

ISMAS

A sustentabilidade como
premissa para a seleção
de materiais

MÁRCIA BISSOLI-DALVI

Concepción/ Chile
Abril de 2014

A decorative graphic consisting of several overlapping, curved shapes that resemble leaves or petals. The shapes are arranged in a fan-like pattern, starting from a common point at the bottom right and curving outwards and upwards to the left. The colors transition from a light, pale green on the left to a dark, almost black green on the right, creating a sense of depth and movement.

MÁRCIA BISSOLI-DALVI

ISMAS: a sustentabilidade como premissa para a seleção de materiais

Tese apresentada ao Programa de Doctorado en Arquitectura y Urbanismo da Facultad de Arquitectura, Construcción y Diseño, da Universidad del Bío-Bío, como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Doutor em Arquitectura y Urbanismo.

Tutor: Dr. Gerardo Erich Saelzer Fuica (Universidad del Bío-Bío, Chile)

Co-tutora: Dra. Cristina Engel de Alvarez (Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil)

Demais membros da banca:

Dra. Claudia Muñoz Sanguinetti (Universidad del Bío-Bío, Chile)

Dra. Maureen Trebilcock Kelly (Universidad del Bío-Bío, Chile)

Dr. Iván Cartes Siade (Universidad del Bío-Bío, Chile)

Dr. Luis Manuel Bragança Miranda Lopes (Universidade do Minho, Portugal)

Concepción/ Chile
Abril de 2014

AGRADECIMENTOS

Parafraseando Marthin Luther King... “Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o que era antes”. Tenho a certeza de olhar para traz e ver que nada foi em vão. Além disso, posso afirmar que tudo valeu a pena, não importando o quanto me exigiu! Agradeço...

Ao Programa de Doctorado en Arquitectura y Urbanismo e à Universidad del Bío-Bío (DAU/UBB) por possibilitar o intercâmbio de conhecimento;

Ao tutor, prof. Dr. Gerardo Erich Saelzer Fuica, pela receptividade que manifestou, incentivo e por acreditar nesta pesquisa. Obrigada pelo carinho e paciência com que conduziu esta pesquisa;

À Co-Tutora, prof. Dr^a Cristina Engel de Alvarez, pelos ensinamentos preciosos, pela orientação segura, e sobretudo, pela confiança, sempre, em mim depositada em todas as “inovações” que propunha, inclusive, esta tese. Ser coorientador significa aceitar, acreditar, alimentar, apontar, solicitar, sustentar... São muitas as funções que se somam (ou se multiplicam). Cris, você faz muito bem todas elas. Aprendi a essência de cada uma ao conviver nos últimos anos nesta “parceria”;

Aos demais membros da banca, pela disponibilidade, atenção, valioso aporte e pelo privilégio em tê-los como avaliadores;

Aos demais professores do programa de doutorado, pelos conhecimentos divididos e por todas as contribuições para o aprimoramento dos resultados;

Aos colegas doutorandos e secretárias da UBB, pelas trocas de experiência, pelos momentos de descontração e ajuda, e em especial a Cláudia Muñoz, Laline Cenci, Giovana Ulian e Javier Guarachi;

Aos amigos da Família EJC: vocês me deram forças para chegar até aqui;

Aos amigos da família LPP: obrigada pela disponibilidade e preciosa ajuda em todos os momentos. Agradeço a cada um, e em particular: Anderson Woelffel, André Donadello, Andreia Laranja, Dielly Guedes, Fernanda Fukai, Filipe Marvila, Gleica Bortolini, Karla Rubia, Marcelo Fiorotti, Nicoli Ferraz, Paulo Vargas, Ramon Lambrano, Ricardo Maioli e Rosa Casati

Aos bolsistas de iniciação científica que também acreditaram neste tema: Bernardo Z. Dias, Thiara Lucas, Marcelo Venzon, Izabela Hofman, e, agora na etapa final, Soyana C. Ferres. Juntas formamos uma parceria cheia de entusiasmo e cumplicidade. Obrigada pelos “empurrões”;

Especialmente agradeço a Manu e a Edna! Manu, sou grata pela sua iniciativa: você é a grande responsável por este doutorado! Obrigada pelo convite... lá no início! Edna, agradeço a paciência, a disponibilidade e a prontidão para os socorros. Tudo o que vivemos nos fortaleceu como amigas;

Aos professores e alunos do DAU/ UFES: obrigada pelo incentivo;

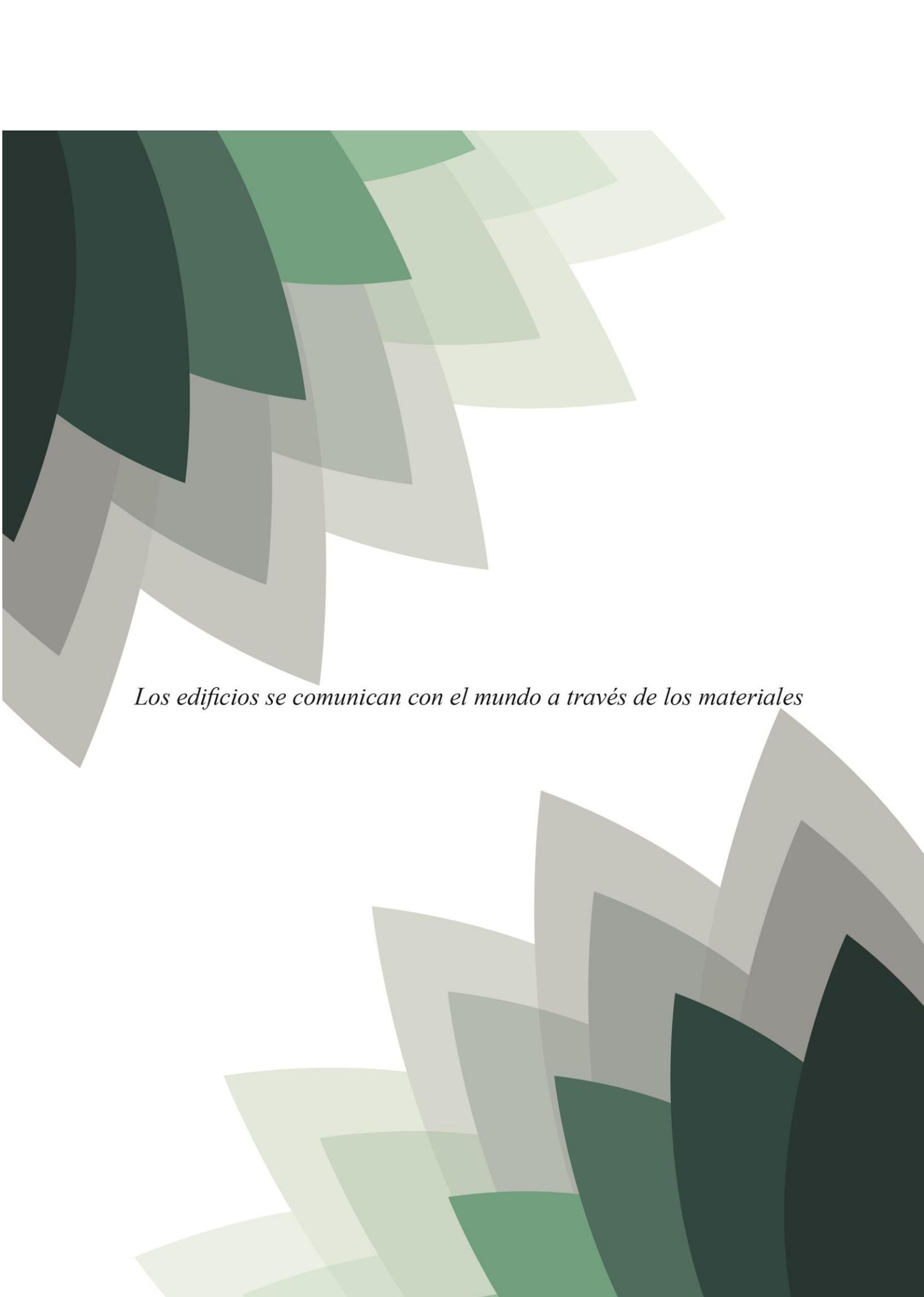
Aos professores, Luiz Duarte de Ulhôa Jr., que contribuiu com a análise estatística; Mauricio Diascanio e Izabel Louzada pelo suporte metodológico; aos analistas de sistema Daniel Almeida e Nilson de Castro; ao IAB e ao DAU pelo apoio na etapa de testes com os arquitetos capixabas;

A todos os amigos e familiares que me fortaleceram, em especial, meus pais, por acreditarem em mim e sempre me encorajarem a enfrentar novos desafios;

Ao meu esposo Roberto, agradeço pelo exemplo, apoio cotidiano e incentivo. Essa vitória é nossa;

Aos 143 arquitetos que colaboraram voluntariamente com o teste para aprimorar cada etapa do ISMAS;

Por fim, com igual importância e respeito, agradeço ao prof. Rodrigo Garcia Alvarado, pela inestimável dedicação prestada ao Programa de Doctorado en Arquitectura y Urbanismo, da UBB, além do auxílio prestado a todos os alunos estrangeiros, em particular, nós do Brasil.

The image features an abstract graphic design with overlapping, semi-transparent geometric shapes. The shapes are primarily in shades of green and grey, with some darker tones. The shapes are arranged in a way that creates a sense of depth and movement, with some shapes appearing to be layered on top of others. The overall composition is clean and modern, with a focus on color and form.

Los edificios se comunican con el mundo a través de los materiales

RESUMO

Diante da incontestável finitude das matérias-primas básicas para a construção civil e da problemática ocasionada pelos resíduos, a incorporação da sustentabilidade no processo de seleção de materiais desponta, atualmente, como uma premissa necessária. Entretanto, destacam-se a carência de informações para auxiliar na análise de aspectos inerentes à sustentabilidade dos materiais e a falta de metodologias auxiliares que sejam simples e acessíveis aos projetistas. Nesta tese, partiu-se do pressuposto que propor edificações mais sustentáveis implica também numa articulação mais próxima com os materiais, baseando-se em exigências normativas, em coerência com novas demandas projetuais. Nesse contexto, o propósito principal da pesquisa foi desenvolver um instrumento para auxiliar na escolha de materiais à luz da sustentabilidade, prático e acessível ao conhecimento teórico do usuário – arquitetos e especificadores –, de fácil acesso e gratuito e com tema específico. Foram estabelecidos como objetivos específicos para o alcance dos resultados: 1). Definir os indicadores de sustentabilidade para seleção de materiais; 2). Definir os critérios e promover o recorte conceitual; 3). Desenvolver o instrumento; e 4). Testar o instrumento. A pesquisa envolveu a caracterização qualitativa das informações para definição e formulação dos indicadores de sustentabilidade que culminaram na indicação dos critérios. O recorte de análise foi estabelecido considerando duas premissas fundamentais e passíveis de avaliação: economia de matérias-primas e geração e gestão de resíduos. A partir da estruturação inicial do instrumento, foi desenvolvido um sistema para *web* visando, principalmente, o teste da efetiva funcionalidade do Instrumento para a Seleção de Materiais Mais Sustentáveis – ISMAS. O principal teste envolveu 1922 arquitetos registrados no sistema CAU – Conselho de Arquitetura e Urbanismo, divisão Espírito Santo, reiterando a exequibilidade do ISMAS e confirmando a hipótese da pesquisa. Os resultados do teste apontam para a viabilidade de uso do instrumento, destacando-se a praticidade almejada inicialmente, a facilidade de compreensão e a agilidade no uso, fundamental no processo projetual. As constatações permitem afirmar que existe viabilidade de uso imediato do ISMAS como suporte ao projetista na etapa de seleção de materiais.

Palavras-chave: Indicadores de Sustentabilidade. Instrumento de Avaliação. ISMAS. Seleção de Materiais. Sustentabilidade.

RESUMEN

Delante de la incontestable finitud de las materias primas básicas para la construcción civil y de la problemática ocasionada por los residuos, la incorporación de la sustentabilidad en el proceso de selección de materiales, sobresale actualmente, como una premisa necesaria. Sin embargo, se destacan la carencia de informaciones para auxiliar en el análisis de aspectos inherentes a la sustentabilidad de los materiales y la falta de metodologías auxiliares que sean simples y accesibles a los proyectistas. En esta tesis, se partió de la suposición que, proponer edificaciones más sustentables implica también una articulación más próxima con los materiales, basándose en exigencias normativas, y en coherencia con nuevas demandas proyectuales. En ese contexto, el propósito principal de la investigación fue desarrollar un instrumento para auxiliar la elección de materiales a la luz de la sustentabilidad, práctica y accesible al conocimiento teórico del usuario – arquitectos y especificadores –, de fácil acceso, gratuito y con tema específico. Fueron establecidos como objetivos específicos para el alcance de los resultados: 1). Definir los indicadores de sustentabilidad para selección de materiales; 2). Definir los criterios y promover el recorte conceptual; 3). Desarrollar el instrumento; y 4). Testar el instrumento. La investigación envolvió la caracterización cualitativa de las informaciones para definición y formulación de los indicadores de sustentabilidad que culminaron en la indicación de los criterios. El recorte de análisis fue establecido considerando dos premisas fundamentales y pasibles de evaluación: economía de materias primas y generación y gestión de residuos. A partir de la estructuración inicial del instrumento, fue desarrollado un sistema para *web* visando, principalmente, el teste de la efectiva funcionalidad del Instrumento para la Selección de Materiales Más Sustentables – ISMAS. El principal teste envolvió 1922 arquitectos registrados en el sistema CAU – Consejo de Arquitectura y Urbanismo, división Espírito Santo, reiterando la ejecución del ISMAS y confirmando la hipótesis de la investigación. Los resultados del teste apuntan para la viabilidad del uso del instrumento, destacándose la practicidad deseada inicialmente, la facilidad de comprensión y la agilidad en el uso fundamental en el proceso proyectual. Las constataciones permiten afirmar que existe viabilidad de uso inmediato del ISMAS como soporte al proyectista en la etapa de selección de materiales.

Palabras-claves: Indicadores de sustentabilidad. Instrumento de evaluación. ISMAS. Selección de materiales. Sustentabilidad.

ABSTRACT

In the light of incontrovertible finitude of the basic raw materials for the construction and the problems caused by waste, the incorporation of sustainability in the process of selection of materials currently topping as a necessary premise. However, it is highlighted the lack of information to assist in the analysis of aspects related to the sustainability of the materials and the lack of auxiliary methodologies that are simple and accessible to designers. In this thesis, it has been assumed that propose more sustainable buildings also implies a closer linkage with the materials, based on regulatory requirements, in line with new project demands. In this context, the main purpose of this research was to develop a tool to assist in the choice of materials in the light of sustainability, practical and accessible to the theoretical knowledge of user - architects and specifiers - , easily accessible, free of charge and with specific topic. Specific objectives have been established for the achievement of results: 1) to set the sustainability indicators for materials selection; 2) to set the criteria and promote conceptual clipping; 3) to develop the tool; 4) to test the tool. The research involved the qualitative characterization of information for definition and formulation of sustainability indicators that culminated in the indication of the criteria. The clipping (cut off) of analysis was established considering two fundamental premises and liable to assessment: economics of raw materials and generation and management of waste. From the initial structuring of the instrument, a system was developed for the web aimed at, mainly, the test of effective functionality of the tool for the more sustainable materials selection – ISMAS. The main test involved 1922 Architects registered in the CAU system – Board of Architecture and Urbanism, section of the State of Espírito Santo - , reiterating the feasibility of ISMAS and confirming the hypothesis of the research. The test results indicate the feasibility of use of the tool, most notably the practicality initially desired, comprehensibility and usage agility, fundamental in the design process. The findings allow to state that there is feasibility of immediate use of ISMAS as designer support in step of selection of materials.

Keywords: Sustainability indicators. Assessment tool. ISMAS. Materials selection. Sustainability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Estrutura da tese	16
Figura 2: Mapa síntese - delimitação do problema de investigação	18
Figura 3: Pergunta de investigação da pesquisa	22
Figura 4: Hipótese da tese	28
Figura 5: Mapa conceitual – Síntese da metodologia proposta	32
Figura 6: Perguntas auxiliares para a determinação dos indicadores de sustentabilidade	33
Figura 7: Demandas e prejuízos dos materiais com ênfase ambiental	48
Figura 8: Selo RGmat para materiais de construção sustentáveis	68
Figura 9: Exemplos de representação visual de selos	69
Figura 10: Ciclo dos materiais: aberto e fechado	106
Figura 11: Etapas de estruturação do ISMAS	110
Figura 12: Categorias e critérios propostos	112
Figura 13: Relações propostas para o recorte dos critérios	114
Figura 14: Escala de graduação para a avaliação de cada critério no ISMAS	117
Figura 15: Escala de ajuste dos pontos atribuídos para os pesos	126
Figura 16: Escala geométrica proposta para a definição dos pesos no ISMAS	126
Figura 17: ISMAS – Página 1: apresentação	127
Figura 18: ISMAS – Página 3: Instruções	128
Figura 19: ISMAS – Página 5: critério 1	129
Figura 20: ISMAS – Página 5: destaque para as perguntas complementares	129
Figura 21: ISMAS – Página 12: questionamentos gerais	130
Figura 22: ISMAS – Página 13: resultado do teste	131
Figura 23: Possíveis resultados do índice de sustentabilidade propostos pelo ISMAS	131
Figura 24: O número de folhas representa o grau de sustentabilidade atingido na Ferramenta Verde	131
Figura 25: Representação visual do índice de sustentabilidade do material pelo ISMAS	132
Figura 26: A seta indica a inserção do termo “nível” junto às marcas de referências	151

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Tempo de atuação dos arquitetos que testaram o ISMAS	136
Gráfico 2: Dificuldade para compreender os critérios e as respostas	137
Gráfico 3: Dificuldade relacionada ao conhecimento do material.....	138
Gráfico 4: Resultado testes chapa de drywall.....	140
Gráfico 5: Teste chapa de drywall – média dos maiores percentuais em cada critério.....	141
Gráfico 6: Resultado testes madeira	141
Gráfico 7: Teste madeira – média dos maiores percentuais em cada critério	142
Gráfico 8: Resultado testes tijolo cerâmico	143
Gráfico 9: Teste tijolo cerâmico – média dos maiores percentuais em cada critério.....	144
Gráfico 10: Resultado testes cerâmica.....	144
Gráfico 11: Teste cerâmica – média dos maiores percentuais em cada critério	145
Gráfico 12: Resultado madeira plástica.....	145
Gráfico 13: Teste madeira plástica – média dos maiores percentuais em cada critério.....	146
Gráfico 14: Resultado testes papel de parede	147
Gráfico 15: Teste papel de parede – média dos maiores percentuais em cada critério.....	147
Gráfico 16: Resultado testes tinta.....	148
Gráfico 17: Teste tinta – média dos maiores percentuais em cada critério.....	148

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Caracterização das etapas de testes do ISMAS	38
Quadro 2: Iniciativas que impulsionam a sustentabilidade na construção civil.....	49
Quadro 3: Ferramentas de avaliação ambiental reconhecidas, com ênfase aos materiais	54
Quadro 4: Ferramentas de avaliação e as condições de uso	58
Quadro 5: Exemplos de ferramentas digitais auxiliares na seleção de materiais.....	60
Quadro 6: Indicadores de sustentabilidade e seus respectivos impulsionadores	93
Quadro 7: Sistematização das informações relevantes sobre os temas materiais e sustentabilidade	104
Quadro 8: Definição dos critérios a partir dos indicadores.....	111
Quadro 9: Agrupamento dos critérios em categorias.....	112
Quadro 10: Relação dos critérios com o contexto das Agendas 21 e com a sustentabilidade ambiental	115
Quadro 11: Critérios recortados a partir da metodologia apresentada na Figura 13.....	116
Quadro 12: Marcas de referência do critério 1	119
Quadro 13: Marcas de referência do critério 2	120
Quadro 14: Marcas de referência do critério 3	121
Quadro 15: Marcas de referência do critério 4	121
Quadro 16: Marcas de referência do critério 5	122
Quadro 17: Marcas de referência do critério 6	122
Quadro 18: Marcas de referência do critério 7	123
Quadro 19: Parâmetros adotados para definição dos pontos atribuídos	125
Quadro 20: Análise dos critérios com base nos testes feitos pelos arquitetos	136

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Planilha utilizada no teste acadêmico	36
Tabela 2: Vida útil mínima de projeto, de acordo com NBR 15.575-1/2013	75
Tabela 3: Resultado da pesquisa aferidora do grau de importância dos indicadores	96
Tabela 4: Pontos atribuídos aos critérios com base nos parâmetros adotados	125
Tabela 5: Pesos definidos para cada critério do ISMAS	126
Tabela 6: Quantitativo de materiais testados pelo ISMAS	139

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABNT/CB	Associação Brasileira de Normas Técnicas/ Comitê Brasileiro
ACV	Avaliação do Ciclo de Vida
AGI32	<i>Advanced Graphical Interface for Lighting</i>
ANTAC	Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
AQUA	Alta qualidade ambiental
ASUS	Avaliação da Sustentabilidade
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
BREEAM	<i>Building Research Establishment Environmental Assessment Method</i>
CBIC	Câmara Brasileira da Indústria da Construção
CBCS	Conselho Brasileiro de Construção Sustentável
CASBEE	<i>Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency</i>
CAU/BR	Conselho de Arquitetura e Urbanismo/ Brasil
CAU/ES	Conselho de Arquitetura e Urbanismo/ Espírito Santo
CEN	Comitê Europeu de Normalização
CEP	Comitê de Ética em Pesquisa
CF	Constituição Federal
CIB	<i>International council for research and innovation in building and construction</i>
CNUMAD	Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento
CNPJ	Cadastro Nacional de Pessoas Jurídicas
CO	Monóxido de carbono
CO ₂	Dióxido de carbono
COMDEVIT	Conselho Metropolitano de Desenvolvimento da Grande Vitória
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DAYSIM	<i>Advanced Daylight Simulation Software</i>
EI	Energia incorporada
ENARC	Encontro Nacional sobre Aproveitamento de Resíduos na Construção Civil
ENCAC	Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído
ENECS/ ELECS	Encontro Nacional e Encontro Latinoamericano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis
ENTAC	Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
ESP-r	Environmental Systems Performance, r for “research”
FGTS	Fundo de Garantia por Tempo de Serviço
FSC	Forest Steward shop Concilia
FUMDEVIT	Fundo Metropolitano de Desenvolvimento da Grande Vitória
INSS	Instituto Nacional de Seguridade Social
IFBQ	Instituto Faução Bauher da Qualidade
IN	Instrução Normativa
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
IOPES	Instituto de Obras Públicas do Estado do Espírito Santo
IPI	Imposto sobre Produtos Industrializados
ISMAS	Instrumento Auxiliar para a Seleção de Materiais Mais Sustentáveis
ISO	Organização Internacional de Normalização
LABOR/CT	Laboratório de Orçamentos/ Centro Tecnológico
LEED	<i>Leadership in Energy & Environmental Design</i>

LLP	Laboratório de Planejamento e Projetos
NBR	Norma Brasileira
PBQP-H	Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat
PIGRCC	Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil
RCC	Resíduos de Construção Civil
RCD	Resíduos de Construção e Demolição
RMGV	Região Metropolitana da Grande Vitória
RSC	Responsabilidade Social Corporativa
SBQP	Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído
SBTOOL	<i>Sustainable Building Tool</i>
SED	Síndrome do Edifício Doente
SEMMAM	Secretaria Municipal de Meio Ambiente
SGA	Sistema de Gestão Ambiental
SIBRAGEC	Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção
SINMETRO	Sistema Nacional de Metrologia, Normatização e Qualidade Industrial
SO ₂	Dióxido de enxofre
TR	Tempo de Reverberação
UFES	Universidade Federal do Espírito Santo
VUP	Vida útil de projeto

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	RECORTE DA TESE	16
1.2	FORMULAÇÃO E DELIMITAÇÃO DO PROBLEMA	18
1.3	JUSTIFICATIVAS	23
1.4	CONTRIBUIÇÃO DA TESE	26
1.5	HIPÓTESE	27
2	OBJETIVOS E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	30
2.1	OBJETIVO GERAL	30
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	30
2.3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	31
3	ABORDAGEM TEÓRICA À PROPOSTA DA TESE	43
3.1	ANTECEDENTES	43
3.2	O PROJETISTA E A SELEÇÃO DE MATERIAIS MAIS SUSTENTÁVEIS	46
3.3	METODOLOGIAS SUSTENTÁVEIS PARA SELEÇÃO DE MATERIAIS	52
3.4	DEFINIÇÃO DOS INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE	62
3.4.1	CONSIDERAÇÕES SOBRE OS INDICADORES	91
3.4.2	A NECESSÁRIA SIMPLIFICAÇÃO DOS INDICADORES	97
3.5	CONSIDERAÇÕES REFERENTES À ABORDAGEM TEÓRICA	108
4	O INSTRUMENTO	110
4.1	DEFINIÇÃO DOS INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE	110
4.2	DEFINIÇÃO DOS CRITÉRIOS A PARTIR DOS INDICADORES	110
4.3	AGRUPAMENTO DOS CRITÉRIOS EM CATEGORIAS	112
4.4	DEFINIÇÃO DOS CRITÉRIOS NO CONTEXTO DAS AGENDAS 21	113
4.5	DEFINIÇÃO DAS MARCAS DE REFERÊNCIA	117
4.6	DEFINIÇÃO DOS PESOS	124
4.7	APRESENTAÇÃO DO ISMAS	127
5	TESTES E AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS	134
5.1	RESULTADOS DO TESTE PILOTO	134
5.2	RESULTADOS DO TESTE ACADÊMICO	134
5.3	RESULTADOS DO TESTE COM PROFISSIONAIS	135
5.3.1	RESULTADOS DA AVALIAÇÃO DOS CRITÉRIOS	136
5.3.2	RESULTADOS ADICIONAIS: TESTES DOS MATERIAIS	139
5.3.3	RESULTADOS COMPLEMENTARES	149
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	155
	REFERÊNCIAS	162
	APÊNDICE 1	188
	APÊNDICE 2	189

INTRODUÇÃO

OBJETIVOS E
PROCEDIMENTOS
METODOLÓGICOS

ABORDAGEM TEÓRICA À
PROPOSTA DA TESE

O INSTRUMENTO

TESTES E AVALIAÇÃO DOS
RESULTADOS

CONSIDERAÇÕES FINAIS



1 INTRODUÇÃO

O modelo atual de desenvolvimento vem impulsionando o crescimento do setor da construção civil em proporções alarmantes, principalmente nos países emergentes como o Brasil. No que tange aos materiais, fatores como o aumento no consumo vem provocando o surgimento de problemas como a escassez de matérias-primas, a produção desregrada de resíduos, entre outros problemas. Esses aspectos já são suficientes para constatar a necessidade de uma nova postura projetual que leve em consideração, entre outros requisitos, a relevância na escolha dos materiais adequados aos princípios da sustentabilidade.

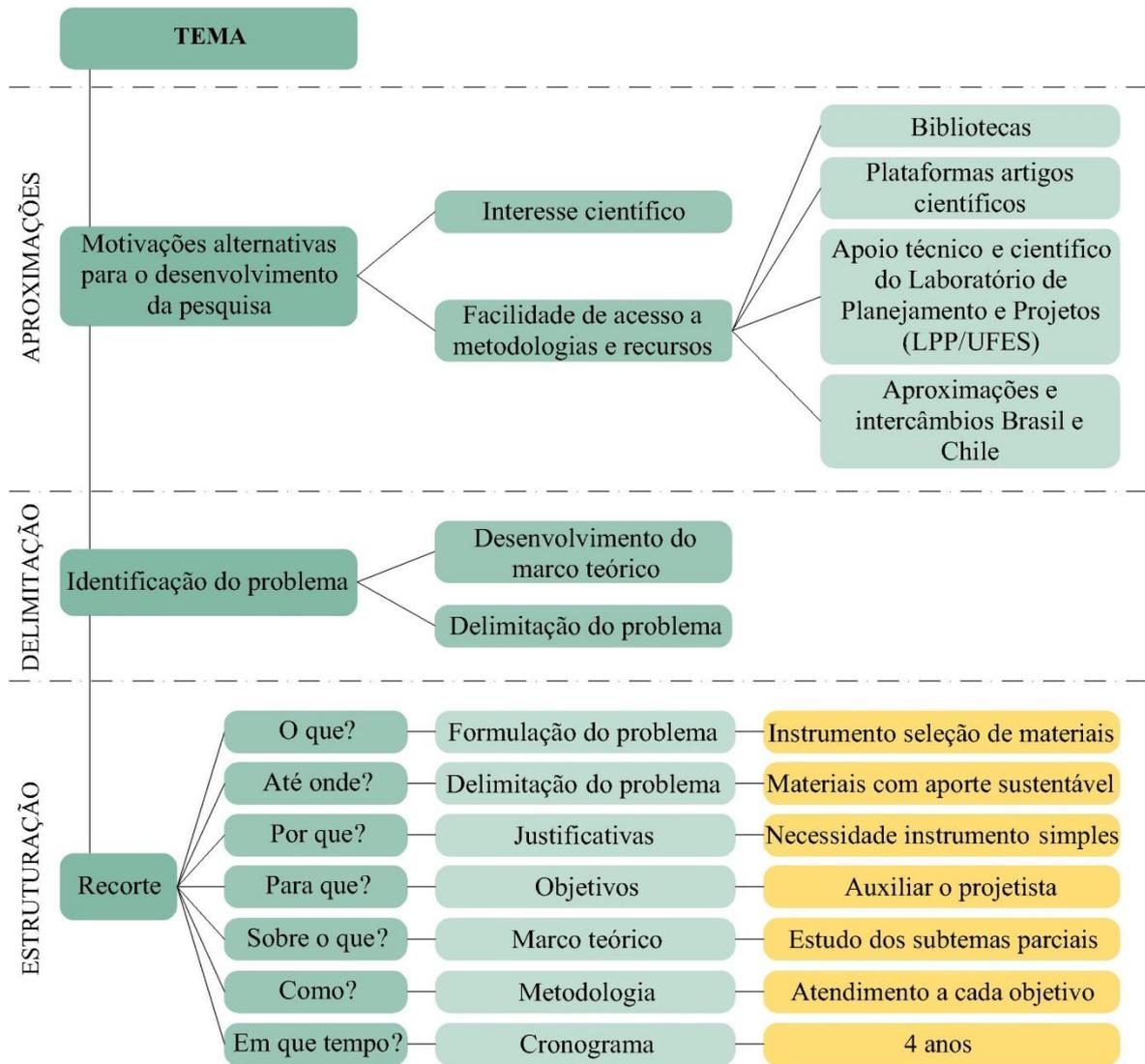
Diante da necessidade de introduzir no processo de concepção projetual quesitos adicionais para a seleção de materiais, a abordagem teórica busca, inicialmente, fornecer os elementos que subsidiaram tal constatação. Esse tema desponta como fator elementar diante das solicitações atuais em favorecer a produção de edificações alicerçada no conceito de sustentabilidade.

Destaca-se a existência de diversas abordagens teóricas que tratam desse problema, seja no âmbito nacional ou internacional. Contudo, ainda é incipiente uma abordagem prática e com direcionamento que facilite a compreensão e o uso, seja na estrutura simples ou no conteúdo. O principal entrave identificado ao uso de ferramentas auxiliares ao projetista é a complexidade, que normalmente também está associada à necessidade de aplicação de um tempo adicional na atividade projetual. Assim, é relevante atuar no desenvolvimento de um instrumento auxiliar ao projetista que contribua com a concretização da hipótese de viabilidade de uso imediato, concomitante às atividades projetuais. Nesse sentido, a relevância deste trabalho está tanto na originalidade da proposta de ferramenta como, especialmente, na simplificação do processo de avaliação do nível de sustentabilidade dos materiais construtivos.

1.1 RECORTE DA TESE

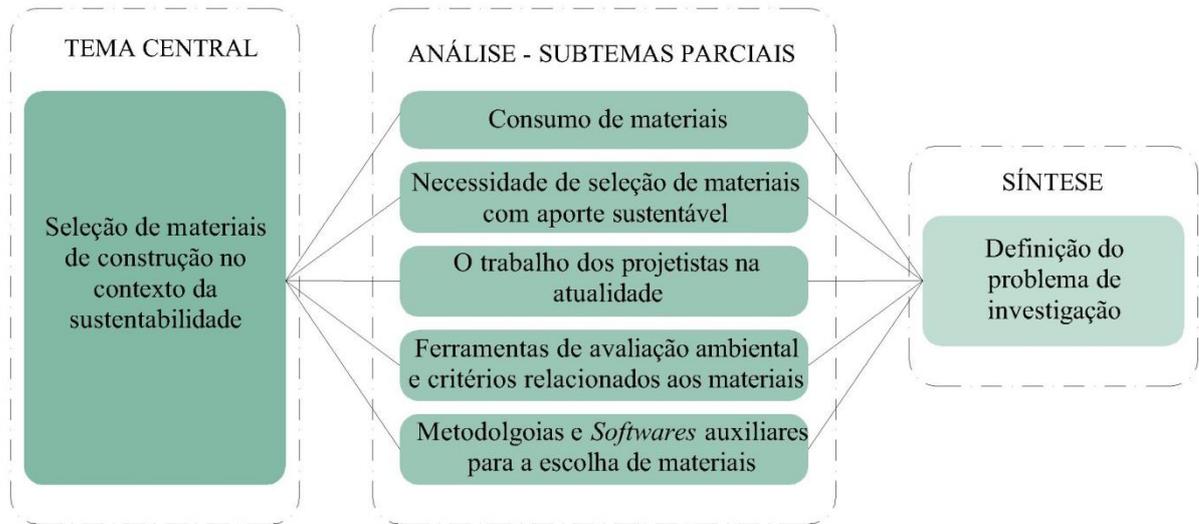
Considerando a abrangência da abordagem desta tese e visando facilitar a compreensão da proposta, a figura 1 apresenta a estrutura do projeto de investigação.

Figura 1: Estrutura da tese



Os antecedentes para a definição do problema de investigação envolvem diversos enfoques que se relacionam com o tema central, ou seja, os materiais de construção inseridos no contexto da sustentabilidade. A figura 2 apresenta a divisão do tema central em subtemas, que são considerados separadamente na abordagem teórica, visando facilitar a compreensão do enfoque. Em cada subtema são discutidos os elementos que delimitam a atuação, assim como os limites temporais e espaciais; a contextualização socioeconômica, histórica, ecológica ou técnica, de acordo com cada direcionamento proposto.

Figura 2: Mapa síntese - delimitação do problema de investigação



1.2 FORMULAÇÃO E DELIMITAÇÃO DO PROBLEMA

Estimativas do uso global de materiais, publicados em 2003, mostram que o consumo total pelos países industrializados varia entre 31 e 74 toneladas *per capita* (BRINGEZU; SCHÜTZ; MOLL, 2003), sendo provável que atualmente esses valores se ampliaram. Se por um lado há um grande consumo, por outro emerge o problema dos resíduos oriundos da atividade de construção. No Brasil, por exemplo, estima-se que a construção gere entre 20% e 25% do total de resíduos da indústria brasileira (DESENVOLVIMENTO..., 2011). As principais forças motrizes para tal ocorrência são o crescimento da população, o crescimento econômico, além do aumento no padrão de desenvolvimento, impulsionados pelos moldes atuais de produção e de consumo (EUROPEAN..., 2005).

No ano de 1800, a população mundial era de um bilhão de pessoas; em 1950 passou para 2,52 bilhões de habitantes; em 2011 atingiu sete bilhões; e, de acordo com projeções, deverá chegar a 10,16 bilhões de habitantes em 2100. No período de 60 anos, entre 1950 e 2010, a população mundial cresceu 172% e nos próximos 90 anos, entre 2010 e 2100, o crescimento demográfico mundial deverá ficar em 50%. A população brasileira, que em 2010 era constituída por cerca de 191 milhões de habitantes, deve atingir o seu máximo por volta de 220 milhões de habitantes, em 2030, e depois iniciar um declínio suave até atingir 180 milhões em 2100 (PROJEÇÃO..., 2008; CAMARANO; KANSO, 2009; UN/ESA, 2011). De uma forma geral, o ritmo de crescimento da população mundial tende a reduzir, contudo, o mundo terá mais três bilhões de

peessoas até o fim do século XXI.

Para atender o consumo, as necessidades e a demanda dessa população atual e futura, a construção civil necessitará de uma quantidade expressiva de materiais. Diante da incontestável finitude das matérias-primas fundamentais para a construção e da notória necessidade de se mudar o modo de explorar os recursos naturais¹, a busca por melhorias deve estar acompanhada por soluções que impulsionem o uso dos recursos naturais com baixo impacto ambiental² (MOTTA; AGUILAR, 2009). A preocupação com a crise ambiental deve estar acompanhada da conscientização humana da finitude dos recursos naturais, sejam eles mineral, vegetal ou animal (BISSOLI; CALMON; CASER, 2008). A otimização do ambiente construído com o emprego de volumes inferiores desses recursos, vem sendo considerado um dos grandes desafios da construção (BISSOLI; CALMON; CASER, 2007), incluindo também a problemática ocasionada pela geração de resíduos provenientes dos materiais.

A seleção de materiais inserida no contexto da sustentabilidade representa uma nova perspectiva a essa problemática, contudo, a relação da sustentabilidade dos materiais envolve decisões que incorporam incertezas e variáveis subjetivas (JOHN; OLIVEIRA; LIMA, 2007). Se por um lado a sustentabilidade se caracteriza pela complexidade e diversidade de informações; por outro, há um movimento crescente para melhor usabilidade, apoiado na simplicidade (MATEUS; BRAGANÇA, 2011).

Destaca-se, dessa forma a necessidade de novas formas de atuação. Com a evolução da indústria da construção, surge também a necessidade de materiais que satisfaçam a uma demanda por conceitos diferenciais, como a sustentabilidade. Para a efetiva incorporação de novos valores na construção civil, os critérios adotados na etapa de seleção de materiais devem ser ampliados, abrangendo considerações que vão além dos habituais (ABEYSUNDARA; BABEL; GHEEWALA, 2009; HUANG et al., 2011).

¹Recursos naturais são riquezas extraídas da natureza como recursos hídricos, solos, minerais, biomas, florestas, e até mesmo áreas de terrenos ocupados por depósitos de lixo (KEELER; BURKE, 2010).

² A Resolução CONAMA 001, de 23 de janeiro de 1986, define impacto ambiental como “qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma da matéria ou energia resultante das atividades humanas que direta ou indiretamente afetem a segurança, a saúde, o bem-estar da população, as atividades socioeconômica, a biota, as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente e a qualidade dos recursos naturais” (BRASIL, 1986).

Tecnicamente, são muitos os fatores considerados, como o custo do material, a confiabilidade, a durabilidade, a disponibilidade, as tendências de mercado, os aspectos culturais e estéticos, a forma, as preocupações sociais³, a interação do usuário com aspectos como aparência e emoções, entre outros (ASHBY; JOHNSON, 2002; CRILLY; MOULTRIE; CLARKSON, 2004; HEGGER; DREXLER; ZEUMAR, 2010; RAO, 2008). Tais ideias são ratificadas por Oliveira (2007), ao afirmar que a seleção se torna um desafio devido à variedade de informações, somada à complexidade e ao conhecimento necessário.

A escolha de um material na arquitetura significa ponderação de diferentes fatores (SPIEKERMANN; DONATH, 2006). Na maioria das situações, os requisitos relacionados às propriedades dos materiais sobressaem (MANIYA; BHATT, 2010). No Brasil, a quantidade, a qualidade, a confiabilidade e o grau de detalhamento das informações estão abaixo do mínimo necessário à tomada de decisões técnicas, sendo o preço, muitas vezes, o único critério objetivo disponível (DESENVOLVIMENTO..., 2011).

Destaca-se também a tendência de escolher, preferencialmente, os materiais usados tradicionalmente pela construção civil (JAHAN et al., 2010). Contudo, novos critérios devem ser considerados pelos projetistas, tais como a capacidade de reciclagem do material, os impactos do material sobre o meio ambiente, dentre outros. Em qualquer processo de construção com mérito sustentável deverão estar presentes os procedimentos de seleção de materiais com base nestes e também em outros princípios (JOHN; OLIVEIRA; LIMA, 2007).

Neste contexto, surgem problemas pautados, principalmente, na insuficiência de informações que contribuam para a compreensão da sustentabilidade em relação aos materiais. Dentre as principais carências sobressai a falta de informações sistematizadas e regras objetivas de orientação para as escolhas (MARQUES, 2007); a necessidade de conhecimentos diversos (OLIVEIRA, 2009); a ausência de declaração ambiental dos materiais; a existência de barreiras para a implementação de um estudo referente ao ciclo de vida, como a falta de informações (MARTINEZ; AMORIM, 2010); a complexidade das cadeias produtivas de materiais (HORVATH, 2004); a existência de particularidades dos produtos da construção (KOTAJI;

³ Preocupações sociais estão relacionadas ao conforto térmico e acústico, boa qualidade do ar interior e boa qualidade estética, ou seja, envolve as percepções humanas (ABEYSUNDARA; BABEL; GHEEWALA, 2009).

SCHUURMANS; EDWARDS, 2003); além da dificuldade na análise das questões sociais e econômicas (JOHN; OLIVEIRA; LIMA, 2007).

Soma-se ainda a falta de disciplinas acadêmicas específicas e mecanismos para implantar novos hábitos; a resistência do cliente pelo custo de investimento em técnicas e materiais não tradicionais; a falta de exemplos concretos próximos; a resistência dos construtores e incorporadores em adotar novos conceitos; a falta de divulgação e normatização de produtos e soluções inovadoras; além da carência de dados que possibilitem a real compreensão dos princípios sustentáveis atrelados aos materiais (FAGUNDES, 2009). Complementa também, a subjetividade associada ao conceito de sustentabilidade, motivada, principalmente, pelas diferenças políticas, tecnológicas, culturais, sociais e econômicas (MATEUS; BRAGANÇA, 2004). Mesmo com tais limitações, as mesmas não impedem que sejam propostas alternativas que estejam ajustadas a cada realidade (VOLPATO, 2011).

Os fabricantes de materiais estão, cada vez mais, investindo na busca pelo desenvolvimento de produtos que apresentem menor impacto possível, concomitante ao surgimento de um novo método de projeto (HUANG et al., 2011). Considerado um assunto novo ou até mesmo desconhecido, muitos profissionais acreditam que o tema refere-se somente aos princípios básicos de conforto ambiental ou de consumo de matéria prima, sendo que algumas iniciativas apoiam-se no “modismo” e no benefício proporcionado pelo *marketing* imobiliário, não utilizando critérios que, de fato, relacionam a sustentabilidade com a construção (ISOLDI, 2007; FAGUNDES, 2009; MARTINEZ; AMORIM, 2010).

Em paralelo, a difusão e a utilização de ferramentas de avaliação da sustentabilidade de edifícios contribuem para que o conhecimento se converta em práticas efetivas, já que, entre outras características, proporciona aos projetistas uma base referencial e o incentivo às práticas desejáveis de sustentabilidade. Contudo, ainda não há um consenso ao se tratar de indicadores ou metodologias de avaliação mais apropriada, principalmente, ao serem utilizadas em realidades diferentes das quais foram elaboradas.

