> O empreendimento adapta-se a topografia do local evitando grandes movimentações de terra?	
<b>A1.8</b> O projeto contempla medidas para a reabilitação do ambiente para promover a biodiversidade?	
<b>A1.9</b> O projeto contempla a implantação do empreendimento em áreas de alta densidade habitacional com infra-estrutura compatível com o aumento populacional causado pela futura ocupação?	
<b>A1.10</b> A localização do terreno é em áreas de conturbação urbana?	
<b>A1.11</b> A localização do terreno é em vazios urbanos <sup>2</sup> ?	
<b>A1.12</b> O sítio que descreve a localização do projeto é área de solo contaminado, mediante reabilitação das áreas (descontaminar ou encapsular)?	
<b>A1.13</b> O sítio que descreve a localização do projeto é área de reutilização/ renovação <sup>3</sup> ?	
<b>A1.14</b> O empreendimento não está locado em áreas onde o solo é ecologicamente sensível ou valioso?	
<b>A1.15</b> O projeto contempla a proteção de plantas, árvores, fontes de água superficial e/ ou subterrânea e espécies sensíveis?	
<b>A1.16</b> O índice de ocupação (relação entre a área ocupada pela projeção horizontal da construção e a área do terreno) é menor ou igual a 50%?	
<b>A1.17</b> O índice de permeabilidade (percentual expresso pela relação entre a área do terreno sem pavimentação impermeável e sem construção no subsolo e área total do terreno) do terreno é igual ou maior que 30%?	
<b>A1.18</b> A pavimentação proposta é permeável ou semi- permeável ou utiliza resíduos, como por exemplo pneus, para a execução do asfalto?	
<b>A1.19</b> O empreendimento será executado em área de baixo valor ambiental?	
<b>A1.20</b> O empreendimento será executado em área não agricultável?	
<b>A1.21</b> O empreendimento será executado em áreas livres de inundações limitando a propagação de poluentes?	
<b>A1.22</b> O empreendimento será executado em áreas livres desmoroamento?	
<b>A1.23</b> O projeto paisagístico contempla o uso de plantas nativas da região?	
<b>A1.24</b> O projeto paisagístico contempla o uso de árvores frutíferas ?	
<b>A1.25</b> O projeto paisagístico contempla áreas sombreadas ?	
<b>A1.26</b> Há áreas verdes publicas para recreação em porcentagem maior que 10% da área total prevista?	
<b>A1.27</b> Há áreas para incentivar passeios, lazer e atividades físicas?	
<b>A1.28</b> O projeto do empreendimento oferece aos usuários acesso às vistas naturais, como por exemplo áreas verdes exteriores?	
<b>A2. Consumo de água</b>	
<b>A2.1</b> O empreendimento possui acesso a água potável de qualidade para o abastecimento?	

<b>A2.2</b> A infra-estrutura do empreendimento garante sistemas para tratamento adequado de esgoto sanitário?
<b>A2.3</b> O empreendimento está locado em áreas onde não há riscos de contaminação de corpos d'água e águas subterrâneas?
<b>A2.4</b> Possui sistemas de captação, armazenamento e reuso de água de chuva compatível com o regime de chuva da região do projeto <sup>4</sup> e para atividades que não necessitem de água potável?
<b>A2.5</b> Possui sistema de reaproveitamento de águas cinzas (efluentes de chuveiros, lavatórios, tanques, máquinas de lavar roupas) para atividades de irrigação de jardins, descarga de bacias sanitárias, lavagem de pisos, lavagem de carros) desde que garanta a separação e não contaminação do sistema de água potável?
<b>A2.6</b> Possui sistema de infiltração de água de chuva com as seguintes características essenciais:
<b>A2.6a</b> Os sistemas utilizados são: pavimentos permeáveis (executados sobre camada de brita ou pedregulho ou com aplicação de vegetação rasteira - grama) ou Planos de infiltração ou Trincheiras ou valas de infiltração ou Poços de infiltração ou coberturas verdes (evatranspiração).
<b>A2.6b</b> Conhece-se a taxa de infiltração (I) e o coeficiente de permeabilidade (K) sendo que este apresenta valores $\geq 1 \times 10^4$ cm/s.
<b>A2.6c</b> O solo não apresenta colapsibilidade.
<b>A2.6d</b> A cota do fundo do sistema utilizado está acima, no mínimo, de 1,50m do lençol freático para impedir a sua possível contaminação.
<b>A2.6e</b> O projeto foi desenvolvido para que água da chuva seja conduzida inicialmente para o sistema de infiltração e somente depois da redução da capacidade de absorção do solo esta seja encaminhada para o sistema público.
<b>A2.6f</b> O projeto define a instalação de pré-filtros e caixas de areia a montante para minimizar o processo de colmatação do sistema pelo acúmulo de sedimentos.
<b>A2.6g</b> O projeto define os critérios e os tempos ideais para a manutenção do sistema.
<b>A2.7</b> A concepção e execução do projeto são simples e prevêm pontos de manutenção acessíveis?
<b>A2.8</b> Os produtos (instalações e equipamentos) especificados são certificados ou possuem referencia técnica confiável?
<b>A2.9</b> O projeto contempla a instalação de componentes economizadores nos pontos de consumo?
<b>A2.10</b> O projeto especifica volume de descarga inferiores a 6,0L e com sistema de dupla descarga?
<b>A2.11</b> A vegetação especificada consome pouca água, não requer o uso de pesticidas e fertilizantes para sua manutenção e o sistema de irrigação utiliza água de fontes alternativas?
<b>A2.12</b> As tubulações são identificadas com cores e com separação da água não potável?
<b>A2.13</b> A escolha dos materiais foram compatível com a natureza da água distribuída (análise das características físico-químico da água antes da especificação dos materiais)?
<b>A2.14</b> Os reservatórios especificados no projeto possuem as seguintes características: fechados com tampa, permite a inspeção e limpeza e se possuem dispositivos de extravasão, limpeza e ventilação com as respectivas extremidades dotadas de crivo de tela de malha fina?
<b>A2.15</b> Os sistemas prediais hidráulicos e sanitários foram projetados de maneira a proporcionar conforto aos usuários, com temperatura, pressão, volume e vazão compatíveis com o uso associado a cada ponto de utilização?
<b>A2.16</b> Foi especificado no projeto isolamento das tubulações de forma que as vibrações não sejam propagadas à estrutura de sustentação e que não gerem desconfortos aos usuários devido as vibrações ou ruídos?
<b>A2.17</b> Foi especificado desconectores para garantir a estanqueidade aos gases e se as extremidades dos tubos de ventilação evitam a liberação de gases a partir do sistema de ventilação?
<b>A3. Consumo de energia</b>
<b>A3.1</b> Foi estimulado o uso de energia renovável como por exemplo aquecimento por energia solar, energia fotovoltaica, eólica, geotérmica, biomassa ? (1 pt para cada fonte de energia renovável)
<b>A3.2</b> Projetou-se conhecendo a energia de operação para o funcionamento da habitação para um ciclo de vida de 40 anos?

<b>A3.3</b> O projeto especifica materiais e componentes elétricos com menor consumo e com eficiência e eficácia?
<b>A3.4</b> Projetou-se aproveitamento da energia passiva ?
<b>A3.5</b> Há espaços para a secagem de roupas evitando-se o uso de secadoras elétricas?
<b>A3.6</b> O projeto contempla tomadas conforme a potências dos equipamentos e distribuídas de acordo com o <i>layout</i> evitando o uso de dispositivos tipo Tê?
<b>A3.7</b> A especificação dos materiais que compõem a cobertura são de cor de absorvência solar baixa ( $\alpha < 0,4$ ) ou telhas cerâmicas não esmaltadas e/ou são coberturas vegetais na área do telhado?
<b>A4. Consumo de materiais</b>
<b>A4.1</b> O projeto do novo empreendimento aproveita estruturas existentes?
<b>A4.2</b> Foram especificados materiais reutilizados?
Quais? (não pontua)
<b>A4.3</b> Foram especificados materiais reciclados?
Quais? (não pontua)
<b>A4.4</b> Foram especificados materiais cuja composição utilizam materiais reutilizados ou reciclados?
Quais? (não pontua)
<b>A4.5</b> Os materiais especificados foram definidos quanto à durabilidade?
<b>A4.6</b> O concreto especificado contém cinza volante, sílica ativa ou cinza de casca de arroz?
<b>A4.7</b> Os materiais especificados provêm de fontes de energia renováveis (madeiras e fibras vegetais) ?
<b>A4.8</b> A madeira especificada é certificada- Forest Stewardship Council (FSC) e o Sistema Brasileiro de Certificação Florestal (Cerflor) ou manejo de florestas plantadas?
<b>A4.9</b> Não foram especificados materiais cujo emprego é reconhecido como prejudicial ao ambiente (asbestos e isolantes que liberam CFC durante a produção)?
<b>A4.10</b> Foi desenvolvido um projeto específico para desmontagem - DFD ( <i>Design for Dismantling/Deconstruction</i> )?
<b>A4.11</b> Ao se especificar materiais optou-se por aqueles que se conhece os impactos na extração sendo que estes são mitigados comparados com outros processos para se obter o mesmo material?
<b>A4.12</b> As tintas e os adesivos especificados são a base de água e são disponíveis no mercado local?
<b>A4.13</b> As tintas e os adesivos especificados são certificados pelo programa <i>Coatings Cares</i> (O programa é desenvolvido pelo IPPIC - <i>International Paint and Printing Ink Council</i> certifica internacionalmente tintas e adesivos segundo requisitos semelhantes aos da série NBR 14000. No Brasil é representado peça ABRAFATI - Associação Brasileira dos Fabricantes de Tintas)?
<b>A4.14</b> O cimento e seus artefatos (blocos, tubos, etc.), quando especificados, possuem o selo de certificação da qualidade da ABCP - Associação Brasileira de Cimento Portland?
<b>A4.15</b> A cal especificada possuem o selo de qualidade ABPC - Associação Brasileira dos Produtores de Cal?
<b>A4.16</b> Os materiais e componentes especificados são fáceis de limpar?
<b>A4.17</b> Os materiais e componentes foram especificados cujas as embalagens geram menos resíduos?
<b>5. Resíduos</b>
<b>A5.1</b> Foram utilizadas medidas para redução e controle de resíduos como o uso de padronizações de componentes?
<b>A5.2</b> Foram utilizadas medidas para redução e controle de resíduos como o uso de modulações?
<b>A5.3</b> Foram utilizadas medidas para redução e controle de resíduos como o uso de pré-fabricados?
<b>A5.4</b> Há integração entre fornecedores para minimização os resíduos?
<b>A5.5</b> Há projeto de canteiro de obras buscando minimizar as perdas e desperdícios?
<b>A5.6</b> Foram desenvolvidos projetos de produção? (Um ponto para cada projeto)
<b>A5.6a</b> Projeto de alvenaria
<b>A5.6b</b> Projeto de revestimento de fachada
<b>A5.6c</b> Projeto de paginação do piso
<b>A5.6d</b> Projeto de impermeabilização
<b>A5.6e</b> Projeto de paisagismo
<b>A5.6f</b> Projeto de fôrmas e escoramentos