O auxílio de banco de dados e *softwares*, considerados ferramentas formuladas para atender às necessidades do projetista na seleção dos materiais, coopera para uma seleção de caráter mais aberto. As propriedades mais comumente analisadas são as físicas, mecânicas elétricas e térmicas (RAMALHETE; SENOS; AGUIAR, 2010). Os mesmos autores concluem que as

propriedades por eles denominadas “ecológicas” ainda são tratadas superficialmente, mas tendem a se tornar um item essencial na seleção de materiais.

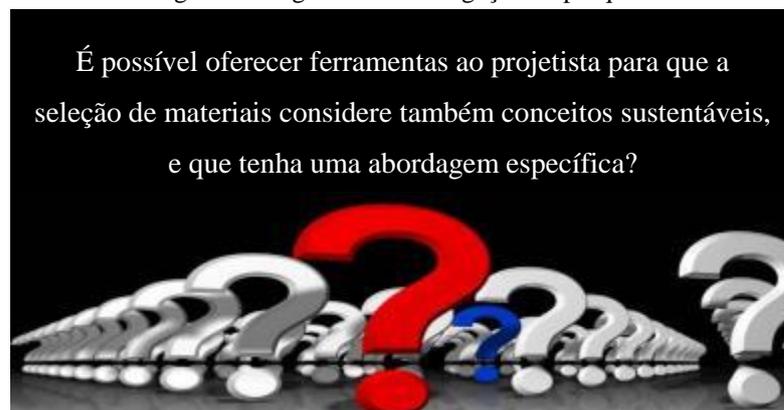
A inserção dos conceitos de sustentabilidade na seleção de materiais é um condicionante da atualidade que precisa ser considerado, independente dos modismos de época. Portanto, é necessário desenvolver novas técnicas, ferramentas e metodologias que colaborem com os novos compromissos a serem cumpridos e que sejam direcionados aos profissionais de nível superior e especificadores (VAN et al., 2007). Neste sentido, faz-se necessária a adoção de uma postura inovadora, voltada à introdução de novos conceitos e procedimentos, entre eles a disseminação no uso de tecnologias e materiais mais sustentáveis (JOHN; OLIVEIRA; LIMA, 2007).

Diante da necessária especificidade, o desenvolvimento de um instrumento auxiliar se torna um facilitador para a atuação do profissional que visa construções mais sustentáveis. Soma-se também a existência de documentos que incentivam, por exemplo, que os governos criem barreiras comerciais aos produtos de baixa sustentabilidade, sem deixar claro o que define tal índice (CARTA..., 2012). Neste contexto, algumas perguntas impulsionaram a formulação da pesquisa:

- Pergunta 01 → Quais critérios devem ser considerados no momento da escolha de materiais com ênfase na sustentabilidade?
- Pergunta 02 → Como delimitar tais critérios para que o instrumento seja de uso simples porém abordando os aspectos essenciais?
- Pergunta 03 → Como sistematizar as informações para que o conhecimento produzido seja efetivamente útil ao arquiteto?

Na figura 3 está a pergunta central de investigação desta pesquisa, que surgiu a partir da compilação das indagações apresentadas anteriormente.

Figura 3: Pergunta de investigação da pesquisa



Fonte: Figura adaptada de STOCK... (Acesso em 11 dez. 2013).

1.3 JUSTIFICATIVAS

A ação humana no meio ambiente vem causando problemas que impõem urgências como a busca por novas formas de desenvolvimento. Na concepção de Yeang (2000, p.110), “toda atividade humana tem um potencial de perturbação no meio”. A construção civil promove alterações e explora exaustivamente os recursos naturais disponíveis. O capital ambiental investido por este setor para erguer seus edifícios é significativo e se destaca pela parcela expressiva de matérias-primas consumidas. Neste sentido, a seleção de materiais é uma das principais fases que define o nível de impacto sobre o meio ambiente (OLIVIERA, 2009).

A partir da década de 1970, a sociedade civil intensificou as exigências a governantes e empresas, e passou a exigir medidas como conservação e recuperação de recursos naturais e destinação correta dos resíduos. Atualmente, nos países emergentes, como o Brasil, a extração de recursos naturais direcionados à construção civil é intensa e crescente, devido à busca por melhores padrões de vida e à aceleração do consumo, como consequência do crescimento econômico e aumento demográfico (LIPIATT, 2002; HORVATH, 2004). O setor é responsável pelo consumo de até 75% dos recursos naturais, sendo a maior parte não renovável (JOHN, OLIVEIRA; LIMA, 2007). Soma-se ainda o desperdício de matérias-primas, energia, água e emissões de poluentes (OLIVEIRA, 2009).

No Brasil, a construção civil vem ampliando as atividades nos últimos anos, em função de fatores como o crescimento da renda familiar e do emprego; o aumento de 65% nas operações de crédito direcionadas à habitação e de 42,1% nos desembolsos do sistema do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES); além da manutenção, desde 2006, da redução do Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI) de diversos insumos da construção (INSTITUTO..., 2008).

Para atuar nesse cenário, o profissional deve estar pautado em variáveis diversas, tais como a

busca por espaços saudáveis, confortáveis, economicamente viáveis e sensíveis às necessidades sociais, respeitando os sistemas naturais, voltando-se, também, para a seleção de materiais (EDWARDS, 2008). Verifica-se, dessa forma, a necessidade de constante atualização por parte dos profissionais, em relação às novas tecnologias e aos novos conceitos e paradigmas da sociedade atual (MARTINEZ; AMORIM, 2010).

Um incentivo paralelo à forma de desempenhar as atividades está conectado às propostas das legislações. A Agenda 21 Global (CONFERÊNCIA..., 1995), por exemplo, convoca as autoridades a estimular o uso intensivo de materiais de construção ambientalmente saudáveis. A Lei nº 6.938 (BRASIL, 1981), em seu artigo 2º, incisos I e V, já indicava um direcionamento referente à manutenção do meio ambiente e o controle das atividades poluidoras. A Constituição Federal de 1988 (BRASIL, 1988) complementa em seu artigo 170, inciso VI, e no artigo 225, a defesa do meio ambiente, o controle de impactos, a preservação dos recursos, e outros fatores que pressupõe o uso dos recursos de forma sustentável.

Para a seleção de materiais utilizados em obras públicas no Brasil, ainda se destaca a Lei 8.666 (BRASIL, 1993), que considera a proposta mais vantajosa para a Administração. O menor custo ainda é um fator elementar para a definição do material. Entretanto, o menor preço pode não ser uma abordagem promissora para o melhor desempenho para o uso preterido (MANIYA, BHATT; 2010; JAHAN et al., 2010).

Em janeiro de 2010 entrou em vigor a Instrução Normativa nº 01- IN 01/2010, a qual dispõe sobre os critérios de sustentabilidade ambiental na aquisição de bens, contratação de serviços ou obras pela administração pública federal direta, autárquica e fundacional (BRASIL, 2010). Nos casos de competitividade, para o cumprimento dessa Instrução, devem ser estabelecidos critérios objetivos de sustentabilidade ambiental para avaliação e classificação das propostas.

Em consonância, a NBR 15.575 – Desempenho de Edificações Habitacionais –, mais conhecida como Norma de Desempenho (ASSOCIAÇÃO..., 2013a), dá ênfase à questão da durabilidade e manutenibilidade, pois considera tais questões relevantes para a promoção da sustentabilidade das habitações no Brasil. As seis partes que a compõem passou a vigorar em julho de 2013. Para o setor da construção, espera-se que esta NBR proporcione avanços significativos, estabelecendo uma relação de corresponsabilidade entre projetistas, fabricantes, construtores, incorporadores e consumidores, para a concepção de uma linguagem unificada.

Outro aporte que adota a sustentabilidade como premissa são as recomendações elaboradas pelo Ministério da Educação do Brasil. O documento “Parâmetros básicos de infraestrutura para instituições de educação infantil” (BRASIL, 2006) fornece sugestões aos arquitetos e engenheiros para que considerem a utilização de recursos materiais e técnicas locais à luz dos conceitos da sustentabilidade. Em relação à seleção dos materiais, o documento recomenda a consideração da tradição e das especificidades de cada região, as características térmicas dos materiais, a durabilidade, a racionalidade construtiva e a facilidade de manutenção nos procedimentos de escolhas.

Em consonância, o Programa Construção Sustentável, lançado pela Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC), incentiva, para as contratações públicas e privadas, a compra de materiais de melhor desempenho ambiental. Para tanto, estimula a definição e a implementação de critérios e a estruturação de ferramentas auxiliares para a seleção de materiais que forneçam melhor desempenho neste sentido (DESENVOLVIMENTO..., 2011).

Vale ressaltar que as normas possuem atuação ainda incipiente, e não apresentam critérios detalhados para definição da sustentabilidade dos materiais. Conforme preconizam Ramalhete, Senos e Aguiar (2010), o desenvolvimento de ferramentas com este foco, e que apresentam informações técnicas claras e interface amigável, são esforços muito importantes na atualidade e o caminho deve seguir pela informação mais concisa. Assim, a proposição de um instrumento de seleção que tenha uma utilização prática, ao invés de um elevado investimento em tecnologia e conhecimento especializado, pode ser suficiente para atingir as metas desejadas a um menor custo e tempo (CASTRO-LACOUTURE et al., 2009).

Atualmente, as informações contidas nas ferramentas de avaliação ambiental tem se tornado referencia para projetos com base sustentável. Os vários métodos existentes possuem particularidades, diferenciando-se em itens como a variação das agendas ambientais, as práticas de projeto e de construção, além de variações nas questões econômicas e culturais. Um exemplo é a existência de metodologias próprias, como nos Estados Unidos (LEED), na Austrália (GREEN STAR), no Japão (CASBEE), na África do Sul (SBAT), entre outros, e que são aplicados no Brasil sem as necessárias adaptações às especificidades locais.

Embora forneçam uma abordagem sistemática, pesquisas têm apontado que a construção de um método de avaliação deve ser ajustado para a realidade de cada país ou região, ou ainda, que

seja possível adequar as informações de cada realidade aos métodos propostos (COOPER, 1999; SHI, 2008; MWASHA; WILLIAMS; IWARO, 2011). Concatenando com tais ideias, Castro-Lacouture e outros (2009), consideram que um modelo de avaliação de materiais deve refletir a situação do mercado de construção local, atendendo-se, dessa forma, ao preceito de agir localmente visando contribuir globalmente. Soma-se também a necessidade de ferramentas de avaliação que sejam de uso prático para que os profissionais possam utilizá-las concomitantes as atividades projetuais.

Por outro lado, a necessidade de um método prático surge quando se analisa na literatura métodos que utilizam matrizes e cálculos numéricos complexos para eleger um material. São exemplos dessa complexidade os métodos multiobjetivo (ASHBY, 2000); multicritérios (SIRISALEE et al., 2004); de classificação com base em índices (HOLLOWAY, 1998; GIUDICE; LA-ROSA; RISITANO, 2005); e outros métodos quantitativos, como a relação custo-benefício (FARAG, 2007). No entanto, no panorama atual dos escritórios de arquitetura que envolve a necessária praticidade, não foi identificado na literatura métodos ou instrumentos para auxiliar na escolha dos materiais com base na sustentabilidade, coerente com a dinâmica de concepção projetual (CASTRO-LACOUTURE et al., 2009).

Muitas metodologias ou ferramentas de avaliação de sustentabilidade possuem relativa complexidade que induz, quase que inevitavelmente, à necessidade de contratação de profissionais com conhecimento específico ou ainda consultores autorizados para sua utilização. Isso acaba vinculando, muitas vezes, o nível de sustentabilidade do projeto com o conhecimento do projetista e a viabilidade econômica do empreendedor.

Por fim, a sustentabilidade dos materiais representa um importante campo de estudo, e deve ser inserida como diferencial de competitividade (SOARES; SOUZA; PEREIRA, 2006). Neste contexto, a seleção de materiais mais sustentáveis requer instrumentos que sejam capazes de auxiliar na compreensão de tais conceitos. Entretanto, tais instrumentos também devem ser de fácil compreensão e utilização, permitindo tomadas de decisões rápidas pelos profissionais, para que sejam utilizados e não se tornem rapidamente obsoletos.

1.4 CONTRIBUIÇÃO DA TESE

O resultado da pesquisa apresenta como **inovação** a proposição de um instrumento de manuseio

simples para auxiliar o projetista na seleção de materiais de construção baseado nos fundamentos conceituais sustentáveis. Possui também o intuito de contribuir na melhoria contínua do processo de projeto e para os avanços científicos na área.

Soma-se ainda, a importância para um país emergente, de oferecer condições ao projetista de elaborar projetos e produtos adequados ao crescimento sustentável. Tal fato significa investimento no futuro, especialmente pela redução do impacto sobre o meio ambiente causado pelos materiais de construção, sob diferentes formas, além de se tornar um elemento norteador para a definição da sustentabilidade de um determinado material, visto as exigências de normativas vigentes.

Considerando que os critérios de **sustentabilidade** obrigatoriamente envolvem os aspectos ambientais, econômicos, sociais e culturais, o ISMAS, que possui relação direta com os aspectos ambientais, **repercute na sociedade** de forma indireta. Esta é beneficiada com a melhoria da qualidade de vida oriunda, por exemplo, do destino adequado dos resíduos e do incentivo a não exaustão das matérias-primas. Possui abordagem específica, sendo um instrumento que pode auxiliar na compreensão da sustentabilidade sob determinados aspectos.

1.5 HIPÓTESE

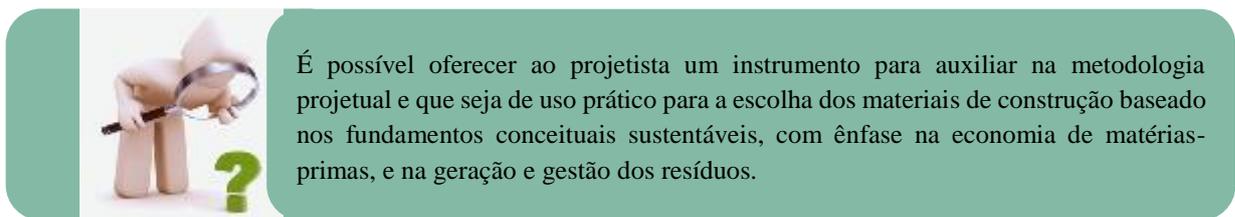
Considerando que:

- há uma inquestionável necessidade de incorporação dos valores intrínsecos da sustentabilidade na construção civil (JOHN; OLIVEIRA; LIMA, 2007; FAGUNDES, 2009);
- a sustentabilidade requer novas direções e está atrelada a conceitos como inovação, mudanças e compromissos com o futuro (EVANS, 2010);
- a maioria dos impactos causados por uma edificação é oriunda de escolhas feitas na etapa de projeto (JOHN; OLIVEIRA; AGOPYAN, 2006; MARQUES, 2007);
- a escolha dos materiais é uma etapa significativa no desenvolvimento do projeto (FAGUNDES, 2009);
- a seleção de materiais se destaca como premissa para um “projeto mais sustentável” (OLIVEIRA, 2009);

- há necessidade de domínio de uma grande quantidade de informações para a escolha dos denominados “materiais mais sustentáveis” (RATHOD; KANZARIA, 2011);
- é necessário simplificar as metodologias de suporte às avaliações dos materiais para que, de fato, seja viável o uso pelos profissionais (DIAZ-BALTEIRO; ROMERO, 2004);
- é necessário propor medidas que auxiliem na seleção de materiais de forma a promover a economia de matérias-primas e incentivar o aproveitamento dos resíduos (CONFERÊNCIA..., 1995); e
- grande parte dos arquitetos no Brasil envolvidos com a atividade de projeto possui formação básica de graduação e/ou especialização (CONSELHO..., 2012) e que, portanto, detém conhecimento para manipulação de sistemas básicos.

A hipótese de trabalho é:

Figura 4: Hipótese da tese



É possível oferecer ao projetista um instrumento para auxiliar na metodologia projetual e que seja de uso prático para a escolha dos materiais de construção baseado nos fundamentos conceituais sustentáveis, com ênfase na economia de matérias-primas, e na geração e gestão dos resíduos.

Fonte: Figura adaptada de STOCK... (Acesso em 11 dez. 2013).

INTRODUÇÃO

OBJETIVOS E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

ABORDAGEM TEÓRICA À
PROPOSTA DA TESE

O INSTRUMENTO

TESTES E AVALIAÇÃO DOS
RESULTADOS

CONSIDERAÇÕES FINAIS



2

2 OBJETIVOS E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Neste capítulo são descritos os propósitos da pesquisa que nortearam o desenvolvimento do trabalho. A partir da definição do objetivo geral foram formulados os desdobramentos necessários para a definição dos objetivos específicos. Considerando a possibilidade de obtenção de resultados individualizados, foram definidos os procedimentos metodológicos de acordo com cada objetivo específico, buscando a divisão do objeto em partes para a obtenção do resultado final, por meio do somatório dos resultados parciais.

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral desta pesquisa é desenvolver um instrumento para auxiliar o projetista de nível superior na seleção dos materiais de construção baseado nos fundamentos conceituais sustentáveis, com ênfase na economia de matérias-primas, geração e gestão dos resíduos, que seja de linguagem amigável, de fácil compreensão, usabilidade e praticidade, utilizando como ferramenta para inserção de dados e compilação de resultados um sistema para *Web*.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para o alcance dos resultados, e complementando o objetivo geral, alguns objetivos específicos foram determinados:

- **Definir os indicadores de sustentabilidade para seleção de materiais:** Reconhecer, sistematizar e conceituar os indicadores de sustentabilidade para seleção de materiais, considerados fundamentais para a estruturação dos critérios que compõem o instrumento. Tem como base referencial informações provenientes dos critérios propostos pelas ferramentas de avaliação de sustentabilidade, além de dados oriundos de referências técnicas e científicas. Objetiva-se identificar conceitos e critérios que favoreçam a compreensão da sustentabilidade relacionada aos materiais de construção.
- **Definir os critérios e promover o recorte conceitual:** A partir da identificação da necessidade de propor um instrumento prático e de uso viável na atualidade, objetiva-se

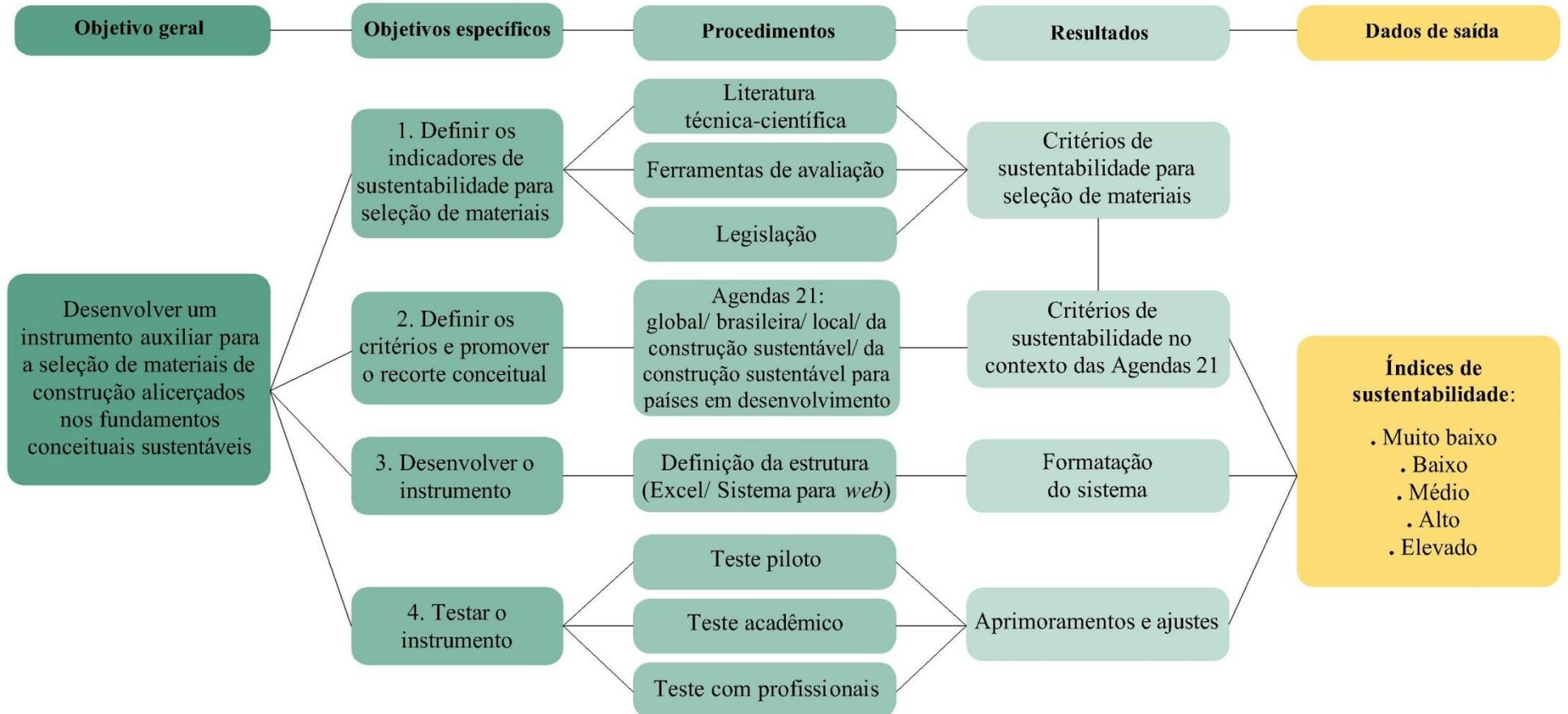
estabelecer os critérios de avaliação e, posteriormente, propor o necessário recorte temático.

- **Desenvolver o instrumento:** Desenvolver um instrumento específico para ser utilizado por profissionais atuantes no mercado, de fácil manuseio e adequado ao conhecimento do projetista de nível superior.
- **Testar o instrumento:** Testar a exequibilidade do instrumento visando a identificação de falhas e o eventual aprimoramento.

2.3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A pesquisa envolveu, inicialmente, a sistematização das informações coletadas visando a caracterização qualitativa dos dados para definição e formulação dos indicadores que culminaram nos critérios. As técnicas de pesquisa foram definidas a partir de autores como Alves-Mazzotti e Gewandsznajder (2001); Cervo e Bervian (2002); Gil (2002); Köche (2003); Boaventura (2004); Sampieri, Collado e Lucio (2006); Cervo, Bervian e Silva (2007); e Eco (2009). A figura 5 apresenta a síntese da metodologia e as partes necessárias para a compreensão desta pesquisa, que serão explicitadas nas seções a seguir apresentadas.

Figura 5: Mapa conceitual – Síntese da metodologia proposta



Definir os indicadores de sustentabilidade para seleção de materiais

O uso de indicadores para auxiliar na escolha de materiais ambientalmente preferíveis é uma importante contribuição ao projeto (JOHN; OLIVEIRA; AGOPYAN, 2006). Os dados de entrada – denominados indicadores –, foram coletados, em especial, nas ferramentas de avaliação de sustentabilidade – AQUA (FUNDAÇÃO..., 2007); ASUS (ALZAREZ; SOUZA, 2011); BEAM PLUS (HK-BEAM..., 2004); BREEAM (BREEAM, 2009); CASBEE (CASBEE, 2008); GREEN STAR (GREEN..., 2008); HQE (GUIDE..., 2011); LEED (LEED, 2009); SBAT (COUNCIL..., acesso em 06 jun. 2011); SBtool (INTERNATIONAL... 2007). Os dados foram complementados com apoio de literatura técnica/ científica, além do respaldo de documentos como a IN 01/2010 (BRASIL, 2010), a NBR 15.575 (ASSOCIAÇÃO..., 2013a); e o Programa Construção Sustentável (DESENVOLVIMENTO..., 2011).

Em relação às ferramentas de avaliação de sustentabilidade, foram extraídas informações relevantes ao estudo dos materiais e avaliada a relevância dos itens. Dentro desta perspectiva, John, Oliveira e Lima (2007) acreditam que a seleção de materiais pode ser originada a partir de critérios presentes nos sistemas de avaliação. Fernández-Sánchez e Rodríguez-López (2010) explicam que o uso de diferentes técnicas para formatar o objeto de estudo permite identificar questões semelhantes. Por ter sido identificado um número expressivo de indicadores, foi promovido um recorte. Estes autores reforçam ainda que, ao permitir o ajuste, favorece o descarte de informações não viáveis e a seleção de aspectos relevantes.

Considerando a necessidade de recorte do objeto e da eliminação de aspectos que não tenham relação direta com o tema de estudo, as perguntas da figura 6 foram elaboradas visando delimitar o foco da pesquisa. Estas foram estabelecidas como condicionantes para o critério permanecer no estudo, onde cada aspecto deveria responder positivamente às três perguntas apresentadas, a exemplo da metodologia proposta por Waldetário e Alvarez (2010).

Figura 6: Perguntas auxiliares para a determinação dos indicadores de sustentabilidade



1. É exequível, do ponto de vista da viabilidade de avaliação de forma prática?
2. Possui alguma relação que contribua para uma análise baseada nos princípios da sustentabilidade?
3. É mensurável ou permite uma análise qualitativa?

Fonte: Figura adaptada de STOCK... (Acesso em 11 dez. 2013).

Por este método, os indicadores foram listados e agrupados e as informações não pertinentes a

um determinado grupo foram descartadas. Reforça-se desta forma, a concepção de grupos temáticos, aqui denominados categorias. Fernández-Sánchez e Rodríguez-López (2010) apontam que o uso de categorias coopera para segmentar o conteúdo, de modo a contribuir com a compreensão do todo. As categorias propostas são: adequabilidade; conforto e segurança; energia; legalidade; obtenção de matérias-primas; resíduos; e emissões. Estas surgiram com o agrupamento de indicadores com conteúdo semelhante.

Muitos estudiosos sobre o tema sustentabilidade acreditam que até as ferramentas mais sofisticadas não podem contabilizar todas as variáveis (DIRECTORY..., 2004). Assim, o processo de avaliação precisa limitar o foco para questões mais relevantes, ou seja, delimitar as fronteiras (ASSOCIAÇÃO..., 2001). Para a utilização deste método, assume-se o fato de que os itens não considerados, são computados como efeito desprezível no todo (JOHN, OLIVEIRA, LIMA; 2007). Ainda torna-se pertinente recorrer a Bragança e Mateus (2011) que enaltecem a necessidade de limitar ou excluir itens subjetivos e difíceis de analisar. Lipiatt (2002) considera que tal decisão é um fator crítico, porém necessário.

Uma medida adicional de recorte está necessariamente vinculada ao tempo disponível e aos recursos financeiros e humanos da pesquisa. Se por um lado a consideração de muitos critérios culminaria em uma análise de custo elevada e poderia dificultar o entendimento (FERNÁNDEZ-SÁNCHEZ; RODRÍGUEZ-LÓPEZ, 2010), por outro, se os indicadores são poucos, podem escapar informações importantes (VAN CAUWENBERGH et al., 2007).

Para examinar a importância dos indicadores considerados nessa tese, foi feita uma enquete preliminar (apêndice 1), na qual participaram 18 pesquisadores vinculados ao Laboratório de Planejamento e Projetos, da Universidade Federal do Espírito Santo (LPP/ UFES). Embora todos estejam vinculados às pesquisas relacionadas ao tema sustentabilidade, suas formações variam de professores, mestrandos, doutorandos e alunos de graduação em arquitetura.

A enquete foi feita a partir da apresentação de 30 itens a serem considerados para a avaliação de sustentabilidade dos materiais de construção, que deveriam ser classificados em relação à sua importância, considerando a seguinte escala: 1). Muito importante; 2). Importância mediana; e 3). Não é importante. O resultado foi avaliado em conjunto com o referencial teórico e contribuiu para aferir os indicadores selecionados.

Definir os critérios e promover o recorte conceitual

Com a lista dos indicadores definida, a próxima etapa foi transformá-los em critérios, para que desta forma, as informações estivessem melhor detalhadas. Para ajustar ao objetivo desta tese – desenvolver um instrumento de uso prático para projetistas de nível superior –, foi necessário reduzir a quantidade de critérios, direcionando o foco de atuação do instrumento.

Assim, foram adotadas como referências as informações provenientes das Agendas 21 no âmbito global (CONFERÊNCIA..., 1995), nacional (AGENDA 21..., 2004), local (PLANO..., 2006; AGENDA..., 2008), além de informações da Agenda 21 *on Sustainable Construction* (INTERNATIONAL, 1999), e da Agenda 21 *for Sustainable Construction in Developing Countries* (AGENDA 21..., 2002). Somam-se também o Programa construção sustentável (DESENVOLVIMENTO..., 2011) e a Conferência Rio + 20 (CONFERÊNCIA..., 2012).

Foi realizado um levantamento dos itens que constam em tais documentos e que se relacionam com os critérios. Foram identificadas diretrizes comuns, de forma que o instrumento possa fornecer contribuições que estejam ajustadas as propostas conceituais das agendas. A partir da sistematização das informações, foram identificadas, como possíveis focos de atuação do instrumento de avaliação de sustentabilidade dos materiais de construção, as categorias “obtenção de matérias-primas” e “resíduos”. Tal recorte está evidenciado na seção “3.4.2 A necessária simplificação dos indicadores”.

Desenvolver o instrumento

O instrumento proposto, denominado Instrumento para Seleção de Materiais Mais Sustentáveis – ISMAS – foi organizado na forma de afirmações com alternativas de respostas, que, por sua vez, foram atreladas a um valor. Para a estruturação inicial foi utilizado o programa Microsoft Office Excel[®] visando facilitar a tabulação dos resultados (apêndice 2).

Nesta etapa inicial o ISMAS foi estruturado com 54 critérios. Após o teste e a identificação da necessidade de redução e recorte conceitual, a planilha foi reestruturada com 8 critérios - Tabela 1. Nessa etapa, os critérios foram ajustados ao recorte temático proposto para o ISMAS, conforme justificativas apresentadas na seção “3.4.2 A necessária simplificação dos indicadores”. As partes que compõem a planilha são apresentadas no capítulo “4 - O instrumento”.

Tabela 1: Planilha utilizada no teste acadêmico

Critério	Peso	Marca de referência	Cerâmica com	Tijolo solo	Vidro	Madeira
			30% resíduos	cimento (com 40% resíduos)		
1). É possível ser reaproveitado, no todo ou em parte	2	5	É possível ser reaproveitado e não requer processamento industrial			
		3	É possível ser reaproveitado, contudo requer processamento com o mínimo de dispêndio energético e mínima geração de resíduos			
		0	É possível ser reaproveitado, contudo requer processamento industrial			
		-1	Não atendimento ao requisito mínimo estabelecido para o nível 0			
2). É renovável	1	5	Os elementos de fonte renovável que constituem o material somam um percentual superior a 75%			
		3	Os elementos de fonte renovável que constituem o material somam um percentual de 25% a 75%			
		0	Os elementos de fonte renovável que constituem o material somam um percentual de até 25%			
		-1	Não é de fonte renovável			
3). Não necessita de outros materiais para o acabamento superficial	0,5	5	Não necessita de outros materiais de acabamento superficial			
		3	Atende os requisitos do nível 0, contudo requerem reaplicações constantes			
		0	Necessita de materiais de acabamento, contudo não descaracterizam o material original			
		-1	Não atendimento ao requisito mínimo estabelecido para o nível 0			
4). Possui conteúdo reciclado	1	5	Os elementos reciclados que constituem o material somam um percentual superior a 75%			
		3	Os elementos reciclados que constituem o material somam um percentual de 25% a 75%			
		0	Os elementos reciclados que constituem o material somam um percentual de até 25%			
		-1	Não possui conteúdo reciclado			
5). A durabilidade do material é refletida na sua vida útil	2	5	Possui vida útil de projeto (VUP) superior em 20% à estabelecida pela NBR 15575			
		3	Possui vida útil de projeto (VUP) superior em 10% a 20% à estabelecida pela NBR 15575			
		0	Possui vida útil de projeto (VUP) mínima estabelecida pela NBR 15575			
		-1	Não atendimento ao requisito mínimo estabelecido para o nível 0			
6). Favorece a desmontagem visando o reaproveitamento	0,5	5	É possível ser separado dos demais materiais construtivos e ser reaproveitado diretamente			
		3	É possível ser separado dos demais materiais construtivos, contudo seu reaproveitamento requer processamento			
		0	É possível ser separado dos demais materiais construtivos, contudo requer equipamentos, técnicas e/ou mão de obra especializados			
		-1	Não atendimento aos requisitos mínimos estabelecidos para o nível 0			
7). Favorece a baixa geração de resíduos	2	5	Atende aos requisitos do nível 3, e os resíduos gerados são passíveis de serem reaproveitados			
		3	Atende aos requisitos do nível 0, incluindo as demais etapas de construção			
		0	O material favorece mínima geração de resíduos, principalmente na etapa de construção			
		-1	Não atendimento ao requisito mínimo estabelecido para o nível 0			
8). Os resíduos provenientes do material são passíveis de serem aproveitados	1	5	Os eventuais resíduos podem ser aproveitados de forma direta, sem a necessidade de processamento			
		3	Os eventuais resíduos podem ser aproveitados com mínimo processamento			
		0	Os eventuais resíduos podem ser aproveitados, contudo necessitam passar por processamento industrial			
		-1	Os resíduos não são passíveis de serem aproveitados			
Resultado obtido referente ao ÍNDICE SUSTENTABILIDADE (Está relacionado à Economia de Matérias primas; Geração e Gestão de resíduos)						

Um das grandes preocupações na pesquisa é o elemento humano, por isso a ferramenta foi modificada várias vezes na busca por um formato acessível, onde as informações apresentadas fossem comuns dos projetistas de nível superior. A cada opção de resposta foi atribuído um número (valor).

De acordo com as características do instrumento, a escala utilizada é a variável do tipo nominal ordinal. Variável, pois o material está sendo avaliado no teste e conta com a contribuição de agentes humanos, ganhando diversidade de elemento para elemento. Nominal, pois o objetivo da mensuração é classificar, ou seja, categorizar os dados. Ordinal pela relação de grandeza para criar ordenação nas categorias (CUNHA, 2007).

Como referenciais para o instrumento, foram utilizadas as escalas mistas de Likert e Thurstone (CUNHA, 2007; BOZAL, 2006), considerando a similaridade com a proposta de um questionário, onde o respondente registra sua opinião sobre determinados aspectos. Tais escalas permitem descobrir níveis de opinião, sendo bastante úteis para um tema sensível como a sustentabilidade.

A Escala de Likert é composta por um conjunto de frases, que são as possíveis respostas (CUNHA, 2007; LI, 2013). A resposta é medida somando, ou calculando a média do nível selecionado para cada item (CUNHA, 2007). Já a Escala de Thurstone é dada a partir de uma série de frases e por fim, é feito o cálculo da média ponderada dos itens que foram escolhidos, destacando-se que aos itens são atribuídos pesos, de acordo com a importância definida no contexto da pesquisa (BOZAL, 2006; CUNHA, 2007).

Tendo sido previamente estabelecida a necessidade de teste do instrumento junto aos possíveis usuários, o ISMAS foi aprimorado como um sistema para *web*. Para a formatação, a pesquisa teve o auxílio de um analista de sistemas. A estrutura foi hospedada em servidor Linux conectado diretamente na *internet*, sendo que o sistema foi criado com base em linguagem estruturada php, com codificação de algoritmos e banco de dados MySQL, todos de licença gratuita. Dessa forma, o projeto tornou-se viável economicamente, não perdendo em dinâmica e otimização, facilitando o acesso e a navegação.

Como principais vantagens do sistema para *web* destacam-se os fatos de não gerar despesas com infraestrutura, pois toda programação e dados ficam armazenados em servidores *web*. Assim, é possível também acessar o *link* em todas as plataformas e sistemas operacionais

atualmente mais utilizados (computadores pessoais, *smartphone* e *tablet*), permitindo, inclusive, o acesso remoto dos usuários, bastando apenas conexão à *internet* e acesso ao endereço do sistema. Destaca-se que o processamento é feito em tempo real permitindo a resposta imediata ao usuário (CAPRON; JONSON, 2004). Para alimentar o sistema, foi feito um levantamento dos requisitos necessários, elaborada a interface com o usuário e realizadas inúmeras simulações antes do envio do *link* para os arquitetos. As etapas de estruturação estão detalhadas no capítulo “4- O Instrumento”.

Testar o instrumento

A etapa de teste foi caracterizada como **pesquisa de intervenção**, destacando-se a **pesquisa experimental**, na medida em que propõe analisar a usabilidade de um instrumento novo com a participação de prováveis usuários, visando atender à problemática desta pesquisa. A investigação experimental aconteceu sob rigoroso controle, buscando observar e interpretar as possíveis dúvidas ou falhas ocorridas.

Os testes aconteceram em três etapas, envolvendo uma quantidade maior de usuários em cada uma delas (quadro 1). O objetivo foi aprimorar a estrutura do ISMAS, partindo-se do pressuposto que os testes auxiliam a realimentação do sistema (DIAS et al., 2011).

Quadro 1: Caracterização das etapas de testes do ISMAS

Etapas		Objetivos	População envolvida		Procedimentos para coleta de dados
1	Teste piloto	Ser um aferidor inicial	Envolvidos diretamente com esta tese (autora, orientadores e convidado com conhecimento específico sobre o material testado – eucalipto)	4	Questionário auto aplicável com perguntas fechadas no formato de planilha impressa
2	Teste acadêmico	Auxiliar na definição da importância dos critérios	Pesquisadores vinculados ao LPP/UFES	18	Questionário auto aplicável com perguntas fechadas no formato de planilha impressa
3	Teste com profissionais	Verificar a linguagem adotada, a viabilidade de uso, além do conhecimento e da destreza do “usuário padrão”, independente de treinamento	Arquitetos cadastrados no Conselho de Arquitetura e Urbanismo/ Espírito Santo	1922	Questionário auto aplicável com perguntas fechadas e abertas no formato sistema para <i>web</i>

Inicialmente foi realizado o **teste piloto** utilizando a madeira (eucalipto) como objeto de estudo. Este teve caráter restritivo, envolvendo apenas 4 pesquisadores e 1 material. O eucalipto foi

selecionado para o teste por ser um material relativamente conhecido e por um dos convidados a participar na pesquisa ser um estudioso desse material (ALTOÉ, 2009).

Na etapa 2, foi realizado o **teste acadêmico**, que envolveu 18 pesquisadores vinculados ao LPP/UFES). Foram indicados 4 (quatro) materiais para o teste: cerâmica com 30% de adição de resíduos; tijolo de solo cimento com 40% de adição de resíduos; vidro; e madeira.

Após os ajustes, iniciou-se a etapa de **teste com profissionais**. Com os conceitos definidos e considerando que a metodologia previa o teste do instrumento a partir da avaliação de uma amostra dos prováveis usuários, o ISMAS foi submetido para a apreciação e aprovação pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) com seres humanos. Este é um órgão institucional que resguarda o bem estar dos indivíduos que participam de pesquisas (VOLPATO et al., 2013). No Brasil, as características e atribuições dos CEP estão contidas na Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde (BRASIL, 1996). A estrutura do ISMAS foi aprovada pelo CEP em 02 de agosto de 2013 sob o número 352.794. Ressalta-se que os procedimentos e as técnicas utilizadas não representam prejuízos à saúde física, psíquica, intelectual, moral, social, espiritual e cultural dos envolvidos.

Para esta etapa, o ISMAS foi configurado no formato sistema para *web*, estando disponível no link: <<http://lppufes.org/ismas1/>>. Nessa versão, com o enfoque direcionado aos aspectos anteriormente levantados nas Agendas 21 Global, Nacional e Local, o ISMAS foi formatado em 7 critérios. Foram sugeridos para a simulação materiais tradicionalmente utilizados na construção civil, destacando-se que foi necessário deixar indicado o tipo de uso, sendo que o usuário podia escolher um ou mais materiais para realizar o teste. Assim, para vedação vertical interna foram sugeridos a chapa de *drywall*, o concreto, a madeira, o PVC, o tijolo cerâmico, e o tijolo de solo cimento. No item revestimento para parede, os materiais foram a cerâmica, a madeira plástica, o mármore, o papel de parede, e a tinta. Ao todo foi disponibilizada uma lista de composta por 11 materiais. A opção de testar cada material somente uma vez, foi necessária para que o sistema não gerasse duplicidade de informações provenientes do mesmo usuário.

Para que os resultados fossem representativos e para caracterizar a população, foram convidados a participar do teste, todos os 1922 profissionais cadastrados no Conselho de Arquitetura e Urbanismo/ Espírito Santo (CAU/ES). Seguindo o princípio da casualidade, e para evitar resultados tendenciosos, o teste teve a colaboração voluntária dos arquitetos.

O convite e o envio do *link* para acesso ao ISMAS foi feito pelo CAU/ES, com o apoio do Instituto de Arquitetos do Brasil/ Espírito Santo (IAB/ES), o que demonstra o interesse de ambos pela pesquisa. O *link* foi enviado em 10 de agosto de 2013 para os arquitetos, ficando disponível para acesso durante 20 dias. Vale destacar que não se tem garantia de que todos os *e-mails* estavam validados e neste quantitativo estão incluídos arquitetos ativos e não ativos.

De acordo com a teoria da amostragem, é necessário basear-se na proporção entre o sucesso e o número total de testes, o que na teoria é chamado de “grau de confiança”. Este indica a probabilidade de que a amostra representa bem o todo que se queira estudar (CORRÊA, 2003). Pela amostra, foi possível generalizar os elementos de maneira mais segura por meio da inferência estatística, atribuindo à totalidade dos indivíduos, os resultados coletados por meio de um grupo limitado (VOLPATO, BARRETO, 2011).

Os dados coletados foram representativos e estendidos à população envolvida. Com base na tabela “Margem de erro desejada”, proposta por Arkin e Colton (1971), foi possível gerar a margem de erro pela relação entre o tamanho da população (arquitetos convidados) e a amostra (arquitetos que testaram). Com um grau de confiança de 95,5%, a população de 1922 arquitetos contou com 143 respondentes, gerando uma margem de erro de $\pm 10\%$.

O tratamento estatístico dos dados foi realizado recorrendo-se aos gráficos de colunas e tabelas. Em paralelo à tabulação dos dados, e como forma de atender às questões de maior dificuldade de categorização dos mesmos, foi realizada uma análise descritiva como forma de atender o aspecto qualitativo da pesquisa.

A abordagem da pesquisa nesta etapa é de natureza mista, pois trabalha a abordagem quantitativa e qualitativa. A primeira se justifica pela necessidade de traduzir em números, opiniões e informações levantadas e está centrada no levantamento de dados e de questionários; e a segunda contribui para o registro das informações transcritas pelos envolvidos, cooperando para o enriquecimento da pesquisa ao disponibilizar explicações sobre processos em contextos identificáveis.