<b>A5.7</b> Foram desenvolvidas especificações de procedimentos de instalações racionalizadas (sem quebra de alvenaria)?
<b>A5.8</b> Foi realizada especificação de família de componentes de bloco (no mínimo dois tipos de blocos: meio e inteiro)?
<b>A5.9</b> Foram especificados blocos paletizados?
<b>A5.10</b> Para a seleção tecnológica e de sistemas construtivos foram adotados critérios de racionalização em termos de menor geração de perdas/ resíduos no canteiro?
<b>A5.11</b> Há plano de gerenciamento e redução dos resíduos?
<i>Qualidade interna da habitação (Conforto e Saúde)</i>
<i>Sub-categorias</i>
<b>B1. Saúde, higiene e qualidade do ar</b>
<b>B1.1</b> Seleção de materiais internamente (pisos, forros, pintura, isolamento, colas, adesivos e sistemas de impermeabilização) com base em emissões de VOCs e partículas respiráveis? (1pto para cada escolha)
<b>B1.2</b> Não há seleção de materiais que contêm compostos de resinas com uréia - formaldeído?
<b>B1.3</b> Para a seleção de materiais e componentes foram escolhidos aqueles que durante a fase de manutenção não degradem a qualidade do ar interna?
<b>B1.4</b> O projeto prevê a ventilação eficiente no espaço como um todo?
<b>B1.5</b> O projeto prevê que a ventilação seja controlada pelo usuário?
<b>B1.6</b> Há fontes poluentes e estas possuem isolamento?
<b>B1.7</b> As escolhas de projeto consideram a facilidade de manutenção e limpeza?
<b>B1.8</b> As escolhas de projeto evitam a condensação de umidade (ex.: teto de banheiro) favorecendo boa ventilação e insolação para evitar a proliferação de fungos?
<b>B1.9</b> O projeto urbano foi projetado para incentivar o uso de bicicletas para minimizar o uso de veículos?
<b>B2. Conforto eletromagnético</b>
<b>B2.1</b> Há controle de emissões radiativas (seleção de materiais e seleção do local do empreendimento)?
<b>B2.2</b> Não há risco de contaminação por radônio <sup>5</sup> ?
<b>B3. Conforto tátil e antropodinâmico</b>
<b>B3.1</b> As habitações foram projetadas para adaptar-se às pessoas de mobilidade reduzida (PMR) obedecendo às prescrições da ABNT NBR 9050:2004 (um ponto para cada item )
<b>B3.1a)</b> As dimensões referenciais para deslocamentos são obedecidas para corredores?
<b>B3.1b)</b> As dimensões referenciais são obedecidas para áreas de manobra sem deslocamentos e com deslocamentos?
<b>B3.1c)</b> As alturas mínimas para alcance frontal e lateral da superfície de trabalho são adequadas?
<b>B3.1d)</b> O posicionamento, dimensões e características estão de acordo com os critérios da ABNT NBR 9050:2004?
<b>B3.1e)</b> As alturas dos comandos e controle estão de acordo com os critérios da ABNT NBR 9050:2004?
<b>B3.1f)</b> Os corrimões possuem sinalização tátil?
<b>B3.1g)</b> Há sinalização visual em degraus?
<b>B3.1h)</b> Os pisos têm superfícies regulares, firmeza, estabilidade e antiderrapante sob qualquer condição e que não provoque trepidação em dispositivos de rodas?
<b>B3.1i)</b> As inclinações transversais máximas para pisos internos são $\leq 2\%$ e para pisos externos $\leq 3\%$ ?
<b>B3.1j)</b> O inclinação máxima longitudinal para pisos é $\leq 5\%$ ?
<b>B3.1l)</b> As rampas foram dimensionadas conforme a ABNT NBR 9050:2004?
<b>B3.1m)</b> As rotas de fugas foram dimensionadas conforme a ABNT NBR 9050:2004?
<b>B3.1n)</b> Há equipamentos eletromecânicos adaptados para PMR conforme a ABNT NBR 9050:2004?
<b>B3.1o)</b> As portas atendem os requisitos quanto o posicionamento, dimensões, uso de puxadores e visores?

<b>B3.1p)</b> As janelas projetadas consideraram os limites de alcance visual estabelecidos pela ABNT NBR 9050:2004?
<b>B3.1q)</b> Os banheiros foram projetados considerando a dimensão, espaço para manobra, posicionamento e altura dos equipamentos, existência de barras de apoio conforme critérios da ABNT NBR 9050:2004?
<b>B3.2</b> Os elementos e componentes da habitação (trincos, puxadores, cremonas, guilhotinas, etc) foram projetados de forma a não provocar ferimentos aos usuários?
<b>B3.3</b> Os dispositivos de manobra apresentam formato compatível com anatomia humana e não requerem excessivos esforços para manobra e movimentação?
<b>B4.Ventilação</b>
<b>B4.1</b> O Projeto garante que o número e tipo de janelas ou outras aberturas em um edifício ventilados naturalmente são capazes de fornecer um elevado nível de qualidade do ar e ventilação?
<b>B4.2</b> O projeto garante a maximização à exposição da edificação às brisas de verão?
<b>B4.3</b> Os espaços projetados são fluidos, isto é, permitem a circulação do ar entre os ambientes e o exterior mantendo a privacidade visual?
<b>B4.4</b> O projeto promove a ventilação vertical para que o ar quente acumulado nas partes mais elevadas do interior da edificação seja retirado (lanternins, aberturas do telhado, exaustores eólicos ou aberturas zenitais)?
<b>B4.5</b> Há elementos que salientem a volumetria para que haja o incremento do volume e a velocidade do fluxo de ar?
<b>B4.6</b> Para a Zona Bioclimática 6 (Goiânia-GO) as aberturas possuem área no intervalo $15\% < A < 25\%$ onde A (em % da área do piso)? (ABNT NBR15220-3:2005)
<b>B4.7</b> As áreas de abertura para ventilação de ambientes de longa permanência para a Zona Bioclimática 6 são $A \geq 8$ onde $A = 100 * (A_a / A_p) (\%)$ sendo $A_a$ é a área efetiva de abertura de ventilação do ambiente (aberturas que permitam a livre circulação do ar, devendo ser descontadas as áreas de perfis, vidros e de qualquer outro obstáculo) e $A_p$ é a área de piso do ambiente?
<b>B4.8</b> As aberturas possuem sombreamento sendo que nas fachadas norte, uso de pára-sois horizontais (quando não for totalmente norte combinação de elementos verticais e horizontais), fachadas leste e oeste, pára-sois verticais ou inclinados na latitude ou verticais móveis, ou em fachadas oeste o uso de sombreamento com vegetação de folhas caducas?
<b>B4.9</b> Os sistemas de ventilação mecânica e refrigeração (quando essenciais) são concebidos de forma a garantir um nível satisfatório de qualidade de ar e ventilação? (uso de simuladores)
<b>B4.10</b> O projeto prevê ventilação cruzada conforme as condições de ventos predominantes da região e do entorno?
<b>B4.11</b> As áreas das portas não foram incluídas na área efetiva da ventilação?
<b>B4.12</b> Os muros são afastados, mais baixos e permeáveis com uso de elementos vazados e vegetação que permite a passagem do fluxo de ar?
<b>B4.13</b> As portas especificados são tipo veneziana e nas janelas usa-se telas protetoras para diminuir o fluxo de ar?
<b>B5.Conforto acústico</b>
<b>B5.1</b> Conhecem-se as fontes de ruídos e a habitação foi projetada para estar afastada das fontes?
<b>B5.2</b> O nível de ruído externo à edificação e os valores limites estabelecidos para uso interno dos ambientes foram considerados no projeto? (Conforme ABNT NBR 10152:1987)
<b>B5.3</b> Onde há necessidade de isolamento acústico foram projetadas paredes com espessuras maiores e/ou isolante acústico?
<b>B5.4</b> Os ambientes mais sensíveis ao ruído foram projetados mais afastados da fonte de ruído?
<b>B5.5</b> Os dutos e tubulações quando embutidos nas paredes foram revestidos com materiais absorventes?
<b>B5.6</b> As áreas de serviço e cozinha são afastadas dos quartos?
<b>B5.7</b> As áreas de acesso, circulação e escada estão projetadas nas fachadas mais expostas ao ruído?
<b>B6. Conforto lumínico</b>

<b>B6.1</b> O projeto fornece uma iluminância suficiente para todos os ambientes com uma boa distribuição? (Conforme ABNT NBR 5413:1992)
<b>B6.2</b> Em todos os ambientes há acesso da luz natural?
<b>B6.3</b> A disposição dos ambientes favorece a iluminação natural?
<b>B6.4</b> A localização e dimensionamento das janelas favorece a iluminação natural?
<b>B6.5</b> Há ausência de ofuscamento?
<b>B6.6</b> As cores das paredes proporcionam uma boa iluminação?
<b>B6.7</b> O tipo de janela e envidraçamento favorece a iluminação natural?
<b>B6.8</b> A iluminação natural é direta em todos os ambientes incluindo cozinhas, área de serviço, banheiros?
<b>B6.9</b> razão entre contraste na iluminação entre áreas janelas e paredes
<b>B6.10</b> Há iluminação zenital?
<b>B6.11</b> Os níveis de iluminamento para a iluminação artificial atendem aos requisitos da norma ABNT NBR 5413:1992?
<b>B6.12</b> As lâmpadas especificadas foram lâmpadas fluorescentes, fazendo considerações sobre o consumo de energia elétrica, custo da potência instalada e duração das lâmpadas?
<b>B6.13</b> Os arranjos arquitetônicos favorecem plantas baixas estreitas possibilitando a iluminação natural de cada ambiente?
<b>B6.14</b> Há ombreiras, peitoris e vergas chanfrados para espalharem a luz de uma abertura em região maior do ambiente?
<b>B6.15</b> Nas áreas comuns há o uso de minuterias?
<b>B7. Conforto higro-térmico</b>
<b>B7.1</b> A orientação solar foi estudada para função do conforto higro-térmico?
<b>B7.2</b> Foi considerada para a zona bioclimática 6 (Goiânia- GO) a inércia térmica das paredes, isto é vedações internas pesadas ( $sM > 400 \text{ kg/m}^2$ ) <sup>7</sup> ?
<b>B7.3</b> As cores especificadas para as paredes são claras?
<b>B7.4</b> Há estratégias para resfriamento evaporativo?
<b>B7.5</b> O projeto contempla em níveis, colocando os ambientes de uso diurno ao nível mais baixo e usando pés-direitos altos para permitir que o calor seja coletado acima dos usuários, onde ele pode ser retirado por janelas altas, sem que seja prejudicada a privacidade no nível do observador?
<b>B7.6</b> Os valores máximos admissíveis para a transmitância térmica da área opaca de fachadas (U) são $\leq 2,30$ (referência tabela D4 ABNT NBR 15220-3:2005)
<b>B7.7</b> O projeto especificou a gama de cores que atendem à Tabela I.5 (ABNT/CB-02 02:136.01-001/5) e informou os tempos necessários para manutenção a fim de que MANTER de absorvância, em face das alterações ao longo do tempo?
<i>Qualidade do produto / habitação</i>
<i>Sub-categorias</i>
<b>C1. Durabilidade/ Manutenibilidade</b>
<b>C1.1</b> O projeto contempla as definições das condições de exposição do edifício a fim de possibilitar a análise da vida útil de projeto e da durabilidade do edifício e seus sistemas?
<b>C1.2</b> O projeto apresenta especificações sobre a vida útil de projeto para cada um dos sistemas que o compõem?
<b>C1.4</b> Conhecem-se as especificações dos elementos e componentes empregados para se avaliar a sua adequabilidade de uso em função da vida útil de projeto estabelecida para o sistema?
<b>C1.5</b> As especificações relativas à manutenção, uso e operação do edifício e seus sistemas, que foram consideradas em projeto para a definição da vida útil de projeto, foram claramente detalhadas na documentação que acompanha o edifício ou subsidia sua construção?
<b>C1.6</b> O projeto do edifício e de seus sistemas foi adequadamente concebido de modo a possibilitar os meios que favoreçam as inspeções prediais e as condições de manutenção?
<b>C1.7</b> As técnicas e métodos especificados possibilitam a obtenção da vida útil projetada?
<b>C1.8</b> A vida útil de projeto estabelecida para o edifício foi $\geq 40$ anos?
<b>C1.9</b> O projeto fornece uma estimativa de gastos de água e energia para os futuros usuários?

<b>C2.Segurança (Estrutural, contra incêndio e ao uso e operação)</b>
<b>C2.1</b> Foram considerados em projeto os estados limites últimos caracterizados por: perda de equilíbrio global ou parcial, admitida a estrutura como um corpo rígido; ruptura ou deformação plástica excessiva dos materiais; transformação da estrutura em sistema hipostático; instabilidade por deformação e instabilidade dinâmica?
<b>C2.2</b> Foram consideradas proteções aos sistemas estruturais e suas partes no que refere se as condições de agressividade do solo, do ar e da água?
<b>C2.3</b> Foi previsto em projeto o comportamento em serviços, de forma que os estados limites de serviço, devido a repetição ou duração não causem efeitos estruturais que impeçam o uso normal da construção ou que levem ao comprometimento da durabilidade da estrutura?
<b>C2.4</b> O projeto atende as normas brasileiras ABNT NBR 6118; ABNT NBR 6122; ABNT NBR 7190; ABNT NBR 8800; ABNT NBR 9062; ABNT NBR 10837; ABNT NBR 14762 E ABNT/ CB-02 02:136.01-001 <sup>9</sup> ?
<b>C2.5</b> O projeto indica a carga de uso para peças suspensas, indicando, também, os dispositivos ou sistemas de fixação?
<b>C2.6</b> O projeto apresenta detalhes executivos e cargas previstas para parapeitos e guarda-corpos?
<b>C2.7</b> O projeto estabelece proteção contra o risco de ignição nas instalações elétricas?
<b>C2.8</b> O projeto estabelece proteção contra risco e vazamentos nas instalações de gás?
<b>C2.9</b> O projeto foi concebido de forma a facilitar a fuga em situações de incêndio?
<b>C2.10</b> Os materiais de revestimento, acabamento e isolamento termo-acústico, empregados na face internas dos sistemas ou componentes que compõem a habitação, possuem características de propagação de chamas controladas (dados informados no projeto para especificação de materiais e componentes)?
<b>C2.11</b> A distância entre os edifícios atendem as condições de isolamento?
<b>C2.12</b> As medidas de proteção usam portas corta-fogo para que o edifício seja considerado como unidade independente?
<b>C2.13</b> O projeto do edifício habitacional possui sinalização, iluminação de emergência e equipamentos de extinção do incêndio?
<b>C2.14</b> O projeto especifica a resistência ao escorregamento em pisos, rampas e escadas?
<b>C2.15</b> Em áreas de riscos de queda o projeto restringe o acesso ?
<b>C2.16</b> Os pisos não apresentam desníveis abruptos superiores a 5mm?
<b>C2.17</b> A inclinação máxima do sistema de cobertura para o tipo de componente é estabelecida afim de assegurar o não deslizamento dos mesmos, em condições acima da inclinação máxima, e estabelece os meios de fixação apresentando detalhes?
<b>C2.18</b> A ação do vento foi considerada para a especificação dos materiais e componentes para o sistema de coberturas?
<b>C2.19</b> O projeto indica a possibilidade ou não de fixação de andaimes suspensos através de ganchos, as condições de utilização de dispositivos destinados à ancoragem de equipamentos de sustentação de andaimes e de cabos de segurança para o uso de proteção individual, para as situações de uso e manutenção?
<b>C2.20</b> O projeto especifica os meios de acesso para a realização de manutenção em sistemas de coberturas, delimitando as posições dos componentes do telhado que não possuem resistência mecânica suficiente para caminhamento de pessoas?
<b>C2.21</b> O projeto indica a forma das pessoas descolarem-se sobre telhados?
<b>C2.22</b> O projeto especifica o uso de dispositivos ancorados na estrutura principal, de forma a possibilitar o engate de cordas, cintos de segurança e outros equipamentos de proteção individual, para declividades superiores a 30%?
<b>C2.23</b> O projeto estabelece requisitos mínimos de materiais e componentes para evitar rupturas, dessolidarização ou projeção para evitar ferimentos ou contusões?
<b>C2.24</b> O projeto de forro menciona a carga máxima a ser suportada pelo forro, bem como as disposições construtivas para a fixação de luminárias e objetos?