Quanto aos dados abordados quantitativamente, a pesquisa trabalhou com números exatos para evidenciar a média de respostas em cada critério. Estes dados favoreceram a obtenção dos resultados considerados adicionais – o índice de sustentabilidade dos materiais testados. Os dados quantitativos também cooperaram para a análise da viabilidade de uso do instrumento,

sendo tais informações complementadas com os dados qualitativos.

Alguns comentários feitos pelos arquitetos foram registrados, sem, contudo identificar o profissional, sendo gerados cognomes, como por exemplo, Arq 1, Arq 2, Arq 3, etc. Isso garantiu o anonimato e facilitou a organização dos resultados. Com o diagnóstico do ISMAS, foi possível apontar as principais potencialidades e as restrições identificadas.

Uma das maiores preocupações dos arquitetos que usam conceitos de baixo impacto é medir os benefícios das escolhas (MARQUES, 2007), pois nem sempre representam vantagens econômicas. Assim, foi feita também uma breve análise de alguns materiais com o ISMAS, verificando também o valor econômico. Para tanto, através de uma pesquisa paralela desenvolvida por uma formanda em Arquitetura e Urbanismo em sua monografia de graduação, foram selecionados os materiais comumente usados em creches públicas, na Região Metropolitana da Grande Vitória⁴ - RMGV- sendo também testados materiais disponíveis nesta

⁴ RMGV: compreendida pelos municípios de Vitória, Fundão, Serra, Cariacica, Viana, Vila Velha e Guarapari.

INTRODUÇÃO

OBJETIVOS E
PROCEDIMENTOS
METODOLÓGICOS

ABORDAGEM TEÓRICA À PROPOSTA DA TESE

O INSTRUMENTO

TESTES E AVALIAÇÃO DOS
RESULTADOS

CONSIDERAÇÕES FINAIS



3

3 ABORDAGEM TEÓRICA À PROPOSTA DA TESE

Este capítulo apresenta o contexto e a discussão atual do campo de conhecimento em que essa pesquisa se insere. Objetiva debater os aspectos relacionados aos estudos que vêm sendo desenvolvidos e esclarecer conceitos, de forma a contribuir com a fundamentação teórica. Ao expor tais pressupostos, não se tem por pretensão exaurir o assunto, contudo, essa etapa é necessária para a compreensão de temas referenciais para a tese. Destaca-se que uma parte dessa abordagem, a definição dos indicadores de sustentabilidade, é um dos resultados iniciais da tese, visto que foi necessário defini-los e também conceituá-los. Tais indicadores também fornecem as bases estruturais para o ISMAS.

3.1 ANTECEDENTES

Nas últimas quatro décadas iniciaram-se uma série de debates e discussões a respeito dos limites suportáveis e reações do meio ambiente frente ao crescimento demográfico e ao desenvolvimento das cidades. Nesse contexto, aconteceram conferências, foram estabelecidos tratados e elaborados documentos globais e, em meio a esses acontecimentos, o conceito de desenvolvimento sustentável se difundiu. Este é considerado um processo no qual a sustentabilidade pode ser alcançada, um estágio desejável ou um conjunto de condições que se mantém ao longo do tempo (MACLAREN, 1996).

A sustentabilidade significa um aumento da qualidade de vida, ao permitir a todos um convívio saudável e socialmente aceito, em condições econômicas e ambientais equilibradas, tanto para o presente, quanto para o futuro (ORTIZ; CASTELLS; SONNEMANN, 2009). Neste contexto, um ambiente sustentável procura se amparar em ações pontuais, buscando a expansão para o entorno e para a sociedade. A sustentabilidade também está relacionada à conscientização humana da finitude dos recursos naturais, ao fazer uso dos recursos de forma a não destruí-los, “sem ultrapassar a capacidade de recuperação e sem excluir as possibilidades de uso pelas gerações futuras” (COLOMBO, 2006, p. 3585).

Atualmente, o ritmo de consumo de recursos e a produção de resíduos são superiores ao de regeneração e absorção por parte do planeta, e ambos estão em ritmos crescentes (WADEL; AVELLANEDA; CUCHÍ, 2010). Romero (2006) menciona também que a taxa de consumo de

recursos renováveis não deve exceder a de reposição. Keeler e Burke (2010) complementam que o mundo está ultrapassando a capacidade do planeta de recuperar seus recursos naturais em 23% e a terra está levando mais que um ano e dois meses para recuperar aquilo que foi consumido em apenas um ano. O impacto ambiental é caracterizado, não por simples alterações nas propriedades do ambiente, mas pelo ato de suscitar o desequilíbrio das relações essenciais do ambiente, tais como as alterações que excedam a sua capacidade de absorção (KRAEMER, 2004).

No início da década de 1990, quando o Código de Defesa do Consumidor começou a vigorar no Brasil, o consumidor passou a exigir uma postura mais comprometida com a qualidade. A partir de então, novas premissas vêm surgindo, como as questões ambientais, entendidas como desenvolvimento sustentável. Neste contexto, a construção civil também converge para uma nova postura e a construção sustentável visa restaurar e manter a harmonia entre os ambientes construídos e naturais, além assegurar a dignidade humana e impulsionar a igualdade econômica (AGENDA 21..., 2002).

Para o projetista, a tomada de consciência em relação à sustentabilidade se relaciona às preocupações atuais como consequência de problemas vivenciados pela sociedade no passado recente (BRUNETTI, 2005). Os impactos socioculturais, econômicos e ambientais vivenciados no passado, e em atual ritmo crescente, afetam diretamente a qualidade de vida, em particular, dos que habitam os países em desenvolvimento (PAES, 2008).

Vários fatores foram desencadeados pelo ritmo de desenvolvimento e urbanização intensa, como o esgotamento de recursos; a expansão da pobreza; a escassez crescente de alimentos, de energia e de água; a diminuição da camada de ozônio; as inundações e furacões provavelmente provocados pelas mudanças climáticas; a homogeneização das culturas com a consequente perda das identidades locais, entre outros fatores. Além dos impactos ambientais, o desenvolvimento das cidades vem acompanhado de outros problemas decorrentes, em maior ou menor grau, do crescimento urbano e do aumento da população mundial (MIANA, 2010).

Em relação aos efeitos do crescimento da população sobre o meio ambiente e a qualidade de vida desta população, há diversidades. Por um lado, o crescimento constante direciona a perspectivas de catástrofes (BROWN, 2010); por outro, perspectivas otimistas acreditam que os avanços científicos e tecnológicos podem sustentar uma população em crescimento, que consome cada vez mais, seja em quantidade ou em qualidade (LAM, 2011).

A maior parte do crescimento acontecerá nos países emergentes ou em desenvolvimento, que deverão sediar 85% da população mundial. Se por um lado argumenta-se que o consumo atual de recursos globais pelos países industrializados atinge uma escala desproporcionalmente alta, por outro, perspectivas apontam para o crescimento desse consumo nos países em desenvolvimento que exigirá uma soma de bens, serviços, e, principalmente, materiais fundamentais para a construção e infraestrutura (EUROPEAN..., 2005).

Wadel, Avellaneda e Cuchí (2010) estimaram a quantidade de material que ingressa em uma edificação habitacional padrão, abstraindo desta conta a manutenção e a reabilitação durante o ciclo de vida, sendo identificados 2.500kg/m² de materiais por unidade. Também foi desconsiderada a quantidade de resíduos gerados na extração das matérias-primas e na produção. Se levados em consideração, o quantitativo chegaria a 7.500 kg/m² por unidade.

Com o intuito de tornar as construções mais sustentáveis, o significado de progresso e desenvolvimento precisa ser remodelado, em prol de uma sociedade mais integrada e sistêmica. Ainda neste aspecto, Xavier (2011) reforça que é preciso o envolvimento de todos os agentes da cadeia produtiva da construção civil para a promoção da sustentabilidade.

As principais causas do impacto ambiental provocado pela construção se encontram no consumo de recursos não renováveis, no consumo desregrado de recursos naturais e na geração de resíduos (BARRETO et al., 2001; BUSTAMANTE, 2005; WADEL; AVELLANEDA; CUCHÍ, 2010). O consumo crescente e o uso racional de recursos exigem processos inovadores, conservação, reciclagem e reaproveitamento (BRUNETTI, 2005).

Em consequência do desenvolvimento, o meio ambiente vem sofrendo com a degradação dos bens naturais e a sociedade vem se mostrando ser cada vez mais insustentável, visto o modo de vida adotado. Até meados do século passado, o aumento de consumo significava desenvolvimento (RIBEMBOIM, 1997). Brunetti (2005) aponta que os padrões de consumo eram e continuam a ser insustentáveis por excelência, socialmente injustos e devastadores ao meio ambiente, apesar da conscientização proporcionada pelas últimas décadas, em que ainda se cultua o excesso como parâmetro de bem estar e símbolo de *status*.

Tais encadeamentos não estão alinhados aos princípios sustentáveis, e em consequência, a natureza apresenta sinais de exaustão, culminando em problemas não só regionais, mas globais, como o efeito estufa, a escassez de água, a extinção de espécies, a carência de recursos e

alimentos (BRUNETTI, 2005). Diante dessa realidade, os profissionais da construção civil, em particular, terão que adotar mudanças comportamentais e de paradigmas, haja vista a percepção tardia dos grandes impactos gerados ao planeta por este setor.

Algumas indústrias, como a automobilística, a naval, a química e a de varejo apresentam crescentes exigências para que os fabricantes sejam cada vez mais responsáveis pelos materiais utilizados em seus produtos, incluindo os prejuízos que os mesmos podem causar à sociedade e ao meio ambiente. Tais reivindicações envolvem a responsabilidade ao longo da vida útil, a redução dos resíduos gerados, entre outros fatores (ADDIS, 2010).

A utilização de recursos tecnológicos com o propósito de facilitar a vida, sem agredir o meio ambiente ou esgotar os recursos naturais, será o grande desafio da construção civil nas próximas décadas. Dentre as necessárias mudanças no *modus operandi*, os projetistas deverão incluir no ato de projetar novos procedimentos para a seleção de materiais, considerando, especialmente, os impactos ambientais (CELLURA; LONGO; MISTRETTA, 2011).

A sociedade, por sua vez, começa a pressionar o setor da construção cobrando posturas ecologicamente corretas. Conseqüentemente, os produtos resultantes de processos de fabricação que poluem ou de alguma forma, degradam o meio ambiente, tendem aos poucos, a serem rejeitados pelo consumidor. Com o declínio da disponibilidade dos recursos naturais a sociedade encara um novo desafio, numa tendência que direciona à sustentabilidade.

3.2 O PROJETISTA E A SELEÇÃO DE MATERIAIS MAIS SUSTENTÁVEIS

Tradicionalmente, a formação do arquiteto tem como premissa fornecer conhecimento relacionado a temas como a preservação da paisagem; a avaliação dos impactos no meio ambiente; o conhecimento das condições climáticas, acústicas, lumínicas e energéticas. Soma-se ainda o desenvolvimento de habilidades que levem em consideração fatores como durabilidade, manutenção, atendimento às normas e leis; atendimento às exigências culturais, econômicas, estéticas, técnicas, ambientais, de acessibilidade; entre outras (VILLELA, 2007).

Desde há algumas décadas, já era anunciada a importância de uma renovação na formação e na prática do arquiteto em prol do desenvolvimento de habilidades visando o desenvolvimento sustentável, considerando-se que a formação de recursos humanos se volta para um mercado cada vez mais exigente (BISSOLI; ALVAREZ, 2008). Os norteadores da arquitetura são

fortalecidos por fatores como a consciência da crise ecológica, climática e energética; das potencialidades oferecidas pelas novas tecnologias e técnicas, como da preservação dos recursos naturais e do tratamento dos resíduos (RIBEIRO, 2005).

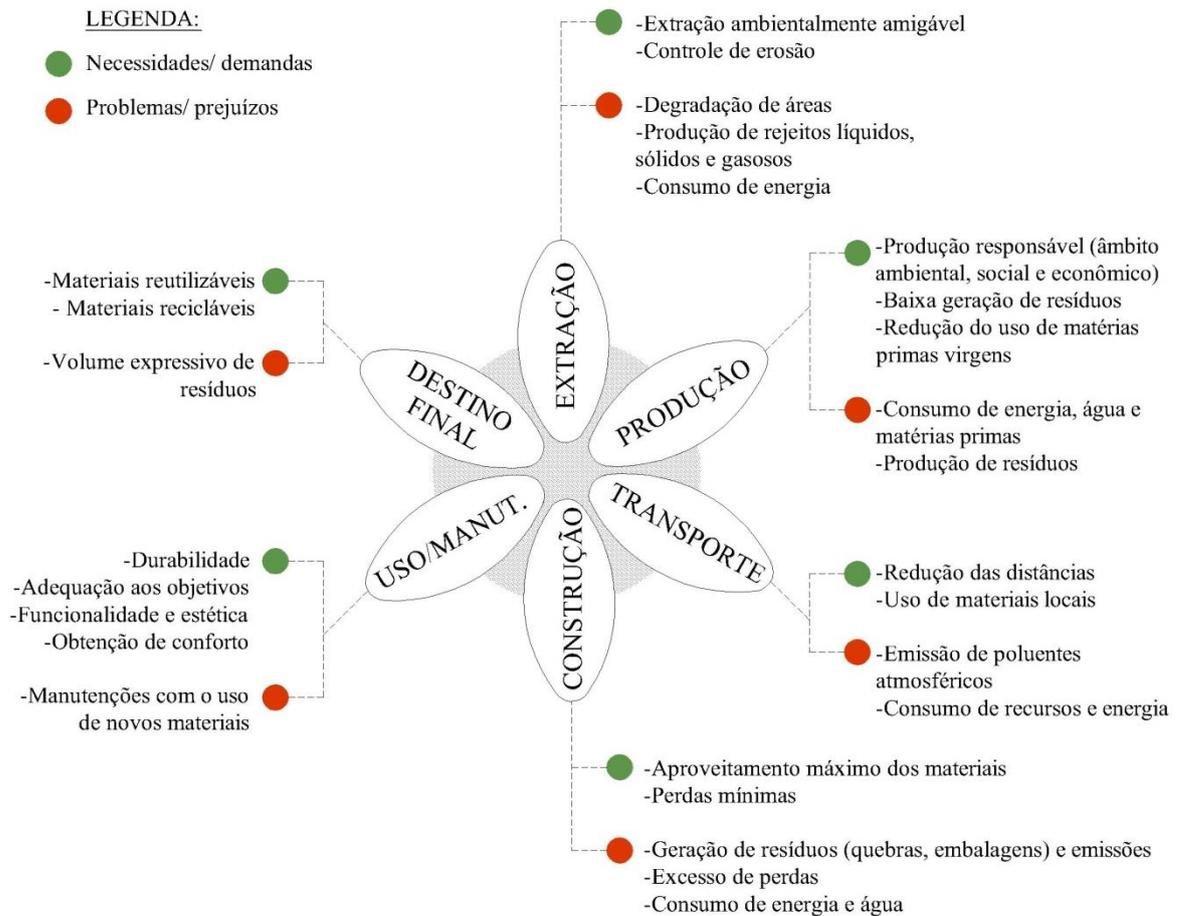
Pinheiro (2002) acredita que para uma mudança efetiva da postura dos profissionais em relação ao desenvolvimento sustentável, há de se considerar a constante capacitação profissional, a educação continuada, uma ampliação da informação para os profissionais já formados, e a inserção dos conceitos de sustentabilidade na formação acadêmica do arquiteto. Xavier (2011) reforça a ideia afirmando que é necessário que os arquitetos tenham conhecimento de questões básicas para a produção da arquitetura visando a sustentabilidade.

A inserção de conteúdos específicos direcionados à formação de arquitetos depende, também, da definição de políticas pedagógicas (BISSOLI; ALVAREZ, 2008). Tais conceitos são atualmente considerados uma ferramenta essencial para a formação do arquiteto (BISSOLI, 2010), contudo, na prática, a sustentabilidade ainda não é um critério adotado com frequência pelas instituições de ensino (EVANS, 2010).

Conhecer os conceitos acerca dessa nova realidade conduz o profissional para uma tomada de consciência sobre a importância do desenvolvimento sustentável. Isso pode contribuir para uma efetiva mudança de conduta e atuação que colabora com o desenvolvimento e a aplicação de técnicas a serem disseminadas no mercado (PINHEIRO, 2002). Dessa forma, ao somar o conhecimento à conscientização, vislumbram-se formas mais adequadas de projetar, por meio de um processo mais eficaz que considera, também, requisitos de sustentabilidade (FAGUNDES, 2009). Assim, o arquiteto assume um papel importante, em particular, ao especificar os materiais com base na temática apreendida (PEZZI, 2008).

Para Yeang (2001), a responsabilidade do projetista se estende além do momento de entrega do edifício e, nesta visão, o projetista é eticamente responsável pelos materiais desde a origem ao final da vida útil. O autor afirma ainda que o projetista desenha “a vida e a morte de sua criação”, ou seja, considera-o responsável eticamente pelo edifício durante o ciclo de vida, incluindo também o final do ciclo. Neste contexto, Paes (2008) apresenta um panorama das principais demandas e prejuízos apresentados pelos materiais que visam menor impacto ambiental, nas diferentes etapas do ciclo de vida (figura 7).

Figura 7: Demandas e prejuízos dos materiais com ênfase ambiental



Fonte: Adaptado de Paes (2008)

No Brasil, estão cadastrados no Conselho de Arquitetura e Urbanismo (CAU/BR), 83.754 profissionais, sendo que 53,8% estão sediados na Região Sudeste, residindo também nesta região a maior parte da população brasileira (CONSELHO..., 2012). Em agosto de 2013, estavam cadastrados no Estado do Espírito Santo 1922 profissionais.

De uma forma geral, muitos não estão envolvidos com o tema sustentabilidade, e reconhecem a importância do mesmo para a elaboração de projetos. No Censo promovido pelo CAU em 2012 (CONSELHO..., 2012), foi constatado que 72% dos profissionais vislumbram a expansão do campo de atuação para áreas como, por exemplo, sustentabilidade e meio ambiente. Os profissionais também não possuem compreensão adequada sobre o conceito, por falta de informações e de conhecimento (FAGUNDES, 2009), sendo considerado um tema recente e que ainda não é explorado com clareza e frequência nos meios acadêmicos (BISSOLI, 2010).

Em paralelo aos avanços acadêmicos, nos últimos anos, têm sido criados instrumentos em diversos países que contribuem para a redução do impacto da construção (WADEL;

AVELLANEDA; CUCHÍ, 2010). Destacam-se os programas de simulação do comportamento energético de edifícios – como, por exemplo, DesignBuilder, Ecotect, EnergyPlus, ESP-r (*Environmental Systems Performance - research*)–; os programas de simulação de iluminação – como AGI32 (*Advanced Graphical Interface for Lighting*), Daylight, DAYSIM (*Advanced Daylight Simulation Software*), DIALux, Lightscape, Radiance, Relux Vision, entre outros –; os sistemas de avaliação e certificação ambiental de edifícios – como o AQUA (Alta qualidade ambiental), ASUS (Avaliação de Sustentabilidade), BREEAM (*Building Research Establishment Environmental Assessment Method*), CASBEE (*Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency*), HQE (*Haute Qualité Environnementale*), LEED (*Leadership in Energy & Environmental Design*), SBTool (*Sustainable Building Tool*), SBAT (*Sustainable Building Assessment Tool*), etc. –; as bases de dados que auxiliam na seleção de materiais – como o *Material Connexion*, *Innovathèque*, MEX (*Material Explorer*), Simapro, entre outros –; e os manuais de construção sustentável, como o Guia de sustentabilidade na construção (CÂMARA..., 2008, etc.).

A efetiva inserção de iniciativas sustentáveis às práticas projetuais ainda apresenta algumas dificuldades na prática, seja pelo encarecimento dos produtos ou pelo próprio processo produtivo (MITIDIERI, 2009). No Brasil, algumas iniciativas (quadro 2) impulsionam a sustentabilidade na construção e orientam, conduzem e exigem dos projetistas uma nova postura.

Quadro 2: Iniciativas que impulsionam a sustentabilidade na construção civil

(Continua)

Iniciativas	Característica	Descrição e itens que impulsionam a sustentabilidade
Série de Normas ISO 9000	Normas que orientam a certificação voluntária	A série ISO 9000 é constituída por documentos de orientação para a implementação de sistemas de gestão da qualidade. Contribuem, entre outros fatores, para que as empresas administrem os desperdícios de forma sistemática. Desta forma, facilita a busca da qualidade ambiental pela organização (INTERNATIONAL..., 2009), e contribui para a sustentabilidade nos aspectos econômico, social e ambiental.
Série de Normas ISO 14000 (Sistemas de Gestão)	Normas de caráter voluntário	Visa uma gestão mais sustentável, inserida nos negócios, com foco em duas grandes áreas: nas organizações empresariais e em produtos e serviços. Esta foi dividida em dois Subcomitês:

Ambiental - SGA)		SC3 - Rotulagem Ambiental (trata das declarações ambientais colocadas nos produtos); e SC5 - Análise de Ciclo de Vida (define uma metodologia para realizar a análise completa do ciclo de vida). As normas da família ISO 14040 podem ser usadas como ferramentas de apoio ao planejamento da gestão. Neste contexto, a ACV é utilizada para complementar os sistemas de gestão ambiental (SÉRIE ISO, 2007).
Rotulagem ambiental	Certificação voluntária de produtos ou serviços	Fornecer como principais vantagens a garantia de que o produto/serviço tem menor impacto ambiental, se comparado a um similar que não possui o rótulo; contribui com a preservação do meio ambiente pela redução de desperdícios, com a prática da reciclagem, aumentando também a receita com a venda de refugos; a empresa se ajusta às novas exigências do mercado, preocupado cada vez mais em adquirir produtos confeccionados de forma ecologicamente correta; além de favorecer a imagem pela diferenciação no mercado (ASSOCIAÇÃO..., acesso em 11 dez. 2011).
Resolução 307 / 2002 (Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA)	Resolução em vigor	Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil (RCC). É uma importante iniciativa para orientar ações necessárias à minimização dos impactos ambientais específicos para as atividades da construção e para o processo de projeto (BRASIL, 2002).
Construção enxuta (<i>Leanconstruction</i>)	Metodologia de gerenciamento	Baseada no pensamento enxuto (<i>leanthinking</i>) foi criada na empresa automobilística Toyota na década de 1960, tendo sua aplicação na construção civil proposta por Lauri Koskela (KOSKELA, 1992). Enfatiza o processo de planejamento, produção, controle de obra e eliminação de desperdícios.
Construção Enxuta e Verde (<i>Lean Green Construction</i>)	Metodologia de gerenciamento	Junior e Farias Filho (2004) propuseram a integração do modelo de construção enxuta com Edifícios Verdes (<i>greenbuildings</i>). Visa o desempenho operacional, em especial na utilização da edificação, unindo a gestão da qualidade e a gestão ambiental em uma abordagem sistêmica de todo o ciclo de vida do empreendimento (MARTINEZ; AMORIM, 2010)
Responsabilidade Social Corporativa (RSC)	Instrumento de apoio às empresas	A RSC visa tornar a empresa parceira e corresponsável pelo desenvolvimento social (FLORIM; QUELHAS, 2004). Contribui com a preservação do meio ambiente e o envolvimento da comunidade. Investe na transparência nos negócios, assegurar sinergia com parceiros, promover o bem-estar dos funcionários e dependentes, disponibilizar ambiente de trabalho saudável e adequado, e garantir a satisfação dos seus clientes e/ou consumidores (BALDO et al., 2003).

Quadro 2: Iniciativas que impulsionam a sustentabilidade na construção civil

(Conclusão)

Iniciativas	Característica	Descrição e itens que impulsionam a sustentabilidade
NBR 16001 (Sistema de gestão da responsabilidade social)	Certificação de sistema	Aplicável a todos os tipos e portes de organizações. De acordo com a NBR, as organizações que possuem posicionamento ético melhoram sua imagem pública gradativamente, alcançando maior legitimidade social. A certificação social demonstra que a organização não existe apenas para explorar os recursos econômicos e humanos. Contribui com o desenvolvimento social por meio da realização profissional dos colaboradores e da promoção de benefícios ao meio ambiente e às partes interessadas (ASSOCIAÇÃO..., 2004).

IN 01/2010	Instrução Normativa em vigor	Norma regulamentadora do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Dispõe sobre critérios de sustentabilidade ambiental na aquisição de bens, contratação de serviços ou obras pela administração pública federal direta, autárquica e fundacional. Ressalta a preocupação com os processos de extração e fabricação, uso e descarte de produtos e matérias-primas. Prevê a inserção de critérios como o reuso de água; o uso de materiais reciclados, reutilizáveis e biodegradáveis e de baixa manutenção; o uso de energia solar; a comprovação da origem da madeira para evitar o emprego de madeira ilegal; dentre outros (BRASIL, 2010). Essa medida contribui para que o governo induza a mudanças, como por exemplo, ao exigir que os fornecedores disponibilizem produtos qualificados, estimulando também a sociedade, que poderá exigir materiais menos impactantes.
NBR 15.575 (Norma de desempenho)	Norma técnica	A norma é composta por seis partes (ASSOCIAÇÃO..., 2013a). Em relação aos materiais, pode-se citar a preocupação com a durabilidade, a manutenibilidade, entre outros itens. A norma define, por exemplo, o desempenho mínimo obrigatório para alguns sistemas das edificações ao longo de uma vida útil mínima, além de incentivar os projetistas a buscar o conforto nos projetos, por meio da utilização de materiais que apresentem desempenho adequado nas edificações.
Congressos científicos	Evento científico	Contribuem para fortalecer o conceito de sustentabilidade (MARTINEZ; AMORIM, 2010). Vários são os eventos no Brasil que visam discutir a sustentabilidade na construção civil, podendo-se citar: ENARC - Encontro Nacional sobre Aproveitamento de Resíduos na Construção Civil; ENCAC/ELACAC - Encontro Nacional e Encontro Latino Americano sobre Conforto no Ambiente Construído; ENECS/ ELECS - Encontro Nacional e Encontro Latino Americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis; ENTAC - Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído; SBQP - Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído; e SIBRAGEC- Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção.
Certificado de conformidade	Certificação de produtos ou serviços	Contribui para comprovar que um produto ou serviço possuem sistema de fabricação controlado, garantindo a confecção de produtos ou a execução de serviços de acordo com normas específicas. Também contribui para a diferenciação da organização junto aos concorrentes. É emitido pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ASSOCIAÇÃO..., acesso em 11 dez. 2011).

O panorama apresentado impulsiona também a adoção dos conceitos de sustentabilidade na seleção de materiais. Entretanto, além da adoção dos princípios pelos profissionais, é desejável que os clientes exijam um ambiente mais saudável, considerando que a indústria da construção precisa se comprometer a seguir os processos de construção sustentáveis, e os órgãos reguladores incentivem a construção sustentável (AGENDA 21..., 2002).

A plenitude da sustentabilidade é uma questão que ainda se apresenta com caráter utópico, motivo pelo qual se considera, em edificações, materiais “mais sustentáveis” (OLIVEIRA,

2009). Considerando que toda intervenção no ambiente acarreta algum tipo de impacto, o termo “mais” visa à promoção de projetos que resultem em construções inseridas nos princípios da sustentabilidade. Assim, o termo traduz o anseio de uma produção arquitetônica cada vez menos impactante e mais benéfica ao ser humano. É considerado não como produto final, mas um processo que visa as melhores condições para adquirir a sustentabilidade.

3.3 METODOLOGIAS SUSTENTÁVEIS PARA SELEÇÃO DE MATERIAIS

A construção civil emprega uma quantidade expressiva de materiais, sendo considerada quase infinita, se levada em consideração a variação ocasionada pelas propriedades e comportamentos dos materiais (CARVAJAL, 2004), além de características próprias, aplicações, e limitações (RAO, 2008). A quantidade de materiais existentes cresce rapidamente, sendo estimados mais de 160 mil materiais disponíveis em todo o mundo (ASHBY; SHERCLIFF; CEBON, 2007). Além da quantidade e diversidade, as complexas relações entre os diferentes parâmetros de seleção, muitas vezes, fazem do processo de escolha uma tarefa complexa (FARAG, 2007; RAMALHETE; SENOS; AGUIAR, 2010).

Vários são os métodos para a seleção. Chiner (1988) propôs a seleção por etapas: pré-seleção dos materiais; análise das propriedades; triagem; decisão da escolha; e testes de verificação. Neste enfoque, Farag (2002) resumiu as atividades relacionadas com a seleção dos materiais em: triagem inicial; análise dos materiais; e seleção do material adequado, afirmando ser mais viável fundamentar-se em testes e avaliações.

Várias metodologias com fundamentação científica foram e estão sendo desenvolvidas para contribuir com esse processo, em especial, com a seleção de materiais fundamentada na sustentabilidade, visando também aumentar a eficácia dos projetos (DENG; EDWARDS, 2005). Com a crise energética mundial que iniciou na década de 1970, os grandes problemas de impacto ambiental emergiram e surgiram iniciativas voltadas para a avaliação ambiental dos edifícios, com o desenvolvimento de indicadores e métodos relacionados à sustentabilidade (MARQUES, 2007). As ferramentas usadas para a seleção de materiais são consideradas um *plus*, não só para os projetistas, como também para os fabricantes dos materiais e vendedores (RAMALHETE; SENOS; AGUIAR, 2010).

Para melhor compreender as metodologias apresentadas pelas ferramentas de avaliação de

sustentabilidade de edifícios é importante introduzir o conceito de **Análise do Ciclo de Vida** (ACV). A ACV tem sido reconhecida como o método mais abrangente e potencialmente mais eficiente para a avaliação ambiental de produtos. É caracterizada como uma ferramenta para a avaliação quantitativa dos impactos originados por um produto durante todo o seu ciclo de vida. Realiza desta forma, uma contabilidade completa do consumo de recursos e da emissão de resíduos associados às distintas fases do ciclo de vida (WADEL; AVELLANEDA; CUCHÍ, 2010). De acordo com a *Society for Toxicology and Chemistry* (SOCIETY..., 1991), o ciclo de vida é composto pelas fases de extração, beneficiamento, construção, uso e destino final (descarte, reaproveitamento, reciclagem), considerando também o transporte.

É necessário destacar o significativo número de variáveis presentes no cálculo, como a quantidade de todos os materiais, a quantidade de energia dispendida, o total de cada gás poluente emitido, o quantitativo de resíduos produzidos, entre outros. A análise quantitativa inclui medição, cálculos e conversões, e os dados devem ser precisos e claros (RIDER; GLASS; MCNAUGHTON, 2011). Além disso, os quantitativos podem variar com a tecnologia utilizada na extração e beneficiamento, com a matriz energética da região, com o tipo de transporte utilizado, entre outros (JOHN; OLIVEIRA; LIMA, 2007). Destaca-se ainda a necessidade de envolvimento multidisciplinar com profissionais como economistas, ambientalistas, cientistas, técnicos de laboratório, matemáticos, incluindo ainda órgãos de normalização (RIDER; GLASS; MCNAUGHTON, 2011), tornando-se assim um método exaustivo por envolver muitos fatores (HEGGER; DREXLER; ZEUMAR, 2010).

John, Oliveira e Lima (2007), lembram que mesmo sendo considerado um completo instrumento de avaliação ambiental, fatores como a complexidade e os poucos dados existentes, dificultam a utilização. Somam-se também o conhecimento e o uso restritos pelos agentes do setor da construção e os elevados custos dispendidos.

No Brasil, tais dificuldades acentuam-se pela ausência de bases de dados relativas aos impactos ambientais dos materiais e pelo alto custo dos processos certificadores (PAES, 2008). Também são barreiras a falta de informações básicas para alimentar as simulações e avaliar o impacto da produção e ciclo de vida, assim como a dificuldade em determinar padrões de durabilidade em diferentes aplicações e condições de exposição (EVANS, 2010).

Na prática, os bancos de dados internacionais são usados como referências, contudo, estes podem apresentar informações que não refletem a situação local (OLIVEIRA, 2009). A

disponibilidade dos dados depende de pesquisas mais profundas nas diversas áreas envolvidas. Assim, muitas vezes, faz-se necessário simplificar as metodologias e realizar adaptações e aproximações a respeito dos dados disponíveis, que em sua maioria procedem de países europeus (WADEL; AVELLANEDA; CUCHÍ, 2010).

Diante de tais dificuldades, as **ferramentas de avaliação ambiental de edifícios** empregam em suas metodologias a ideia de ciclo de vida (SILVA; SILVA; AGOPYAN, 2001), porém de maneira diferente: possuem critérios que devem ser cumpridos e, em geral, abordam itens relacionados à fase de projeto, construção, manutenção e demolição/desconstrução das edificações. Avaliam as questões relacionadas às esferas ambiental e, algumas vezes, social e econômica. Essas ferramentas reduzem um problema complexo a indicadores ou critérios simplificados ou a uma solução preferencial, reconhecida como a de menor impacto (JOHN; OLIVEIRA; LIMA, 2007). Os mesmos autores acreditam que tais instrumentos apresentam-se como a melhor alternativa para a avaliação ambiental de produtos da construção civil.

As ferramentas de avaliação possuem diretrizes que servem de assistência ao projetista. Os assuntos abordados nas ferramentas são normalmente agrupados em áreas temáticas, o que contribui para uma melhor compreensão e utilização das mesmas (DIAS et al., 2010).

A seleção de materiais assistida por ferramentas de avaliação oferece uma interface para que o usuário possa processar sistematicamente um número significativo de critérios, muitas vezes inter-relacionados (JOHN; OLIVEIRA; LIMA, 2007). De acordo com Fernández-Sánchez (2008), existiam na época da publicação do documento, mais de 70 ferramentas de avaliação e classificação de projetos no setor da construção baseados em sistemas de indicadores de sustentabilidade, e é provável que este número já tenha aumentado atualmente.

Em relação aos materiais, em todas as ferramentas pesquisadas há um tópico especial sobre o tema, visto a relevância que possuem quando se estuda a questão da sustentabilidade na construção civil. O quadro 3 apresenta as ferramentas de avaliação e ambiental de reconhecimento internacional e os principais critérios relacionados aos materiais.

Quadro 3: Ferramentas de avaliação ambiental reconhecidas, com ênfase aos materiais

(Continua)

Ferramenta/ Origem	Breve descrição da ferramenta	Observações que englobam materiais de construção
AQUA Alta qualidade	Avalia a qualidade ambiental de edifícios	Possui critérios que compreendem de forma ampla os vários impactos que podem ser causados pelos materiais.

<p>ambiental - Brasil (FUNDAÇÃO..., 2007)</p>	<p>novos ou reformas e contempla as fases de projeto e construção. Lançado em 2008, é o primeiro sistema adaptado à realidade brasileira.</p>	<p>No que diz respeito à escolha de materiais, os critérios estão distribuídos em áreas diferentes:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. materiais que limitam os impactos socioambientais da construção: <ul style="list-style-type: none"> • materiais com maior facilidade para desconstrução; • uso de agregados reciclados; • materiais com possibilidade de reuso e reciclagem; • prática da formalidade fiscal e trabalhista pelos fabricantes; • neutralização das emissões de CO₂ durante o processo de produção, por meio de programas ambientais; • uso de materiais renováveis; • opção por fabricantes que causem menor impacto ambiental; • uso de materiais renováveis; e • uso de madeira certificada e de reflorestamento. 2. materiais adaptados à vida útil desejada para a construção; 3. materiais que facilitem a conservação da construção; e materiais e/ou processos construtivos que permitam a evolução e a mudança de usos ou de disposição dos ambientes (flexibilidade da unidade após a entrega).
<p>ASUS Avaliação de Sustentabilidade - Espírito Santo/ Brasil (ALZAREZ; SOUZA, 2011)</p>	<p>Avalia o desempenho ambiental, social e econômico das construções projetadas para o Espírito Santo. Contempla, exclusivamente, a fase de projeto de edifícios comerciais e institucionais.</p>	<p>Aborda os critérios de forma abrangente. Avalia os impactos causados pelos materiais na edificação e no entorno. Possui seis grupos de critérios e no grupo materiais apresenta como pré-requisito:</p> <ul style="list-style-type: none"> • não utilização de materiais que estejam proibidos ou não recomendados por organismos reconhecidos. <p>Os critérios relacionados ao grupo materiais são:</p> <ul style="list-style-type: none"> • situação regular das empresas fornecedoras de materiais e componentes junto ao governo federal; • especificação de materiais e componentes normatizados; • especificação de materiais e componentes com certificação social e/ou ambiental; • reuso de materiais e componentes; • uso de materiais e componentes reciclados; • uso de materiais com adição de resíduos; • uso de materiais e componentes produzidos na região; • solução de projeto para economia de materiais; • uso de materiais com alta durabilidade; e • uso de materiais renováveis ou de baixo impacto.

Quadro 3: Ferramentas de avaliação ambiental reconhecidas, com ênfase aos materiais

(Continuação)

Ferramenta/ Origem	Breve descrição da ferramenta	Observações que englobam materiais de construção
<p>BEAM PLUS - Hong Kong (HK-BEAM..., 2004)</p>	<p>Objetiva funcionar como diretriz e certificadora para regulamentos e práticas locais. Avalia todos os tipos de edificações. O nome original era HQ Beam.</p>	<p>Aborda critérios avaliativos de forma abrangente. Os critérios avaliam não só o impacto dos materiais na edificação, como também no entorno:</p> <ul style="list-style-type: none"> • uso de materiais e componentes reciclados; • reuso de edificações; • desconstrução e adaptabilidade;

		<ul style="list-style-type: none"> armazenagem e recolhimento de materiais para reciclagem; uso de materiais de rápida renovação; redução de substâncias destruidoras da camada de ozônio; uso de madeira certificada; entre outros.
<p>BREEAM <i>Building Research Establishment Environmental Assessment Method</i> - Reino Unido (BREEAM, 2009)</p>	<p>Lançado em 1990, avalia: etapa de projeto, novas construções, reformas e edifícios existentes.</p> <p>A metodologia completa é disponibilizada apenas aos avaliadores credenciados (FOSSATI, 2008), sendo, portanto, um método privado, de acesso restrito.</p>	<p>A abordagem para a análise dos critérios se baseia em créditos. Possui nove grupos de critérios e em relação ao grupo materiais pode-se citar:</p> <ul style="list-style-type: none"> uso de materiais com baixa energia incorporada e baixa emissão de CO₂; uso de materiais com baixa emissão de compostos orgânicos voláteis; uso de materiais com baixa emissão de compostos danosos à camada de ozônio, como CFC, HCFC e halons; uso de materiais de fornecedores locais; uso de materiais de fontes responsáveis, cujos produtores e fornecedores devem ser regulamentados; uso de materiais com resíduos reciclados; e reuso de materiais e componentes.
<p>CASBEE <i>Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency</i> – Japão CASBEE, 2008; JAPAN..., acesso em 15 fev. 2012)</p>	<p>Desenvolvido em 2002, avalia diversas tipologias de edifícios e é composto por quatro versões relacionadas à avaliação das fases do ciclo de vida – planejamento, construção, operação e reforma.</p>	<p>Avalia não só o impacto dos materiais na edificação, como no entorno. Possui sete grupos de critérios e os relacionados aos materiais são:</p> <ul style="list-style-type: none"> seleção de materiais com baixa emissão de compostos orgânicos voláteis; uso de materiais com maior durabilidade e confiabilidade; uso de materiais reciclados; materiais com baixo risco à saúde; uso de madeira de fontes de exploração sustentável; e reutilização e reciclagem de materiais e componentes.
<p>GREEN STAR - Austrália (GREEN..., 2008)</p>	<p>As primeiras certificações ocorreram em 2004. Tem por intuito validar iniciativas de redução do impacto ambiental de edifícios de escritório. Avalia etapas de projetos, reformas e novas construções.</p>	<p>Possui caráter específico. Aborda o impacto dos materiais no âmbito da própria edificação. Considera para a categoria materiais:</p> <ul style="list-style-type: none"> reuso de materiais e componentes; solução de projeto para economia de materiais; planejamento da destinação correta dos resíduos de construção e demolição; reuso de edificações; desconstrução e adaptabilidade; uso de madeira certificada; entre outros.

Quadro 3: Ferramentas de avaliação ambiental reconhecidas, com ênfase aos materiais

(Conclusão)

Ferramenta/ Origem	Breve descrição da ferramenta	Observações que englobam materiais de construção
<p>HQE <i>Haute Qualité Environnementale</i> – França (GUIDE..., 2011)</p>	<p>Sua versão oficial foi publicada em 2005. Avalia a qualidade ambiental de edifícios novos ou reformas e contempla as fases de programa, projeto e</p>	<p>Enfatiza, principalmente, o impacto dos materiais no âmbito da própria edificação. Possui 14 categorias de critérios e a categoria escolha integrada de produtos, sistemas e processos de construção destaca:</p> <ul style="list-style-type: none"> avaliação da contribuição dos materiais à durabilidade e adaptabilidade do edifício; avaliação da facilidade de manutenção;

	<p>execução. Não há escala de atribuição do certificado: o empreendimento é ou não é ambientalmente correto.</p>	<ul style="list-style-type: none"> avaliação dos impactos ambientais e sanitários dos materiais; minimização dos odores desagradáveis; e escolha de materiais para as instalações priorizando os que não emitam poluentes na água ou que tenham bom desempenho e durabilidade.
<p>LEED <i>Leadership in Energy & Environmental Design - EUA</i> (LEED, 2009)</p>	<p>A versão piloto foi lançada em abril de 1999. Avalia o desempenho ambiental de vários tipos de edificações, novas ou existentes, nas fases de projeto, construção e operação. A metodologia é baseada em especificações de desempenho e a avaliação é realizada com a obtenção de créditos para o atendimento de critérios pré-estabelecidos.</p>	<p>A abordagem para a análise dos critérios se baseia em créditos. Possui cinco grupos de critérios e em relação ao grupo materiais apresenta:</p> <ul style="list-style-type: none"> reuso de elementos construtivos; incorporação de materiais reciclados contendo 20% de resíduos pós-consumo ou 40% de resíduos industriais; uso de materiais locais (extraídos ou produzidos em uma distância de até 800 km); uso de materiais de rápida renovação, cujo manejo e extração causem baixo impacto ambiental; uso de madeira certificada conforme diretrizes do FSC (<i>Forest Stewardship Council</i>); uso de materiais com baixa emissão de compostos orgânicos voláteis; e incorporação de resíduos reciclados, de produtos biológicos e resíduos de agricultura.
<p>SBAT <i>Sustainable Building Assessment Tool - África do Sul</i> (COUNCIL..., acesso em 06 jun. 2011)</p>	<p>Desenvolvida em 1999, avalia qualquer fase da vida útil de uma construção e aplica-se à maioria dos usos. Não atribui certificação, atuando como uma ferramenta para auxílio no desenvolvimento de projetos e tomada de decisões.</p>	<p>Possui critérios com abordagens genéricas, compreendendo de forma ampla os vários impactos que podem ser causados pelos materiais. Enfatiza, principalmente, o impacto dos materiais no âmbito da própria edificação:</p> <ul style="list-style-type: none"> reuso de materiais e componentes; uso de materiais e componentes reciclados; uso de materiais e componentes produzidos na região; solução de projeto para economia de materiais; uso de materiais e componentes de fácil manutenção; e uso de materiais que contribuem para qualidade do ar.
<p>SBtool <i>Sustainable Building Tool - Consórcio internacional</i> (INTERNATIONAL... 2007)</p>	<p>Permite avaliar os edifícios em diferentes fases: pré-projeto, projeto, construção e operação. O esquema de pontuação se dá por comparação com marcas de referência, onde a abordagem acontece com a ponderação de diferentes indicadores.</p>	<p>Critérios do grupo uso de recursos:</p> <ul style="list-style-type: none"> reuso de materiais; conteúdo de materiais reciclados; e uso de madeira certificada. <p>Critérios do grupo cargas ambientais:</p> <ul style="list-style-type: none"> emissões de gases incorporados nos materiais; e uso de materiais com baixa emissão de compostos danosos à camada de ozônio. <p>Critérios do grupo qualidade do ambiente interno:</p> <ul style="list-style-type: none"> controle da poluição proveniente dos materiais.

Para o acesso ao conteúdo das ferramentas, algumas condições são apresentadas, e variam de acordo com cada ferramenta (quadro 4). Nas ferramentas consideradas privadas, os documentos que apresentam os itens a serem avaliados e suas respectivas marcas de referência são disponibilizados ao público. Contudo, informações a respeito da avaliação e da metodologia são fornecidas se contratado o processo de avaliação e mediante pagamento de consultoria de profissional credenciado. Essas ferramentas são normalmente voltadas para a certificação e *marketing* de edificações mais sustentáveis e possuem fins lucrativos.

Quadro 4: Ferramentas de avaliação e as condições de uso

Ferramenta	Condições de uso		
	Privada	Livre	Livre/Privada
AQUA			x
ASUS		x	
BEAM PLUS	x		
BREEAM	x		
CASBEE			x
GREEN STAR			x
HQE	x		
LEED	x		
SBAT		x	
SBTOOL		x	

Já nas ferramentas livres, os documentos que apresentam os itens a serem avaliados e suas respectivas marcas de referência são disponibilizados ao público. Além disso, manuais e diretrizes para a utilização das ferramentas também são fornecidos. São aqui consideradas livres por divulgar e disponibilizar, sem custos, as informações, estratégias e critérios que calculam o desempenho. Contudo, não deixam transparentes os métodos usados para os cálculos embutidos nas ferramentas. Isso significa que o acesso às informações para compreensão dos cálculos de ponderação, por exemplo, não são disponibilizados. São direcionadas para a propagação do conhecimento e das técnicas necessárias à realização de projetos e edifícios mais sustentáveis, e não possuem foco na certificação e no *marketing*.

Nas ferramentas categorizadas como livre/privada, os documentos que apresentam os itens a serem avaliados e suas respectivas marcas de referência, os manuais e as diretrizes para a utilização são disponibilizados ao público. Porém, essas ferramentas também são direcionadas para a certificação e *marketing* de edifícios mais sustentáveis. Para tanto, os interessados devem pagar pelo processo de avaliação e pela consultoria de profissionais credenciados.

A opção pelas propostas sustentáveis disponibilizadas pelas ferramentas envolvem medidas diferenciadas, e as decisões devem ser transparentes e verificáveis (CASTRO-LACOUTURE et al., 2009). Por meio da análise das principais ferramentas, foi possível identificar alguns critérios usados com frequência nos processos de avaliação, tais como o uso de materiais com baixa emissão, o reuso de materiais, o uso de materiais locais, as preocupações com a qualidade do ambiente interior, entre outros.

Em geral, as ferramentas possuem limitações ocasionadas por fatores como custos, necessidade de envolver profissionais credenciados, complexidade no uso, dificuldade em acomodar

variações nacionais ou regionais, diferentes escalas para avaliar os critérios, variação no conteúdo, entre outros. Ainda assim, favorecem a compreensão da relação sustentabilidade e materiais (DING, 2008; MWASHA; WILLIAMS; IWARO, 2011). Yuba (2005) conclui que a falta de uma abordagem transparente é uma lacuna apresentada pelos métodos de avaliação de sustentabilidade.

Outra metodologia que colabora neste sentido é a que considera a energia embutida, ou **energia incorporada** nos materiais. Esta é entendida como toda a energia consumida durante o ciclo de vida do material, sendo considerados os melhores materiais aqueles que consomem menos energia (OLIVEIRA, 2009). O consumo é calculado a partir da quantificação de toda a energia consumida, desde a extração da matéria-prima, passando pelos processos de beneficiamento, instalação, uso e destino final, incluindo também a energia necessária para o transporte (ABEYSUNDARA; BABEL; GHEEWALA, 2009). É também conceituada como um indicador de sustentabilidade das edificações (TAVARES, 2006).

John, Oliveira e Agopyan (2006) consideram esta metodologia incompleta, pois acreditam que também seja necessário avaliar itens como o consumo de água e os aspectos sociais. Além disso, ponderam que é necessária a consideração da fonte de energia e a variação do consumo energético, de acordo com cada fabricante de material.

Observa-se que a energia embutida dependerá, entre outros aspectos, da localização da obra em relação ao local de produção, fazendo com que um mesmo material possa adquirir valores diferenciados, de acordo com a menor ou maior distância entre produção e consumo. Tal aspecto dificulta ainda mais a formação de um banco de dados que possa ser utilizado por qualquer projetista em sua atividade rotineira.

Outro método utilizado para a seleção de materiais considera os **materiais preferenciais**, sendo aqueles que geram menor impacto sobre o meio ambiente. Em geral, é disponibilizado um sistema de pontuação. São incentivados os materiais reciclados, com baixa emissão de poluentes na produção, de longa vida útil, além do reuso, da incorporação de conteúdo reciclado e da valorização da facilidade do desmonte. Também são desencorajados os materiais com alto grau de toxicidade e baixa condição de biodegradabilidade (OLIVEIRA, 2009). A seleção por este método no Brasil não deve acontecer em curto prazo, devido à ausência de dados confiáveis e de pesquisas específicas (JOHN; OLIVEIRA; LIMA, 2007).

Alguns *softwares* são considerados como **ferramentas digitais de suporte a decisões** e auxílio para seleção de materiais, e na grande maioria, disponibilizam bancos de dados digitais, com informações técnicas diversas, que são classificados na categoria geral – inclui várias famílias de materiais –, e específica – quando envolve apenas uma classe ou mesmo uma subclasse de materiais (RAMALHETE; SENOS; AGUIAR, 2010).

A partir da década de 1980, surgiram vários estudos sobre esse método de seleção de materiais (SANDSTROM, 1985; CORNISH, 1987; FARAG, 1989; CHARLES; CRANE; FURNESS, 1997; ASHBY, 1999). Em paralelo, foram criados portais que contribuem para o processo de seleção (quadro 5), que se configuram como procedimentos sistemáticos para mensurar e avaliar os impactos e ampliar as possibilidades de escolhas.

Quadro 5: Exemplos de ferramentas digitais auxiliares na seleção de materiais

(Continua)

Software/ origem	Breve descrição
ATHENA (Canadá)	Avalia e compara o impacto de materiais e projetos industriais, institucionais, comerciais e residenciais. Simula mais de 1.200 combinações (ATHENA..., acesso em 20 nov. 2012).
BEES (EUA)	Auxilia na escolha de materiais, apresenta categorias de impacto como potencial de aquecimento global e de acidificação; qualidade do ar; consumo de água; dentre outros. Fornece uma maneira de equilibrar o desempenho ambiental e econômico dos produtos de construção, além de medir o desempenho ambiental dos mesmos. Usa uma abordagem de avaliação ambiental do ciclo de vida especificado nas últimas versões da ISO 14000 (LIPPIATT, 2002; LIPPIATT; GREIG; LAVAPPA, 2009).
Design InSite (Dinamarca)	Criado em 1996, objetiva orientar o projetista com informações sobre o processo de fabricação, os produtos utilizados, etc. Possui um sistema de pesquisa bastante simples, onde cada produto é descrito com texto, fotos ou desenhos (DESIGN..., 1996).
Eco-it (Holanda)	O <i>software</i> permite modelar o ciclo de vida, calcula a carga ambiental e apresenta as partes do ciclo de vida que mais contribuem com a mesma (ECO-IT, acesso em 30 nov. 2012).
Eco-Quantum (Holanda)	Ajuda as empresas a identificar e quantificar áreas onde melhorias ambientais podem ser feitas. Contribui para a compreensão de uma ACV simplificada (utilizando-se de dados disponíveis publicamente); e ACV completa (exige dados detalhados, compatível com a ISO 14.044); além de estudo sobre os gases de efeito estufa e avaliações de carbono (ECO-QUANTUM..., acesso em 10 ago. 2011).

Quadro 5: Exemplos de ferramentas digitais auxiliares na seleção de materiais

(Conclusão)

Software/ origem	Breve descrição
EnVest (Reino Unido)	Analisa dados no projeto arquitetônico como alturas, aberturas, paredes externas, etc., e identifica os elementos com maior influência sobre o impacto ambiental e os custos da construção (Environmental..., acesso em 10 jun. 2011).
Ferramenta dos seis passos CBCS (Brasil)	O Comitê de materiais do Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS) desenvolveu a ferramenta para auxiliar projetistas, construtores e usuários na seleção de insumos e fornecedores da construção civil, a partir de critérios de sustentabilidade. O foco é na escolha de empresas (CBCS..., 2012).

GaBi (Alemanha)	Produz balanços de ciclo de vida. Envolve uma grande quantidade de dados e avalia o ciclo ambiental, os custos, os aspectos sociais, os processos e as tecnologias. Contém bancos de dados abrangentes (GABI..., acesso em 28 nov. 2012).
IDEMAT	<i>Website</i> auxiliar na seleção de materiais. Fornece, além de dados sobre propriedades mecânicas, físicas e térmicas, informações em termos de impacto ambiental dos materiais a partir da extração de matéria-prima (IDEMAT, 2008).
LCAid (Austrália)	Criado em 1992, tem sido utilizado para avaliação ambiental de produtos e processos. Os resultados são apresentados por meio das fases do ciclo de vida, como fase de produção, utilização, gestão de resíduos, produção de energia e transporte (FERREIRA, 2004).
Materia Brasil (Brasil)	Acervo <i>online</i> gratuito de materiais que possuem indicadores de sustentabilidade. Recomendado para <i>designers</i> , arquitetos, engenheiros e profissionais da moda. A “materioteca” apresenta informações de 160 materiais que possuem baixo impacto ambiental. Com as informações cedidas pelos fornecedores, engenheiros da própria Matéria Brasil analisam o material para entendê-lo e observá-lo a partir de critérios de sustentabilidade definidos pela própria empresa (MATERIA BRASIL, 2013).
Material Connexion (Nova York)	Criado em 1997, é um banco de dados onde a seleção de materiais é executada por etapas, utilizando imagens. Permite uma seleção com base em dados qualitativos, com amostras de materiais de bibliotecas como Nova York, Istambul, Milão, Seul, etc., o que soma mais de 6500 materiais. Objetiva estimular o desenvolvimento e a inovação do mercado, envolvendo também materiais sustentáveis que auxiliam em projetos ecologicamente corretos. É uma base de dados privada (MATERIAL..., 1997).
MatWeb	Banco de dados <i>online</i> que permite uma série de formas de pesquisa para milhares de materiais e suas propriedades. Envolve um número superior a 93 mil materiais. As informações são de natureza técnica, apresentando também um conjunto de propriedades físicas, mecânicas, térmicas, óticas e elétricas (MATWEB..., acesso em 18 nov. 2012).
Rematerialize-Eco (Reino Unido)	Lançado em 1994, na <i>Kingston University</i> . O principal objetivo é compilar e manter uma coleção versátil de materiais sustentáveis. Eles podem ser pesquisados por nome e pelas famílias de materiais e processo (DEHN; ORDISH, acesso em 10 abr. 2011).
SimaPro (Holanda)	<i>Software</i> utilizado para análise de processos produtivos, energéticos e de materiais. Oferece um detalhado entendimento do ciclo de vida de produtos e serviços. Calcula, identifica e quantifica aspectos ambientais do produto e possui diversas bases de dados (SIMAPRO, acesso em 25 nov. 2012).
Stylepark	Banco de dados para arquitetos e projetistas que surgiu em janeiro de 2007 a partir da combinação de esforços de duas empresas da área de design (Stylepark) e materiais (Modulor). A escolha pode ser feita com base em normas ou propriedades ecológicas com destaque para características como biodegradabilidade, produção a partir de recursos renováveis, facilidade de reciclar ou conteúdo reciclado (STYLEPARK, 2007).

Para o uso das ferramentas digitais, é importante que a informação seja acessível, fácil de usar, que o banco de dados esteja organizado, que o modelo incorpore informações necessárias no processo de projeto e que os dados sejam padronizados, mantendo relações com outros bancos de dados. Ramalhete, Senos e Aguiar (2010) concluem que há pouca uniformidade nas informações disponibilizadas pelas bases de dados, o que implica em pouca compatibilidade entre os dados das diferentes ferramentas digitais.

Outro método de tomada de decisão é a **seleção de materiais por diferentes atributos**, onde são considerados múltiplos critérios de suporte à decisão, faz uso de cálculos matemáticos,

matrizes, fórmulas, e conceitos de estatísticas. Pode-se mencionar o método TOPSIS (SHANIAN; SAVADOGO, 2006); o método numérico para a seleção de materiais (MANSHADI et al., 2006); a teoria dos grafos e matriz de abordagem de representação para a seleção de material (RAO, 2006); a metodologia AHP/ TOPSIS (RAO; DAVIM, 2008); o método PSI (MANIYA; BHATT, 2010); o método VIKOR (JAHAN et al., 2011); entre outros. A seleção de materiais por diferentes atributos requer conhecimentos específicos e exige cálculos de considerável complexidade (MANIYA; BHATT, 2010).

Apesar de já existirem estudos, pesquisas e avanços em metodologias que auxiliem a seleção de materiais, ainda há distorções na interpretação dos resultados, ao comparar os diferentes sistemas de classificação, além da ausência de uma metodologia que seja comumente aceita, seja pela conceituação proposta ou pela praticidade de uso (MATEUS; BRAGANÇA, 2011).

3.4 DEFINIÇÃO DOS INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE

Para a definição dos indicadores a serem utilizados no ISMAS, primeiramente, fez-se necessário conceituar o termo indicador, também considerado característica desejável (PAES, 2008), ou ainda requisitos de sustentabilidade (JOHN; OLIVEIRA; LIMA, 2007), sendo mencionado por diversos autores (por exemplo, CARVAJAL, 2004; ROAF, 2004; COLLABORATIVE..., 2006; SPIEGEL, MEADOWS, 2006; YEANG, 2006; KEELER, BURKE, 2010; MATEUS; BRAGANÇA, 2011).

O estudo sobre indicadores ambientais iniciou-se na década de 1980, em especial no Canadá e na Europa. Somente depois da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, em 1992, os indicadores passaram a ser utilizados nas tomadas de decisões (RIBEIRO, 2005). Indicadores são amplamente empregados em vários campos como nos estudos da qualidade do ar, na interpretação de dados ambientais, nas ciências biológicas, sociais e políticas, nos estudos das geociências, entre outros. O indicador é uma medida de ordem quantitativa ou qualitativa, utilizada para organizar informações relevantes dos elementos do componente da análise (FERREIRA; CASSIOLATO; GONZALES, 2009). São considerados como parâmetros representativos, concisos, fáceis de interpretar e de serem obtidos (MAGALHÃES, 2004).

Os indicadores quantificam informações para que o significado seja apreendido mais

rapidamente e simplificam informações referentes a processos complexos (HAMMOND et al., 1995; BELLEN, 2005). Visam melhorar a comunicação e a aplicabilidade, além de fornecer informações condensadas (JACKSON; FISHER, 2001; SÁNCHEZ, 2008 KURTZ).

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (ORGANIZACIÓN..., 1981), os indicadores devem ser válidos (medir o que se supõe que devem medir), objetivos, sensíveis (capazes de apreender as alterações ocorridas), e específicos (refletir somente as alterações ocorridas na situação envolvida). O indicador explicita o atributo que permite a qualificação do objeto analisado (GARCIA, 2001). Desta forma, o principal objetivo é traduzir, por meio de forma mensurável, determinados aspectos de uma realidade, de maneira a tornar operacional a observação e a avaliação (INDICADORES..., 2010).

Os indicadores são considerados elementos importantes que favorecem a compreensão do mundo pela sociedade, auxiliando na tomada de decisões e no planejamento das ações. Por estarem inseridos em culturas específicas, podem ser ferramentas de mudanças, de aprendizado e de propaganda (GUILHON, 2011).

A seleção de indicadores é um processo que requer a definição de um foco que direcione aos fenômenos a observar, sendo possível limitar as variáveis de modo a torná-las factíveis de serem medidas e avaliadas. Esse processo requer uma relação direta entre uma base conceitual definida e a finalidade a que se propõe (MIANA, 2010).

Avaliações de sustentabilidade são, geralmente, baseadas em indicadores que se enquadram nas diferentes dimensões do desenvolvimento sustentável (MATEUS; BRAGANÇA, 2004; MATEUS; BRAGANÇA, 2006). Esses indicadores disponibilizam informações sobre as principais influências da indústria como um todo e sobre os impactos da construção e operação de edifícios (BRAGANÇA; MATEUS; KOUKKARI, 2007).

A norma ISO-21.929-1 (2006) define indicador de sustentabilidade como números ou outras medidas, que permitem obter informações sobre um fenômeno complexo, como o impacto ambiental, a ser simplificado para uma forma que é relativamente fácil de usar e entender. O desenvolvimento e o uso de indicadores foram impulsionados pela necessidade de medir a sustentabilidade, visando à obtenção de valores numéricos para a mesma e a simplificação de sistemas complexos em análises simples (EVANS, 2010).

Os indicadores de sustentabilidade não são instrumentos aplicáveis a qualquer realidade, porém,

é possível reconhecer elementos de generalidade, que permitam a aplicação em situações diferenciadas (SATTLER, 2007). A relação sustentabilidade e indicadores envolve julgamento de valores em diferentes esferas: mundial ou global, nacional, regional e local (BELLEN, 2000). Os indicadores de sustentabilidade podem atuar como instrumento pedagógico educacional, de planejamento ou para avaliação de metas (BELLEN, 2000), e serem incorporados em práticas tradicionais da construção (EVANS, 2010). Nesse contexto, a Organização Internacional de Normalização (ISO) e o Comitê Europeu de Normalização (CEN) vêm atuando no desenvolvimento da padronização de indicadores de sustentabilidade para a construção, mas ainda requer avanços (MATEUS; BRAGANÇA, 2011).

A partir da revisão da literatura e considerando o foco da pesquisa, segue apresentado, ordenado alfabeticamente, o conteúdo que define e justifica a relação dos conceitos de sustentabilidade adotados para os materiais, e sua efetiva contribuição para a definição e formatação dos critérios propostos para compor o ISMAS. Os temas foram divididos a partir dos seguintes aspectos de abordagem, aqui entendidos como indicadores: Acabamento; Adaptabilidade; Características geométricas; Certificação e rotulagem; Conteúdo reciclado; Desempenho acústico; Desempenho lumínico; Desempenho térmico; Desmontagem; Durabilidade; Embalagem; Emissões; Energia incorporada; Geração e gestão de resíduos; Manutenção do material; Marketing sustentável; Materiais proibidos; Normas técnicas; Odor; Procedência; Processamento mínimo; Reaproveitamento; Reciclável; Regularidade das organizações junto ao Governo Federal; Remuneração salarial dos funcionários; Renovável; Responsabilidade sócio ambiental das organizações; Segurança e saúde ocupacional; e Viabilidade econômica do material e da mão de obra. Vale ressaltar que estes temas foram compilados e que outros requisitos como o desempenho funcional (resistência mecânica, ao fogo, entre outros) não foram considerados, pois são exigências que devem ser atendidas na seleção de materiais pautadas em normas e legislações específicas.

Acabamento

Os acabamentos provêm a forma final das superfícies e caracterizam os materiais pela cor e textura, o que pode influenciar não somente a imagem e a estética do ambiente, como também a utilidade e a durabilidade que se pretende dar ao espaço (MARTIN, 2005). Além disso, pode afetar a qualidade do ar interior, ao emitir compostos orgânicos voláteis, por exemplo (PEZZI,

2008). Outra característica relevante dos acabamentos é o favorecimento de boas condições de higiene, o que pode auxiliar na redução do crescimento de fungos e bactérias, e fortalecer o aspecto cultural, ao reforçar as características das tradições locais.

Os acabamentos podem ocasionar desconforto visual, lumínico ou térmico, ao causar reflexão inadequada da luz ou da radiação solar, ou absorver a luminosidade do ambiente em função da cor. Já em relação ao conforto tátil, os acabamentos estão relacionados à eletricidade estática, rugosidade, umidade e temperatura de superfície (INTERNATIONAL..., 1984).

É favorável a seleção de materiais que não requeiram o uso de outros materiais para o acabamento superficial. Quando necessário, que o acabamento seja apenas como elemento de proteção do material original, como garantia da durabilidade, e que as reaplicações sejam mínimas. Um exemplo é o granito, o qual necessita apenas de aplicação de resina e, em alguns casos, de impermeabilizante. Requer poucos materiais de acabamentos e ainda não descaracterizam visualmente o material granito (LUCAS et al., 2010).

Adaptabilidade

Ser adaptável significa poder ser usado em diferentes situações sem perder as propriedades inerentes do material. Por outro lado, se o uso for restritivo, ou seja, não adaptável, reduz as possibilidades de reaproveitamento e utilização de sobras em locais diferentes, por exemplo. Significa também afirmar que o material é flexível. Em relação aos espaços, ao serem flexíveis proporcionam redução no uso de materiais de construção ocasionado pela necessidade de adaptação dos ambientes, decorrente das mudanças comportamentais da sociedade. Assim, a adaptabilidade do edifício a novos usos evita o desperdício de recursos com obras de reforma (ALVAREZ; SOUZA, 2011).

A adaptabilidade também está relacionada ao surgimento de novos materiais ou à substituição dos mesmos. Nesse sentido, a indústria deve adaptar-se ao novo, podendo também ser aplicado o conceito nos casos de substituição de materiais ou matérias-primas, por motivo de escassez, necessidade de redução de impacto ou por avanço tecnológico.

Características geométricas

As características geométricas de um material podem favorecer a padronização de medidas, ou seja, a modulação. A padronização dos materiais tende a fornecer uma maior agilidade na

fabricação, reduzindo também o maquinário necessário, além de facilitar a reposição futura, possibilitando ainda rapidez na execução da obra e redução dos custos (MONTEIRO, 2002).

As características geométricas também beneficiam a redução de perdas, contribuindo para a otimização do consumo, a economia nos custos, a qualidade no produto final, a produtividade da mão de obra, reduzindo ainda os prazos de execução. Observa-se que as perdas suscitam desperdícios, tanto financeiro quanto ambiental. Paes (2008) defende que o uso de materiais propensos a gerar sobras e quebras, só devem ser utilizados em um detalhe estético. Outros fatores que contribuem para aumentar as perdas são a mão de obra desqualificada e a ausência de controle nos procedimentos de extração, produção ou execução.

Vários são os benefícios que se somam ao optar por uma padronização atrelada às características geométricas: os espaços podem ser otimizados, os processos construtivos se tornam mais eficientes, gerando-se construções racionalizadas, o que facilita também o transporte, o acondicionamento e a estocagem dos materiais (BRUNETTI, 2005).

Certificação e rotulagem

As certificações visam atender os compromissos os quais a organização se propôs a cumprir, onde os materiais são inscritos e devem desempenhar determinados procedimentos, ou certas posturas, variando de acordo com a norma que rege a certificação (FARIA, 2009). Já é uma iniciativa para a evolução da responsabilidade ambiental e social. Soma-se também o efeito multiplicador, pois os colaboradores são treinados e, assim, ampliam a conscientização adquirida para suas residências e círculos de amizade, incluindo também os fornecedores diretos e indiretos (BRUNETTI, 2005). É também uma maneira de contornar problemas de fatores ambientais e sociais, como por exemplo, o controle na extração de recursos, a formalidade na cadeia produtiva, entre outros (JOHN; OLIVEIRA; LIMA, 2007).

A certificação de materiais favorece a adoção de ciclos de menor impacto durante a extração, o beneficiamento e o transporte, além do amparo às exigências de sistemas trabalhistas justos, de práticas que garantam a qualidade do material, ou a redução do uso de substâncias nocivas à saúde (TURK, 2009). Dessa forma, já se garante o cumprimento de várias exigências necessárias para que os materiais contribuam para uma construção mais sustentável.

O reconhecimento da conformidade de um produto em relação a uma norma técnica é

denominado de certificação de produto. No Brasil, o organismo que controla o sistema de certificação é o Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO). O mesmo tem, entre outras atribuições, a responsabilidade de fomentar a utilização de técnicas de gestão da qualidade e coordenar todo o processo de certificações de produtos, processos, serviços e pessoal, no âmbito do Sistema Nacional de Metrologia, Normatização e Qualidade Industrial (SINMETRO).

A rotulagem ambiental consiste em uma série de requisitos relacionados aos aspectos ambientais que um material deve obter, objetivando diferenciá-lo no mercado. É o resultado de uma avaliação técnica criteriosa, que considera aspectos pertinentes ao ciclo de vida (PAES, 2008). Também é considerada uma ferramenta para a implementação de políticas públicas, com o objetivo de desenvolver novos padrões de consumo, envolvendo melhores condições ambientais (KOHLRAUSCH, 2003). Para Araújo (acesso em 29 fev. 2012), a rotulagem ambiental na construção civil garante diferencial e pode servir de estímulo ao fabricante, como uma ferramenta de *marketing* às empresas. Além disso, favorece a cultura do “eco produto” e a garantia de que o produto/ serviço agregue menor impacto ambiental, se comparado a um similar que não possui o rótulo.

No âmbito internacional, a rotulagem ambiental na construção surgiu na Alemanha, em 1978, com a criação do selo Blue Angel (THE BLUE..., acesso 12 dez. 2012), sendo utilizado com frequência para a rotulagem de tintas e vernizes. A partir desse, várias rotulagens foram criadas, exclusivamente para os materiais e componentes da construção, como por exemplo, o EcoLogo/Canadá (ECOLOGO..., acesso 12 dez. 2012); o NordicEcolabel/Países Nórdicos (NORDIC, 2001); o Eco-Mark/Japão (ECO..., 2007); o Green Seal/EUA (GREEN..., acesso 12 dez. 2012); o NF Mark/França (NF..., acesso 12 dez. 2012); entre outros.

As certificações e a rotulagem podem acontecer de duas formas: própria (de primeira parte) ou por terceiros (de terceira parte). A primeira é caracterizada como um tipo de auto certificação ou auto declaração, feita pelo próprio fabricante, podendo-se citar os anúncios que afirmam que um material é “amigo do meio ambiente”, “natural” ou “não tóxico”. A segunda é feita por grupos independentes, sendo que nenhum dos responsáveis possui vínculo com a organização analisada (KOHLRAUSCH, 2003). Esta última possui maior respaldo pelo rigor exigido e por envolver órgãos reconhecidos, isentos e independentes (KEELER; BURKE, 2010). Contudo, observa-se que a opção por materiais certificados pode restringir as possibilidades de escolha

de materiais, pois no Brasil poucos possuem certificações ou selos (JOHN; OLIVEIRA; LIMA, 2007).

No Brasil, ainda não existe uma rotulagem ambiental para o setor da construção civil, fato que justifica a necessidade do uso de selos internacionais ou a busca pela auto certificação (OLIVEIRA, 2009). Atualmente, o selo mais utilizado é o FSC, o qual certifica madeiras de acordo com sua procedência, valorizando fornecedores que respeitam o manejo ambiental, por exemplo. Outro exemplo de certificação brasileira é o PROCEL (ELETROBRÁS, acesso em 7 jan. 2011), considerado bastante eficiente para informar o consumo energético de equipamentos domésticos e de iluminação. Em 2003, foi instituído o Programa Nacional de Eficiência Energética em Edificações – PROCEL EDIFICA –, que é uma metodologia para etiquetagem de eficiência energética de edifícios comerciais, de serviços, públicos e residenciais (PROCEL..., 2006).

Para os materiais, a Fundação Vanzolini lançou, em 2012, o selo RGMat (figura 8). Possui ênfase nas construções sustentáveis, onde são realizadas abordagens envolvendo o desempenho ambiental; a conformidade técnica; o conforto e a saúde (RGMAT, 2012). O desempenho ambiental é baseado na análise do ciclo de vida do material, e tanto esta como a declaração ambiental deve ser feita pela empresa fabricante, segundo requisitos e orientações das normas nacionais e internacionais, além das diretrizes estabelecidas pela própria Fundação Vanzolini.

Figura 8: Selo RGMat para materiais de construção sustentáveis



Fonte: RGMAT, 2012

Por esse motivo, a certificação engloba o conceito de selo e declaração ambiental. A conformidade é verificada pelo cumprimento às normas, medições e ensaios em laboratórios acreditados. E para a avaliação do conforto e da saúde, são considerados o desempenho térmico, acústico e visual, e também a qualidade do ambiente que o produto provê, como o ar ou a água, quando for o caso (FUNDAÇÃO VANZOLINI, 2012).

Ainda sobre o RGMat, os indicadores e os parâmetros para cada material são desenvolvidos individualmente, a partir das requisições de certificação. Verifica-se que para uma avaliação mais completa, é necessário envolver diferentes formas de atuação e contar com a

disponibilidade de muitas informações. Já é uma iniciativa importante, mas que demanda custo, tempo e disponibilidade de dados.

Já o Selo Ecológico Falcão Bauer (SELO..., acesso em 01 mar. 2012), representa os resultados por meio de categorias que demonstram os impactos e os benefícios de um produto sustentável, ou seja: Categoria 1 – baixo impacto, desempenho ambiental⁵ aceitável; Categoria 2 – baixo impacto, bom desempenho ambiental, matéria-prima reciclada; e Categoria 3 – baixo impacto, bom desempenho ambiental, matéria-prima renovável. A figura 9 apresenta exemplos de selos mundialmente conhecidos.

Figura 9: Exemplos de representação visual de selos



Fonte: INSTITUTO..., acesso em 01 mar. 2012; THE BLUE..., acesso 12 dez. 2012; ECO..., 2007; ECOLOGO..., acesso 12 dez. 2012; GREEN..., acesso 12 dez. 2012; NF..., acesso 12 dez. 2012; NORDIC, 2001

Conteúdo reciclado

Um material com conteúdo reciclado contém elementos que seriam descartados e se tornariam resíduos, podendo ser constituído por resíduos do próprio setor da construção (alumínio, vidro, resíduos de construção e demolição - RCD) ou oriundos de outras atividades (pó de pneu, casca de arroz, entre outros). O resíduo passa a ser um subproduto na cadeia produtiva dos materiais e, dessa forma, evita-se a extração de recursos naturais (LJUNGBERG, 2007). O material com conteúdo reciclado também auxilia na redução da poluição, na menor necessidade de áreas de descarte, e no impacto ambiental causado pelo descarte irregular.

Com a reciclagem, os materiais passam por processos de transformação, nos quais suas partes podem ser separadas ou não para originar novos materiais, podendo cumprir as mesmas funções ou outras diversas (LJUNGBERG, 2007; CHONG; HERMRECK, 2010). Buhe e outros (1997) já indicavam o setor da construção como um grande potencial para a incorporação de resíduos,

⁵O nível de desempenho ambiental neste caso é dado pela análise do ciclo de vida (SELO..., acesso em 01 mar. 2012).

em função da quantidade e da variedade de materiais, além da possibilidade de imobilização de resíduos perigosos por longos anos. Atualmente, as pesquisas vêm contribuindo para que os resíduos de diversas cadeias produtivas sejam usados como novas adições nos materiais (GAMA, 2007), contribuindo, em alguns casos, para a melhoria das suas propriedades (CHATEAU, 2007; MORA, 2007). Addis (2010), no entanto, aponta que os materiais com conteúdo reciclado devem estar em conformidade com os requisitos de desempenho e padrões de qualidade similares ou melhores que produtos novos.

O uso de materiais com conteúdo reciclado, também conhecidos como materiais compósitos, contribui com a geração de emprego e renda. Por meio de uma correta gestão, a reciclagem é uma alternativa de baixo impacto para o meio ambiente (JOHN, 2000). Alguns materiais, como os plásticos, ainda não apresentam vantagens para serem reciclados. Nestes casos, a reciclagem ainda é muito cara e pode emitir gases tóxicos, além de consumir muita energia (OLIVEIRA, 2009). Embora tal processo não seja vantajoso em algumas situações, as vantagens e os benefícios podem contribuir significativamente para o desenvolvimento socioeconômico de uma região e para a garantia da preservação dos recursos naturais (CHONG; HERMRECK, 2010).

Conforme preconiza Yeang (2000), especificar um material reciclado ou com conteúdo reciclado deveria ser uma diretriz traçada desde o início do projeto. Para a utilização de um resíduo, algumas questões precisam ser investigadas, como o risco de contaminação ambiental, o custo, o trabalho, o maquinário e a energia para o retorno como material construtivo (OLIVEIRA, 2009).

Nos últimos anos o mercado da construção civil vem despertando para os estudos de materiais com conteúdo reciclado, impulsionado pelos esforços de reciclagem de resíduos por parte dos consumidores e da indústria. Soma-se o apoio de programas nas esferas federal, estadual e municipal, destinados a estimular a disposição correta de resíduos sólidos (CALKINS, 2009).

Desempenho acústico

Dentre vários aspectos, o aumento da população e do número de veículos levou ao aparecimento de um novo componente na vida urbana: o ruído. Esse é um poluente da sociedade atual que

expõe não só os trabalhadores, como todos os cidadãos (BALLESTEROS et al., 2010). Tal incômodo pode causar níveis crescentes de aborrecimentos e males para o ser humano (ZANNIN; FERREIRA; COELHO, 2007). O ruído indesejado pode interferir na concentração, na conversação, no lazer, entre outros (BISTAFA, 2006).

Ao se expor a sons de intensidade elevadas e por um longo período, o ser humano pode desenvolver sérios problemas à saúde, psicológicos e físicos, que podem se tornar irreversíveis, como a perda auditiva (CARVALHO, 2006). O ruído é considerado uma fonte de poluição depreciadora da qualidade de vida (BISTAFA, 2006), e a acústica correta pode significar a construção de um ambiente para uma vida mais sustentável (YU; KANG, 2009).

O estudo do conforto acústico envolve itens fundamentais como a absorção e o isolamento (CORBELLA; YANNAS, 2003). Em relação à absorção acústica, pode ser descrita como um fenômeno que minimiza a reflexão das ondas sonoras em um ambiente. Já o isolamento acústico relaciona-se à propriedade que alguns materiais possuem em formar uma barreira que impede que a onda sonora passe de um ambiente a outro (PAES, 2008). A utilização de materiais cada vez mais leves e esbeltos torna os ambientes cada vez mais suscetíveis à passagem do som. A seleção dos materiais deverá assegurar que o ruído interno não exceda seus limites, e que o ruído externo não entre no recinto (ALVAREZ; SOUZA, 2011).

Para o conforto acústico adequado, várias são as condições impostas ao recinto, tais como o nível de som exterior e do próprio ambiente, o tipo e a forma da construção, o número de pavimentos, a localização em relação às fontes de ruído, bem como os materiais empregados na construção e também no mobiliário (ASSOCIAÇÃO..., 1992). A seleção de materiais com adequadas características acústicas pode significar um incremento quando também forem levados em consideração elementos da sustentabilidade (YU; KANG, 2009).

O controle acústico deve ser estabelecido com base em cálculos do coeficiente de absorção dos materiais. Por exemplo, placas rígidas e planas refletem muito sem absorver, podendo ser consideradas “espelhos” para o reflexo do som. Por outro lado, os materiais que possuem superfícies fibrosas ou porosas absorvem bem o som (CORBELLA; YANNAS, 2003).

Desempenho lumínico

O desempenho lumínico relaciona-se com um conjunto de condições existentes em um

determinado ambiente, onde se podem desenvolver tarefas visuais com o máximo de acuidade e precisão visual, necessitando de esforço mínimo, com baixo risco de acidentes e danos à visão (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 1997). Uma iluminação adequada aumenta a produtividade, favorece a aprendizagem, beneficia a segurança do ocupante, além de contribuir com um ambiente mais prazeroso (WINTERBOTTOM; WILKINS, 2009). Por outro lado, uma iluminação insuficiente implica diretamente na perda de desempenho e no aumento do número de acidentes, podendo afetar o comportamento fisiológico e psicológico (BELLI; BISEGN; SPAD, 2011). A qualidade da iluminação está relacionada com a quantidade de luz, a boa distribuição, a adequação à atividade, o controle de contrastes excessivos e reflexos indesejáveis, entre outros fatores. Em síntese, a intensidade e a qualidade da luz são quesitos básicos para o conforto lumínico (ZALESKI, 2006).

Em relação aos materiais, características como cores, texturas, opacidade e transparência podem influenciar na distribuição da luz pelo ambiente e no conforto lumínico. De acordo com Paes (2008), os aspectos psicológicos, fisiológicos e simbólicos proporcionados pela cor, podem ser utilizados para a concepção de ambientes agradáveis e adequados à realização das atividades ali previstas, favorecendo assim, o conforto lumínico. Além disso, as cores atuam sobre o comportamento humano com o despertar de emoções e sensações, provocando, por exemplo, otimismo ou depressão, excitação ou passividade. O brilho, o reflexo e o ofuscamento também são itens a serem considerados, pois podem proporcionar desconforto lumínico e prejudicar o desempenho do usuário (WINTERBOTTOM; WILKINS, 2009).

Desempenho térmico

Atualmente, a arquitetura tem passado por mudanças, onde novas preocupações são somadas às tradicionais. Vem se destacando, entre outros fatores, a busca pela melhoria do desempenho termo energético atrelado aos fundamentos conceituais sustentáveis. Visando um comportamento térmico satisfatório, deve-se ter como pressuposto, sempre que possível, o emprego dos recursos naturais disponíveis, como a ventilação cruzada, o sombreamento de aberturas, o uso de materiais com melhores propriedades térmicas, entre outros (DONADELLO et al., 2013).

Em relação ao conforto térmico, a ASHRAE 55 (2004) o define como o estado de espírito que expressa a satisfação do ser humano com o ambiente térmico. Esse conforto visa proporcionar edificações adequadas ao clima da região, além de contribuir com a economia de energia e a

promoção da sensação de bem estar ao usuário. A avaliação do mesmo envolve questões heterogêneas com variáveis mensuráveis, e também de caráter subjetivo, associado ao comportamento humano, às diferenças étnicas e geográficas, e até mesmo culturais (FANTICELE, 2011), e requer ainda um planejamento interdisciplinar entre arquitetos, engenheiros e especialistas em conceitos energéticos (HERNANDEZ et al., 2012).

Paes (2008) considera o envelope da edificação e os materiais constituintes como principal fator a ser considerado em relação ao conforto térmico, recomendando proteção contra os raios solares incidentes e evitando a filtragem dos mesmos nos ambientes. Os materiais regulam o desempenho térmico da construção e, por conseguinte, influenciam o conforto térmico dos usuários (CORBELLA; YANNAS, 2003).

Desmontagem

A desmontagem, também denominada desconstrução (MATEUS; BRAGANÇA, 2011), pode acontecer de forma direta ou necessitar de processamento para reutilização do material. É um processo que visa o reuso, o reaproveitamento ou a reciclagem (YUBA, 2005). Se comparada com a demolição tradicional, utiliza baixa tecnologia, propicia um ambiente saudável e favorece a geração de emprego, uma vez que requer maior quantidade de mão de obra para a execução (PAES, 2008).

Ao utilizar materiais de fácil desmontagem, objetiva-se reduzir as eventuais perdas ocorridas durante o processo, além de possibilitar o reuso dos materiais. Dessa forma, é favorecida a redução do uso de matérias-primas para o surgimento de novos materiais, a diminuição do volume de resíduos sólidos e do impacto ocasionado pelos mesmos, assim como a redução de áreas de descarte.

Para que a desmontagem seja facilitada, é recomendável prevê-la desde a concepção do projeto, minimizando o uso de ligantes, colas e aglomerantes, e maximizando os encaixes mecânicos, como parafusos e encaixe macho e fêmea. Em consonância, quanto menor o cuidado na desmontagem, mais resíduos podem ser gerados sem possibilidades de reaproveitamento (YUBA, 2005).

Os encaixes favorecem a desmontagem, contribuem para evitar o uso de novos materiais para vedações e, conseqüentemente, reduzir os gastos. Caso contrário, podem ocorrer algumas

limitações econômicas e técnicas no processo de separação dos materiais, necessitando de mão de obra ou equipamentos especializados. Isso pode se tornar um obstáculo para a recuperação, reciclagem ou reutilização, além de demandar um consumo maior de energia e de tempo (BRUNETTI, 2005).

Para a desmontagem, é necessário considerar as características do material, para que sejam garantidas a qualidade e a segurança para os que terão contato com o mesmo. Soma-se ainda a preocupação com os valores histórico, cultural e econômico da construção (JAILLON; POON; CHIANG, 2009).

Durabilidade

A durabilidade é considerada uma característica do material que mantém, ao longo do tempo, a capacidade de atender às funções para as quais foi projetado, quando exposto às condições normais de uso (MORA, 2007; ASSOCIAÇÃO..., 2013), sendo que o material deve cumprir sua função durante o maior tempo possível (HEGGER; DREXLER; ZEUMAR, 2010). A durabilidade pode ser garantida, e até mesmo estendida, quando o material é corretamente empregado, atende às normas de uso, as manutenções são realizadas, entre outros fatores.

O emprego de materiais duráveis apresenta como vantagens a necessidade de sua substituição em períodos de tempo maiores e, em alguns casos, até evita a substituição. Assim, os gastos financeiros são reduzidos e são evitados os impactos provenientes da extração de matéria-prima, do beneficiamento, do transporte de novos materiais, entre outros benefícios. Dessa forma, investimentos podem ser feitos em outros setores se não houver a necessidade constante de manutenção e reposição de materiais de baixa durabilidade (LJUNGBERG, 2007; MORA, 2007; PAES, 2008).

A durabilidade também está intimamente relacionada à manutenção, sendo normalmente um fator que prolonga a vida útil do material (AHMAD; KAMARUDDIN, 2012). A vida útil é a capacidade de manter o desempenho ao longo do tempo, não sendo considerada uma propriedade do material, mas o resultado da interação entre o mesmo e o meio ambiente (KEELER; BURKE, 2010). A vida útil é o período no qual um produto tem desempenho igual ou superior ao mínimo requerido, sendo a quantificação da durabilidade em determinadas condições (JOHN; SATO, 2006), ou ainda, é o período durante o qual um elemento construtivo pode ser utilizado (HEGGER; DREXLER; ZEUMAR, 2010), sob condições satisfatórias de

segurança, saúde e higiene (ASSOCIAÇÃO..., 2013b).

A vida útil pode sofrer expressivas variações em função de detalhes de projeto; da mão de obra e da execução; do uso; de manutenções; além das características da realidade climática da região, o que interfere diretamente na durabilidade do material (JOHN; OLIVEIRA; LIMA, 2007; PAES, 2008).