<b>C2.25</b> Possui projeto de sistema de proteção atmosférica (SPTA) e aterramento de cargas eletroestáticas?
<b>C3. Estanqueidade</b>
<b>C3.1</b> As condições de implantação dos conjuntos habitacionais drenam adequadamente a água de chuva incidente em ruas internas, lotes vizinhos ou entorno próximo ao conjunto?
<b>C3.2</b> Foram previstas impermeabilizações em porões, subsolos, jardins contíguos às fachadas, para quaisquer parede em contato com o solo?
<b>C3.3</b> Há o direcionamento da água, sem prejuízo da utilização do ambiente e dos sistemas correlatos e sem comprometer a segurança estrutural?
<b>C3.4</b> O projeto prevê que as fundações e pisos em contato com solo sejam impermeabilizados?
<b>C3.5</b> O projeto possui detalhes construtivos que impeçam o contato com água que leve à deterioração dos materiais e componentes pela umidade excessiva (impermeabilização, pingadeiras, rufos, calçadas)?
<b>C3.6</b> O projeto prevê detalhes para garantir as vinculações entre instalações de água, esgoto ou águas pluviais e estrutura, pisos e paredes, de forma que facilite a execução para que as tubulações não venham a ser rompidas ou desencaixadas por deformações impostas?
<b>C3.7</b> O projeto especifica o cumprimento da regularidade geométrica da trama da cobertura, afim de não resultar em prejuízo à estanqueidade do telhado?
<b>C3.8</b> O projeto especifica: sobreposições, tamanho das emendas, dimensões dos panos, declividade, acessórios necessários, materiais e detalhes construtivos dos arremates, forma de fixação dos componentes, caimento dos panos, encontro entre os panos, projeção dos beirais?
<b>C3.9</b> O projeto prevê e detalha o sistema de drenagem da cobertura?
<b>C3.10</b> Quando no projeto há áticos, estes são detalhados e posicionados os sistemas de aberturas e saídas para que permaneça imune à entrada de água e animais?
<b>C3.11</b> Há projeto do sistema de impermeabilização contendo detalhes, materiais, condições de armazenamento e manuseio, equipamentos de proteção individual necessários, acessórios, ferramentas, equipamentos, processos e controle envolvidos na execução, normas utilizadas, formas de execução, detalhes construtivos e fixação, compatibilização com a interface da cobertura?
<b>C4. Habitabilidade, funcionabilidade e flexibilidade</b>
<b>C4.1</b> O projeto de arquitetura de edifícios habitacionais prevê, no mínimo, a disponibilidade de espaços nos cômodos para a colocação de móveis e equipamentos (ver referência mínima ABNT/CB -02 02:136.01-001/1 e garantindo espaço para circulação dos usuários)?
<b>C4.2</b> O projeto prevê pé-direito mínimo de 2,50m?
<b>C4.3</b> O projeto fornece especificações e detalhes construtivos necessários para ampliação do corpo da edificação, do piso, do telhado e das instalações prediais, considerando a coordenação dimensional e as compatibilidades físicas e químicas com os materiais disponíveis regionalmente?
<b>C4.4</b> O projeto permite alterações das instalações elétricas com o mínimo de esforço e efeitos colaterais?
<b>C4.5</b> O projeto permite a adaptabilidade à evolução de abastecimento energético?
<b>C4.6</b> O pé-direito do projeto é suficiente para oferecer um grau de adaptabilidade para novas utilizações?
<b>C4.7</b> A localização e capacidade de sustentação da estrutura permite adaptabilidades para novas utilizações?
<b>C4.8</b> O projeto permite alterações da disposição dos ambientes para satisfazer diversos arranjos domésticos com menor nível de renovação (divisórias)?
<b>C5. Construtibilidade</b>
<b>C5.1</b> Para execução dos projetos o gerenciamento e a coordenação das atividades são realizadas por meio de um processo de gestão?
<b>C5.2</b> Para a execução do projeto buscaram-se pesquisas de inovação e avanços tecnológicos?

<b>C5.3</b> São apresentados projetos de produção detalhados buscando maior racionalização do processo executivo?
<b>C5.4</b> O projeto estrutural possui os rebaixos reduzindo a altura da laje para que ache uma redução da quantidade de argamassa para contrapiso?
<b>C5.5</b> Houve a compatibilização de projetos?
<b>C5.6</b> O projeto especifica os cuidados para a armazenagem e transporte de material para reduzir as perdas e desperdícios?
<b>C5.7</b> A forma da edificação possui maior compacidade comparando o perímetro com a mesma área para evitar o maior consumo de materiais, por exemplo revestimentos externos?
<b>C5.8</b> Existe projeto de sistema de produção <sup>10</sup> ?
<b>C5.9</b> Foi calculada a Quantidade de Materiais Teoricamente (QMT) necessária para diferentes <i>layout</i> e foi escolhido aquele que apresentou o menor valor <sup>11</sup> ?
<b>C5.10</b> Comparam-se diferentes tipologias e optou-se por aquela que apresentou a menor quantidade unitária de paredes <sup>12</sup> ?
Não pontua --> desenvolver <i>benchmarks</i> para realidade regional
Indicadores:
a) Índice de compacidade
b) Índice de circulação
c) Densidades de paredes
d) Comprimento das tubulações (água)/n° de pontos
e) Índice de tubulações hidráulicas
f) Comprimento de eletrodutos/n° de pontos
g) Peso aço/ Área construída
h) Volume de concreto/ Área construída
i) Área de formas/Área construída
j) Índice de cargas
i) Índice de boas prática em layout e logística de canteiro
<sup>1</sup> Ensaios de investigações geotécnicas: <i>Standard Penetration Test</i> -SPT; <i>Standard Penetration Test</i> complementados com medidas de torque -SPT-T; Penetração de cone - CPT; Piezocone - CPT-U; <i>Vane Test</i> ; Pressiômetros; Dilatômetro de Marchetti; Carregamento de placa - provas de carga; <i>Cross-Hole</i> (HACHICH et al, 1998)
<sup>2</sup> Os itens 1.10 e 1.11 são excludentes entre si.
<sup>3</sup> Os itens 1.12 e 1.13 são excludentes entre si.
<sup>4</sup> Em regiões com períodos prolongados de estiagem a adoção de sistema de reuso de água de chuva requer a implantação de unidade de reservação com dimensões maiores, o que onera o sistema. Para ampliar o seu potencial de sustentabilidade aconselha-se um sistema integrado de aproveitamento de água de chuva e de reuso de efluentes domésticos, de forma a tornar o sistema funcional durante o ano todo ( OLIVEIRA <i>et al</i> ,2007)
<sup>5</sup> Radônio é um gás incolor, sem cheiro e radioativo, produzido pelo decaimento do elemento químico radio. Ele ocorre naturalmente em quase todos os solos e rochas, sendo que, ao passar pelo solo e pela água em seu interior, entra nos edifícios através de rachaduras no concreto das paredes e pisos, de tubulações posicionadas no chão, buracos e qualquer outra abertura em suas fundações. Materiais de construção podem liberá-lo também. Entretanto, estes materiais raramente provocam problemas de radônio por si só. O efeito à saúde predominante associado a elevados níveis deste gás é o câncer de pulmão. Pesquisas também sugerem que a ingestão de água com níveis elevados pode causar riscos à saúde, embora estes efeitos sejam menos nocivos que aqueles causados por ar contaminado. (CARMO;PRADO, 1999)
<sup>6</sup> BROWN;DeKAY, 2004
<sup>7</sup> SZOKOLAY, 2004 (Unidade kg/m <sup>2</sup> )

<sup>8</sup> SZOKOLAY, 2004	$sM = \frac{\text{massa total da edificação}}{\text{área de piso da edificação}}$
<sup>9</sup> ABNT NBR 6118:2007 para estruturas de concreto; ABNT NBR 6122:1996 para fundações; ABNT NBR 7190:1997 para estruturas de madeira; ABNT NBR 8800:1986 para estruturas de aço ou mistas; ABNT NBR 9062:2006 para estruturas de concreto pré-moldado; ABNT NBR 10837:1989 para alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto; ABNT NBR 14761:2001 para estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio e ABNT/ CB-02 02:136.01-001 desempenho dos edifícios habitacionais (Parte 1 a 6)	
<sup>10</sup> O Projeto do Sistema de Produção (PSP) na construção civil consiste no processo de análise e discussão de alternativas de organização do sistema de produção do empreendimento, e na seleção da alternativa mais adequada à consecução de um desempenho adequado deste sistema durante a etapa de execução considerando suas especificidades. (SCHRAMM <i>et al.</i> , 2006)	
<sup>11</sup> SOUZA;DEAMA , 2007	
onde:	
QMT= quantidade de materiais teoricamente necessária;	
QS = quantidades de serviço a ser executada	
CUM <sub>ref</sub> = consumo unitário de materiais, obtido a partir de um valor de referência.	
<sup>12</sup> SOUZA;DEAMA , 2007	$\text{Fator } m^2 \text{ depiso} = \frac{A_{\text{paredes int}}}{A_{\text{piso}}}$
onde:	
A <sub>liqparint</sub> = área líquida de paredes internas	