De acordo com a *European Commission* (2004), os impactos ambientais provocados pelos elementos que constituem uma edificação dependem de sua vida útil que pode ser curta (10 anos), média (25 anos), normal (50 anos), ou longa (100 anos). No Brasil, a NBR 15.575/2013 apresenta uma referência em relação ao valor considerado teórico para a Vida Útil de Projeto (VUP) – tabela 2. Define-a como a vida útil requerida para o edifício ou para seus sistemas (estrutura, pisos internos, cobertura, entre outros), preestabelecida na etapa de projeto. Embora os níveis que estipulam os prazos de VUP sejam três (mínimo, intermediário e superior) apenas o mínimo possui caráter obrigatório (CBIC, 2013).

Tabela 2: Vida útil mínima de projeto, de acordo com NBR 15.575-1/2013

Sistema	VUP mínima (em anos)
Estrutura	≥ 50
Pisos internos	≥ 13
Vedação vertical externa	≥ 40
Vedação vertical interna	≥ 20
Cobertura	≥ 20
Hidrossanitário	≥ 20

Fonte: ASSOCIAÇÃO... (2013b, p.32)

A Norma coloca ainda que a VUP é o período estimado de tempo em que um sistema é projetado para atender aos requisitos de desempenho estabelecidos pela NBR, desde que cumprido o programa de manutenção previsto no manual de operação, uso e manutenção da edificação (ASSOCIAÇÃO..., 2013b). Desde que a NBR entrou em vigor, em julho de 2013, os fabricantes estão se adequando para disponibilizar informações referentes à vida útil. Isso já acontece, por exemplo, na Comunidade Europeia, onde foi emitida uma diretiva tornando obrigatória a declaração da vida útil dos materiais (THE COUNCIL..., 1998). Para estimar a vida útil, o projetista utiliza, muitas vezes, de observações anteriores e dados de literatura.

A relação da sociedade moderna com o lixo é impulsionada por uma cultura comportamental onde o produto é embalado com excessos, tornando a embalagem um novo produto, perdendo a característica de proteção (BRUNETTI, 2005). Isso vem ocasionando problemas urbanos, pois há uma crescente demanda por áreas de descarte. É necessário minimizar a quantidade de embalagens, sem menosprezar a sua importância na conservação dos produtos, reduzindo embalagens sujeitas a desperdício (CORTEZ, 2007).

A disponibilidade de informação na embalagem é um item necessário, pois visa facilitar os processos de reciclagem, reutilização, recuperação ou destinação segura. Em caso de descarte, a opção por embalagens biodegradáveis favorece a degradação natural em um menor tempo. Tais informações mencionadas deveriam relacionar-se não somente à embalagem em si, como também ao material que está sendo protegido. Vale destacar que, nessa pesquisa, a embalagem é considerada como resíduo secundário. Isso significa que ao ser analisada, se está estudando um novo material, pois a embalagem em si, é composta por outros materiais.

Emissões

As emissões podem acontecer de diferentes formas, como as radiações (EPA, 2006), os materiais particulados (JOHN, 2000b), as emissões gasosas e químicas do tipo compostos orgânicos voláteis (VOC), clorofluorcarbono (CFC), gases do efeito estufa e óxidos de Nitrogênio e Enxofre (YEANG, 2000; OLIVEIRA, 2009), além dos poluentes hídricos, originados na extração, produção, construção ou manutenção. Neste sentido, Keeler e Burke (2010) recomendam a utilização de métodos menos tóxicos nos tratamentos contra pragas e retardantes de fogo, e o uso de conectores mecânicos, sempre que possível, evitando os adesivos e os vedantes. Estes, juntamente com os aglomerantes, contribuem para a “poluição” interna, bem como para a “poluição” durante o processo de manufatura, poluição aqui considerada uma consequência das emissões.

As principais preocupações atuais com as emissões gasosas, em escala global, são a poluição do ar, a destruição da camada de ozônio e as emissões de gases que interfiram nas mudanças climáticas (OLIVEIRA, 2009). Em relação à construção civil, de forma genérica, o setor contribui com a poluição do ar, por meio de material particulado respirável, gerado tanto nas obras, quanto na extração e moagem de matérias-primas, e na fabricação.

A necessidade de reduzir os efeitos das emissões dos materiais sobre o ser humano também

pode acontecer pela eliminação de formaldeído, pela redução do conteúdo de VOC das pinturas, e pela redução ou eliminação, da presença de elementos que podem afetar a qualidade do ar interior (YEANG, 2000; RIDER; GLASS; MCNAUGHTON, 2011). Pode-se até chegar à restrição, ou até mesmo proibição, do uso de determinadas substâncias nos materiais de construção (JOHN; OLIVEIRA; LIMA, 2007). Para mitigar este quadro, John, Oliveira e Lima (2007) recomendam o estímulo ao consumo de materiais com baixa taxa de emissões ao longo do ciclo de vida. Por outro lado, também afirmam que especificar um material com base neste indicador pode ser um entrave, visto que a quantificação das emissões nem sempre é uma informação disponibilizada.

Energia incorporada

O setor da construção civil é responsável por produzir gases do efeito estufa, em particular, pelo uso de energia durante o ciclo de vida do edifício (BESSA, 2010). Algumas medidas podem contribuir com a diminuição dessas emissões, como a redução da energia incorporada e consumida pelos edifícios e a utilização de combustíveis renováveis (IPCC, 2007).

Roaf, Fuentes e Thomas (2009) denominam a energia incorporada como um dos fatores de maior medida no impacto ambiental de um material e quanto maior o número de processos pelos quais um material tiver que passar, maior será sua energia incorporada. Contribui nesse sentido a seleção de materiais que esteja o mais próximo possível do estado natural, sua origem e o peso no transporte, entre outros elementos. Nesse sentido, a opção por materiais que não requeiram significativa quantidade de energia para serem produzidos ou transportados corrobora para a identificação de materiais de baixo impacto (COLABORATIVE..., 2006).

As fontes e os tipos de energia utilizados contribuem para a compreensão dos impactos sobre o meio ambiente (ABEYSUNDARA; BABEL; GHEEWALA, 2009). No Brasil, a principal fonte de energia é proveniente de hidroelétricas, considerada pouco poluente, mas que ocasiona alto impacto ambiental e social nas regiões alagadas. As fontes de energia renováveis, como da radiação solar, dos ventos, das ondas e das marés, proporcionam ampla variedade de benefícios socioeconômicos e ambientais (ERDINC; UZUNOGLU, 2011), incluindo a redução de poluentes locais e globais (RÍO; BURGUILLO, 2008).

A relação de um material com o consumo energético deve estar acompanhada da busca pela redução do consumo. Com o rápido desenvolvimento da economia global, o requerimento de

energia aumentou significativamente, especialmente em países emergentes. Em consequência, elevaram-se os níveis de emissões de gases de efeito estufa e o aumento significativo dos preços das fontes de energia convencionais (ERDINC; UZUNOGLU, 2011). Destacam-se assim, as principais forças motrizes para o uso de fontes renováveis de energia, ou seja, energia proveniente dos recursos naturais (BAÑOS et al., 2011). O desenvolvimento sustentável requer um fornecimento limpo e acessível de fontes de energia renováveis que não causam impactos negativos na sociedade (KOTHARI; TYAGI; PATHAK, 2010).

A constatação de que os recursos provenientes de combustíveis fósseis necessários para a geração de energia estão se tornando escassos e que a mudança climática está relacionada com as emissões de carbono, tem aumentado o interesse pela redução do consumo energético (VINE, 2008). Uma opção para reduzir esta dependência está baseada na diminuição do consumo de energia e na eficiência energética, além da utilização de fontes de energia renováveis (BAÑOS et al., 2011). A escolha de materiais que solicitam menores quantidades de energia para a produção contribui com a redução da quantidade de energia incorporada.

Em relação ao transporte, a principal fonte de energia são os combustíveis fósseis, tradicionalmente a gasolina e o diesel. Com a queima de combustíveis fósseis, as emissões são lançadas para o ambiente, o que contribui com as mudanças climáticas globais, a acidificação, etc. (ABEYSUNDARA; BABEL; GHEEWALA, 2009). Para a escolha de um material que possua baixa energia incorporada, é necessário avaliar entre outros fatores, os danos ambientais ocasionados pelos gastos energéticos. Alvarez e Souza (2011) alertam para as dificuldades na obtenção destas informações, visto que é necessário realizar estudos de análise do ciclo de vida e estes ainda precisam de informações consistentes e, principalmente, disponíveis para a utilização na realidade brasileira.

Geração e gestão de resíduos

As atividades de construção não só consomem recursos naturais e energia, como também geram resíduos sólidos (RODRIGUEZ; ALEGRE; MARTÍNEZ, 2007), seja na produção dos materiais, na construção, na manutenção, na modernização ou na demolição (JOHN, 2000b). Para uma gestão sustentável dos mesmos, é necessário ocorrer mudanças no comportamento da sociedade, além de mudanças econômicas e ambientais como, por exemplo, incentivo fiscal à reciclagem, à adoção de cadeia reversa e à reutilização (CARVALHO, 2011).

Um material de construção pode contribuir para a geração de resíduos mediante fatores como: baixa qualidade da matéria-prima; não conformidade com as normas técnicas, uso de máquinas e equipamentos inadequados durante os processos; mão de obra desqualificada; entre outros fatores. Em geral, os resíduos são considerados um mal inevitável, porém, ecologicamente, podem ser entendidos como energia e recursos em potencial (ADAM, 2001).

Muitos países têm investido em pesquisa e tecnologia em prol da adoção de medidas para promover a minimização de resíduos, bem como reduzir as quantidades de resíduos depositados em aterros sanitários ou eliminados de forma ilegal (RODRIGUEZ; ALEGRE; MARTÍNEZ, 2007). Nos Estados Unidos, por exemplo, os resíduos gerados durante os processos de extração, produção, ou construção, chegam a seis mil milhões/ton./ano (KIBERT; RIES, 2010), sendo que muitos são passíveis de serem beneficiados de forma coerente com as cadeias produtivas locais, diante de um sistema de gestão e destino corretos.

Mais de 95% dos RCD, em peso, é originária de materiais inertes, como concreto, tijolos e pedras (PEZZI, 2008). Os RCD são provenientes de escavações (gerando terra, areia, cascalho, pedras e barro); da construção e manutenção de estradas (resíduos de asfalto, areia, cascalho e metais); de demolições (detritos como cascalho, areia, blocos de concreto, tijolos e gesso); entre outros. De uma forma geral, os RCC podem ser formados por materiais cerâmicos (bloco, tijolo, telha e outros), materiais de matriz cimentícia (argamassa, concreto, e outros), solo, madeira, papel, vidro, plástico, metal e outros (REMBISKI, 2011).

Os problemas maiores dos resíduos estão relacionados, principalmente, ao volume gerado (FATTA et al., 2003). Algumas pesquisas têm identificado as potencialidades de tecnologias que produzem baixas quantidades de resíduos, como a pré-fabricação e a construção modular (ESIN; COSGUN, 2007, JAILLON; POON; CHIANG, 2009). Os materiais confeccionados e moldados *in loco*, sob rigoroso controle de execução e atendendo às normas, também favorecem a baixa geração. Reduzir a geração e adotar sistemas de gestão são iniciativas que podem ser estimuladas por normas e legislações, e pelo comprometimento das organizações⁶.

⁶ Organização, companhia, corporação, firma, órgão, instituição ou empresa, ou uma unidade destas, pública ou privada, sociedade anônima, limitada ou com outra forma estatutária, que tem funções e estruturas administrativas próprias e autônomas, no setor público ou privado, com ou sem finalidade de lucro, de porte pequeno, médio ou grande (ASSOCIAÇÃO..., 2004).

Em relação aos RCC, em estância nacional, a Lei nº12.305 estabelece a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), e dispõe sobre princípios, diretrizes e instrumentos relativos à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos (BRASIL, 2010). Fernandez (2012) ressalta que somente oito estados brasileiros contam com a Política Estadual de Resíduos Sólidos já efetivados, e aproximadamente 1% dos municípios brasileiros estabeleceram seus planos de gerenciamento de RCC.

A Resolução CONAMA 307 estabelece diretrizes, critérios e define as responsabilidades dos agentes envolvidos (BRASIL, 2002), incentivando o gerenciamento e a reutilização como material de construção e, sobretudo, a não geração de resíduos (REMBISKI, 2011). Essa Resolução recomenda ainda que os municípios elaborem o Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PIGRCC). Apoiando-se em normas e resoluções é possível incentivar a conservação de matérias-primas, energia e água; reduzir os desperdícios; ampliar as possibilidades de reutilização ou reciclagem; garantir uma destinação segura; além de contribuir com a conscientização dos envolvidos (JAILLON; POON; CHIANG, 2009).

Os resíduos provenientes dos materiais, e considerados úteis, podem ser aproveitados diretamente, sem a necessidade de passar por processamento, ou requerer processamento mínimo. Podem ser aproveitados como subproduto de um novo material sem necessitar passar por processamento industrial, o que reduz o gasto energético.

De uma forma geral, os resíduos de construção e demolição podem ser usados diretamente, sem ou com mínimo processamento, com processamentos que demandam gastos energéticos, ou podem gerar energia ao serem usados como matéria-prima de incineração. Vale destacar que determinados tipos de resíduo podem ser utilizados com vantagens técnicas e redução de custos, como por exemplo, a adição de material granular oriundo de resíduos da construção civil, em misturas de solo-cimento (FERRAZ, SEGANTINI, 2004).

A maior parte dos resíduos orgânicos (papel, madeira, tecidos de algodão, entre outros) é biodegradável. Por sua vez, plásticos e outros materiais de origem sintética, em geral, não o são. Os materiais utilizados na construção civil podem incorporar resíduos provenientes de outras cadeias produtivas, ou que necessitam de longos períodos de tempo para serem decompostos e assim contribuir com a gestão dos resíduos.

A composição dos RSU brasileiro está intimamente relacionada à renda e ao local de geração,

destacando que as classes de maior poder aquisitivo consomem produtos com maior grau de industrialização (PIMENTEIRA, 2010). Tais produtos normalmente envolvem mais embalagens e geram quantidades expressivas de resíduos passíveis de serem reaproveitados. Tratando-se exclusivamente dos materiais de construção, muitos possuem substâncias tóxicas, poluentes e não biodegradáveis (OLIVEIRA, 2009). Esses resíduos geram problemas para as cidades, contudo, podem ser incorporados a novos materiais, desde que sejam acondicionados de forma segura, contribuindo também para a redução de áreas de descartes.

De uma forma geral, algumas iniciativas colaboram com a redução dos resíduos na construção como o uso de materiais que estejam em conformidade com as normas; a redução das perdas; o uso de materiais duráveis; entre outros (OLIVEIRA, 2009). Já a reutilização e a reciclagem favorecem a redução quantitativa dos resíduos e, conseqüentemente, de seus impactos.

Manutenção do material

Qualquer material necessita de algum tipo de manutenção, seja por garantia de proteção e conseqüente aumento da durabilidade ou simplesmente, por limpeza superficial. De uma forma geral, quase todos os materiais apresentam sinais de desgaste natural sofrido, por influencia externa ou devido ao uso. Contudo, “os edifícios e seus materiais, assim como as pessoas, podem envelhecer com dignidade” (HEGGER; DREXLER; ZEUMAR, 2010, p. 21), e as manutenções podem contribuir neste sentido. O vidro e a pedra são exemplos de materiais que não apresentam sinais visíveis de envelhecimento, e para os mesmos autores mencionados, “o tempo parece passar por eles sem deixar rastros”

De acordo com a Norma Europeia EN 13306: 2010, a facilidade de manutenção é definida como a capacidade de um “item”, sob as condições dadas de uso, ser removido ou facilmente acessível, utilizando procedimentos e recursos disponíveis. Um material favorece uma manutenção de menor impacto quando facilita a higienização pelo acabamento superficial, evita a proliferação de fungos e bactérias e inibe o desenvolvimento de contaminantes biológicos; não requer o uso de novos materiais, necessita de baixa manutenção, a mão de obra é simples e fácil de ser executada e os produtos para a manutenção não são agressivos. A manutenção contribui para reduzir a substituição dos materiais e o uso de novos, favorecendo a diminuição dos conseqüentes impactos ocasionados, além da economia financeira.

Também para os materiais de construção, a manutenção pode ser do tipo preventiva ou

corretiva. A primeira objetiva evitar problemas, minimizando despesas com substituições (KHANLARI; MOHAMMADI; SOHRABI, 2008). Caso não seja realizada, é necessário proceder à manutenção corretiva, estratégia usada para reparar ou substituir partes (BLANCHARD; VERM; PETERSON, 1995), ocasionando perdas e maiores prejuízos (TSANG, 1995). A manutenção preventiva tem sido considerada como uma despesa necessária (KHANLARI; MOHAMMAOETDI; SOHRABI, 2008), entretanto, é compensada ao longo do tempo em função da tendência de ampliação da vida útil do material.

Assim, a manutenção também está associada à durabilidade de um material. Materiais que requeiram baixa manutenção e garantam durabilidade contribuem para reduzir custos ao longo de sua vida útil, e reduzem o uso de produtos e matérias-primas como água, por exemplo. Em relação aos produtos utilizados na manutenção, Keller e Burke (2010) recomendam os de baixas emissões e ambientalmente inofensivos.

Marketing sustentável

O *marketing* sustentável visa conciliar a maximização da eficiência no consumo e a minimização do impacto causado pelo mesmo (UTSUNOMIYA, 2010). Objetiva desenvolver produtos que equilibrem necessidades dos consumidores, preço viável, além de projetar uma imagem de qualidade, em especial com a preocupação ambiental. Essa relação é refletida nos tanto nos atributos do produto quanto em relação ao fabricante (CORTEZ, 2007). Pode influenciar a sociedade com a conscientização da necessidade de otimização dos padrões de consumo (UTSUNOMIYA, 2010).

Pesquisas vêm comprovando a validade de campanhas de *marketing* sustentável e mostram que essa vertente possui maior influência no comportamento do consumidor do que as formas tradicionais. Elas também indicam que alguns compradores até aceitam pagar um preço mais alto por produtos ou marcas que apoiem causas sociais, por exemplo (PRINGLE; THOPMSON, 2000). Na construção civil, vem despontando essa vertente para a comercialização de edifícios, além da presença de ferramentas certificadoras de edificações que reforçam tal ação, tais como o LEED, o CASBEE, o HQE, dentre outros (SOUZA, 2008).

O *marketing* pode fortalecer as características sustentáveis de um material, ao contribuir com a correta divulgação, ordenando informações que podem se tornar referência para o projetista na especificação dos materiais com base em tais princípios. Essa temática emerge como mais valia

para potencializar a venda, podendo também estimular o surgimento de materiais que apresentem soluções capazes de atender a essa nova lógica (MATEUS; BRAGANÇA, 2004).

Requer especial atenção o *greenwashing* – disfarçar de ecológico –, onde os fabricantes se auto intitulam "verdes" e ecológicos e nem sempre foi realizada uma análise do material, ou uma explicação correta para comprovar a validade das características divulgadas. Nesse sentido, o *marketing* oculta as implicações ambientais negativas com a supervalorização de atributos ambientais irrisórios (KEELER; BURKE, 2010).

Materiais proibidos

A proibição do uso de certos materiais objetiva evitar que os seres humanos tenham contato com substâncias que comprovadamente causam malefícios. O fator essencial que determina os efeitos sobre a saúde é constituído pela dose absorvida (BERTOLINI, 2010). Tal proibição proporciona ambientes mais saudáveis, aumentando o bem-estar, a produtividade, a garantia de segurança e saúde dos usuários. Eventualmente, o desconhecimento de um novo material o torna proibitivo, considerando a prevenção como um fator decisório para tal medida.

O amianto é um exemplo de material proibido. Estados como Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul, São Paulo e Pernambuco possuem legislação restritiva e a exploração, utilização e comercialização estão proibidas. Nos demais Estados do Brasil, a extração, industrialização, utilização, comercialização e transporte são controlados pela Lei nº 9.055 (BRASIL, 1995). Atualmente, o uso do amianto está proibido em 52 países (INCA, acesso em 13 out. 2011).

Outro exemplo de proibição é o uso de madeira, areia e rochas que são extraídos de áreas de preservação ambiental, ou seja, por lei são áreas protegidas de serem exploradas. Muitas vezes, empregam-se determinados materiais proibidos, pois culturalmente já é utilizado em determinada realidade, onde as normas ou legislações não são cumpridas.

Normas técnicas

As normas técnicas são “documentos estabelecidos por consenso e aprovados por um organismo reconhecido que fornece, para uso comum e repetitivo, regras, diretrizes ou características para as atividades ou para os resultados, visando à obtenção de um grau ótimo de ordenação em um dado contexto” (ASSOCIAÇÃO..., acesso em 4 jun. 2011). A normatização vem adquirindo uma importância cada vez maior com a globalização e o

fortalecimento das relações comerciais entre países (SOUZA, TAMAKI; 2005).

Quando um material cumpre com as normas técnicas garante-se a proteção ao consumidor, pois as normas especificam critérios e requisitos que aferem o desempenho do material, protegendo também a vida e a saúde. Elas também contribuem para garantia da qualidade, da produtividade, da segurança, da redução de custos na etapa produtiva, da consolidação de uma linguagem única entre produtor e consumidor, além de regular o *marketing* (ASSOCIAÇÃO..., acesso em 4 jun. 2011).

O não cumprimento das normas pode trazer prejuízos diversos, colocar em riscos a saúde e, até mesmo, a vida do consumidor. Por outro lado, no mercado de exportação, por exemplo, seguir os padrões mínimos das normas e legislações não é mais considerado suficiente para manter vantagens competitivas, pois nos casos dos países emergentes, somam-se também as preocupações ambientais como requisitos essenciais na escolha (BRUNETTI, 2005).

Odor

Na seleção de materiais o conforto olfativo também deve ser considerado (PAES, 2008), o qual visa à minimização dos odores desagradáveis, sendo estes responsáveis por gerar males como irritação, alergias e dores de cabeça, por exemplo. A ocorrência de sintomas não específicos em populações instaladas por períodos longos em construções como escritórios é comumente chamado de Síndrome do Edifício Doente (SED). Muitas vezes, os sintomas são ocasionados pelo odor desagradável, além de problemas provocados por agentes químicos, pela temperatura desconfortável, entre outros fatores (TAKIGAWA et al., 2009).

Materiais de construção podem emitir odores desagradáveis em diversas fases, como durante a manipulação ou ainda, durante a etapa de uso. Nesse sentido, diversas pesquisas exploram a avaliação do odor nos ambientes ao estudarem os efeitos sobre a saúde humana do formaldeído, da amônia, de adesivos, além de outros elementos. Assim, ao evitar os materiais que emitam algum tipo de odor, a qualidade de vida dos ocupantes tende a ser favorecida.

Procedência

A distância percorrida pode influenciar em aspectos sociais, econômicos, ambientais e culturais. O uso de produtos locais favorece a redução das distâncias com o transporte, contribuindo também com a redução do custo da energia incorporada (ROAF; FUENTES; THOMAS, 2009;

YEANG, 2001).

Nos âmbitos social e econômico, o uso de materiais regionais, propicia o acúmulo de capital para a região, além da valorização social por meio da geração de emprego. Além disso, favorece a melhoria da qualidade de vida dos habitantes, uma vez que habilita os potenciais trabalhadores locais a oferecer mão de obra de qualidade à sua comunidade (INTERNATIONAL..., 2001; INTERNATIONAL..., 2002; DREYER; HAUSCHILD; SCHIERBECK, 2006). Assim, esta se torna mais independente e completa, ou seja, mais sustentável e culturalmente, reforça as tradições locais.

Em relação às distâncias percorridas, ainda não há critérios e um consenso definido. Triana (2005) propôs que a distância máxima a ser percorrida deveria estar embutida em um raio de 1600 km. Para outros autores, essa distância recomendada seria 800 km (YEANG, 2006; PAES, 2008; LEED, 2009), ou ainda 300 km (ALVAREZ; SOUZA, 2011), chegando até 200 km (ROAF, FUENTES e THOMAS; 2006). Acredita-se que estas distâncias precisam ser ajustadas a cada realidade, a exemplo de um país com grandes dimensões como o Brasil.

Processamento mínimo

Utilizar materiais que estejam o mais próximo possível do estado natural, ou seja, que passou por pouco ou nenhum processamento, contribui para a redução dos gastos energéticos; para reduzir a geração de resíduos sólidos, líquidos e gasosos; para cooperar para um ambiente saudável e não tóxico; além de poupar o consumo de água, o deslocamento, e todos os impactos ocasionados por estes.

O processo de extração de matérias-primas, deslocamento aos parques industriais, beneficiamento e distribuição aos centros de consumo faz com que o material seja considerado industrializado. Em geral, os materiais de construção que requerem menor processamento industrial causam um menor impacto sobre o meio ambiente (BRIBIÁN; CAPILLA; USÓN, 2011). Um aspecto a destacar é o desempenho cultural e histórico vinculados ao uso de materiais em seu estado natural. Ao optar por estes, não se está esquecendo tecnologias de construções tradicionais que utilizam materiais com pouco processamento (LIMA; ARANHA, 2007).

Reaproveitamento

Reaproveitar ou reutilizar um material significa prolongar a vida útil do mesmo em aplicações iguais ou diferentes das originais, garantindo que não percam as suas propriedades (COLABORATIVE..., 2006). Similar à reciclagem, oferece benefícios ambientais, contudo com menores riscos, pois não necessita de processamento (JOHN; OLIVEIRA; LIMA, 2007). Dessa forma, deve-se priorizar o potencial de reutilização, antes mesmo da reciclagem, uma vez que a reutilização consome menos energia e esforços (YEANG, 2001).

Além de evitar a extração de recursos, o reaproveitamento favorece a redução dos impactos decorrentes da extração e a redução de resíduos e dos problemas ocasionados pelos mesmos ao serem dispostos no meio ambiente (MORA, 2007). Um fator que contribui para o reaproveitamento é a possibilidade de ser separado dos demais materiais da edificação.

Reciclável

Um material reciclável é aquele que pode ser coletado, separado ou recuperado de resíduos e passar por processo de manufatura para originar outro produto (COLABORATIVE..., 2006). A reciclagem é uma forma de reaproveitamento do material, ou de resíduos provenientes do mesmo, direcionados para novos fins (HEGGER; DREXLER; ZEUMAR, 2010), contudo, passa por processamento industrial, o que requer algum tipo de dispêndio energético.

Nos termos da Política Nacional de Resíduos Sólidos, a reciclagem é o processo de modificação dos resíduos, alterando as propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com vistas à transformação dos resíduos em insumos ou novos produtos (BRASIL, 2010). Os benefícios da reciclagem são obtidos quando o novo produto gerar empregos, diminuir o volume de aterros, consumir resíduos em vez de recursos naturais e poupar a contaminação do ambiente ou o comprometimento da saúde humana (PAES, 2008).

Os materiais recicláveis necessitam de tecnologia para separação, processamento e transformação em um novo material (WADEL; AVELLANEDA; CUCHÍ, 2010). Brunetti (2005) aponta a fixação das habilidades criativas e estéticas do arquiteto para valorizar o material reciclado. O principal motivo para a reciclagem é reduzir o impacto ocasionado pelos materiais que seriam descartados (BERGE, 2009). É necessário considerar os casos em que não é possível reciclar ou reaproveitar, onde o destino final é o descarte. Nestas situações, os

materiais devem favorecer a deterioração natural em um menor tempo possível.

Regularidade das organizações junto ao Governo Federal

A regularidade fiscal⁷ das organizações contribui para o incentivo ao cumprimento dos direitos previdenciários dos trabalhadores e evita a evasão fiscal. São exemplos de tais direitos, a aposentadoria, o salário maternidade, o auxílio doença, o auxílio acidente, o salário família, além de benefícios aos dependentes em caso de morte ou prisão.

O cadastro das empresas no sistema de pessoas jurídicas da Receita Federal fornece informações sobre as que possuem registros formais junto ao governo federal, ou seja, o Cadastro Nacional de Pessoas Jurídicas (CNPJ), contribuindo assim para a fiscalização de práticas ilegais, como por exemplo, a sonegação fiscal (ALVAREZ; SOUZA, 2011). Por meio do CNPJ é possível verificar a regularidade das empresas em relação às contribuições previdenciárias, a garantia do cumprimento de direitos como o 13º salário, férias remuneradas, seguro desemprego e se existem débitos relativos a terceiros. Inclui também as inscrições em dívida ativa do Instituto Nacional de Seguridade Social (INSS), por meio da Certidão Negativa de Débito (MINISTÉRIO..., acesso em 24 dez. 2011). A formalidade das organizações favorece o respeito aos direitos dos trabalhadores e à legislação ambiental, contribuindo, também, com a melhoria da qualidade dos materiais.

Remuneração salarial dos funcionários

O salário mínimo visa atender às necessidades vitais básicas do trabalhador, como moradia, alimentação, educação, saúde, lazer, vestuário, higiene, transporte e previdência social (Art. 7º da CF/ 1988 – BRASIL, 1998). De acordo com o cargo, a remuneração é alterada para valores maiores, recebendo o trabalhador o salário mínimo profissional, também conhecido como piso salarial (PONTELO; CRUZ, 2010).

Para o desenvolvimento da economia de forma sustentável, algumas condições básicas são necessárias para abranger o contexto de uma remuneração salarial justa (BOCKERMANN et al., 2005), como crescimento econômico proporcional a todos os envolvidos; níveis de padrões

⁷ A regularidade fiscal caracteriza-se pela não existência de pendências cadastrais e de débitos em nome do sujeito passivo (MINISTÉRIO..., acesso em 24 dez. 2011).

de vida que garantam qualidade de vida em diferentes aspectos (subsistência, educação, lazer, moradia, entre outros fatores); produtividade do trabalho que favoreça o retorno para a organização e para o trabalhador; e média de horas de trabalho semanal justa.

Renovável

A opção por recursos renováveis é uma forma de evitar a extinção de certos materiais e ter uma oferta contínua de matéria-prima ou do próprio material. Bertolini (2010) traduz o recurso renovável em parâmetro quantitativo ao tecer uma relação com os anos durante os quais os recursos renováveis podem ser utilizados sem comprometer a disponibilidade, isto é, respeitando os tempos de renovação. Afirma também que, nenhum recurso renovável pode ser utilizado a níveis superiores à capacidade de sustentação do ecossistema.

Ser renovável significa que a reposição ou regeneração acontece de forma contínua, sendo que o material pode ser utilizado sistematicamente, sem correr o risco de esgotar nas próximas décadas. Ao substituir matérias-primas virgens por conteúdo reciclado, por exemplo, a reposição é fortalecida. Já a regeneração acontece quando o material se renova em curtos períodos de tempo (MANZINI; VENZZOLI, 2008). Soma-se o fato de que muitos materiais renováveis também são biodegradáveis, sendo vantajosos para a fase final do ciclo de vida.

Bertolini (2010) considera que os recursos renováveis estão relacionados aos ciclos naturais (água doce, areia, brita), aos recursos biológicos (animais e vegetais), e aos combustíveis fósseis. Neste último caso, mesmo que levam milhões de anos para se renovarem, também são considerados recursos renováveis (CALKINS, 2009). Na construção civil, a madeira é tida como um dos recursos renováveis mais consumidos (JOHN; OLIVEIRA; LIMA, 2007).

Responsabilidade sócio ambiental das organizações

Por muitos anos, a abordagem tradicional da seleção de fornecedores levava em consideração fatores como qualidade, prazo de entrega e preço. Recentemente, esses critérios são considerados insuficientes e vêm se tornando cada vez mais complexos, podendo-se citar o incremento de fatores como os ambientais, os sociais, os políticos, além das preocupações com a satisfação dos clientes (ZEYDAN; ÇOLPA; ÇOBANOGLU, 2011).

Nos últimos anos, tem-se destacado teorias que visam conciliar o comportamento sócio ambientalmente responsável das empresas, com o incremento na competitividade dos negócios.

Os empresários responsáveis desempenham um papel importante na utilização mais eficiente dos recursos, na redução dos riscos e perigos para os funcionários, na redução dos resíduos e na preservação da qualidade do meio ambiente (CONFERÊNCIA..., 2005).

O aumento da consciência ambiental e a carência de recursos naturais vêm influenciando as organizações a atuarem de forma sistematizada na redução dos impactos ambientais associados aos seus processos, contribuindo para a eficiência ambiental do setor. Neste sentido, a nova dinâmica econômica, de crescer sem destruir, aumentou os debates sobre a atuação das empresas, favorecendo a criação de novos modelos de gestão, incluindo os compromissos com a responsabilidade socioambiental (ALIGRERI, 2011).

As organizações passam a assumir uma relação ética e transparente com todas as partes interessadas, visando o desenvolvimento sustentável. O funcionário se torna mais valorizado, recebendo direitos como livre associação, negociação, remuneração justa e benefícios básicos, bem como o combate ao trabalho forçado (ASSOCIAÇÃO..., 2004). Esta nova postura contribui para a implementação de práticas de diálogo e engajamento com todos os envolvidos (INDICADORES ETHOS..., 2007).

Contudo, a ausência de dados que deem suporte para a verificação da responsabilidade social é um entrave, e o projetista tem dificuldade de obter a informação de forma ágil. Neste sentido, por exemplo, seria complexo realizar uma escolha que evite a seleção de materiais provenientes de fornecedores que atuam irregularmente e não respeitam os direitos dos trabalhadores e de comunidades locais (JOHN; OLIVEIRA; LIMA, 2007).

A avaliação de aspectos sociais torna-se um direcionador para a sustentabilidade, em especial nos países emergentes como o Brasil, onde é destacável a informalidade de alguns setores de produção de materiais, estando relacionada muitas vezes, à desorganização das empresas e ao descuido com as questões ambientais (JOHN; OLIVEIRA; LIMA, 2007). Neste sentido, em alguns casos, a seleção com base na responsabilidade social pode implicar em poucas alternativas e os setores que são constituídos por empresas de grande porte acabam se tornando promissores à adoção de tais princípios.

Segurança e saúde ocupacional

Em função das peculiaridades da construção civil, há um incremento no nível de segurança e

prevenção, se comparado a outras atividades (SILVA, 2009). Tradicionalmente, a segurança no trabalho é de responsabilidade do construtor e essa responsabilidade reflete o controle sobre os trabalhadores, os métodos de trabalho utilizados e a sequência de realização das atividades (GAMBATESE; BEHM; RAJENDRAN, 2008). Já a prevenção está relacionada com a informação, a motivação, os treinamentos e a organização da empresa (TAVARES, 2005), oferecendo segurança ao trabalhador, além de reduzir os riscos de acidentes.

Operários desqualificados geralmente são os mais atingidos por acidentes de trabalho. A redução da segurança também é afetada por longas jornadas, impulsionadas, por exemplo, pelas horas extras. Várias normas nacionais e internacionais visam regulamentar as condições de trabalho. A Norma Brasileira 18, do Ministério do Trabalho (BRASIL, 2007), trata das condições e meio ambiente do trabalho na construção civil. A OHSAS 18.002 (2000) fornece os passos para implementação de um sistema de higiene e saúde ocupacional, permitindo o controle dos riscos de acidentes e doenças ocupacionais, além de melhoraria no desempenho.

A segurança também está relacionada à prevenção e controle de riscos em máquinas e equipamentos. O uso de equipamentos de proteção individual e a incorporação de padrões ergonômicos são exemplos de prevenção relacionados à segurança. Em relação à saúde, a higiene é um exemplo que favorece condições sadias para o operário, evitando doenças e males que afetam a produtividade e ocasionam atrasos e prejuízos.

A prevenção da segurança e saúde ocupacional potencializa a qualidade de vida, garante ambiente de trabalho sadio, reduz problemas como as faltas no trabalho e os atrasos nos cronogramas, e evita despesas. Investir em segurança por meio de um planejamento é reconhecido como o método mais importante para eliminar riscos de acidentes e problemas de saúde (GAMBATESE; BEHM; RAJENDRAN, 2008).

Viabilidade econômica do material e da mão de obra

Montibeller Filho (2001) ressalta que alguns questionamentos são desafiadores e considerados decisivos para se atingir um desenvolvimento sustentável com crescimento econômico: como fazer para que haja aumento de desenvolvimento, com aumento de consumo, geração de riqueza, aumento da produtividade e, ao mesmo tempo, garantia de reservas de recursos?

Muitas vezes, soluções pautadas na sustentabilidade são associadas aos custos elevados, porém

tal situação também pode ser invertida (EDWARDS; BARTLETT; DICKIE, 2000). O projetista precisa atentar à viabilidade econômica do material, estando coerente com a realidade a ser empregado, e sempre que possível, avaliando além dos custos, a abordagem de custo global na vida útil da edificação. Mesmo sendo uma prática pouco adotada, John, Oliveira e Lima (2007) acreditam que tal iniciativa repercutiria em reivindicações por parte dos usuários, e também poderia refletir nos trabalhos dos projetistas e construtores. Materiais economicamente mais acessíveis podem apresentar índices elevados de não-conformidades às normas técnicas, o que representa baixa qualidade para o empreendimento (OLIVEIRA, 2009). Assim, quesitos como durabilidade e qualidade também devem ser considerados.

O Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil é um sistema de pesquisa mensal que informa os custos e índices da construção civil (SINAPI, acesso em 5 abr. 2012). A Caixa Econômica Federal e o IBGE são os responsáveis pela divulgação oficial dos resultados, pela manutenção, atualização e aperfeiçoamento do cadastro de referências técnicas, e pelos métodos de cálculo e do controle de qualidade dos dados. Tem-se assim uma referência dos custos médios praticados pelo mercado em diferentes estados do Brasil.

Em âmbito local, o governo do Estado do Espírito Santo disponibiliza mensalmente, por meio do Instituto de Obras Públicas do Estado do Espírito Santo (IOPES), em parceria com o Laboratório de Orçamentos/ Centro Tecnológico - Universidade Federal do Espírito Santo (LABOR/CT – UFES), a tabela de custos referenciais de serviços e insumos. Por meio desta é possível ter uma referência dos custos médios praticados pelo mercado local. De forma similar, outros estados também possuem tabelas referenciais de custo.

3.4.1 CONSIDERAÇÕES SOBRE OS INDICADORES

O estabelecimento dos conceitos favoreceu a compreensão das inter-relações de cada indicador com as dimensões da sustentabilidade: a ambiental, a econômica, e a social. A seleção de materiais relaciona-se com a ambiental quando favorece, por exemplo, a redução dos impactos ambientais, do consumo de materiais e matérias-primas, e das emissões (MACÍAS; NAVARRO, 2010). Quanto à dimensão econômica, ocorre o incentivo quando o material é economicamente acessível para o empreendedor e o usuário, favorecendo a geração de renda e a economia nos custos (JOHN; OLIVEIRA; LIMA, 2007). A formalidade, a não sonegação de impostos, o respeito às legislações ambiental e trabalhista favorecem a avaliação da

sustentabilidade social de um material (JOHN; OLIVEIRA; AGOPYAN, 2006).

De acordo com a *Global Reporting Initiative*⁸ (GRI) tais dimensões estão vinculadas ao respeito ao meio ambiente, à integração social e econômica. Em relação à dimensão social da sustentabilidade, a GRI relaciona a mesma aos impactos da organização sobre os sistemas sociais (incluindo aqui questões políticas, culturais, institucionais, espaciais, espirituais, etc.). Quanto à dimensão ambiental da sustentabilidade, relaciona aos impactos da organização sobre sistemas naturais, vivos ou não vivos, incluindo ecossistemas, terra, água e ar. E em relação à dimensão econômica da sustentabilidade, a GRI considera os impactos da organização sobre as circunstâncias econômicas dos interessados e sobre os sistemas econômicos em níveis local, regional, nacional e global (GLOBAL..., 2006).

Van e outros (2007) propõem para o aspecto social a contribuição para assegurar a formalidade na cadeia produtiva. No aspecto ambiental sublinham a relação com o método das entradas e saídas (*inputs* e *outputs*⁹) e com o processo de beneficiamento (processo de transformação). Em relação ao aspecto econômico destacam a lucratividade, a competitividade, e o fato de ser economicamente acessível para o empreendedor e para o usuário. A integração de todas as dimensões proporciona uma visão global do material e assim, ajuda na seleção de materiais inseridos no contexto da sustentabilidade (ABEYSUNDARA; BABEL; GHEEWALA, 2009).

Fernández-Sánchez e Rodríguez-López (2010) enaltecem que um projeto pode ser aproximar da sustentabilidade quando melhora as dimensões do desenvolvimento sustentável. Neste contexto, o quadro 6 apresenta, de forma sucinta, os itens considerados impulsionadores da sustentabilidade, visando a compreensão e a leitura rápida dos conceitos estudados.

⁸ O principal trabalho da GRI consiste na criação de diretrizes e indicadores para a elaboração de relatórios de sustentabilidade (GLOBAL..., 2006).