MASP-HIS	Etapa 3
	Aspectos socioculturais
<b>Aspectos Gerais</b>	
<b>Análise completa de todos os projetos</b>	
<i>Sub-categorias</i>	
<i>Critérios Sociais</i>	
<b>D1. Infra-estrutura</b>	
<b>D1.1</b> Há escolas em um raio de 5Km com tolerância de ± 2Km?	
<b>D1.2</b> Há creches em um raio de 5Km com tolerância de ± 2Km?	
<b>D1.3</b> Há unidades de saúde (hospitais, postos de saúde, farmácias) em um raio de 10Km com tolerância de ± 2Km?	
<b>D1.4</b> Há facilidade para pedestres e ciclistas como, por exemplo, pista para ciclistas e/ou calçadas planas e lisas ?	
<b>D1.5</b> Há equipamentos urbanos que dão suporte a comunidade em um raio de 5Km com tolerância de ± 2Km?	
<b>D1.6</b> Há praças em um raio de 5Km com tolerância de ± 2Km?	
<b>D1.7</b> Há parques em um raio de 5Km com tolerância de ± 2Km?	
<b>D1.8</b> Foi realizada análise da deterioração urbana para o entorno do empreendimento?	
<b>D1.9</b> Foram propostas ações para mitigar a deterioração urbana?	
Quais? (não pontua)	
<b>D1.10</b> Há postos de trabalho próximos ao empreendimento?	
<b>D1.11</b> Há sistema de transportes públicos suficiente com pontos de paradas bem distribuídos no entorno do empreendimento?	
Quantificar em um determinado raio ( 5Km com tolerância de ± 2Km?) de distância e facilidade de acesso (não pontua)	

<b>D2. Conforto e saúde</b>
D2.1 Há acesso à luz do sol em áreas de vivências nas unidades habitacionais?
D2.2 O projeto previne o surgimento de vetores de doenças (mofo)?
D2.3 Há acesso a água potável em todo o empreendimento?
D2.4 O projeto é adequado as condições sanitárias (existência de rede de esgoto, sumidouro e fossa séptica, rede de drenagem, reaproveitamento de águas cinzas )? - cada item positivo 1 pt
D2.5 As áreas externas são humanizadas com áreas verdes, sombreamento, áreas de lazer?
D2.6 A distribuição das unidades oferece conforto a todos, no que refere a sombreamento, privacidade e visibilidade?
D2.7 O projeto dá acesso ao exterior garantindo a privacidade interna?
D2.8 O espaço projetado é agradável visualmente dentro do ambiente que está inserido?
D2.9 Há áreas para o cultivo de horta orgânica e/ ou pomar?
D2.10 Há previsão para destinação e tratamento do lixo por meio de coleta seletiva?
D2.11 Há previsão para a instalação de uma central de reciclagem para custear futuras despesas e investimentos para o empreendimento?
<b>D3. Qualidade do produto / habitação</b>
D3.1 O projeto apresenta funcionalidade dos espaços projetados?
D3.2 O projeto é flexível, isto é, fácil de manejar em diferentes situações?
D3.3 O projeto é adaptável e acomoda-se as necessidades dos usuários?
D3.4 A manutenção é informada e não apresenta dificuldades para a execução?
D3.5 O custo da manutenção é acessível a renda dos usuários?
D3.6 As unidades não desvalorizam a auto-estima dos usuários?
D3.7 Há áreas livres privativas para cada unidade?
D3.8 Apresenta possibilidade de ser habitada por pessoas com mobilidades reduzidas (PMR) sem sofrer alterações?
D3.9 O projeto especifica materiais e sistemas construtivos duráveis conforme as normas brasileiras?
D3.10 A estética resultante do projeto é agradável ?
<b>D4. Relacionamento com a comunidade local</b>
D4.1 Há centro de convivências para estimular o fortalecimento e entrosamento da comunidade?
D4.2 Durante a execução do projeto foram realizadas promoções de relacionamentos sociais?
D4.3 Durante a execução do projeto foi alcançada a coesão entre as diferentes necessidades sociais?
D4.4 Foi realizada análise de vizinhança para a implantação do empreendimento?
D4.5 O empreendimento traz benefícios para a vizinhança?
D4.6 O empreendimento a ser implantado é harmonioso com a vizinhança?
<b>D5. Participação</b>
D5.1 Houve para a realização do projeto participação e/ ou integração dos agentes envolvidos?
D5.2 Houve para a realização do projeto participação e/ ou integração dos vizinhos para estudar possíveis impactos socioambientais relativos ao empreendimento e propor ações para mitigar estes impactos?
D5.3 Houve a participação para cumprimento das exigências sociais?
D5.4 As necessidades do usuário (consumidor) são conhecidas?
D5.5 Houve consulta à comunidade para a definição do programa de necessidades?
D5.6 Há proposta para a participação, integração e coesão dos usuários e outras partes interessadas para a definição dos processos construtivos?
D5.7 Há proposta para a participação, integração e coesão dos usuários e outras partes interessadas para a definição dos materiais e componentes?
D5.8 Os projetistas possuem um mapeamento de <i>stakeholders</i> por projeto de construção?
D5.9 Houve consulta aos usuários quanto a satisfação do projeto apresentado?
<i>Critérios Culturais</i>
<b>E1. Herança cultural</b>
E1.1 Há elementos que fazem parte da memória efetiva dos usuários nos projetos?
E1.2 O projeto contempla a diversidade cultural?

<b>E1.3</b> O projeto respeita a proteção ao patrimônio histórico e cultural?
<b>E1.4</b> Foram especificados materiais e componentes locais e tradicionais à região onde o projeto será inserido?
<b>E1.5</b> O projeto respeita a regionalidade?
<b>E1.6</b> O projeto é adequado ao estilo de vida dos futuros usuários?
<b>E1.7</b> O projeto contempla a renovação e restauração de edifícios com valores históricos e culturais?
<b>E1.8</b> O projeto tem a habilidade de suportar o processo de coesão cultural (diferentes necessidades culturais)?
<i>Critérios Políticos / Institucionais</i>
<b>F1. Políticas públicas</b>
<b>F1.1</b> Estimulam a inclusão social?
<b>F1.2</b> Estimulam a equidade habitacional?
<b>F1.3</b> Estimulam a acessibilidade à habitação?
<b>F1.4</b> As ações políticas conhecem e aplicam as normas técnicas e legislação específicas para cada modalidade de empreendimento?
<b>F1.5</b> Incentivam à participação ativa em programas setoriais de qualidade?
<b>F1.6</b> Incentivam à certificação pela NBR ISO 14001, NBR ISO 9001, OHSAS 18001, PBQP-H e NBR 16001 ?
<b>F1.7</b> Estimulam a erradicação de bairros pobres?
<b>F1.8</b> As políticas públicas possuem capacidade e disponibilidade de financiamento com custo acessível?
<b>F1.9</b> Estimulam a integração institucional?
<b>F1.10</b> As políticas públicas garantem a escrituração adequada dos imóveis aos clientes (regularização e certificação do produto entregue em todas as instâncias)?
<b>F1.11</b> Buscam melhoria nos índices de habitação?
<b>F1.12</b> Buscam redução da pobreza por meio da redução de analfabetismo?
<b>F1.13</b> As políticas públicas são avaliadas para que haja a melhoria contínua ( análise de indicadores e efetividade)?
<b>F1.14</b> As políticas públicas estimulam o <i>empowerment</i> ?
<b>F1.15</b> Há política para subsidiar a produção de HIS?
<b>F1.16</b> Há disponibilidade de terrenos para a produção de HIS?
<b>F1.17</b> Há a formação de parcerias com organizações, universidades e Organizações Multilaterais para a produção de HIS?
<b>F1.18</b> Há conselhos municipais de habitação ativos na região do empreendimento e estes participam da formulação das políticas públicas habitacionais ?
<b>F2. Educação Ambiental</b>
<b>F2.1</b> São estimuladas ações voltadas para a educação ambiental dos futuros proprietários/ locatários?
<b>F2.2</b> São estimuladas ações voltadas para a educação ambiental dos profissionais envolvidos no projeto e, também, nos futuros executores do mesmo?
<b>F2.3</b> As idéias que estimulam a consciência ambiental e social são valorizadas?
<i>Geração de renda e Responsabilidade social</i>
<b>G1. Seleção da empresa construtora para a execução do empreendimento (avaliação por meio de registros históricos)</b>
<b>G1.1</b> A empresa possui programa para estimular e reconhecer sugestões dos empregados e colaboradores para a melhoria de seus processos ?
<b>G1.2</b> A empresa possui política explícita de não discriminação, contribuindo assim para a diversidade de gênero, raça e idade principalmente para cargos de nível superior?
<b>G1.3</b> A empresa possui política explícita de não discriminação contribuindo assim para a inserção de mulheres em todas as atividades?
<b>G1.4</b> A empresa possui programa de conscientização sobre higiene nos canteiros de obra?
<b>G1.5</b> A empresa oferece alojamentos adequados, refeitórios, áreas de lazer e possui programa de qualidade de vida em seus canteiros de obra e no escritório?