⁹*Inputs*: água; energia; matérias-primas; e conforto. *Outputs*: resíduos líquidos, sólidos e gasosos; e salubridade (VAN et al., 2007)

Quadro 6: Indicadores de sustentabilidade e seus respectivos impulsionadores

(Continua)

Relação dos indicadores com as dimensões da sustentabilidade			
Indicador	Dimensão ambiental	Dimensão econômica	Dimensão social
Acabamento	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aumento da durabilidade ▪ Favorecimento da qualidade do ar interior ▪ Favorecimento da redução das manutenções 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Redução de gastos 	
Adaptabilidade	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Redução da extração de recursos naturais ▪ Redução de impactos ambientais ▪ Redução do uso de materiais ▪ Redução da geração de resíduos e do desperdício de recursos em obras de reformas 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Redução de gastos 	
Características geométricas	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Redução de perdas ▪ Qualidade no produto final ▪ Favorecimento do transporte, acondicionamento e estocagem 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Economia nos custos 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Produtividade da mão de obra ▪ Redução dos prazos de execução
Certificação e rotulagem	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Redução de impactos ambientais 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Conscientização nos padrões de consumo 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Valorização trabalhista ▪ Conscientização dos trabalhadores
Conteúdo reciclado	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Redução da extração de recursos naturais ▪ Redução da poluição ▪ Redução das áreas de descarte ▪ Redução do impacto ambiental 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Economia de energia ▪ Geração de renda 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Geração de emprego
Desempenho acústico			<ul style="list-style-type: none"> ▪ Garantia de qualidade de vida
Desempenho lumínico	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Redução de impactos ambientais 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Economia de energia 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Garantia de qualidade de vida ▪ Segurança ao usuário
Desempenho térmico	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Redução de impactos ambientais 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Economia de energia 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Garantia de qualidade de vida
Desmontagem	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Propicia um ambiente saudável ▪ Favorece a reutilização 		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Geração de emprego
Durabilidade	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Favorece a redução das manutenções ▪ Favorece a substituição de partes ou do material em períodos de tempo maiores ▪ Redução dos impactos 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Redução de gastos 	
Embalagem	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Favorecimento da reciclagem ou biodegradabilidade ▪ Valorização do <i>marketing</i> sustentável 		
Emissões	<ul style="list-style-type: none"> Reduzindo as emissões, proporciona: ▪ Redução de impactos ambientais diversos 		<ul style="list-style-type: none"> Reduzindo as emissões, proporciona: ▪ Valorização da saúde dos usuários

Quadro 6: Indicadores de sustentabilidade e seus respectivos impulsionadores

(Continuação)

Relação dos indicadores com as dimensões da sustentabilidade			
Indicador	Dimensão ambiental	Dimensão econômica	Dimensão social
Energia incorporada (EI)	<ul style="list-style-type: none"> Fatores que contribuem para a redução da EI: ▪ Redução do número de processos ▪ Fontes de energia não poluentes, com a consequente redução de emissões, preservação de recursos não renováveis e de espécies ▪ Procedência local ▪ Baixo peso das cargas transportadas 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Redução de gastos 	
Geração e gestão de resíduos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Redução das áreas de descarte ▪ Conservação de matérias-primas, energia e água ▪ Redução de desperdícios ▪ Garantia da destinação segura 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Geração de renda 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Geração de emprego
Manutenção do material	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Redução da substituição dos materiais e do uso de novos ▪ Maior vida útil ao material ▪ Conservação de água, energia e materiais para limpeza ▪ Garantia de qualidade do ar 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Redução de gastos 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Preservação da saúde dos usuários
Marketing sustentável	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Redução do impacto ambiental 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Incentivo ao consumo consciente 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Conscientização dos padrões de consumo
Materiais proibidos	<ul style="list-style-type: none"> Ao serem evitados, proporcionam: ▪ Favorecimento da legalidade ▪ Redução de impactos ambientais diversos 		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Garantia de qualidade de vida ▪ Valorização da saúde dos usuários ▪ Garantia de edificações mais saudáveis
Normas técnicas		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Economia nos custos 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Proteção ao usuário ▪ Favorecimento da qualidade e produtividade
Odor			<ul style="list-style-type: none"> ▪ Valorização da saúde dos usuários
Procedência	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Redução da energia incorporada ▪ Redução do consumo de combustível ▪ Redução do desgaste de veículos e rodovias ▪ Redução de emissões 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Geração de renda 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Geração de emprego

Quadro 6: Indicadores de sustentabilidade e seus respectivos impulsionadores

(Conclusão)

Relação dos indicadores com as dimensões da sustentabilidade			
Indicador	Dimensão ambiental	Dimensão econômica	Dimensão social
Processamento mínimo	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Redução dos gastos energéticos, água e deslocamento ▪ Redução da geração de emissões e resíduos ▪ Maior garantia de ambiente saudável ▪ Redução dos impactos 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Economia nos custos 	
Reaproveitamento	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Redução da extração de recursos naturais e da geração de resíduos ▪ Redução dos impactos ambientais 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Economia nos custos por evitar a compra de novos materiais 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Geração de emprego
Reciclável	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Redução das áreas de descarte ▪ Redução dos impactos ▪ Redução da extração de recursos naturais 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Geração de renda 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Geração de emprego
Regularidade das organizações junto ao Governo Federal		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Geração de renda 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Regularidade e benefícios trabalhistas ▪ Legalidade
Remuneração salarial dos funcionários		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Geração de renda 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Geração de emprego ▪ Formalidade/impostos sociais
Renovável	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Oferta contínua de matéria-prima ou do material ▪ Redução da extração de recursos naturais 		
Responsabilidade Sócio Ambiental das organizações	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Redução de impactos ambientais 		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Valorização trabalhista ▪ Aproximação e contribuição com a sociedade ▪ Adoção de programas educacionais
Segurança e saúde ocupacional	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Garantia de ambiente de trabalho sadio 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Redução das despesas com saúde ▪ Redução de atrasos no cronograma 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Garantia de produtividade ▪ Qualidade de vida para os operários ▪ Prevenção de acidentes ▪ Redução das faltas no trabalho
Viabilidade econômica da mão de obra e do material		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Viabilidade financeira para a contratação da mão de obra e para aquisição de materiais ▪ Custo viável do material, se comparado ao mercado local/regional ▪ Geração de renda 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Geração de emprego

Os indicadores relacionados à dimensão ambiental são destaque nos estudos sobre a sustentabilidade (JOHN; OLIVEIRA; LIMA, 2007; MARQUES, 2007; MATEUS; BRAGANÇA, 2011), o que pode ser confirmado no quadro 6. Em paralelo à análise, e para aferir a importância dos indicadores considerados na tese, a tabela 3 apresenta o resultado da enquête feita com pesquisadores vinculados ao tema sustentabilidade, cujos procedimentos foram descritos na seção “2.3.1 Definir os indicadores de sustentabilidade para seleção de materiais”. O resultado permitiu a confirmação de que 79% dos indicadores da tese são considerados “muito importantes” e outros 21% são considerados de importância mediana. Isso reforça a relevância dos mesmos como um aferidor para este levantamento conceitual.

Tabela 3: Resultado da pesquisa aferidora do grau de importância dos indicadores

Indicadores de sustentabilidade	Graus de importância		
	Muito importante	Importância mediana	Não é importante
Acabamento	42%	37%	21%
Adaptabilidade	61%	35%	4%
Características geométricas	19%	44%	37%
Certificação e rotulagem	70%	24%	6%
Conteúdo reciclado	67%	30%	3%
Desempenho acústico	66%	28%	6%
Desempenho lumínico	72%	23%	5%
Desempenho térmico	81%	15%	4%
Desmontagem	47%	45%	8%
Durabilidade	92%	5%	3%
Embalagem	32%	50%	18%
Emissões	78%	19%	3%
Energia incorporada	60%	35%	5%
Geração e gestão de resíduos	89%	10%	1%
Manutenção do material	67%	28%	5%
Marketing sustentável	16%	47%	37%
Materiais proibidos	73%	18%	9%
Normas técnicas	72%	24%	4%
Odor	33%	43%	24%
Procedência	67%	25%	8%
Processamento mínimo	29%	58%	13%
Reaproveitamento	76%	23%	1%
Reciclável	78%	19%	3%
Regularidade das empresas junto ao Governo Federal	53%	34%	13%
Remuneração salarial dos funcionários	33%	49%	18%
Renovável	76%	23%	1%
Responsabilidade sócio ambiental das organizações	62%	35%	3%
Segurança e saúde ocupacional	48%	41%	11%
Viabilidade econômica da mão de obra e do material	63%	33%	4%

3.4.2 A NECESSÁRIA SIMPLIFICAÇÃO DOS INDICADORES

Embora o levantamento dos indicadores possibilitasse uma compreensão ampla da relação da sustentabilidade com os materiais, a abordagem por um profissional imerso às atividades cotidianas requer uma redução dos itens a serem avaliados (BISSOLI-DALVI et al, 2013). Isto é necessário para tornar prático o uso efetivo, pois uma lista grande de indicadores seria inviável como suporte à prática projetual atual (MATEUS; BRAGANÇA, 2011). Os mesmos autores esclarecem também algumas tendências atuais sobre o processo de trabalho utilizando indicadores. Além disso, uma longa lista poderia apresentar dificuldades para a compreensão e para a obtenção de conclusões (AHLROTH et al., 2011).

Nesse contexto, simplificar reduzindo significa eleger indicadores essenciais que visam melhorar o desempenho de determinada situação, ou que estejam relacionados, por exemplo, a uma dimensão da sustentabilidade (DIAZ-BALTEIRO; ROMERO, 2004). Alguns métodos de avaliação possuem alcance limitado, uma vez que não visam cobrir todos os tipos de impactos, mas selecionar alguns julgados importantes, ou que possuem determinado foco de atuação (HUIJBREGTS et al., 2006).

A construção civil envolve um grande número de agentes, além de diferentes formas de abordagens e prioridades apresentadas por cada país. Dessa forma, é provável que existam diversas maneiras de estruturar os desafios e apontar as condicionantes básicas para que o setor obtenha construções mais sustentáveis. De acordo com a Agenda 21 da Construção Sustentável, uma forma de estruturação seria o apoio nas diretrizes propostas pela Agenda 21 global, em particular, aquelas relacionadas à construção. Outra forma seria recorrer a contextos e prioridades de um país ou de determinadas regiões (INTERNATIONAL..., 1999).

O método escolhido para esse estudo partiu da visão global da problemática, com a interpretação dos diagnósticos e proposições da Agenda 21 global. Também foi considerada as Agendas nacional, regional e local. O estudo dos documentos contribuiu para identificar objetivos comuns apresentados por diversas agendas, direcionando dessa forma, para o foco de atuação desta pesquisa: a relação da sustentabilidade e os materiais de construção.

A Agenda 21 é um processo de planejamento participativo que avalia a situação atual e apresenta metas e estratégias para o futuro, no âmbito de município e/ou região, estado ou país, tendo como diretriz a atuação sustentável (AGENDA 21..., 2004) Com o surgimento da Agenda

21 nasceu também a necessidade de aplicar a sustentabilidade a um nível estratégico para as cidades. Tal processo envolve diferentes atores na discussão dos principais problemas e na formação de compromissos a serem cumpridos a curto, médio e longo prazo.

Para estruturar o recorte temático que justifique a simplificação dos indicadores, foram estudados os principais documentos derivados da Agenda 21 global. Em cada um, foram extraídas informações que direcionam à sustentabilidade dos materiais de construção.

Agenda 21 – Global

Em 1992, com a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD) – ECO 92 – surgiram debates referentes à preservação dos recursos naturais, com objetivo de somar desenvolvimento e defesa do meio ambiente. O resultado da Conferência foi a criação do documento denominado Agenda 21. Esta representa um acordo internacional entre as nações que visam melhorar a qualidade de vida dos que vivem no planeta. Objetiva ainda orientar as políticas ambientais, com o estabelecimento de planos e regulamentos baseados nos princípios de bem estar coletivo, equilíbrio ambiental e desenvolvimento econômico (AGENDA 21..., 2004).

Por envolver nações de todo o mundo, este documento é considerado global. Foi assinado por 170 países participantes da ECO 92, e apresenta diretrizes em prol do desenvolvimento sustentável, incluindo também a elaboração de Agendas 21 Locais (CONFERÊNCIA..., 1995). É um documento estratégico que visa fomentar, por um consenso mundial, um novo modelo de desenvolvimento a partir do século XXI. Tal modelo propõe a modificação dos padrões de produção e consumo, com o objetivo de reduzir as pressões ambientais e atender às necessidades básicas da humanidade. Dessa forma, tem relação com os problemas atuais, objetivando preparar o mundo para os desafios futuros (CONFERÊNCIA..., 1995).

A Agenda 21 Global representa o documento mais abrangente no que se refere às questões ambientais, sendo considerada uma referência para o planejamento das ações locais. Tem como foco a redução da degradação do meio ambiente, da pobreza e das desigualdades, visando à sustentabilidade. Para dar esse novo direcionamento à economia e à sociedade, constatou-se a necessidade de ocorrer mudanças, onde a produção, por exemplo, deve seguir critérios de conservação dos recursos ambientais (AGENDA 21..., 2004).

Na construção, a agenda propõe, entre outros quesitos, o uso eficiente dos recursos da terra, com o objetivo de reduzir ao mínimo o esgotamento dos mesmos; o estímulo à promoção de escolhas ambientalmente informadas; a maximização da reciclagem; o tratamento adequado para os resíduos; e o incentivo à aquisição de produtos de baixo impacto pelos governos.

Agenda 21 Brasileira

O foco das ações consideradas prioritárias na Agenda 21 Brasileira, relaciona-se, entre outros itens, com a preservação dos recursos naturais visando o planejamento de sistemas de produção e consumo sustentáveis, além da redução da cultura do desperdício. Em suas 21 ações prioritárias, orienta para a elaboração e implementação das Agendas 21 Locais (AGENDA 21..., 2004).

No setor da construção destaca, entre outras recomendações, a adoção de tecnologias que requeiram menos matérias-primas, o combate ao desperdício, o incentivo ao reaproveitamento e a redução da geração de resíduos, e o uso de recursos renováveis a taxas menores ou iguais a taxa de reposição natural.

Agenda 21 on Sustainable Construction

Publicada em 1999 pelo *International council for research and innovation in building and construction* (CIB), apresenta conceitos e desafios para a indústria da construção alcançar um patamar mais sustentável. Recomenda a adoção de estratégias compatíveis com o clima, a cultura, as tradições, o desenvolvimento industrial, sublinhando a consideração pela realidade local. Como a maior parte das contribuições é procedente de países desenvolvidos, muitos aspectos apresentados são próprios para tais países (JOHN; SILVA; AGOPYAN, 2001).

Contudo, algumas recomendações podem ser repetidas em outras realidades, pois essa Agenda aponta itens destacáveis como a redução da quantidade de matéria-prima extraída, o uso de matéria-prima renovável e de alta durabilidade, a possibilidade de projeto que facilite o desmonte, a reciclagem, entre outros (INTERNATIONAL..., 1999).

Agenda 21 for Sustainable Construction in Developing Countries

A compreensão da sustentabilidade na construção pode sofrer variações de países desenvolvidos para países em desenvolvimento. As prioridades, os problemas, a competência

da indústria, os governos, as culturas, são, muitas vezes, radicalmente diferentes. Assim, o objetivo dessa Agenda é contribuir com mudanças, seja na forma de pensar, de executar ou de explorar os recursos do planeta, para que se atinja um padrão de desenvolvimento de harmonia entre o ambiente construído e o ambiente natural (AGENDA 21..., 2002).

O documento apresenta algumas alternativas de mudanças, consideradas mais simples de serem atingidas pelos países em desenvolvimento, apontando os materiais como uma possibilidade de reinventar a indústria da construção, sob a ótica da sustentabilidade. Os países em desenvolvimento ainda possuem uma memória viva da existência de outros valores e paradigmas, enraizados nas heranças culturais, de sobrevivência e em soluções de adaptabilidade, ao “produzir mais com menos”, e estes quesitos são considerados pelo documento, uma peça chave para a sustentabilidade.

Essa agenda aponta como uma das prioridades para a construção, a diminuição do uso de recursos e a redução do consumo de matérias-primas. Além disso, chama a atenção para a minimização do desperdício de materiais, a redução da quantidade gerada de RCD, a reciclagem de tais resíduos, a durabilidade dos materiais, entre outros (AGENDA 21..., 2002).

Agenda 21 local

A Agenda 21 local é um dos principais instrumentos para delinear procedimentos, trocas de informações, formação de consensos que envolvem problemas e soluções relacionados à realidade local (AGENDA 21..., 2004). O foco da Agenda 21 neste nível propõe que é no âmbito local que as relações sociais efetivamente acontecem. A soma das mudanças no plano local também representa mudanças no panorama global (ACSELRAD; MELLO; BEZERRA, 2006). Nos países em desenvolvimento, chegar a um nível local beneficia a apropriação das soluções (AGENDA 21..., 2002). Para tanto, a participação das autoridades locais é determinante para cumprir os objetivos traçados (CONFERÊNCIA..., 1995).

Para nível local, nesta pesquisa, foram consideradas as agendas do Estado do Espírito Santo e do Município de Vitória. No processo de construção dos planos, observou-se que o desenvolvimento futuro local está condicionado à superação de desafios comuns e existentes em outras cidades e até mesmo em outros estados (PLANO..., 2006).

O Espírito Santo elaborou o “Plano de Desenvolvimento do Espírito Santo 2025” (PLANO...,

2006), e a cidade de Vitória organizou a “Agenda Vitória: plano estratégico até 2028” (AGENDA..., 2008), sendo que esta considera Vitória no contexto da RMGV. Assim, os principais desafios para o município de Vitória passam pela atuação no âmbito metropolitano, exercendo seu papel natural de liderança (EIXO..., 2008).

No plano do Estado, a agenda se destaca por viabilizar projetos e ações de alto impacto sobre o desenvolvimento estadual. Nessa agenda estão apontados os problemas e as iniciativas que sinalizam a uma mudança desejada pela sociedade. A materialização desta estrutura provoca as transformações planejadas (PLANO..., 2006).

Dentre os projetos apresentados, no setor da construção civil destaca-se a recuperação e a conservação dos recursos naturais. Chama a atenção o estímulo à adoção de práticas de eco eficiência e reciclagem, a implantação de sistemas de monitoramento da conservação de recursos naturais, o gerenciamento de resíduos sólidos, entre outros. No caso do Espírito Santo, entre os desafios principais no campo ambiental, a destinação adequada dos resíduos sólidos é uma preocupação (PLANO..., 2006).

Já no âmbito Municipal, a Agenda Vitória 2008/2028 é um plano estratégico pautado em três eixos temáticos: Econômico, Urbano-Ambiental e Sociocultural. Os eixos norteiam as análises e a construção de propostas (AGENDA..., 2008). No campo Urbano-Ambiental, os estudos priorizam, entre outros temas, a preservação ambiental.

O aumento desordenado da população e das ocupações no município de Vitória são fatores que assinalam para ameaças ao município e seu entorno, o que também pode ser identificado em outras realidades (EIXO..., 2008). Com o objetivo de dar apoio ao desenvolvimento e à compatibilização das ações de interesses comuns da RMGV, foi regulamentado em 2005, o Conselho Metropolitano de Desenvolvimento da Grande Vitória – COMDEVIT, juntamente com o Fundo Metropolitano de Desenvolvimento da Grande Vitória – FUMDEVIT.

Vários projetos aprovados pelo Conselho estão inseridos na área ambiental, dentre os quais, o Plano Diretor Metropolitano de Resíduos Sólidos (EIXO..., 2008). Este envolve compensações ambientais, mecanismos de desenvolvimento limpo e inserção do conceito de reciclagem (EIXO..., 2008). O termo de referência considera a gestão dos resíduos sólidos como uma questão regional, por expressar um problema que aflige as grandes regiões urbanas mundiais. O mesmo contempla diretrizes como a redução do volume de resíduos sólidos, apoiando-se na

redução do volume aterrado, na adoção de práticas de reuso e na reciclagem.

O texto aponta também que a cidade cresce para além do suporte de sustentabilidade dos recursos naturais existentes no seu entorno e, desta forma os recursos caminham para seu esgotamento (EIXO..., 2008). Como cenário desejado, a Agenda assinala o município de Vitória como centro de erradicação das inovações para o Estado, onde as práticas são referências para outros municípios vizinhos. Além disso, a melhoria da qualidade de vida deve estar acompanhada da redução do uso de recursos naturais (EIXO..., 2008).

Nesse sentido, o documento “Carta de Vitória pelo Desenvolvimento Sustentável”, elaborado pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SEMMAM), reúne proposições que foram apresentadas na Conferência Rio+20. O documento incentiva que os governos implementem mecanismos que garantam ao consumidor transparência a respeito dos níveis de consumo de recursos naturais. Além disso, que formulem estratégias comuns para internalização dos custos ambientais desses produtos, criem estímulos econômicos à produção sustentável, implementem a logística reversa, responsabilizando cada agente por sua parcela na cadeia produção - consumo - descarte (CARTA..., 2012).

Programa construção sustentável

O Programa Construção Sustentável, lançado em 2011 pela Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC), apresenta as ações que deverão ser implementadas até 2022, para que a construção civil evolua de forma sustentável. As ações estão agrupadas em sete temas: água, desenvolvimento humano, energia, materiais e sistemas, meio ambiente, infraestrutura e desenvolvimento urbano, mudanças climáticas e resíduos. O programa aponta para a harmonização dos conceitos de uso racional dos recursos naturais, reuso, reciclagem, eficiência energética, redução das emissões de gases de efeito estufa e da geração de resíduos sólidos (DESENVOLVIMENTO..., 2011).

Para o avanço da construção sustentável no país, o Programa acredita que a gestão de resíduos seja uma iniciativa que ofereça resultados significativos (DESENVOLVIMENTO..., 2011). Além disso, estimula nas licitações públicas o uso de informações e ferramentas que contribuam para a identificação de produtos e fornecedores mais eco eficientes, que valorizem a durabilidade, e/ou apresentem maior conteúdo de matéria-prima proveniente de reuso.

Documentos da Rio + 20

A Conferência das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento Sustentável, Rio + 20, aconteceu no Rio de Janeiro em 2012, e foi o marco de 20 anos da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. O objetivo foi a renovação do compromisso mundial com o desenvolvimento sustentável. Os resultados foram amplamente discutidos, onde os impasses, principalmente entre os interesses dos países desenvolvidos e em desenvolvimento, acabaram por frustrar as expectativas para o desenvolvimento sustentável do planeta.

O documento final apresenta várias intenções, reafirma compromissos assumidos na ECO-92 e em Cúpulas anteriores e prevê a criação dos objetivos de desenvolvimento sustentável. Além disso, sugere a prorrogação, para os próximos anos, da definição de medidas práticas para garantir a proteção do meio ambiente. Dentre as intenções, o documento indica o comprometimento com a promoção de uma abordagem integrada e holística para o planejamento e construção de cidades sustentáveis. Colaboram neste sentido, a redução dos resíduos, e a ênfase na formação de parcerias público-privadas que visem aumentar as competências e tecnologias para uma gestão correta de resíduos, e fornecer apoio a iniciativas para a proteção dos recursos (CONFERÊNCIA..., 2012).

Síntese dos documentos avaliados

Ao estudar os documentos, foram identificados pontos relevantes e comuns, que relacionam os materiais de construção com as premissas da sustentabilidade (quadro 7). Assim, os principais temas que se destacaram foram a redução do consumo de energia no processo de produção; a eliminação ou redução de emissões atmosféricas; a promoção da economia local; a geração de empregos; e particularmente, a redução do consumo de recursos naturais e da geração e gestão de resíduos. Tais abordagens são recorrentes e demonstram as preocupações concomitantes à realidade da construção civil. Assim, adotar uma linha de atuação como referência é uma forma de direcionar o foco da pesquisa, pautada em uma tendência proposta pelas agendas, sendo que para a abordagem da sustentabilidade, o direcionamento deve considerar parâmetros representativos no contexto (MATEUS; BRAGANÇA, 2006).

Quadro 7: Sistematização das informações relevantes sobre os temas materiais e sustentabilidade

Agendas	Apontamentos relacionados aos recursos naturais e resíduos
Agenda 21 global (CONFERÊNCIA..., 1995)	<ul style="list-style-type: none"> • Redução da degradação do meio ambiente; • Conservação dos recursos naturais; • Uso eficiente dos recursos da terra; • Estímulo à maximização da reciclagem; • Estímulo ao tratamento adequado para resíduos; e • Incentivo ao remanejamento dos resíduos.
Agenda 21 brasileira (AGENDA 21..., 2004)	<ul style="list-style-type: none"> • Preservação dos recursos naturais; • Adoção de tecnologias que requeiram menos matérias-primas; • Incentivo ao reaproveitamento dos materiais; • Incentivo à redução da geração de resíduos; e • Uso de recursos renováveis.
Agenda 21 on Sustainable Construction (INTERNATIONAL..., 1999)	<ul style="list-style-type: none"> • Redução da quantidade de matéria-prima extraída; • Incentivo ao uso de matéria-prima renovável e de alta durabilidade; • Estímulo à redução da geração de resíduos; • Apoio à reutilização e reciclagem; • Uso de materiais próprios do local; e • Uso eficiente de materiais.
Agenda 21 for sustainable construction in developing countries (AGENDA 21..., 2002)	<ul style="list-style-type: none"> • Diminuição do uso de recursos; • Redução do consumo de matérias-primas; • Redução do desperdício de materiais; • Redução da quantidade gerada de resíduos de construção e demolição; • Estímulo à reciclagem de resíduos; • Incentivo ao uso de resíduos reciclados como materiais de construção; • Uso de recursos renováveis; e • Foco na durabilidade dos materiais.
Rio + 20 (CONFERÊNCIA..., 2012)	<p>Intenções:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Comprometimento com a redução dos resíduos; • Incentivo a uma gestão correta de resíduos; e • Apoio a iniciativas para a proteção dos recursos.
Plano de desenvolvimento Espírito Santo 2025 Agenda 21 Local (âmbito estadual) (PLANO..., 2006)	<ul style="list-style-type: none"> • Recuperação e conservação dos recursos naturais; • Estímulo à adoção de práticas de eco eficiência e reciclagem; • Gerenciamento de resíduos sólidos; e • Destinação adequada dos resíduos sólidos.
Agenda Vitória: plano estratégico até 2028 Agenda 21 Local (âmbito municipal) (AGENDA..., 2008)	<ul style="list-style-type: none"> • Preservação ambiental; • Redução do uso de recursos naturais; • Gestão dos resíduos sólidos; • Redução do volume de resíduos sólidos produzidos; e • Adoção de programas de reuso e reciclagem.
Programa de Construção Sustentável (Câmara Brasileira da Indústria da Construção) Ações a serem implementadas até 2022 (DESENVOLVIMENTO..., 2011)	<ul style="list-style-type: none"> • Uso racional dos recursos naturais; • Incentivo ao reuso e à reciclagem; • Redução da geração de resíduos sólidos; • Gestão de resíduos; e • Estímulo ao uso de informações e ferramentas que contribuam para a identificação de produtos e fornecedores mais eco eficientes.

A partir desse panorama, foi possível concluir e direcionar conceitualmente o foco dessa pesquisa, sendo verificados dois temas de destaque no contexto da sustentabilidade dos materiais de construção: a economia de matérias primas e a geração e gestão dos resíduos.

A preocupação com as questões ambientais se torna cada vez mais importante, quando é relacionada ao uso dos recursos naturais utilizados em intensidades cada vez maior, o que condiciona ao esgotamento dos mesmos. Sempre que um recurso é retirado do ambiente, ou é devolvido como resíduo, há um impacto ambiental, diminuindo ou ameaçando a disponibilidade de recursos, os ecossistemas e a saúde (MATEUS; BRAGANÇA, 2011).

A concepção sustentável propõe que os recursos sejam utilizados de forma eficiente (DINCER; ROSEN, 2007). Em paralelo, os obstáculos para estimular a sustentabilidade ambiental não estão apenas no foco do esgotamento das reservas de recursos e na utilização de recursos renováveis, mas igualmente na disposição de grandes quantidades de rejeitos sólidos, líquidos e gasosos (BRUNETTI, 2005).

No Brasil, são extraídos mais de 250 milhões/ton./ano de recursos para a construção e gerados em torno de 100 milhões/ton./ano de resíduos (DESENVOLVIMENTO..., 2011). Esses números também elevam o nível de esforço para a diminuição dos impactos resultantes desses processos, em particular, quando se trata dos materiais empregados na indústria da construção, pelo fato de ser considerada uma indústria poluidora (INTERNATIONAL, 1999), e uma fonte importante de danos ambientais (CONFERÊNCIA..., 1995).

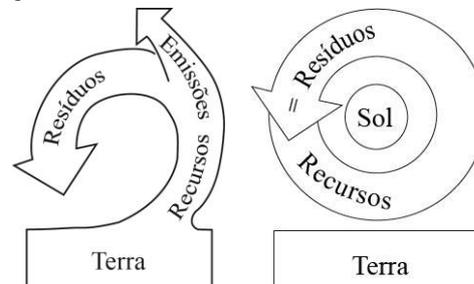
A construção civil tem um papel significativo na melhoria da eficiência dos recursos e na redução do impacto ambiental, para que, dessa forma, possa caminhar em direção a uma indústria mais sustentável. As empresas devem buscar a eficiência com mudanças e iniciativas, tais como a introdução de políticas de reciclagem, a alteração dos processos de fabricação e construção para reduzir o uso de recursos naturais, o aproveitamento e a reciclagem dos resíduos, entre outros (AGENDA 21..., 2002).

Os materiais utilizados pela construção civil são, por si só, grandes consumidores de recursos naturais, mas podem absorver os resíduos da própria indústria da construção ou de outros setores. Os projetistas, por sua vez, também podem contribuir por serem responsáveis pelas decisões de projeto, e pela especificação de materiais (INTERNATIONAL..., 1999). O arquiteto possui o papel de administrar de maneira prudente os recursos empregados em uma

edificação (YEANG, 2006), sendo necessário reavaliar as formas de utilização e propor tendências menos agressivas (CONFERÊNCIA..., 1995).

Para uma abordagem integrada do planejamento e do gerenciamento dos recursos, o setor da construção precisa adotar um modelo que direciona a inovação tecnológica, ao uso e reuso equilibrado de recursos disponíveis, bem como à reciclagem (DESENVOLVIMENTO..., 2011). Dessa forma, é possível evoluir e modificar o contexto, onde os resíduos se tornam recursos e o modelo produtivo dos materiais deixa de ser linear e se torna cíclico, ou fechado (figura 10), definido pelo ciclo reciclagem – fabricação – uso – reciclagem (WADEL; AVELLANEDA; CUCHÍ, 2010).

Figura 10: Ciclo dos materiais: aberto e fechado



Fonte: WADEL; AVELLANEDA; CUCHÍ (2010, p. 39) – Tradução nossa.

Em relação aos resíduos, as perspectivas dos estudos indicam o possível aumento da quantidade produzida em quatro ou cinco vezes até o ano de 2025 (CONFERÊNCIA..., 1995). Quanto aos RCD, Pinto (1999) estimou em 0,23 e 0,66 ton./hab./ano, contudo, mesmo passados quase 15 anos dessa publicação, ainda existem dificuldades em obter informações referentes à quantidade e às características dos resíduos de alguns setores, pois as empresas consideram tais dados sigilosos, fato já constatado por John Oliveira e Lima, (2007).

Quanto à origem dos resíduos da construção, boa parte surge ainda na extração de matérias-primas, como também nos processos de fabricação, no transporte, na comercialização dos materiais, em perdas na etapa de construção e na demolição (DESENVOLVIMENTO..., 2011). Os resíduos ocasionam vários problemas de ordem econômica, ambiental e social, causados, normalmente, pelo gerenciamento inadequado dos mesmos (REMBISKI, 2011).

Reduzir, reutilizar e reciclar são ações que contribuem com a redução da exploração de recursos naturais, além do volume dos resíduos produzidos, implicando naturalmente, também, na redução dos impactos sobre o meio ambiente. Reduzir significa adotar medidas para evitar o

descarte, direcionando também para a diminuição no consumo e no desperdício de bens naturais. Reutilizar envolve o aproveitamento antes do descarte. Reciclar relaciona-se com a recuperação do material que seria descartado, onde as características físicas são modificadas (INDICADORES ETHOS..., 2007).

Kibert (2000) propõe a adoção de iniciativas para a redução dos impactos, apontando a importância da hierarquização no sentido de reduzir, reutilizar, reciclar, enviar para a compostagem, incinerar e aterrar. A Resolução CONAMA 307, por sua vez, define como prioridade a não geração de resíduos e, em estágio secundário a adoção de práticas para redução, reutilização, reciclagem e destino final (BRASIL, 2002).

O manejo ambientalmente saudável dos resíduos da construção envolve ações como a redução ao mínimo dos resíduos, o aumento ao máximo da reutilização e da reciclagem, e o tratamento ambientalmente saudável dos mesmos. O uso mais eficiente das matérias-primas e a incorporação de novas tecnologias e práticas que gerem menos resíduos e o aumento da reciclagem são algumas soluções para a redução dos resíduos (CARVAJAL, 2004). Além disso, a sociedade precisa desenvolver formas eficazes de lidar com o problema da eliminação de um volume cada vez maior de resíduos, além de introduzir novos produtos ambientalmente saudáveis em suas escolhas (CONFERÊNCIA..., 1995).

Assim, o tratamento adequado dos resíduos, direcionando-os para a reutilização, para a reciclagem, como matéria-prima constituinte de novos materiais sempre que viável, contribui para a economia de matérias-primas, destacando a relação direta entre ambos os conceitos.

Contextualização – recorte ambiental

Como já mencionado e confirmado nesta pesquisa pelo quadro 6 – ver Seção “3.4.1 Considerações sobre os indicadores” –, a análise da sustentabilidade pelo recorte ambiental se destaca em diversos estudos e análises. Para uma proposta direcionada aos apontamentos listados no quadro 7, destaca-se a relação direta com a dimensão ambiental da sustentabilidade. Esse aspecto é reforçado ao se considerar, por exemplo, o esgotamento de fontes de recursos naturais, assim como a degradação do meio ambiente, que podem ocasionar consequências em médio e longo prazo (MITIDIERI, 2009).

É importante ressaltar que dentre os sistemas de avaliação ambiental existentes, a maioria visa

o desempenho e no caso dos edifícios, o aspecto ambiental da sustentabilidade (CARDOSO, DEGANI; 2004). Bodart (2002) considera fundamental para análise da sustentabilidade, a seleção de materiais pautada nos aspectos ambientais.

Esse item também é reforçado na Agenda 21 global, que recomenda aos projetistas o uso das propriedades ambientais vinculadas aos materiais de construção para suporte e referência aos projetos (INTERNATIONAL..., 1999). Já a Agenda 21 brasileira, define o uso eficiente e racional dos recursos naturais como estratégia que compõe a dimensão ambiental (AGENDA 21..., 2004). Entretanto, no Brasil ainda não existe uma tradição de se considerar os aspectos de sustentabilidade ambiental na seleção de materiais (JOHN; OLIVEIRA; LIMA, 2007).

Ao expor critérios ambientais, os materiais podem apresentar essa diretriz como um fator de decisão. A partir daí, é possível inverter a tendência de se tratar o meio ambiente como um "bem gratuito" (CONFERÊNCIA..., 1995). A determinação de variáveis ambientais associadas aos materiais de construção pode contribuir com o desenvolvimento dos aspectos sustentáveis das edificações (CARVAJAL, 2004).

3.5 CONSIDERAÇÕES REFERENTES À ABORDAGEM TEÓRICA

Com base nos objetivos, foram delineados os conceitos que estruturaram este capítulo e que conduzem à formulação da tese. Os antecedentes forneceram subsídios para a compreensão de aspectos principais que conduziram ao entendimento da indispensável consideração da sustentabilidade, como pressuposto para a seleção de materiais de construção. Foi identificado que emergem, no cenário internacional, nacional e até mesmo regional, iniciativas e experiências de inserção dos conceitos de sustentabilidade na etapa de seleção de materiais.

Nas últimas décadas, documentos foram desenvolvidos e aprimorados, sendo estruturados a partir de eventos científicos que discutem, também, o tema abordado. Normas técnicas e metodologias foram propostas e são aperfeiçoadas com o objetivo de auxiliar o projetista que visa à promoção de construções mais sustentáveis. Surge assim a ideia dos indicadores de sustentabilidade como suporte ao projetista. Esses são considerados direcionadores, contudo, diante da amplitude promulgada pelos mesmos, a definição de um foco de atuação faz-se necessária e possibilita a consideração da sustentabilidade como mais um quesito para a seleção dos materiais de construção.

INTRODUÇÃO

OBJETIVOS E
PROCEDIMENTOS
METODOLÓGICOS

ABORDAGEM TEÓRICA À
PROPOSTA DA TESE

O INSTRUMENTO

TESTES E AVALIAÇÃO DOS
RESULTADOS

CONSIDERAÇÕES FINAIS



4

4 O INSTRUMENTO

A abordagem teórica forneceu o embasamento conceitual para o desenvolvimento do ISMAS. Para a apresentação do mesmo foram percorridas sete etapas, de acordo com figura 11.

Figura 11: Etapas de estruturação do ISMAS



4.1 DEFINIÇÃO DOS INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE

No capítulo 3, seção “3.4 Definição dos indicadores de sustentabilidade”, junto à abordagem teórica, foram apresentados os indicadores considerados fundamentais para uma seleção de materiais com base nos princípios da sustentabilidade, sendo entendida como a primeira etapa para a estruturação conceitual do instrumento. As demais partes subsequentes são apresentadas neste capítulo.

4.2 DEFINIÇÃO DOS CRITÉRIOS A PARTIR DOS INDICADORES

O IBGE considera os indicadores de sustentabilidade um meio para atingir o desenvolvimento sustentável sendo mais úteis quando analisados em seu conjunto do que individualmente (INSTITUTO..., 2010), o que também é defendido pela proposta dos Indicadores Ethos de

Responsabilidade Social Empresarial (INDICADORES ETHOS..., 2007). A definição dos indicadores se traduz na identificação das questões relevantes consideradas no processo de seleção de materiais sob a ótica da sustentabilidade (JOHN; OLIVEIRA; LIMA, 2007).

Fazer uso de indicadores de sustentabilidade na escolha de materiais ainda não se destaca como premissa os arquitetos. Essa característica está relacionada ao desconhecimento do conceito pelos profissionais e da ausência de critérios sistematizados (MARTINEZ; AMORIM, 2010). Assim, visando direcionar cada indicador, foram definidos os critérios (quadro 8). Estes apontam para uma atuação específica, ou seja, uma forma complementar e diretiva de se atingir as metas e os princípios propostos pelos indicadores (SCHRÖEDER, 2005; MORET; RODRIGUES; ORTIZ, 2006).

Quadro 8: Definição dos critérios a partir dos indicadores

(Continua)

Indicadores de sustentabilidade		Critérios procedentes dos indicadores
1	Acabamento	Dispensa materiais adicionais para acabamento
2	Adaptabilidade	Favorece a adaptabilidade para diferentes usos
3	Características geométricas	As características geométricas do material favorecem a modulação
4	Certificação e rotulagem	Possui certificação ambiental
5	Conteúdo reciclado	Possui elementos reciclados
6	Desempenho acústico	O material possui adequado desempenho acústico para a situação em que está sendo utilizado
7	Desempenho lumínico	O material possui adequado desempenho lumínico para a situação em que está sendo utilizado
8	Desempenho térmico	O material possui adequado desempenho térmico para a situação em que está sendo utilizado
9	Desmontagem	Favorece a desmontagem visando o reaproveitamento
10	Durabilidade	A durabilidade independe de manutenção
11	Embalagem	Utiliza o mínimo possível de embalagem
12	Emissões	Não emite substâncias prejudiciais à saúde
13	Energia incorporada	Prioriza o uso de fontes de energias renováveis nos processos
		Os processos favorecem a redução da energia incorporada

Quadro 8: Definição dos critérios a partir dos indicadores

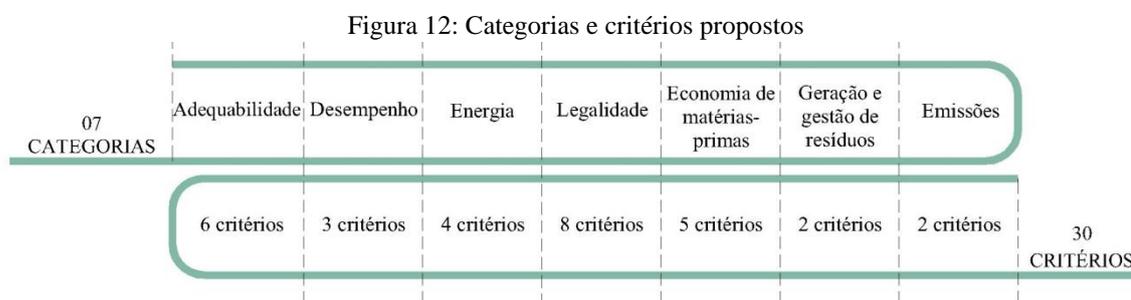
(Conclusão)

Indicadores de sustentabilidade		Critérios procedentes dos indicadores
14	Geração e Gestão de resíduos	Favorece a baixa geração de resíduos
15	Manutenção do material	A manutenção ocasiona baixo impacto
16	Marketing sustentável	Contribui positivamente para o <i>marketing</i> sustentável
17	Materiais proibidos	O material não está proibido
18	Normas técnicas	Cumprir com as normas técnicas correspondentes ao mesmo
19	Odor	Não emite odores
20	Procedência	A procedência do material está inserida nas distâncias pré-estabelecidas
21	Processamento mínimo	Pode ser utilizado com mínimo processamento
22	Reaproveitamento	É possível ser reaproveitado, no todo ou em parte
23	Reciclável	Adotado o mesmo conteúdo do critério 22

24	Regularidade das organizações junto ao Governo Federal	As organizações possuem regularidade junto ao Governo Federal
25	Remuneração salarial dos funcionários	As organizações pagam o salário mínimo profissional aos funcionários
26	Renovável	É renovável
27	Responsabilidade sócio ambiental das organizações	As organizações possuem projetos de responsabilidade sócio ambiental
28	Segurança e saúde ocupacional	As organizações investem em equipamentos de segurança para os funcionários
29	Viabilidade econômica da mão de obra	A mão de obra é viável economicamente
30	Viabilidade econômica do material	O material é viável economicamente

4.3 AGRUPAMENTO DOS CRITÉRIOS EM CATEGORIAS

Os dados com conteúdo similar foram agrupados para melhor compreensão dos temas a serem abordados, conforme ressaltam Ahlroth e outros. (2011). Dessa forma, a lista dos 30 critérios foi agrupada em sete categorias (figura 12). Essa conexão visou facilitar a compreensão, por aproximar os critérios que possuem conteúdo semelhante. Os mesmos estão apresentados no quadro 9.



Quadro 9: Agrupamento dos critérios em categorias

Categorias	Crítérios
Adequabilidade	1. A mão de obra é viável economicamente
	2. A manutenção ocasiona baixo impacto
	3. As características geométricas do material favorecem a modulação
	4. Favorece a adaptabilidade para diferentes usos
	5. O material é viável economicamente
	6. Utiliza o mínimo possível de embalagem
Desempenho	1. O material possui adequado desempenho acústico para a situação em que está sendo utilizado
	2. O material possui adequado desempenho lumínico para a situação em que está sendo utilizado

	3. O material possui adequado desempenho térmico para a situação em que está sendo utilizado
Energia	1. A procedência do material está inserida nas distâncias pré-estabelecidas
	2. Os processos favorecem a redução da energia incorporada
	3. Pode ser utilizado com mínimo processamento
	4. Prioriza o uso de fontes de energias renováveis nos processos
Legalidade	1. As organizações investem em equipamentos de segurança para os funcionários
	2. As organizações pagam o salário mínimo profissional aos funcionários
	3. As organizações possuem projetos de responsabilidade sócio ambiental
	4. As organizações possuem regularidade junto ao Governo Federal
	5. Contribui positivamente para o marketing sustentável
	6. Cumpre com as normas técnicas correspondentes ao mesmo
	7. O material não está proibido
	8. Possui certificação ambiental
Economia de Matérias-primas	1. A durabilidade independe de manutenção
	2. É possível ser reaproveitado, no todo ou em parte
	3. É renovável
	4. Dispensa materiais adicionais para acabamento
	5. Possui elementos reciclados
Geração e Gestão dos resíduos	1. Favorece a desmontagem visando o reaproveitamento
	2. Favorece a baixa geração de resíduos
Emissões	1. Não emite odores
	2. Não emite substâncias prejudiciais à saúde

4.4 DEFINIÇÃO DOS CRITÉRIOS NO CONTEXTO DAS AGENDAS 21

Paes (2008) considera que eleger um material atendendo a um grande número de condicionantes é uma tarefa complexa e dificilmente será possível encontrar materiais que atendam a todos os requisitos. Contudo, completa destacando a importância da escolha consciente, que satisfaça uma quantidade possível de critérios dentro de determinadas solicitações, principalmente, ao priorizar as características fundamentais de cada projeto. Assim, embora haja uma tendência em selecionar uma grande quantidade de critérios, um conjunto menor e adequadamente selecionado tende a se tornar uma abordagem mais eficaz (PINTER; HARDI; BARTELMU, 2005), somando-se também o fato de que, atualmente, não existe um conjunto universal de indicadores que é igualmente aplicável em todas as análises (SEGNESTAM, 2002; TERMORSHUIZEN; OPDAM; VAN DEN BRINK, 2007).