<b>G1.6</b> A empresa possui programa de conscientização e treinamento sobre segurança do trabalho?
<b>G1.7</b> A empresa inspeciona periodicamente a correta utilização dos equipamentos de segurança (EPC/EPI) por seus funcionários nos canteiros de obras advertindo-os quando necessário?
<b>G1.8</b> A empresa possui programa de conscientização dos empregados sobre a questão do alcoolismo?
<b>G1.9</b> A empresa promove campanhas de conscientização e educação sobre das DST, HIV/AIDS e higiene envolvendo inclusive a família dos funcionários?
<b>G1.10</b> A empresa oferece acompanhamento psicológico em casos de acidente de trabalho e em problemas de ameaças e desavenças entre funcionários?
<b>G1.11</b> A empresa presta auxílio aos ex-empregados que não conseguiram recolocação para voltar a sua região de origem, se o desejarem?
<b>G1.12</b> A empresa possui parcerias com organizações (ONG, Universidades, Governo, Organizações Multilaterais, Instituições Públicas de Pesquisa, etc) para promover o desenvolvimento sustentável em seu setor de atuação?
<b>G1.13</b> A empresa é certificada pela série NBR ISO 14000?
<b>G1.14</b> A empresa é certificada pela série NBR ISO 9000 ?
<b>G1.15</b> A empresa é certificada pela série OHSAS 18000?
<b>G1.16</b> A empresa é certificada pela série PBQP-H (Nível A) ?
<b>G1.17</b> A empresa é certificada pela série NBR 16000 ?
<b>G1.18</b> A empresa participa ativamente de seus programas setoriais de qualidade (PSQs/ SiMaC do PBQP-H)?
<b>G1.19</b> A empresa conhece e aplica as normas técnicas e legislações específicas para cada modalidade do empreendimento?
<b>G1.20</b> A empresa possui:
<b>G1.20 a)</b> Programa de educação e conscientização ambiental e coleta seletiva?
<b>G1.20 b)</b> Programa de destinação adequada e controlada de todas as fases da gestão de resíduos em todos os canteiros de obra?
<b>G1.20 c)</b> Programa para minimizar a geração de resíduos e maximizar a sua reutilização e reciclagem, assim como, definir a destinação final adequada aos mesmos em atendimento à resolução do CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente n° 307?
<b>G1.20 d)</b> Programa formal de controle e redução de perdas de materiais utilizados em suas obras?
<b>G1.21</b> Em relação à política de compras, a empresa tem como norma verificar a procedência do material com o objetivo de evitar a utilização de insumos provenientes de exploração ilegal de recursos naturais, fruto de contrabando etc?
<b>G1.22</b> A empresa tem política de compras que privilegiem fornecedores participantes dos respectivos PSQs do PBQP-H ou outros de âmbito local?
<b>G1.23</b> A empresa tem política formal para observância de aspectos legais na contratação de mão-de-obra terceirizada acompanhada por indicadores de qualidade e focada na questão da especialização da atividade?
<b>G1.24</b> A empresa tem a preocupação de atendimento pós-venda?
<b>G1.25</b> A empresa desenvolve propagandas e campanhas de marketing de seus empreendimentos de forma que não venham a gerar falsas expectativas para os clientes?
<b>G1.26</b> A empresa procura ser clara e objetiva em suas campanhas publicitárias para não induzir os compradores ao erro em seus investimentos?
<b>G1.27</b> A empresa busca alternativas de promoção de vendas que substituam a utilização de placas de divulgação em calçadas e distribuição de folhetos em faróis, contribuindo para minimizar riscos de acidentes com pedestres, poluição visual e sujeira das vias públicas?
<b>G1.28</b> A empresa possui área de atendimento estruturada para solucionar questões como reclamações / ações judiciais?
<b>G1.29</b> A empresa tem processo formal de análise de possíveis impactos sociais decorrentes de suas atividades?

<b>G1.30</b> A empresa realiza estudos sobre os possíveis impactos sociais decorrentes do início das atividades de um canteiro de obras e procura interagir antecipadamente com organizações locais (governo, ONG, postos de saúde, escolas ) para minimizá-los?
<b>G1.31</b> A empresa realiza estudos sobre os possíveis impactos sociais decorrentes do encerramento das obras procurando interagir antecipadamente com organizações locais para minimizar os passivos sociais decorrentes?
<b>G1.32</b> A empresa faz treinamento sistemático de seus funcionários de obra sobre desrespeito a regras de conduta relativa a aspectos como consumo de bebida alcoólica e respeito à comunidade local?
<b>G1.33</b> A empresa tem política formal para monitorar e compensar os impactos advindos de suas atividades em equipamentos públicos como ruas, estradas, rodovias, sistemas de abastecimentos de água?
<b>G1.34</b> A empresa possui política de contratação de PMR e possui no seu quadro atual colaboradores PMR?
<b>G1.35</b> A empresa possui Código de Ética que contempla questões sobre éticas no relacionamento com agentes do poder público?
<b>G1.36</b> Há políticas para a sustentabilidade, com objetivos, atribuições de responsabilidade, metas e indicadores a serem revisadas anualmente?
<b>G1.37</b> A empresa possui processos de auditoria interna de sustentabilidade?
<b>G1.38</b> A empresa comunica seu desempenho em relação à sustentabilidade a todas as partes interessadas?
<b>G1.39</b> A empresa implementa sistemas para compartilhar boas praticas entre departamentos, fornecedores, projetistas e usuários?
<b>G1.40</b> A empresa implementa um programa interno de educação e treinamento de empregados para a sustentabilidade?
<b>G1.41</b> A empresa definiu e implementa um sistema de gestão da sustentabilidade da cadeia de fornecedores?
<b>G1.42</b> A empresa participa de programas "verde" de compras ou grupos de compras cooperativo?
<b>G1.43</b> A empresa participa de plano de transporte para reduzir o uso de automóveis?
<b>G1.44</b> A empresa tem integração com fornecedores para redução de embalagens?
<b>G1.45</b> A empresa tem definida uma política sustentável de compras e de uso responsável de materiais e componentes de construção?
<b>G2. Referentes aos projetistas</b>
<b>G2.1</b> Os projetistas possuem um envolvimento com o projeto conhecendo a realidade do mesmo?
<b>G2.2</b> Os projetistas são contratados por critérios pré-estabelecidos como qualidade e pontualidade da entrega?
<b>G2.3</b> A empresa de projeto preocupa-se com a segurança e saúde dos projetistas?
<b>G2.4</b> A empresa de projeto formaliza o emprego dos projetistas, disponibilizando uma boa situação empregatícia aos seus colaboradores?
<b>G2.5</b> A empresa possui programa para estimular e reconhecer sugestões dos empregados para a melhoria de seus processos para o pessoal do escritório?
<b>G2.6</b> A empresa possui política explícita de não discriminação contribuindo assim para a diversidade de gênero, raça e idade principalmente para cargos de nível superior?
<b>G2.7</b> A empresa possui política explícita de não discriminação contribuindo assim para a inserção de mulheres em todas as atividades?
<b>G2.8</b> A empresa possui remuneração compatível com o mercado local e não faz distinção entre a remuneração entre os sexos?
<b>G2.9</b> A empresa possui programa de conscientização e treinamento sobre segurança do trabalho?
<b>G2.10</b> A empresa possui programa de conscientização dos empregados sobre a questão do alcoolismo, drogas e tabagismo?
<b>G2.11</b> A empresa oferece acompanhamento psicológico em casos de acidente de trabalho e em problemas de ameaças e desavenças entre funcionários?
<b>G2.12</b> A empresa presta auxílio aos ex-empregados que não conseguiram recolocação para voltar a sua região de origem , se o desejarem?

<b>G2.13</b> A empresa possui parcerias com organizações (ONG, Universidades, Governo, Organizações Multilaterais, Instituições Públicas de Pesquisa, etc) para promover o desenvolvimento sustentável em seu setor de atuação?
<b>G2.14</b> A empresa é certificada pela série NBR ISO 14000?
<b>G2.15</b> A empresa é certificada pela série NBR ISO 9000 ?
<b>G2.16</b> A empresa é certificada pela série OHSAS 18000?
<b>G2.17</b> A empresa é certificada pela série PBQP-H (Nível A) ?
<b>G2.18</b> A empresa é certificada pela série NBR 16000 ?
<b>G2.19</b> A empresa participa ativamente de seus programas setoriais de qualidade (PSQs/ SiMaC do PBQP-H)?
<b>G2.20</b> A empresa conhece e aplica as normas técnicas e legislações específicas para cada modalidade de empreendimento?
<b>G2.21</b> A empresa tem a preocupação de atendimento pós-venda?
<b>G2.22</b> A empresa possui Código de Ética que contempla questões sobre éticas no relacionamento com agentes do poder público (ações anticorrupção e antipropina)?
<b>G2.23</b> A empresa tem política formal para observância de aspectos legais na contratação de mão-de-obra terceirizada acompanhada por indicadores de qualidade e focada na questão da especialização da atividade?
<b>G2.24</b> A empresa preocupa-se com treinamento técnico / profissional dos seus colaboradores próprio e terceirizados?
<b>G2.25</b> O ambiente de trabalho é agradável, há respeito e ética entre os colaboradores e entre a chefia e os subordinados?
<b>G2.26</b> A empresa possui política de contratação de PMR e possui no seu quadro atual colaboradores PMR?
<b>G2.27</b> A empresa possui condições físicas para PMR?
<b>G2.28</b> A empresa preocupa-se com a pontualidade da entrega dos projetos?
<b>G2.29</b> A empresa está buscando sempre o avanço tecnológico por meio de pesquisas e inovações?
<b>G2.30</b> A empresa demonstra seu Balanço Social?
<b>G2.31</b> A empresa fornece vagas para idosos?
<b>G2.32</b> A empresa fornece vagas para ex-detentos?
<b>G2.33</b> A empresa fornece vagas para Aprendizizes?
<b>G2.34</b> A empresa colabora com estágios e contrata ou encaminha para o contrato quando o período de estágio termina?
<b>G2.35</b> Não há no quadro de colaboradores pessoas que não são alfabetizadas?
<b>G2.36</b> A empresa concede incentivos aos empregados matriculados em curso de aperfeiçoamento profissional?
<b>G2.37</b> A empresa disponibiliza aos empregados informações básicas sobre direitos e deveres da categoria, tais como dissídio, contribuições sindicais, etc?
<b>G2.38</b> A empresa emprega maior número de moradores do local onde está situada?
<b>G2.39</b> A empresa realiza análise de peças publicitárias para verificar a conformidade com a Declaração Universal dos Direitos Humanos e que não coloque crianças, adolescentes, negros, mulheres ou qualquer indivíduo em situação preconceituosa, constringidora, desrespeitosa e de risco?
<b>G2.40</b> A empresa utiliza os incentivos fiscais para deduzir ou descontar dos impostos de renda os valores relativos a doações e patrocínios?
<b>G2.41</b> A empresa divulga internamente os projetos que apóia e desenvolve, oferecendo oportunidades de trabalho voluntário e estimulando a participação dos colaboradores?
<b>G2.43</b> A empresa preocupa-se com a satisfação dos colaboradores?