Para ajustar ao objetivo da tese, apresentar uma linguagem amigável, de fácil compreensão, usabilidade e praticidade, foi necessário simplificar e reduzir, e nisto concordam Mateus e Bragança (2011). Assim, foi sugerido um método para o recorte dos critérios que considerou a redução em função dos principais temas apresentados no estudo das Agendas 21 e que engloba

os critérios das categorias “economia de matérias-primas” + “geração e gestão dos resíduos”. Soma-se também a relação com a sustentabilidade com o recorte ambiental.

Dessa forma, para permanecer na versão proposta para o ISMAS, foi estabelecido que os critérios tivessem minimamente uma relação “Direta” com um dos itens considerados no contexto das Agendas 21, ou relação “Parcial” com os dois itens abordados nas Agendas 21. Além disso, a inclusão do critério no instrumento também foi condicionada a existência de relações com a dimensão ambiental da sustentabilidade, conforme demonstrado na figura 13. O uso das cores vermelho e verde colaborou para demonstrar visualmente os critérios que serão considerados inclusos ou não no instrumento. O Quadro 10 apresenta a estrutura utilizada para a análise dos critérios a comporem o instrumento.

Figura 13: Relações propostas para o recorte dos critérios



Quadro 10: Relação dos critérios com o contexto das Agendas 21 e com a sustentabilidade ambiental

CATEGORIA	CRITÉRIOS		CONTEXTO DAS AGENDAS 21						Relação do critério com a sustentabilidade			Inclusão no ISMAS
			Relação do critério com a economia de matérias-primas			Relação do critério na geração e gestão dos resíduos						
			Não existe	Parcial	Direta	Não existe	Parcial	Direta	Social	Econ	Amb.	
Adequabilidade	1	A mão de obra é viável economicamente	x			x			x		x	
	2	A manutenção ocasiona baixo impacto	x				x			x	x	
	3	As características geométricas do material favorecem a modulação		x			x		x		x	
	4	Favorece a adaptabilidade para diferentes usos		x			x		x		x	
	5	O material é viável economicamente	x			x			x		x	
	6	Utiliza o mínimo possível de embalagem	x				x		x	x	x	
Desempenho	7	O material possui adequado desempenho acústico para a situação em que está sendo utilizado		x		x			x	x	x	
	8	O material possui adequado desempenho lumínico para a situação em que está sendo utilizados		x		x			x	x	x	
	9	O material possui adequado desempenho térmico para a situação em que está sendo utilizado		x		x			x	x	x	
Energia	10	A procedência do material está inserida nas distâncias pré-estabelecidas	x			x			x	x	x	
	11	Os processos favorecem a redução da energia incorporada	x			x			x	x	x	
	12	Pode ser utilizado com mínimo processamento	x				x		x	x	x	
	13	Prioriza o uso de fontes de energias renováveis nos processos	x			x			x	x	x	
Legalidade	14	As organizações investem em equipamentos de segurança	x			x			x	x	x	
	15	As organizações pagam o salário mínimo profissional	x			x			x	x	x	
	16	As organizações possuem projetos de responsabilidade sócio ambiental	x			x			x		x	
	17	As organizações possuem regularidade junto ao Governo Federal	x			x			x		x	
	18	Contribui positivamente para o <i>marketing</i> sustentável	x			x			x	x	x	
	19	Cumprir com as normas técnicas correspondentes ao mesmo	x			x			x	x	x	
	20	O material não está proibido	x			x			x		x	
	21	Possui certificação ambiental	x				x		x	x	x	
Economia de Matérias-primas	22	A durabilidade independe de manutenção			x		x		x	x	X	
	23	É possível ser reaproveitado, no todo ou em parte			x		x		x	x	X	
	24	É renovável			x	x			x	x	X	
	25	Dispensa materiais adicionais para acabamento			x	x			x	x	X	
	26	Possui elementos reciclados			x		x			x	X	
Geração e gestão de resíduos	27	Favorece a desmontagem visando o reaproveitamento		x			x		x	x	X	
	28	Favorece a baixa geração de resíduos	x					x		x	X	
Emissões	29	Não emite odores	x			x			x		x	
	30	Não emite substâncias prejudiciais à saúde	x			x			x		x	

A partir da lista dos 30 critérios propostos inicialmente, e diante da premissa de reduzir, chegou-se a 7 critérios (quadro 11). Dessa forma, a abordagem da sustentabilidade dos materiais nesta versão do ISMAS, avalia características consideradas desejáveis que se relacionam com os temas “economia de matérias-primas” e “geração e gestão dos resíduos”, inseridos na dimensão ambiental da sustentabilidade.

Quadro 11: Critérios recortados a partir da metodologia apresentada na Figura 13.

CATEGORIAS/ CRITÉRIOS			CONTEXTO DAS AGENDAS 21						Relação do critério com a sustentabilidade
			Relação do critério com a economia de matérias primas			Relação do critério na produção e destino dos resíduos			
			Não existe	Parcial	Direta	Não existe	Parcial	Direta	Ambiental
Economia de Matérias primas	1	A durabilidade independe de manutenção			x			x	x
	2	É possível ser reaproveitado, no todo ou em parte			x			x	x
	3	É renovável			x	x			x
	4	Dispensa materiais adicionais para acabamento			x	x			x
	5	Possui elementos reciclados			x		x		x
Geração e gestão de resíduos	6	Favorece a desmontagem visando o reaproveitamento		x			x		x
	7	Favorece a baixa geração de resíduos	x					x	x

Um dos muitos desafios no desenvolvimento de uma eficiente ferramenta de avaliação de sustentabilidade é o equilíbrio entre a abrangência dos critérios adotados e a facilidade de utilização (DING, 2008). Em relação à usabilidade, os dados devem ser de uso rápido e fácil, não devem requerer manuais e os conceitos manipulados devem ser familiares ao arquiteto. Caso contrário, se o uso demandar tempo demais, o arquiteto raramente utilizará as informações, somado ao fato de gerar custos relacionados ao tempo dispendido (BODART, 2002). Além disso, se os cálculos forem rápidos para o utilizador, o mesmo irá absorver gradualmente a importância dos conceitos e ampliar o conhecimento próprio. Por tais razões, se torna conveniente a avaliação da sustentabilidade dos materiais a partir de um contexto ou um tema específico, ou ainda, a partir de um atributo (CARMODY et al., 2007).

4.5 DEFINIÇÃO DAS MARCAS DE REFERÊNCIA

Considerando que os critérios de avaliação de sustentabilidade possuem importâncias diferenciadas, foram adotadas marcas de referências para cada critério, e com o auxílio de uma escala de graduação numérica foram sugeridos valores, tomando como exemplos as escalas utilizadas em ferramentas como a SBTool (INTERNATIONAL..., 2007), a Herramienta Verde (MACÍAS; NAVARRO, 2010), e a ASUS (ALVAREZ; SOUZA, 2011).

As ferramentas com base em critérios são definidas como um sistema de atribuição de valores (ou pontos) associados a uma definição, que visa à escolha de uma resposta dentro de uma escala pré-determinada. Para a avaliação ambiental são considerados sistemas abrangentes, por apresentarem parâmetros que visam à redução do impacto ambiental em proporções crescentes, conforme são melhorados os benefícios atingidos (ALI; NSAIRAT, 2009). Uma limitação para a escolha de escalas está relacionada à forma como o usuário as interpretará (PILLI, 2004). Dessa maneira, emerge a necessidade de tornar as marcas de referência de fácil entendimento, para que a interpretação seja facilitada.

No ISMAS, numericamente, os valores para a pontuação em cada critério assinalam três possíveis níveis de resposta. Cada nível apresenta uma estratégia e está vinculada a um determinado valor numérico (figura 14). Para os valores numéricos, foi considerada a escala unipolar, por facilitar o raciocínio e fornecer a clareza de que uma extremidade é exatamente o oposto da outra (MAYER; AVILA, 2006), permitindo extensões e intensidades com similaridades opostas (BAGOZZI; GOPINATH; NYER, 1999). Por outro lado, a condição de ter espaçamentos ordenados contribui com a interpretação da escala (BROWN, 2000).

Figura 14: Escala de graduação para a avaliação de cada critério no ISMAS



Também foi adotado o número ímpar de opções por apresentar um ponto médio, o que é recomendado pela Escala Likert (GARLAND, 1991; ALEXANDRE et al., 2003; KULAS, STACHOWSKI, 2013). A não inclusão da opção central pode conduzir a uma convergência e forçar o usuário a escolher a direção já tendenciosa (ALEXANDRE et al., 2003). Na Escala Likert, as respostas para cada item variam segundo o grau de intensidade e possui categorias

ordenadas e igualmente espaçadas (ALEXANDRE; FERREIRA, 2001; LI, 2013).

Ao atingir a prática padrão (nível 0), o material está cumprindo minimamente com a situação ideal proposta pelo critério, sendo considerada como a referencia ou boas práticas. À medida que alcança melhores níveis de desempenho, impulsiona os objetivos a serem atingidos e recebe a nota +1, sendo considerada uma prática positiva. Por outro lado, quando não atinge minimamente os objetivos do critério, representa a prática negativa, e recebe a pontuação -1.

Apoiando-se também na Escala Likert, foi possível apresentar uma variável nominal associada a cada um dos valores estabelecidos (ALEXANDRE et al., 2003). Estas variáveis, aqui denominadas marcas de referencia, estão também pautadas na Escala de Guttman, em que os itens incorporam a ideia do item anterior, caracterizando uma escala acumulativa, onde as respostas são hierarquizadas de modo que a posição superior da escala apresenta melhores resultados que as inferiores (TAKANE; YANAI, 2007). Assim, o usuário compreende a direção e a intensidade da opinião referente a um determinado item (GARLAND, 1991). O desafio maior neste tipo de escala reside na sua elaboração, devido ao conteúdo das informações a ser proposto (ALEXANDRE et al., 2003).

Para complementar, buscando adotar uma linguagem amigável e de fácil assimilação pelo usuário, esses valores foram associados a uma escala de cores que se inicia do vermelho – representando um sinal negativo, de alerta –, e como melhor indicação o verde, representando uma prática positiva em relação à sustentabilidade.

Vale destacar que, ao ter como meta a obtenção de pontuação máxima em um critério, eventualmente, em outro critério o melhor desempenho desejado pode não ser atingido. Alvarez e Souza (2011) apontam que, mesmo teórica ou matematicamente seja possível alcançar o resultado máximo, na prática é difícil atingir um desempenho considerado elevado em todos os critérios, devido à existência de diferentes prioridades e condicionantes. Algumas estratégias recomendadas para atingir um bom desempenho em alguns aspectos podem ser conflitantes com estratégias de outros. Dessa forma, é recomendável ao projetista identificar e buscar as melhores soluções para cada caso.

Com os critérios e a escala de graduação definidos, a próxima etapa foi determinar conceitualmente as marcas de referências, caracterizadas por uma abordagem qualitativa e por contribuírem para reduzir os impactos provocados pelos materiais de construção e impulsionar

a sustentabilidade em diferentes aspectos. Em geral, tanto os critérios, como as respectivas marcas de referência buscam valorizar as características dos materiais que os aproximam dos conceitos sustentáveis.

As informações disponibilizadas objetivam ser esclarecedoras e de compreensão fácil por parte do profissional imerso no mercado de trabalho e que, muitas vezes, não incorpora em sua rotina, os conceitos e diretrizes adotadas com maior frequência por pesquisadores e acadêmicos, provavelmente pela dificuldade de acesso às informações necessárias. Para favorecer a definição e a compreensão das marcas de referência, foram elaborados quadros, conforme a seguir expostos, de modo a apresentar, de forma sucinta e direta, os principais pontos abordados em cada critério do ISMAS.

CRITÉRIO 1: É possível ser reaproveitado, no todo ou em parte

Definição do critério: reaproveitar significa prolongar a vida útil do material. Quanto maior a necessidade de processamento industrial para o reaproveitamento, menos sustentável se torna. De uma forma geral, neste critério deve-se considerar o reaproveitamento do material, e não situações particulares. Por exemplo, é possível reaproveitar uma placa de granito para revestimento, mas não é possível reaproveitar a tinta. O quadro 12 apresenta as marcas de referência do critério 1.

Quadro 12: Marcas de referência do critério 1

Critério 1: É possível ser reaproveitado, no todo ou em parte			
Nível	Marcas de referências	Observações	Exemplos
-1	Não atendimento ao requisito mínimo estabelecido para o nível 0	Alguns materiais não viabilizam o reaproveitamento por características próprias do mesmo	gesso
0	É possível ser reaproveitado, contudo requer processamento industrial	É possível ser reaproveitado, porém, o processamento industrial demanda alto consumo energético, além de necessitar de processos de transformação para ser reutilizado como material de construção novamente	perfil de alumínio
1	É possível ser reaproveitado com mínimo processamento ou de forma direta, sem processamento	O material que requer processamento mínimo está relacionado também ao baixo consumo energético. O material também pode ser reaproveitado diretamente	revestimentos cerâmicos, porta de alumínio

Resultado esperado: avaliar a possibilidade de reaproveitar o material, seja uma parte ou todo o conteúdo.

CRITÉRIO 2: É renovável

Definição do critério: ser renovável significa que a regeneração acontece de forma contínua, sendo que o material pode ser utilizado sem correr o risco de se esgotar. A regeneração acontece quando o material se renova em curtos períodos de tempo. Algumas matérias-primas básicas, por existirem em abundância, também são enquadradas nessa categoria, tais como o solo e as rochas, por exemplo (JOHN, OLIVEIRA, LIMA; 2007). O quadro 13 apresenta as marcas de referência do critério 2.

Quadro 13: Marcas de referência do critério 2

Critério 2: É renovável			
Nível	Marcas de referências	Observações	Exemplos
-1	Os elementos que constituem o material e que são de fonte renovável ou abundantes estão presentes em quantidades mínimas	A quantidade de elementos de fonte renovável ou que existam em abundância é mínima	
0	Aproximadamente a metade dos elementos que compõem o material são de fonte renovável ou matérias primas abundantes	A quantidade de elementos de fonte renovável ou que existam em abundância é mediana	vidro, PVC
1	Todo o material é de fonte renovável ou constituído por matérias-primas abundantes	Toda a composição do material é de fonte renovável ou existe em abundância	madeira, tijolo, pedra

Resultado esperado: verificar se o material possui em sua composição elementos de fonte renovável ou matérias-primas que existam em abundância na natureza. Quanto maior o percentual desse conteúdo, maior também será a pontuação obtida pelo material.

CRITÉRIO 3: Dispensa materiais adicionais para acabamento

Definição do critério: alguns materiais, por sua composição ou características, não requerem a adição de acabamento superficial. Observa-se que o material de acabamento difere do material de proteção, considerando que muitas vezes a proteção não chega a descaracterizar o material original em seu aspecto estético e volumétrico, como os vernizes. O quadro 14 apresenta as marcas de referência do critério 3.

Quadro 14: Marcas de referência do critério 3

Critério 3: Dispensa materiais adicionais para acabamento			
Nível	Marcas de referências	Observações	Exemplos
-1	Não atendimento ao requisito mínimo estabelecido para o nível 0	O material requer o uso de outros para o acabamento final	bloco de concreto
0	Necessita de materiais de acabamento superficial, contudo este é considerado apenas um material de proteção	Um material de proteção, como verniz ou impermeabilizante, é considerado um material complementar que não descaracteriza o material em análise	madeira, pedra
1	Não necessita de materiais adicionais para acabamento superficial	O material já possui acabamento	revestimentos cerâmicos

Resultado esperado: avaliar o potencial do material de obter o desempenho esperado, sem a necessidade de agregar novos materiais.

CRITÉRIO 4: Possui elementos reciclados

Definição do critério: um material com conteúdo reciclado pode ser constituído a partir de resíduos do próprio setor da construção (alumínio, vidro, resíduos de construção e demolição - RCD) ou de outras atividades (pó de pneu, casca de arroz, entre outros). O resíduo passa a ser um subproduto na cadeia produtiva dos materiais. Com a reciclagem, os materiais passam por processos de transformação, nos quais suas partes constituintes podem ser separadas ou não para originar novos materiais. O quadro 15 apresenta as marcas de referencia do critério 4.

Quadro 15: Marcas de referência do critério 4

Critério 4: Possui elementos reciclados			
Nível	Marcas de referências	Observações	Exemplos
-1	Não possui elementos reciclados em sua composição	O material, por suas características específicas, não possui elementos reciclados	concreto
0	Possui elementos reciclados em sua composição oriundos do mesmo material	O próprio material se torna matéria-prima para a confecção de um novo material	vidro, alumínio, PVC
1	Possui elementos reciclados em sua composição oriundos de outros materiais	O material agrega elementos inservíveis ou que são difíceis de serem degradados na natureza	concreto com adição de borracha vulcanizada triturada (pneu)

Resultado esperado: verificar se o material está contribuindo para o aproveitamento de outros, que seriam considerados resíduos, e que se transformam em matéria-prima.

CRITÉRIO 5: A durabilidade independe de manutenção

Definição do critério: a durabilidade é definida como a capacidade do material manter o desempenho ao longo do tempo e a vida útil é o período no qual o desempenho é igual ou superior ao mínimo requerido. A NBR 15575 estabelece vida útil de projeto (VUP) mínima para diferentes elementos da obra, por meio dos dados fornecidos pela tabela 2. No ISMAS, considera-se esta tabela como referência e nos casos em que o material não estiver contemplado na norma, deve-se considerar a vida útil mínima prevista na mesma, de 13 anos. Considera-se também que a vida útil possui estrita relação com a manutenção. O quadro 16 apresenta as marcas de referência do critério 5 comentadas.

Quadro 16: Marcas de referência do critério 5

Critério 5: A durabilidade independe de manutenção			
Nível	Marcas de referências	Observações	Exemplos
-1	Não atendimento ao requisito mínimo estabelecido para o nível 0	O material não atende a VUP estabelecida pela NBR 15575	palha natural
0	Possui vida útil de projeto (VUP) mínima estabelecida pela NBR 15575, e exige manutenções periódicas com o uso de novos materiais	O material atende à VUP estabelecida, no entanto, requer manutenções periódicas que demandam o uso de novos materiais	madeira envernizada, parede de alvenaria pintada
1	Possui VUP mínima estabelecida pela NBR 15575, e a manutenção ocorre somente com limpeza	O material atende à VUP estabelecida e sua durabilidade independe de manutenção com inserção de novos materiais	vidro, alumínio, PVC, cerâmica

Resultado esperado: verificar se o material atende à durabilidade mínima exigida pela norma, considerando para maior pontuação o material em que as manutenções são mais simples.

CRITÉRIO 6: Favorece a desmontagem visando o reaproveitamento

Definição do critério: a desmontagem é um processo que visa o reaproveitamento, e é favorecida pela redução do uso de ligantes, colas e aglomerantes e a maximização dos encaixes mecânicos, como o uso de parafusos e encaixe do tipo macho e fêmea. O quadro 17 apresenta as marcas de referência do critério 6.

Quadro 17: Marcas de referência do critério 6

Critério 6: Favorece a desmontagem visando o reaproveitamento			
Nível	Marcas de referências	Observações	Exemplos
-1	Não atendimento aos requisitos mínimos estabelecidos para o nível 0	O material que não pode ser desmontado e reaproveitado pontua negativamente	gesso
0	É possível ser separado dos demais materiais construtivos, contudo podem ocorrer perdas do material, pois utiliza ligantes, colas ou aglomerantes	Alguns mecanismos de união dos materiais tornam o processo de reaproveitamento dificultado, elevando também os custos de desmonte. Muitas vezes requer, inclusive, mão de obra especializada para a desmontagem	tijolo cerâmico, pastilhas
1	É possível ser facilmente separado dos demais materiais por usar encaixes mecânicos como amarrações, parafusos, etc.	Os encaixes contribuem para o aproveitamento total do material	telha cerâmica, esquadrias de alumínio, piso elevado

Resultado esperado: avaliar o material que possui a capacidade de ser desmontado e reaproveitado posteriormente.

CRITÉRIO 7: Favorece a baixa geração de resíduos

Definição do critério: a correlação dos resíduos e os materiais acontecem nas várias etapas do ciclo de vida. No entanto, para este estudo estão sendo consideradas particularmente as etapas de construção, uso e desmonte, quando o projetista atua mais diretamente e possui maior conhecimento para avaliar um material. Em etapas antecessoras, muitas vezes as informações não são disponibilizadas o que dificultaria a análise pelo projetista na atualidade. O quadro 18 apresenta as marcas de referencia do critério 7.

Quadro 18: Marcas de referência do critério 7

Critério 7: Favorece a baixa geração de resíduos			
Nível	Marcas de referências	Observações	Exemplos
-1	Não atendimento ao requisito mínimo estabelecido para o nível 0	O processo construtivo para o uso do material gera muitos resíduos	gesso, revestimento cerâmico
0	O material favorece mínima geração de resíduos na etapa de construção	Os materiais moldados <i>in loco</i> tendem a produzir menos resíduos, assim como os pré-fabricados	granilite
1	Atende aos requisitos do nível 0, incluindo as etapas de uso/operação e desmonte	Alguns materiais já são encomendados em dimensões pré-estabelecidas, e chegam à obra prontos para serem instalados	porta de madeira, vidro

Resultado esperado: avaliar a geração de resíduos do material nas etapas de construção, uso e desmonte.

4.6 DEFINIÇÃO DOS PESOS

A adoção de pesos contribui para indicar a maior ou menor importância relativa dos critérios em relação ao contexto. Os pesos são atrelados aos objetivos do projeto e à importância de cada critério (MATEUS; BRAGANÇA, 2011). No LEED, por exemplo, todos os créditos têm peso idêntico. Já na SBTool e na ASUS, os pesos são diferenciados por categoria e sugerem uma ponderação. Macías e Navarro (2010) enaltecem que a avaliação de sustentabilidade requer uma escala de pontuação que contribua com a definição dos elementos de ponderação.

A maneira como cada critério influencia a sustentabilidade não é consensual, nem imutável ao longo do tempo, destacando-se a dificuldade em expressar a sustentabilidade em termos absolutos (MATEUS; BRAGANÇA, 2004). Nas ferramentas de avaliação que adotam a ponderação, a metodologia para os cálculos não é claramente divulgada. Além disso, a falta de uma metodologia consensual que permita decidir objetivamente que impactos são mais críticos também é um elemento que cria barreiras (SILVA; SILVA; AGOPYAN, 2001).

O uso de ponderação é distinto nas ferramentas e as classificações são baseadas em lógicas diferentes (AHLROTH et al., 2011). Os mesmos autores afirmam que para algumas análises é necessário valorizar alguns itens em detrimento a outros de menor valor. Soma-se também o caráter pessoal, que introduz certa subjetividade no resultado (MATEUS; BRAGANÇA, 2004), além das considerações do contexto local (HIKMAT; SABA, 2009). Selecionar o que seria o “melhor” material exige do profissional o uso de critérios diversos e, por vezes, contraditórios, o que o leva a pesá-los individualmente para o fim a que se destina (SPIEKERMANN; DONATH, 2006). Assim, é necessário incluir um sistema de ponderação no processo de desenvolvimento de ferramentas de avaliação (HIKMAT; SABA, 2009).

O Selo Ecológico Faucão Bauer, por exemplo, visa certificar produtos e tecnologias sustentáveis. Objetiva reduzir os impactos negativos das atividades e a melhoria do compromisso com a qualidade, com o meio ambiente e com a responsabilidade social (INSTITUTO..., acesso em 01 mar. 2012). As informações são processadas no *software* de classificação, e cada produto recebe uma nota, sendo que a ponderação não é disponibilizada. O critério de ponderação provém da classificação dos itens: potencial de impacto dos processos produtivos dos principais insumos e do produto; distâncias e exigências de transporte; e condições para uso e disposição do produto (PROCEDIMENTO..., 2011).

Neste contexto, foi elaborada uma metodologia para definir os pesos de cada critério, destacando que diferentes ações refletem em diferentes impactos, com graus de importância específicos, relativos ao contexto em que se aplicam (ALVAREZ; SOUZA, 2011). A ponderação pode ser expressa em pesos e estar em qualquer unidade (AHLROTH et al., 2011). No ISMAS, foram adotados valores numéricos em uma escala gradual (quadro 19).

Quadro 19: Parâmetros conceituais adotados para definição dos pontos atribuídos

Parâmetros considerados	Definição
Abrangência do critério para impulsionar a sustentabilidade	Destaca a importância do critério para contribuir e impulsionar a sustentabilidade. Foram consideradas 3 possibilidades de respostas: Muito abrangente, abrangência média e pouco abrangente. Para a maior pontuação, representada pelo valor 6, foi considerado que este deveria ser superior à metade da somatória de pontos totais, que podem atingir o valor 10. Para os outros dois parâmetros, o valor restante foi dividido igualmente. O valor definido para pouco abrangente foi 0,5, pois se considera que, minimamente, os critérios impulsionam a sustentabilidade.
Complexidade para avaliar o critério	Avalia a facilidade ou não de uso dos critérios e os mesmos são julgados com 3 possibilidades de respostas: complexidade alta (2), média (1) ou baixa (0). Quanto mais complexo para avaliar, mais alta é a nota.
Impacto do critério sobre o meio ambiente	Analisa o impacto de forma positiva, ou seja, a atuação do critério para a redução de impactos adversos. Os critérios podem ser julgados com 3 possibilidades de respostas: impacto alto (2), médio (1) ou baixo (0).

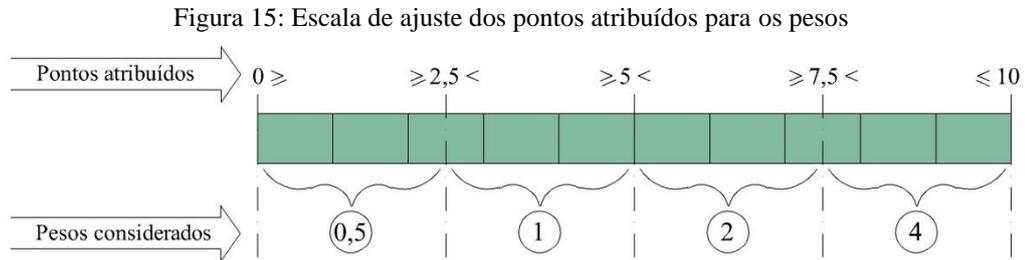
Para o cálculo, os valores atribuídos a cada critério são somados, podendo-se atingir o máximo de 10 pontos se atenderem a resposta de maior pontuação em todos os parâmetros, conforme apresentado na tabela 4.

Tabela 4: Pontos atribuídos aos critérios com base nos parâmetros adotados

Critério	Abrangência do critério para impulsionar a sustentabilidade			Complexidade para avaliar o critério			Impacto do critério sobre o meio ambiente			Pontos atribuídos
	6	3	0,5	2	1	0	2	1	0	
	Muito abrangente	Abrangência média	Pouco abrangente	Alta	Média	Baixa	Alto	Médio	Baixo	
1	É possível ser reaproveitado, no todo ou em parte		3			0		1		4
2	É renovável	6			1		2			9
3	Dispensa materiais adicionais para acabamento			0,5		0			0	0,5
4	Possui elementos reciclados	6				0		1		7
5	A durabilidade independe de manutenção		3		1				0	4
6	Favorece a desmontagem visando o reaproveitamento			0,5		0		1		1,5
7	Favorece a baixa geração de resíduos		3			0	2			5

Com a soma dos pontos atribuídos, o valor é ajustado para a concordância de pesos apresentada

na figura 15. A título de exemplo, se o somatório obtiver como resultado o valor 3,5, então o peso final a ser considerado para este critério será 1.



Para a definição dos pesos no ISMAS – com variação de 0,5 a 4 –, foi levada em consideração a progressão geométrica (equação 1), caracterizada por uma sequência numérica em que cada termo, a partir do segundo, é igual ao produto do anterior, multiplicado por uma constante.

$$a_n = a_1 \cdot q^{n-1} \tag{1}$$

Dessa maneira, a escala de pesos (figura 16) objetiva representar numericamente os parâmetros e impulsioná-los gradativamente. Com isso, foi possível evidenciar as distâncias e incitar, com maior ênfase, o valor máximo a ser considerado. A tabela 5 exhibe os critérios que compõem o ISMAS e seus respectivos pesos, definidos a partir do método apresentado.

Figura 16: Escala geométrica proposta para a definição dos pesos no ISMAS

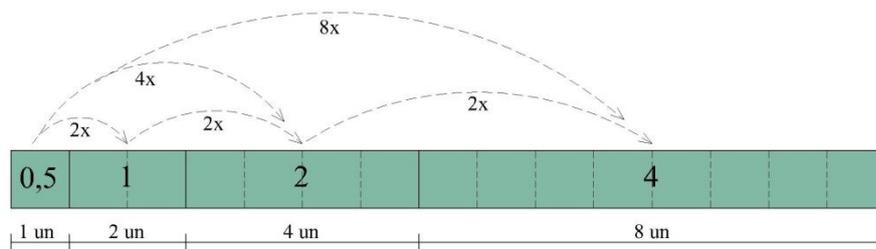


Tabela 5: Pesos definidos para cada critério do ISMAS

Critério		Peso
1	É possível ser reaproveitado, no todo ou em parte	1
2	É renovável	4
3	Dispensa materiais adicionais para acabamento	0,5
4	Possui elementos reciclados	2
5	A durabilidade independe de manutenção	1
6	Favorece a desmontagem visando o reaproveitamento	0,5
7	Favorece a baixa geração de resíduos	1

Por fim, por meio de média ponderada (equação 2), o sistema de pontuação converte os valores numéricos das marcas de referência e dos pesos em uma pontuação final, chegando-se a um valor que determina, a partir de uma escala previamente elaborada, o denominado “índice de sustentabilidade” atingido pelo material.

$$\sum_{i=1}^n \left(\frac{(P_i \cdot N_i)}{\sum_{i=1}^n P_i} \right) \quad (2)$$

4.7 APRESENTAÇÃO DO ISMAS

As ferramentas em formato digital possuem potencialidades ao uso, pela forma dinâmica e possibilidade de interação rápida junto ao projeto (CHARLES, CRANE, FURNESS, 1997; ASHBY et al., 2004; RAMALHETE; SENOS; AGUIAR, 2010). Considerando essa avaliação, foi desenvolvido um sistema para *web* específico para suporte ao ISMAS, possuindo como diretrizes: ser amigável, fácil e simples de operar, e intuitivo, para que seja utilizado com mínimas instruções.

Para esta etapa de teste do ISMAS, foi necessário inserir algumas informações na página inicial sobre as instituições de ensino parceiras e os envolvidos nesta pesquisa, destacando ainda a atuação voluntária e o anonimato do usuário (figura 17).

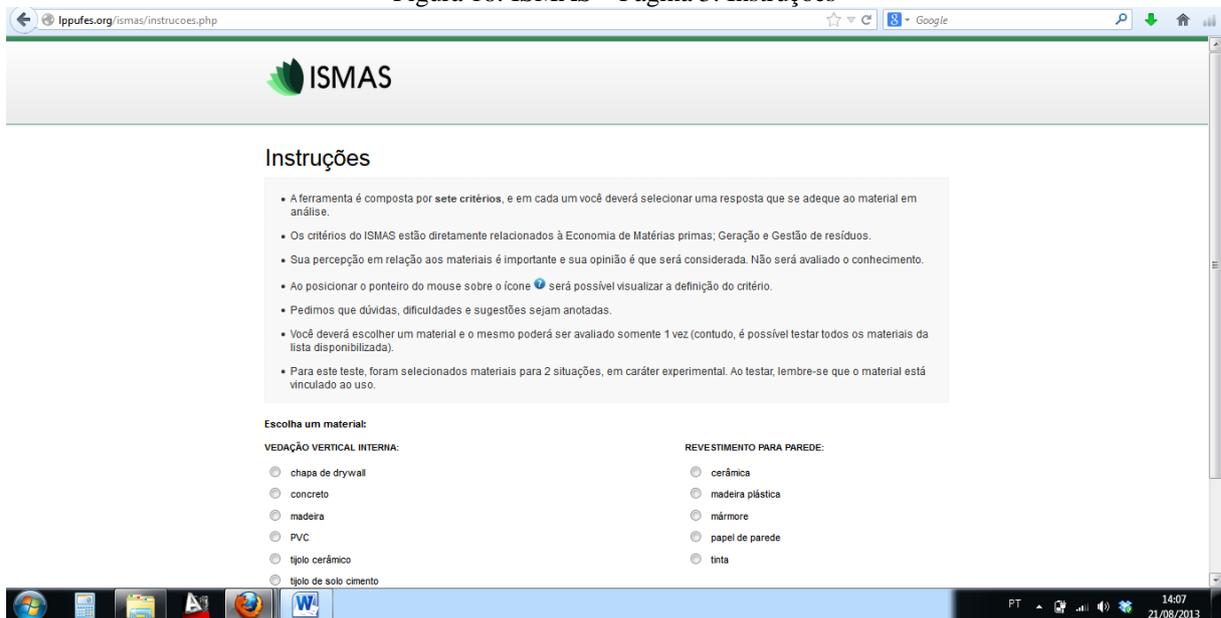
Figura 17: ISMAS – Página 1: apresentação



Na página 2 procura-se identificar o tempo de atuação do profissional, com o objetivo de obter um panorama relacionado à experiência dos usuários. A página 3 (figura 18) apresenta, inicialmente, instruções básicas para o uso do ISMAS, destacando informações que conduzem à interpretação de que é um instrumento de uso rápido e simples, para que possa despertar o interesse para o uso efetivo. Informa sobre a quantidade de critérios, a forma de selecionar as opções escolhidas e a relação dos critérios com temas específicos. Além disso, foi sugerido que fossem registradas as dúvidas, dificuldades e sugestões.

Esta página também lista os materiais que foram pré-selecionados para o teste e assim contribuir com a ordenação das respostas. Estes são tradicionalmente utilizados na construção civil, e em diferentes partes da obra. Foi indicado o local de uso pois se considera que o uso efetivo do ISMAS deva estar vinculado à etapa de projeto em que o material é especificado. Essa indicação, juntamente com o material selecionado para o teste, ficam registrados textualmente nas demais páginas para auxiliar o usuário, caso ocorra esquecimento em relação ao material que foi escolhido.

Figura 18: ISMAS – Página 3: Instruções



Da página 5 à 11 estão os sete critérios. A figura 19 exemplifica o critério 1, simulando o teste com a madeira plástica. No exemplo é possível visualizar, na caixa de texto cinza, a conceituação de uma marca de referencia. Os esclarecimentos e as definições de conceitos são visualizadas ao aproximar o mouse do ícone ⓘ, onde uma janela se abre com a explicação

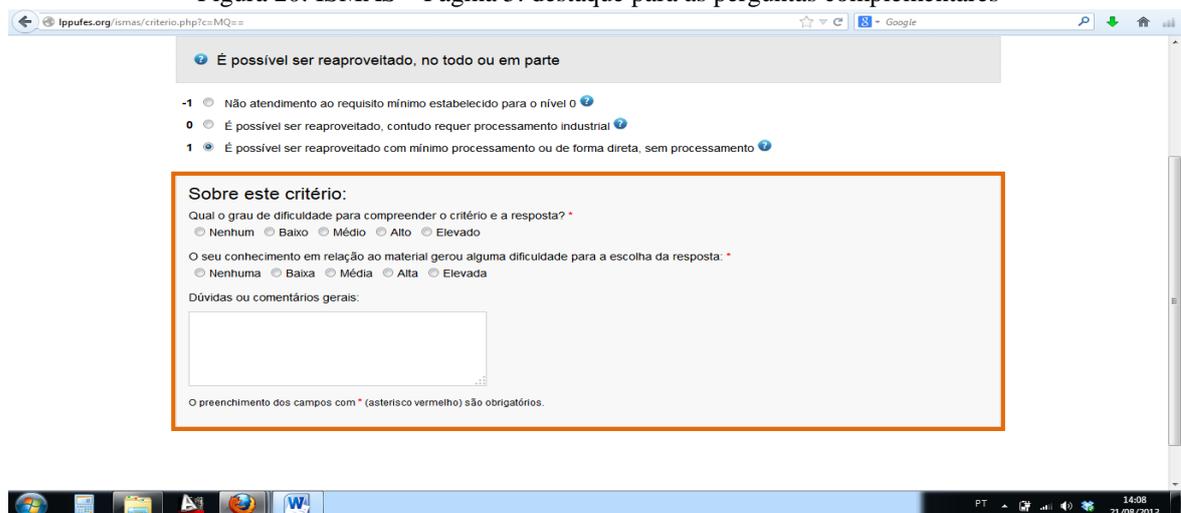
textual. Para evitar respostas em branco, o usuário só avança para a página seguinte ao selecionar uma das marcas.

Figura 19: ISMAS – Página 5: critério 1



Após a escolha da marca de referência, em todos os critérios, surge uma aba com questionamentos complementares, conforme destacado no retângulo na cor laranja da figura 20. O primeiro visa identificar alguma dificuldade para a compreensão do critério e das marcas de referência vinculadas ao mesmo. O segundo busca verificar se o conhecimento do usuário para avaliar o material é suficiente ou se houveram dificuldades para a escolha da resposta. Para complementar, foi deixada uma caixa para serem registradas as dúvidas ou comentários gerais, não sendo obrigatório o preenchimento para seguir para a próxima página.

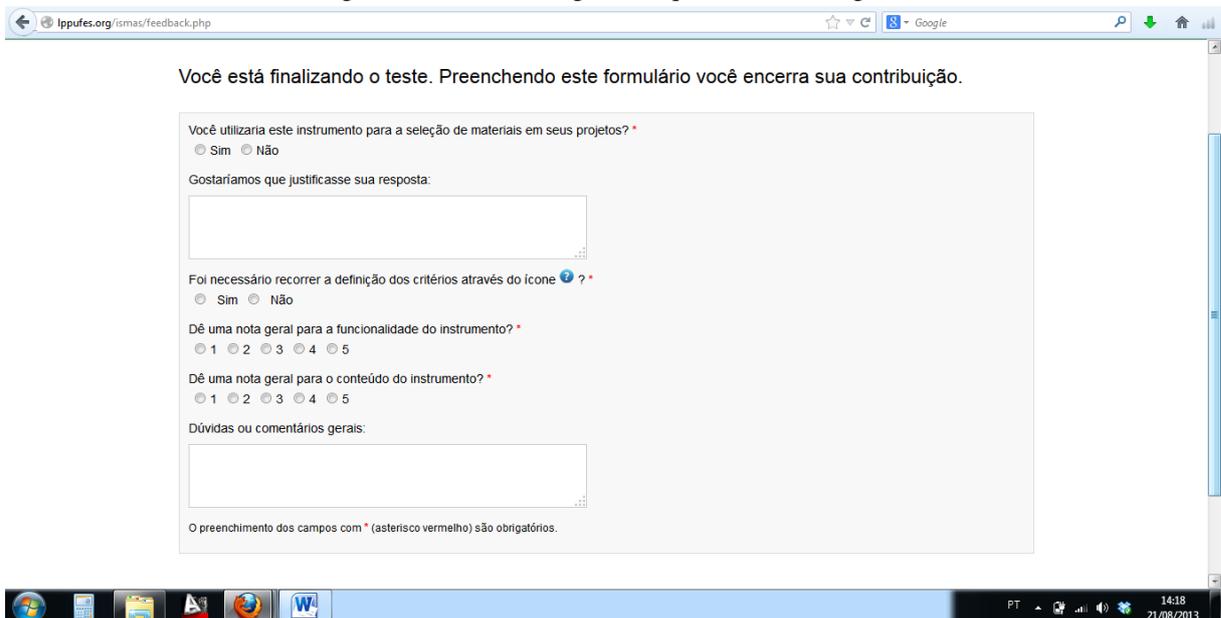
Figura 20: ISMAS – Página 5: destaque para as perguntas complementares



Na página 12 (figura 21), estão os questionamentos gerais sobre o instrumento. A primeira

pergunta objetiva identificar se o usuário utilizaria o ISMAS em sua prática profissional, vislumbrando, dessa forma, uma possibilidade de aceite ou não do instrumento por parte do profissional. Também é sugerida uma pergunta visando identificar se foi necessário recorrer às informações contidas no ícone , de modo a compreender se o conhecimento do profissional é suficiente ou se é necessário ter informações adicionais para o uso do instrumento. Por fim, é solicitada uma nota geral, tanto para o funcionamento, quanto para o conteúdo do instrumento, sendo deixadas caixas para o registro de dúvidas ou comentários.

Figura 21: ISMAS – Página 12: questionamentos gerais



The screenshot shows a web browser window with the URL `lppufes.org/ismas/feedback.php`. The page content is as follows:

Você está finalizando o teste. Preenchendo este formulário você encerra sua contribuição.

Você utilizaria este instrumento para a seleção de materiais em seus projetos? *

Sim Não

Gostaríamos que justificasse sua resposta:

Foi necessário recorrer a definição dos critérios através do ícone ? *

Sim Não

Dê uma nota geral para a funcionalidade do instrumento? *

1 2 3 4 5

Dê uma nota geral para o conteúdo do instrumento? *

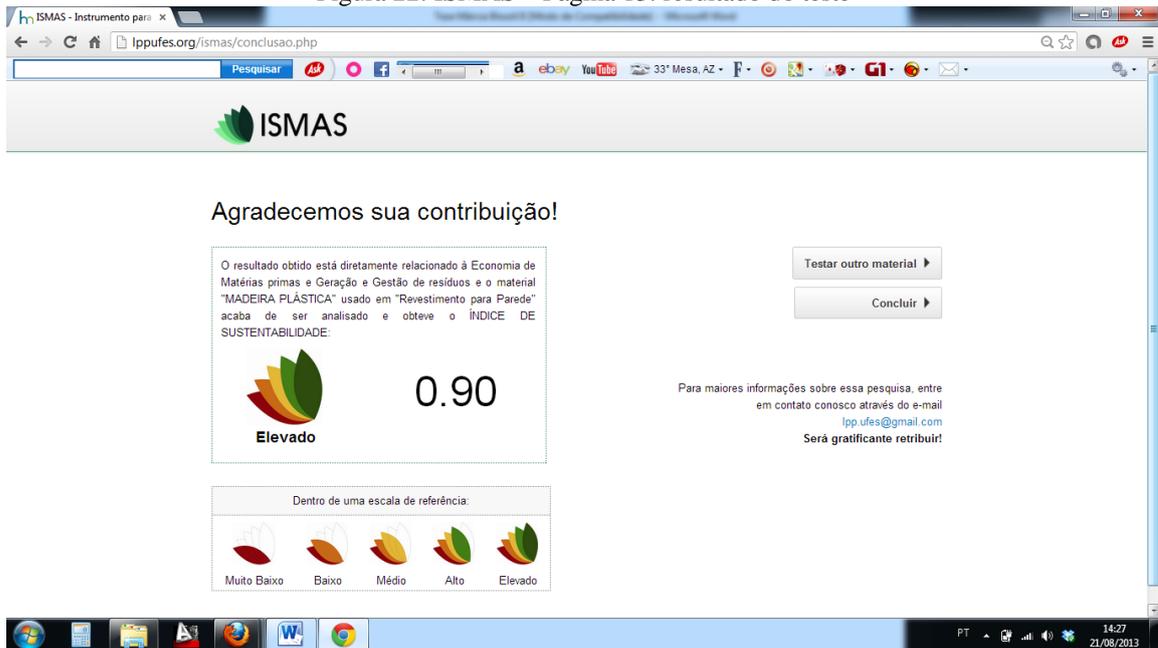
1 2 3 4 5

Dúvidas ou comentários gerais:

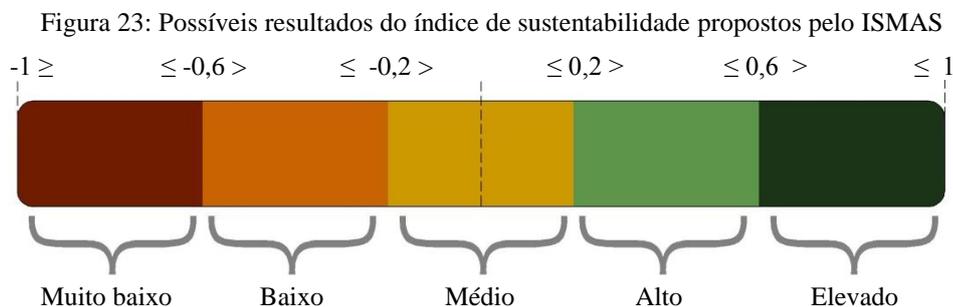
O preenchimento dos campos com * (asterisco vermelho) são obrigatórios.