<b>G2.44</b> Há políticas para a sustentabilidade, com objetivos, atribuições de responsabilidade, metas e indicadores a serem revisadas anualmente?
<b>G2.45</b> A empresa possui processos de auditoria interna de sustentabilidade?
<b>G2.46</b> A empresa comunica seu desempenho em relação à sustentabilidade a todas as partes interessadas?
<b>G2.47</b> A empresa implementa sistemas para compartilhar boas praticas entre departamentos, fornecedores, projetistas e usuários?
<b>G2.48</b> A empresa implementa um programa interno de educação e treinamento de empregados para a sustentabilidade?
<b>G2.49</b> A empresa definiu e implementa um sistema de gestão da sustentabilidade da cadeia de fornecedores?
<b>G2.50</b> A empresa participa de programas "verde" de compras ou grupos de compras cooperativo?
<b>G2.51</b> A empresa participa de plano de transporte para reduzir o uso de automóveis?
<b>G3. Fornecedores para empresa de projeto</b>
<b>G3.1</b> A empresa possui em sua política pontualidade para o pagamento dos fornecedores?
<b>G3.2</b> A empresa possui em sua política tratamento justo e igual entre fornecedores?
<b>G3.3</b> A empresa possui em sua política meios para que haja comunicação eficiente entre a empresa e os fornecedores?
<b>G3.4</b> A empresa adota critérios de compra que consideram a garantia de origem, para evitar a aquisição de produtos piratas, falsificados ou fruto de roubo de carga?
<b>G3.5</b> A empresa considera como requisito para compra a inexistência de produtos fontes de trabalho infantil e trabalho forçado?
<b>G3.6</b> A empresa apóia organizações que praticam e promovem o Comércio Justo ( <i>Fair Trade</i> )?
<b>G3.7</b> Para contratar um fornecedor, além de exigir uma boa proposta comercial (com qualidade, preço e prazo), a empresa avalia se ele mantém práticas de responsabilidade social?
<b>G3.8</b> A empresa busca fornecedores em cooperativas de pequenos produtores, associações de bairros e projetos de geração de renda?
<b>G3.9</b> A empresa possui política de relacionamento em longo prazo com os fornecedores?
<b>G4. Usuário</b>
<b>G4.1</b> O empreendimento está localizado próximo aos postos de trabalho?
<b>G4.2</b> O projeto apóia-se na autoconstrução acompanhada tecnicamente possibilitando o aprendizado de um ofício?
<b>G4.3</b> O projeto possui como meta o acompanhamento do empreendimento incentivando o acesso a educação estimulando a comunidade local?
<b>G4.4</b> O projeto possui como meta (programa) o acompanhamento do empreendimento incentivando o acesso a meios de sobrevivência e estimulando a comunidade local a melhorar o acesso à recursos financeiros?
<b>G4.5</b> O projeto fornece informações técnicas e disponibiliza o acompanhamento profissional para uma produção informal?
<b>H1. Segurança</b>
<b>H1.1</b> O projeto preocupa-se com a segurança do entorno do empreendimento?
<b>H1.2</b> O projeto contempla medidas de planejamento para minimização de acidentes de construção?
<b>H1.3</b> O projeto contempla medidas de planejamento para maximizar a segurança aos usuários?
<b>H1.4</b> O projeto contempla medidas para garantir a segurança da unidade habitacional?

<b>MASP-HIS</b>	<b>Etapa 4</b>
	<b>Aspectos socioculturais</b>
<b>Aspectos Gerais</b>	
<b>Especificações Subsistema Vedações Verticais</b>	
<i>Sub-categorias</i>	
<i>Critérios Sociais</i>	
<b>I1. Participação</b>	
I1.1 As especificações do subsistema de vedações verticais foram obtidas com a de participação dos usuários?	
I1.2 Os materiais e componentes especificados para a alvenaria foram conforme a consulta aos usuários?	
I1.3 Os materiais e componentes especificados para os revestimentos foram conforme a consulta aos usuários?	
I1.4 Os materiais e componentes especificados para as portas foram conforme a consulta aos usuários?	
I1.6 Os materiais e componentes especificados para as janelas foram conforme a consulta aos usuários?	
<i>Critérios Culturais</i>	
<b>J1. Herança cultural</b>	
J1.1 As especificações do subsistema de vedações verticais foram realizadas em conformidade com a cultura local?	
J1.2 Os materiais e componentes especificados para a alvenaria foram conforme a cultura local?	
J1.3 Os materiais e componentes especificados para os revestimentos foram conforme a cultura local?	
J1.4 Os materiais e componentes especificados para as portas e janelas foram conforme a cultura local?	
<i>Geração de renda e Responsabilidade social</i>	
<b>K1. Fornecedores dos materiais e componentes para a alvenaria (blocos) (extração e produção)</b>	
K1.1 Os fornecedores empregam a mão-de-obra local?	
K1.2 Os fornecedores preocupam-se com a formalidade do emprego de seus colaboradores?	
K1.3 Os fornecedores preocupam-se com a saúde, segurança e higiene no trabalho?	
K1.4 A empresa apóia organizações que praticam e promovem o Comércio Justo ( <i>Fair Trade</i> )?	
K1.5 A empresa possui política explícita de não discriminação contribuindo assim para a inserção de mulheres em todas as atividades?	
K1.6 A empresa possui remuneração compatível com o mercado local e não faz distinção entre a remuneração entre os sexos?	
K1.7 A empresa é certificada pela série NBR ISO 14001, NBR ISO 9000, OHSAS 18000?	
K1.8 A empresa participa ativamente de programas setoriais de qualidade (PSQs/ SIMaC do PBQP-H)?	
K1.9 A empresa conhece e aplica as normas técnicas e legislações específicas para cada modalidade de empreendimento?	
K1.10 A empresa tem a preocupação de atendimento pós-venda?	
K1.11 A empresa preocupa-se com a pontualidade da entrega dos seus produtos ?	
K1.12 A empresa está buscando sempre o avanço tecnológico por meio de pesquisas e inovações?	
K1.13 A empresa conduz sistematicamente o acompanhamento do ciclo de vida de seus produtos, processos e serviços?	
<b>K2. Fornecedor dos materiais para revestimentos (aplicar para fornecedor de materiais: areia, cal, cimento) (extração e produção)</b>	
K2.1 Os fornecedores empregam a mão-de-obra local?	
K2.2 Os fornecedores preocupam-se com a formalidade do emprego de seus colaboradores?	
K2.3 Os fornecedores preocupam-se com a saúde, segurança e higiene no trabalho?	
K2.4 A empresa apóia organizações que praticam e promovem o Comércio Justo ( <i>Fair Trade</i> )?	
K2.5 A empresa possui política explícita de não discriminação contribuindo assim para a inserção de mulheres em todas as atividades?	

<b>K2.6</b> A empresa possui remuneração compatível com o mercado local e não faz distinção entre a remuneração entre os sexos?
<b>K2.7</b> A empresa é certificada pela série NBR ISO 14000, NBR ISO 9000, OHSAS 18000?
<b>K2.8</b> A empresa participa ativamente de programas setoriais de qualidade (PSQs/ SiMaC do PBQP-H)?
<b>K2.9</b> A empresa conhece e aplica as normas técnicas e legislações específicas para cada modalidade de empreendimento?
<b>K2.10</b> A empresa tem a preocupação de atendimento pós-venda?
<b>K2.11</b> A empresa preocupa-se com a pontualidade da entrega dos seus produtos ?
<b>K2.12</b> A empresa está buscando sempre o avanço tecnológico por meio de pesquisas e inovações?
<b>K2.13</b> A empresa conduz sistematicamente o acompanhamento do ciclo de vida de seus produtos, processos e serviços?

<b>MASP-HIS</b>	<b>Etapa 5</b>
	<b>Aspectos econômicos</b>
<b>Aspectos Gerais</b>	
<b>Análise completa de todos os projetos</b>	
<i>Sub-categorias</i>	
<i>Critérios econômicos</i>	
<b>L1. Fortalecimento da Economia Local</b>	
L1.1 Uso de materiais locais (distância máxima r= 100km tolerância ±10%)	
L1.2 O local do empreendimento possui infra-estrutura básica:	
L1.2.a) Rede de abastecimento de água	
L1.2.b) Rede de esgoto	
L1.2.c) Rede elétrica	
L1.2.d) Rede viária	
L1.2.e) Rede de drenagem pluvial	
L1.2.f) Rede de coleta de resíduos domésticos	
L1.2.g) Rede de comunicação	
L1.2.h) Existência de equipamentos urbanos (hospitais, escolas, bancos e praças)	
L1.3 Geração de emprego e renda	
L1.3.a) Empregabilidade da mão-de-obra local (processos construtivos conhecidos)	
L1.3.b) Fornecedores locais	
L1.3.c) Custo de capacitação e treinamento (dados do orçamento)	
L1.3.d) Há área de trabalho na habitação	
L1.3.e) Prevê um aumento da rentabilidade do comércio local	
L1.3.f) Há oportunidade de novos empreendimentos comerciais?	
L1.4g) Para implantação do projeto forma-se cooperativas?	
<b>L2. Viabilidade econômica</b>	
L2.1 Custo acessível conforme a realidade econômica do local ( <i>affordability</i> )?	
L2.2 O estudo da viabilidade econômica foi favorável (incluindo valor agregado; retorno do investimento)?	
L2.3 Não houve custos com a implantação da infra-estrutura?	
L2.4 Considerou-se no orçamento do empreendimento gastos com as ampliações na infra-estrutura para o tempo de projeto?	
L2.5 Há previsão de subsídios e benefícios fiscais por adoção de medidas sustentáveis?	
<b>L3. Custo da construção/ operação/manutenção</b>	
L3.1 Há soluções de projeto para minimizar os custos de construção?	
L3.2 Há soluções de projeto que visam a redução dos custos de operação e manutenção?	
L3.3 Há medidas no projeto que visam a economia de água?	
L3.4 Há medidas no projeto que visam a economia de energia?	
L3.5 O projeto é reavitalização de outros empreendimentos?	
L3.6 O Custo do solo foi incluído no orçamento?	
L3.7 Não há especulação no custo do solo, sendo o mesmo compatível com o empreendimento ?	
<b>L4. Critérios econômicos para empresa executora do projeto</b>	
L4.1 A empresa executora do projeto investe em ações sustentáveis como redução de água, energia, resíduos, qualidade do ambiente de trabalho? (1pts p/ sim)	
L4.2 Há no orçamento verbas para investimento na melhoria do desempenho sustentável da empresa? (como treinamento, auditorias do SGA, redução do desperdício e retrabalho)	
L4.3 Há na política de compra da empresa critérios sustentáveis além do menor preço?	
Critérios de informação - sem pontuar	

a- Custo de implantação da infra-estrutura
b- Custo do empreendimento por m <sup>2</sup>
c- Custo de medidas sustentáveis por m <sup>2</sup>
d- Valor do orçamento da empresa para melhoria do desempenho sustentável
e- Descrever as ações de sustentabilidade praticadas pela empresa
Gerar índices ---> Importante para o estabelecimento de <i>Benchmarks</i> no futuro
i. Custo do empreendimento/ custo da implantação da infra-estrutura (%)
ii. Custo m <sup>2</sup> sustentável / custo do m <sup>2</sup> convencional (%)

	Material / componente	Massa (kg)	Unidade funcional (pc/m2)	Fonte	Índice energético (MJ/Kg)	Fonte	Emissões de CO2 (Kg de CO2/Kg)	Fonte	Potencial de reciclabilidade	Fonte	Consumo para produção (cimento/chamote) (kg)	Consumo para produção (areia/solo) (kg)	Toxicidade	Abundância	Fonte
Bloco	Bloco cerâmico	2.6	25.00	TCPO,2003	4.88	Sposto, 2007	0.333	Soares;Pereira 2004	SIM	Zordan, 2001; CONAMA nº 307, 2002; Woolley et al.,1997; Hendrink,2000	0.26	0	NÃO	SIM	Sposto, 2007
	Bloco de concreto	11.77	13.1	TCPO,2003	5.37	Barros;Sposto, 2005	2.705	Cálculo	SIM	Zordan, 2001; CONAMA nº 307, 2002; Woolley et al.,1997; Hendrink,2000	0.00564	0.00762	NÃO	SIM	Sumário mineral, 2007
	Tijolo solo-cimento	2.3	80.00	Silva, 2005	0.14	Silva,2005	0.170	Silva,2005	SIM	CONAMA nº307,2002	0.00037	1.546	NÃO	SIM	Sumário mineral, 2007
assentamento bloco cerâmico	cimento	2.18	2.18	TCPO,2003	3.4	BEGO,2006	0.569	MÉDIA VOTARANTI,2007 E CARVALHO,2002	SIM	Zordan, 2001; CONAMA nº 307, 2002; Woolley et al.,1997; Hendrink,2000	2.18		NÃO	SIM	Sumário mineral, 2007
	cal	2.18	4.36	TCPO,2003	2.35	GUIMARÃES,1985	0.706	BRASIL,2006	SIM	Zordan, 2001; CONAMA nº 307, 2002; Woolley et al.,1997; Hendrink,2000			NÃO	SIM	Sumário mineral, 2007
	areia	16.79	134.32	TCPO,2003	0.06	GUIMARÃES,1985	0.009	ISAÍÁ;GASTELDINI,2004	SIM	Zordan, 2001; CONAMA nº 307, 2002; Woolley et al.,1997; Hendrink,2000	0.3		NÃO	SIM	Sumário mineral, 2007
assentamento bloco de concreto	cimento	2.64	2.64	TCPO,2003	3.4	BEGO,2006	0.569	MÉDIA VOTARANTI,2007 E CARVALHO,2002	SIM	Zordan, 2001; CONAMA nº 307, 2002; Woolley et al.,1997; Hendrink,2000	2.64		NÃO	SIM	Sumário mineral, 2007
	cal	0.67	0.335	TCPO,2003	2.35	GUIMARÃES,1985	0.706	BRASIL,2006	SIM	Zordan, 2001; CONAMA nº 307, 2002; Woolley et al.,1997; Hendrink,2000			NÃO	SIM	Sumário mineral, 2007
	areia	20.24	161.92	TCPO,2003	0.06	GUIMARÃES,1985	0.009	ISAÍÁ;GASTELDINI,2004	SIM	Zordan, 2001; CONAMA nº 307, 2002; Woolley et al.,1997; Hendrink,2000	0.3		NÃO	SIM	Sumário mineral, 2007
chapisco	cimento	2.43	2.43	TCPO,2003	3.4	BEGO,2006	0.569	MÉDIA VOTARANTI,2007 E CARVALHO,2002	SIM	Zordan, 2001; CONAMA nº 307, 2002; Woolley et al.,1997; Hendrink,2000	2.43		NÃO	SIM	Sumário mineral, 2007
	areia	7.015	21.045	TCPO,2003	0.06	GUIMARÃES,1985	0.009	ISAÍÁ;GASTELDINI,2004	SIM	Zordan, 2001; CONAMA nº 307, 2002; Woolley et al.,1997; Hendrink,2000	0.3		NÃO	SIM	Sumário mineral, 2007
emboço/massa única	cimento	2.66	2.66	TCPO,2003	3.4	BEGO,2006	0.569	MÉDIA VOTARANTI,2007 E CARVALHO,2002	SIM	Zordan, 2001; CONAMA nº 307, 2002; Woolley et al.,1997; Hendrink,2000	2.66		NÃO	SIM	Sumário mineral, 2007
	cal	2.66	5.32	TCPO,2003	2.35	GUIMARÃES,1985	0.706	BRASIL,2006	SIM	Zordan, 2001; CONAMA nº 307, 2002; Woolley et al.,1997; Hendrink,2000			NÃO	SIM	Sumário mineral, 2007
	areia	27.945	307.395	TCPO,2003	0.06	GUIMARÃES,1985	0.009	ISAÍÁ;GASTELDINI,2004	SIM	Zordan, 2001; CONAMA nº 307, 2002; Woolley et al.,1997; Hendrink,2000	0.3		NÃO	SIM	Sumário mineral, 2007
	gesso	6.2	6.2	TCPO,2003	0.75	ADENE/ATECEL,2006	0.016	Cálculo	NÃO					NÃO	NÃO

Combinações de materiais reciclados incorporados

CPII	0.0019
CPIII	0.0039
CPIV	0.0028
AREIA	0.0023
AREIA+CPII	0.0042
AREIA+CPIII	0.0062
AREIA+CPIV	0.0051
CHAMOTE	0.2600
SOLO	1.5460
SOLO+CPII	1.5479
SOLO+CPIII	1.5499
SOLO+CPIV	1.5507

#### **A4- PROMASP-HIS E RESULTADOS DE PROJETOS APLICADOS**