A figura 22 exemplifica a apresentação do resultado do teste, destacando a relação do mesmo com o tema central do ISMAS. Caso o usuário queira testar outro material, poderá retornar acessando a tecla que direciona à página inicial. O resultado numérico é acompanhado pela identidade visual do índice de sustentabilidade atingido pelo material analisado.

Figura 22: ISMAS – Página 13: resultado do teste

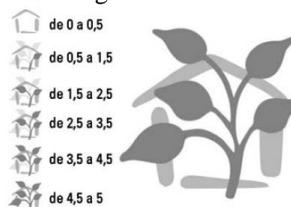


Para representar o resultado final, ou seja, o índice de sustentabilidade atingido pelo material foi definida a escala de qualificação para o ISMAS (figura 23), com variações que percorrem os valores de -1 a 1, e também associados a uma escala de cores representativas.



Um modelo de representação do resultado da avaliação da sustentabilidade de edifícios considerado para o ISMAS é o proposto pela Herramienta Verde (MACÍAS; NAVARRO, 2010), com o número de “folhas sustentáveis” (figura 24). Embora a representação nesta forma seja uma simplificação, a adoção de uma linguagem simples incentiva o uso, além de tornar o instrumento aprazível.

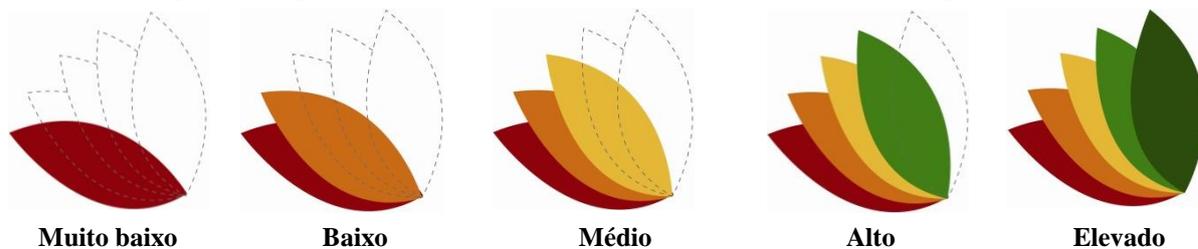
Figura 24: O número de folhas representa o grau de sustentabilidade atingido na Ferramenta Verde



Fonte: Macías; Navarro, 2010, p.100.

Baseado nesse conceito foi desenvolvida uma representação gráfica para o ISMAS e que permite a rápida apreensão do resultado, bem como o estabelecimento de uma identidade visual (figura 25), associada também a uma escala de cores, para que desta maneira, os resultados sejam expressos de forma mais facilmente compreensível.

Figura 25: Representação visual do índice de sustentabilidade do material pelo ISMAS



Vale destacar ainda que, para o uso efetivo, o projetista deve considerar os materiais conforme tradicionalmente são especificados, e que atendam minimamente às normas técnicas e recomendações de produção, instalação, uso e manutenção.

INTRODUÇÃO

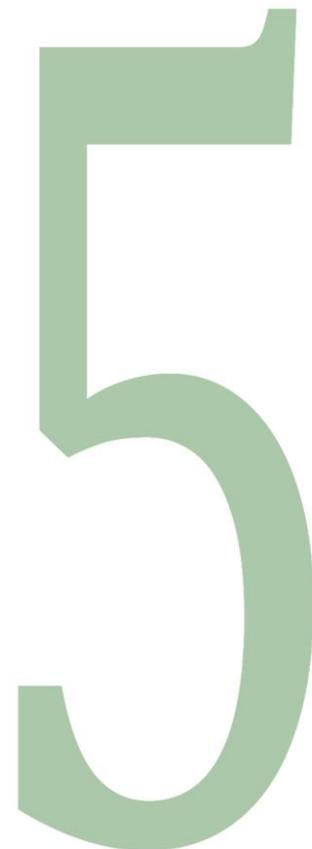
OBJETIVOS E
PROCEDIMENTOS
METODOLÓGICOS

ABORDAGEM TEÓRICA À
PROPOSTA DA TESE

O INSTRUMENTO

TESTES E AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS

CONSIDERAÇÕES FINAIS



5 TESTES E AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS

Os testes são aqui considerados uma forma de aferir o instrumento, seja em relação aos conceitos apresentados, à clareza na estrutura, aos dados disponibilizados e também para medir os resultados obtidos. Em cada etapa, os testes foram fundamentais para auxiliar no aprimoramento visando a melhor usabilidade do ISMAS.

5.1 RESULTADOS DO TESTE PILOTO

Entende-se como teste piloto ao realizado na etapa 1. Um dos principais resultados produzidos foi a constatação de que a quantidade de critérios proposta inicialmente, inviabilizaria o uso do ISMAS por profissionais inseridos no mercado de trabalho, devido à dimensão do mesmo e à amplitude conceitual envolvida.

Foi verificada neste teste a necessidade de ajustes, pois algumas informações não foram transmitidas com detalhes ou clareza suficientes para que o projetista pudesse utilizar o instrumento de forma prática, sem a necessidade de envolver outros profissionais. Outro fator que também dificultou uma pesquisa básica foi a carência de informações, seja por alguns assuntos serem recentes e com pouca produção de dados, seja pelas poucas informações disponibilizadas por produtores/ fabricantes, dificultando também o desenvolvimento de pesquisas básicas. Os resultados preliminares foram apresentados durante o VI ENECS/ IV ELECS e publicados em Bissoli e outros (2011).

Com os resultados obtidos, o instrumento passou por ajustes e foi necessário aprofundar as pesquisas no sentido de realizar um recorte conceitual. O ISMAS foi reformatado e com base em diversos documentos, principalmente as propostas das Agendas 21, teve o foco ajustado.

5.2 RESULTADOS DO TESTE ACADÊMICO

Denominou-se teste acadêmico ao procedimento realizado na etapa de 2. As maiores dificuldades apontadas pelos envolvidos foram a falta de conhecimento das características dos materiais, sendo identificados depoimentos que afirmam que o próprio pesquisador deveria

possuir mais informações.

Para esta etapa, o ISMAS foi entregue impresso e cada respondente calculou os resultados com o auxílio da fórmula de média ponderada. Este foi um fator que demandou um pouco mais de tempo e dedicação e foi um item considerado complexo.

Conceitualmente, foi sugerido que as definições de cada critério e as respectivas marcas de referências fossem disponibilizadas com maior clareza, para facilitar a compreensão, incluindo, quando possível, exemplos. Alguns pesquisadores sugeriram alterações e complementos textuais. Também foi feito um alerta em relação à similaridade de conteúdo apresentada nos critérios 1 e 8 (tabela 1). Após verificações, ambos tiveram o conteúdo remodelado, dando origem a um único critério.

Nos critérios em que as marcas de referência possuem relação umas com as outras – como os critérios 3 e 7, por exemplo – foram observadas algumas dificuldades na interpretação. Para este ajuste foi necessário alterar a ordem de apresentação das mesmas, propondo-se então iniciar pela menor marca (-1) e, sequencialmente, aparecer as demais.

O critério 5 foi o que gerou maiores dificuldades, pois suas respectivas marcas de referência estão condicionadas ao conhecimento da NBR 15.575 (ASSOCIAÇÃO..., 2013a). Foi proposto que para facilitar o entendimento do conteúdo, poderia ser disponibilizada junto ao critério a tabela da Norma que define a vida útil de projeto, apresentada anteriormente na tabela 2. Aqui também foi identificada a necessidade de indicar o local em que o material será utilizado, para melhor ajuste à proposta da tabela.

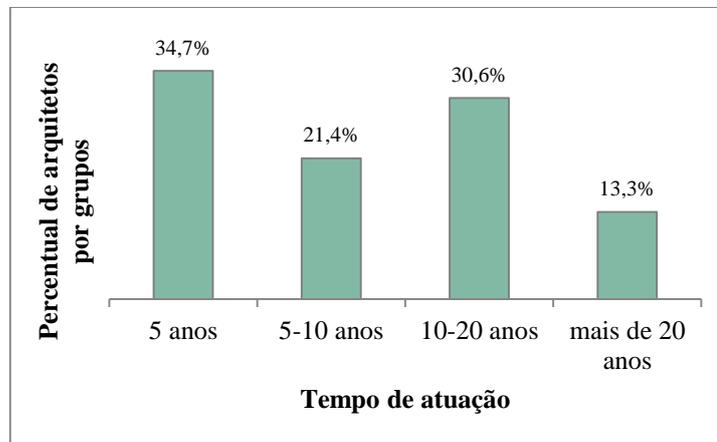
Os resultados do índice de sustentabilidade dos materiais avaliados não foram considerados, visto que o objetivo principal desta etapa foi testar a estrutura e a compreensão dos conceitos apresentados. Como principal resultado desta etapa, constatou-se a necessidade de aprimorar o sistema, no sentido de facilitar o uso e viabilizar o acesso pelo projetista. Assim surgiu a proposta do sistema para *web* ISMAS.

5.3 RESULTADOS DO TESTE COM PROFISSIONAIS

O teste com profissionais representa a etapa 3. O *link* do ISMAS foi acessado 328 vezes e foram concluídos 143 testes, sendo que foram convidados a participar 1922 profissionais. É possível

observar pelo gráfico 1, que não houve variação expressiva no tempo de atuação entre os percentuais de arquitetos envolvidos.

Gráfico 1: Tempo de atuação dos arquitetos que testaram o ISMAS



O objetivo principal deste teste foi identificar a percepção dos arquitetos em relação ao conteúdo e à estrutura proposta para o ISMAS, assim como a exequibilidade de uso. O tempo médio para a análise de cada material por meio do ISMAS foi de 6,32 minutos. Isso demonstra a viabilidade de uso prático do mesmo, diante do pouco tempo exigido para a análise da sustentabilidade de um material de construção.

5.3.1 RESULTADOS DA AVALIAÇÃO DOS CRITÉRIOS

Os resultados obtidos com as avaliações realizadas pelos profissionais estão resumidos no quadro 20. Foram destacadas as principais observações, sejam elas relacionadas às possíveis dificuldades para compreensão do conteúdo do material ou do próprio critério.

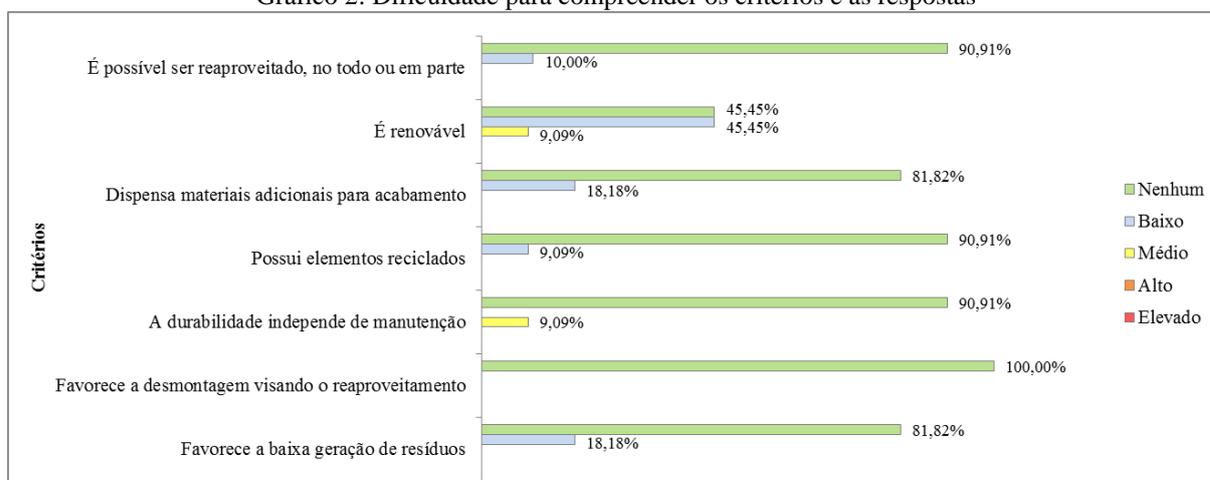
Quadro 20: Análise dos critérios com base nos testes feitos pelos arquitetos

Critérios		Comentários e análises
1	É possível ser reaproveitado, no todo ou em parte	Neste critério os arquitetos não apresentaram dificuldades para interpretação. O arquiteto Arq 60 fez uma observação em relação à viabilidade de reaproveitamento, pois acredita ser mais viável reaproveitar os materiais cujos quais possibilitam a fácil remoção.
2	É renovável	Neste critério foram avaliadas as características dos elementos que compõe o material, visando identificar se a fonte é renovável ou se as matérias-primas que o constituem são abundantes. Para tanto, é necessário conhecer a composição dos materiais. Contudo, a falta de conhecimento relacionado a este item foi um dos principais fatores mencionados para as dificuldades na análise (Arq 1/ Arq 89/ Arq 132).

3	Dispensa materiais adicionais para acabamento	Não houve registro de dificuldades. Acredita-se que o fato dos arquitetos trabalharem mais diretamente com especificação de materiais de acabamento, favoreceu a compreensão do conteúdo.
4	Possui elementos reciclados	Para facilitar a análise deste critério, foi registrado por vários arquitetos que os fabricantes deveriam disponibilizar informações para facilitar o conhecimento referente à composição dos materiais (Arq 1/ Arq 6/ Arq 46/ Arq 79/ Arq 301).
5	A durabilidade independe de manutenção	É necessário conhecer todas as características do material para essa análise, pois fabricantes diferentes podem produzir o mesmo material com qualidades diferentes, o que pode influenciar na durabilidade (Arq 34). O arquiteto Arq 46 destacou que a qualidade do material também contribui para a durabilidade do mesmo. Outro item que gerou comentários foi a relação da NBR 15.575 às marcas de referência desse critério. Como essa Norma teve a exigência de uso em data recente, os profissionais ainda não possuem conhecimento das informações contidas ou ainda não estão adaptados às exigências da mesma (Arq 6/ Arq 186/ Arq 194/ Arq 275). Acredita-se que essa Norma irá forçar os fabricantes, no sentido de disponibilizarem mais informações referentes aos materiais, como durabilidade, composição, reciclabilidade, por exemplo (Arq 70).
6	Favorece a desmontagem visando o reaproveitamento	Os arquitetos não demonstraram dificuldades neste critério. O Arq 194 destacou que para o reaproveitamento total do material, deve também considerar a maneira em que a montagem foi realizada.
7	Favorece a baixa geração de resíduos	De acordo com os relatos, vários fatores favorecem a baixa geração de resíduos, como o detalhamento do projeto e um bom planejamento, uma vez que podem evitar sobras e desperdícios (Arq 236/ Arq 112). Outra observação está relacionada à baixa qualidade dos materiais, que também conduz ao fortalecimento do problema mencionado (Arq 112). Além disso, o cálculo do quantitativo dos materiais a serem utilizados deve ser o mais preciso possível, devendo-se ter o acompanhamento de profissionais capacitados (Arq 63).

O gráfico 2 demonstra que a maioria dos arquitetos não tiveram dificuldades para a compreensão dos critérios e das respostas.

Gráfico 2: Dificuldade para compreender os critérios e as respostas

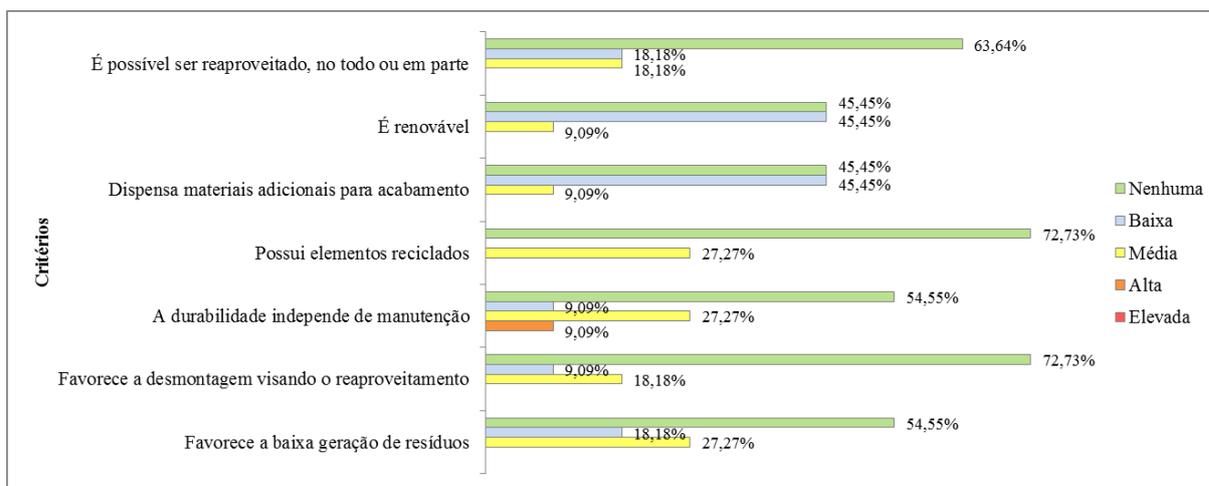


O Arq 320 registrou que o sistema estruturado em etapas facilitou o raciocínio e as perguntas simples ajudaram a manter o foco, além de facilitar a realização de todo o processo. Também

foi destacada a rapidez no uso (Arq 274); o fácil entendimento (Arq 329); a fácil utilização (Arq 251); a objetividade na estruturação (Arq 236); a praticidade e o fato de ser uma ferramenta inovadora (Arq 127), produzindo poucas dúvidas para arquitetos (Arq 134). Foram mencionadas também a clareza e a simplicidade como elementos positivos que dão suporte para a sustentabilidade, um assunto geralmente complexo e muitas vezes, confuso (Arq 112). Além disso, o ISMAS possui um importante papel de contribuir com a fixação de conceitos (Arq 184), e possuir base científica (Arq 246).

Quanto ao conhecimento referente ao material, o gráfico 3 demonstra que os profissionais apresentaram maiores dificuldades neste quesito, o que também foi confirmado pelos comentários registrados (Arq 1/ Arq 6/ Arq 46/ Arq 79/ Arq 89/ Arq 123/ Arq 132/ Arq 186/ Arq 194/ Arq 275/ Arq 301). As maiores discrepâncias mencionadas estão relacionadas, principalmente, ao conhecimento de normas técnicas e à composição dos materiais.

Gráfico 3: Dificuldade relacionada ao conhecimento do material



Outro fator discutido foi o custo. Os arquitetos Arq 262 e Arq 301 comentaram sobre a

necessidade de considerar o valor do material reaproveitado, se comparado a um novo. O Arq 67 ressalta que os benefícios que se somam ao reaproveitar um material, em perfeitas condições de uso, vão além do custo. Como exemplo, mencionou a redução de volumes de resíduos e áreas de descarte, a economia de matérias-primas e a geração de emprego.

Outra questão mencionada foi a relação do aspecto cultural ao reaproveitamento do material. Para o Arq 301, a cultura do reuso de materiais deve ser inserida aos poucos no mercado, impulsionada, em particular, pelos princípios da sustentabilidade. O Arq 132 destaca a necessidade de uma política forte de reuso, para que o usuário não tenha rejeição a um material que já foi utilizado.

5.3.2 RESULTADOS ADICIONAIS: TESTES DOS MATERIAIS

Como resultado adicional, é apresentado o índice de sustentabilidade alcançado pelos materiais testados, sendo que o resultado obtido está diretamente relacionado à Economia de matérias primas e Geração e gestão de resíduos. Foram listados 11 materiais, e o arquiteto escolhia a seu critério o material a testar. A tabela 6 quantifica os testes realizados destacando-se que os resultados não foram avaliados como certo ou errado, sendo consideradas as respostas que se repetiram em maior quantidade de vezes.

Tabela 6: Quantitativo de materiais testados pelo ISMAS

	Material	Respostas	
Vedação vertical interna	chapa de <i>drywall</i>	29	20,28%
	concreto	4	2,80%
	madeira	19	13,29%
	PVC	1	0,70%
	tijolo cerâmico	16	11,19%
	tijolo solo cimento	5	3,50%
Revestimen to para parede	cerâmica	17	11,89%
	madeira plástica	11	7,69%
	mármore	5	3,50%
	papel de parede	10	6,99%

tinta	26	18,18%
TOTAL	143	100%

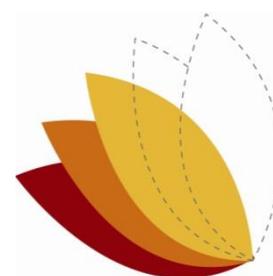
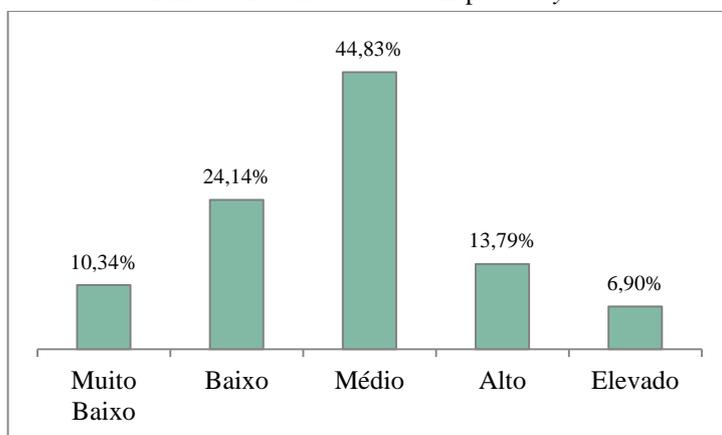
Foram considerados para a análise dos resultados adicionais, apenas os materiais testados por um percentual superior a 5%. Assim, foram desconsiderados os resultados do concreto, do PVC, do tijolo solo cimento e do mármore.

Foi constatado também que os esclarecimentos disponibilizados no ícone  foram suficientes para complementar o entendimento do critério, sendo que 9,79% dos arquitetos recorreram a tais esclarecimentos. Isso demonstrou que os critérios e as marcas de referências, estão autoexplicativos. Apenas o Arq 305 apontou que os conceitos precisariam ser mais amplos, pois considerou que estão muito resumidos. Neste sentido, a própria tese pode ser considerada o suporte teórico, onde os conceitos estão mais detalhados.

Chapa de *drywall*

Os testes realizados com a chapa de *drywall* para vedação vertical interna apresentaram o índice de sustentabilidade médio, e obteve como média final o valor 0,04. Em relação à média das respostas (gráfico 4), constatou-se que os resultados tendenciam para este índice, o que demonstra o direcionamento das escolhas feitas pelos arquitetos que testaram.

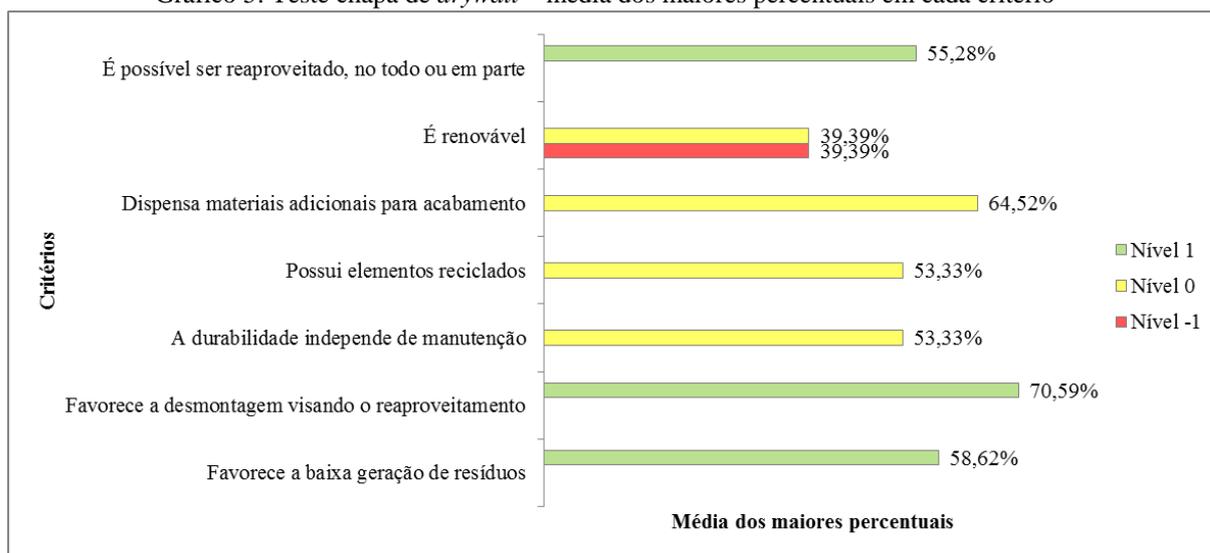
Gráfico 4: Resultado testes chapa de *drywall*



Índice MÉDIO

A chapa de *drywall* apresentou por meio das médias, em alguns critérios, resultados que direcionaram a um valor mais baixo (gráfico 5). Este fator é influenciado, principalmente porque a chapa de *drywall* necessita de materiais adicionais para o acabamento. Chamou a atenção o resultado alcançado para o critério renovável, pois obteve o mesmo índice para 2 níveis.

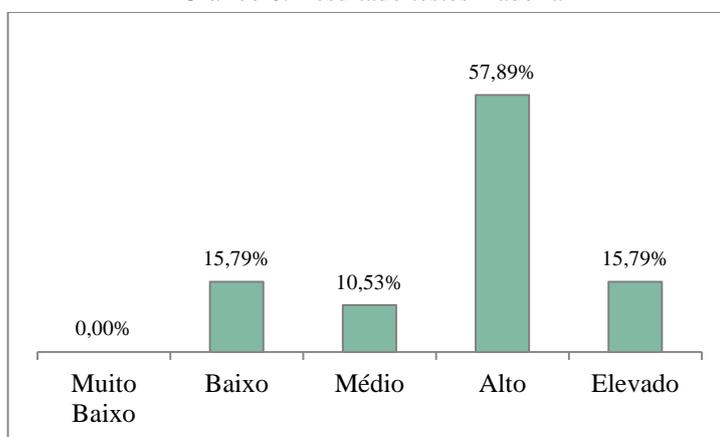
Gráfico 5: Teste chapa de *drywall* – média dos maiores percentuais em cada critério



Madeira

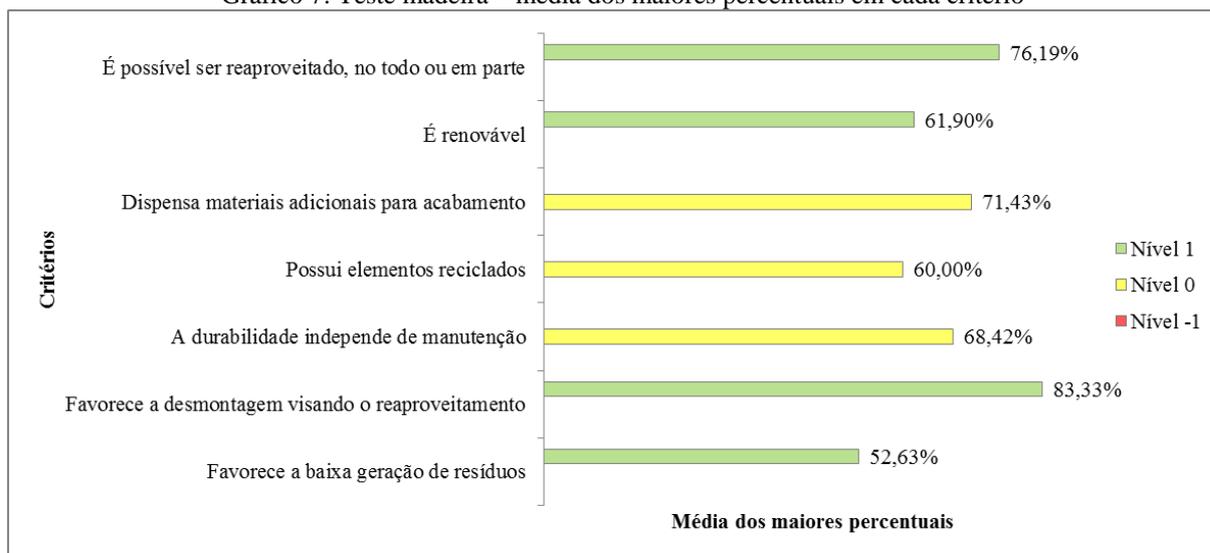
Os resultados do teste com a madeira para vedação vertical interna (gráfico 6) indicaram o índice de sustentabilidade alto e obteve como média final o valor 0,45. Como é um material que o arquiteto utiliza com frequência, isso favoreceu a interpretação dos critérios.

Gráfico 6: Resultado testes madeira



Pelo gráfico 7 é possível visualizar a média dos resultados das marcas de referência em cada critério. Os maiores percentuais de respostas estão atrelados ao nível 1, o que contribuiu para elevar o resultado final. Contudo, o resultado demonstrou que a madeira atingiu o índice alto de sustentabilidade e não o elevado, conforme hipótese inicial. Esse resultado sugere o amadurecimento do conceito de sustentabilidade da madeira usada na construção civil, cuja avaliação atual vai além do conceito superficial de material renovável.

Gráfico 7: Teste madeira – média dos maiores percentuais em cada critério



Devem ser levados em consideração alguns fatores que puderam influenciar no índice alto de sustentabilidade para esse material. Um desses elementos pode ser pelo fato de que a madeira utiliza materiais adicionais para proteção e necessita de manutenções constantes, bem como por não possuir elementos reciclados em sua composição.

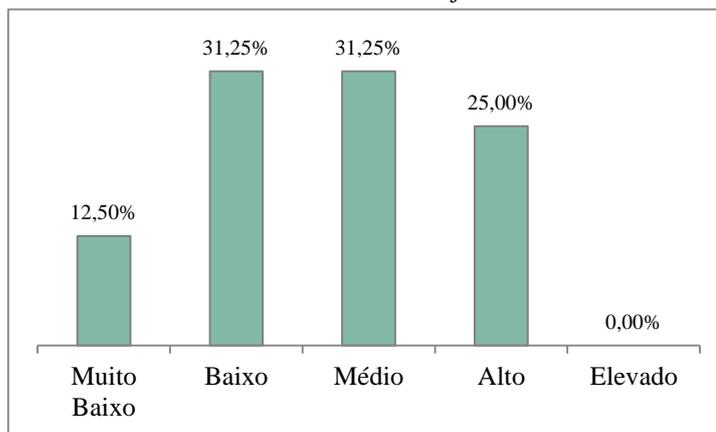
As respostas aos questionamentos complementares a cada critério demonstraram que, na média, não foram apresentadas dificuldades. Apenas um relato, destacou a falta de conhecimento referente à NBR 15.575, o que pode ter prejudicado a compreensão do critério relacionado à durabilidade.

Tijolo cerâmico

Os testes realizados com o tijolo cerâmico para vedação vertical interna demonstraram similaridades nos resultados (gráfico 8), assim, não foi possível obter um índice de sustentabilidade conclusivo para o material. Acredita-se que o fato do arquiteto não trabalhar corriqueiramente com a especificação deste material, foi um fator que levou ao resultado,

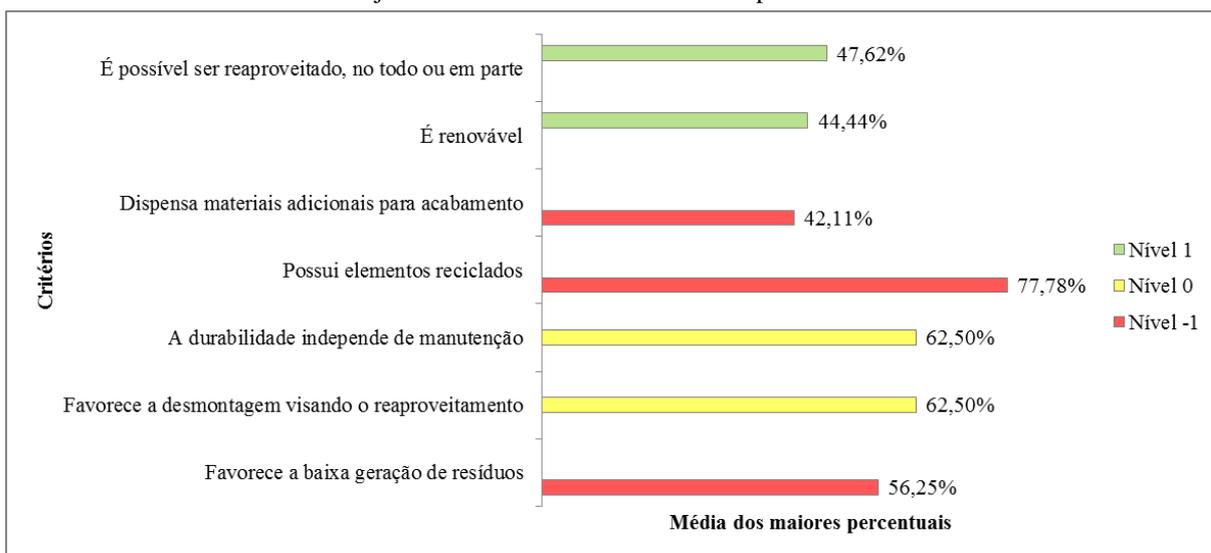
impulsionados pela falta de conhecimento de suas características. Também foi observada dupla interpretação em relação ao material visto que alguns arquitetos consideraram para a análise o tijolo cerâmico, e em alguns critérios o bloco cerâmico aparente (Arq 1; Arq 63).

Gráfico 8: Resultado testes tijolo cerâmico



Em relação às médias produzidas em cada critério (gráfico 9), é possível verificar uma tendência a um menor nível. Alguns fatores como a necessidade de materiais adicionais para o acabamento e o favorecimento da geração de resíduos contribuem nesse sentido.

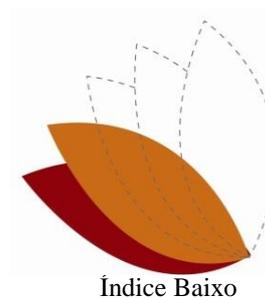
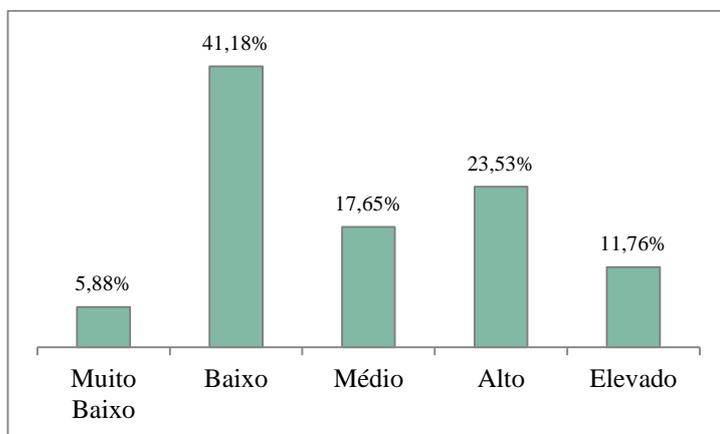
Gráfico 9: Teste tijolo cerâmico – média dos maiores percentuais em cada critério



Cerâmica

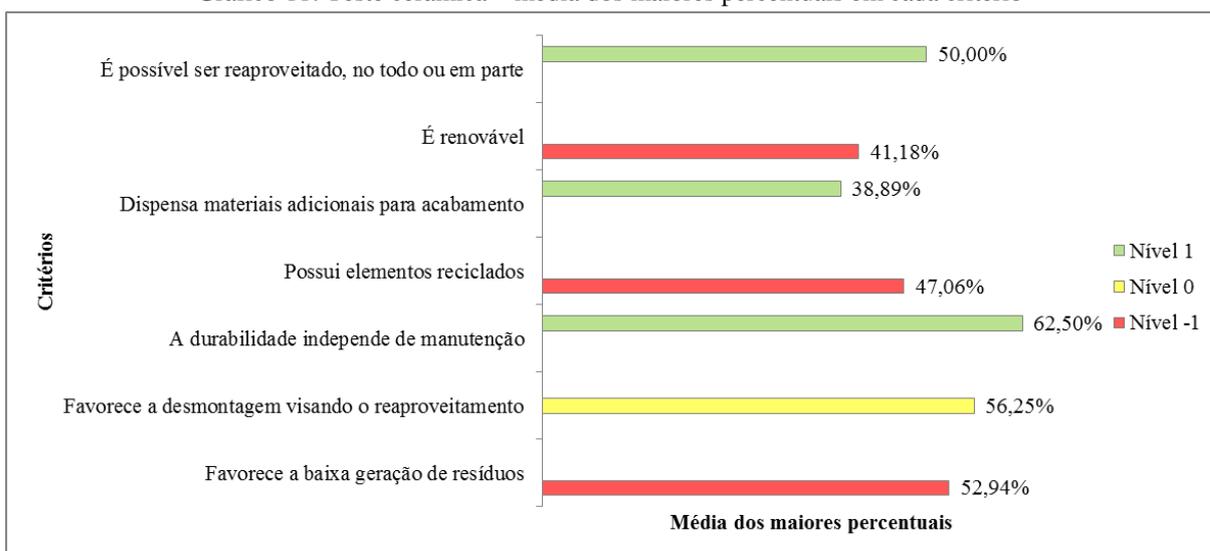
Os testes realizados com a cerâmica usada em revestimento para parede (gráfico 10) indicaram que o índice de sustentabilidade baixo, sendo obtido como média final o valor -0,41.

Gráfico 10: Resultado testes cerâmica



Por meio do gráfico 11, observa-se que ocorreram vários resultados médios para o nível -1. As características próprias desse material, como a geração de resíduos cooperaram neste sentido.

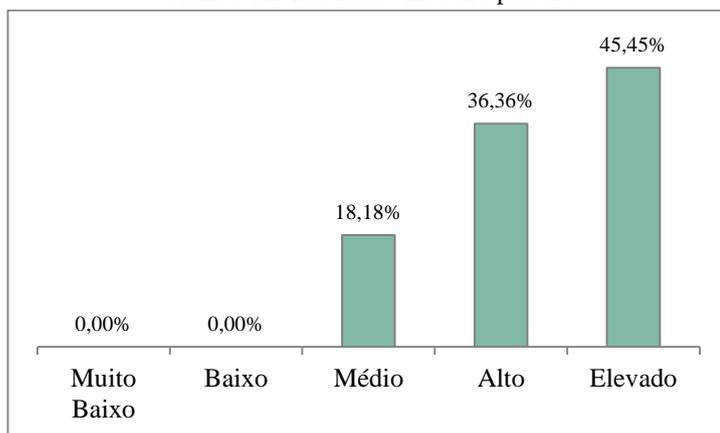
Gráfico 11: Teste cerâmica – média dos maiores percentuais em cada critério



Madeira plástica

Os testes com a madeira plástica, usada em revestimento para parede, evidenciaram que o índice de sustentabilidade deste material é elevado, e obteve como média final o valor 0,94. Quanto à média dos resultados obtidos, é possível verificar, pelo gráfico 12, que os mesmos convergem para o melhor índice.

Gráfico 12: Resultado madeira plástica

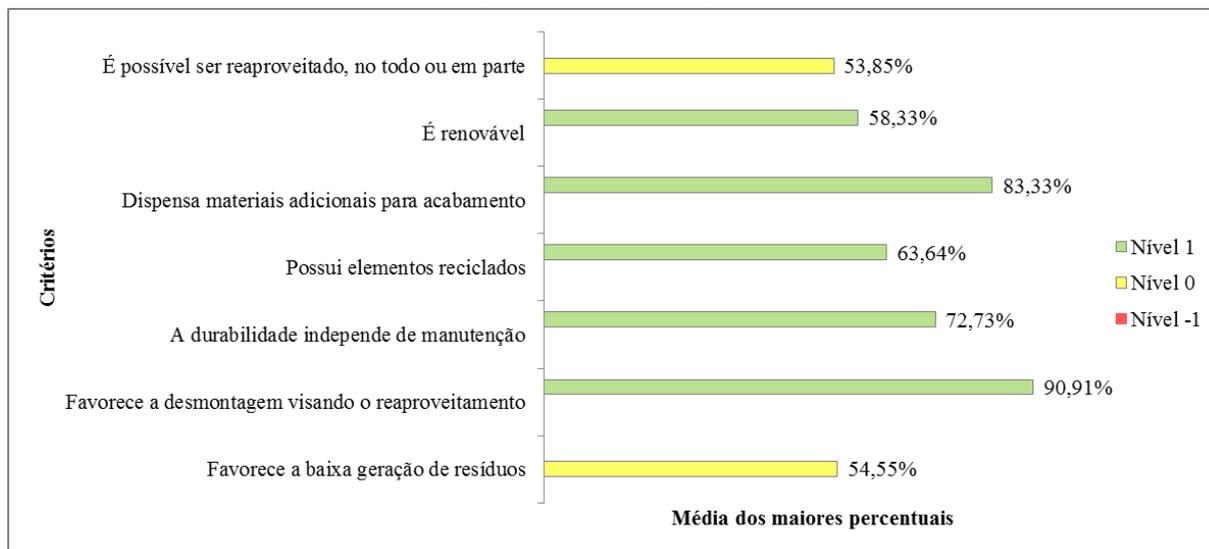


Índice Elevado

A madeira plástica obteve, na média, o nível 1 em quase todos os critérios do ISMAS (gráfico

13). Mesmo sendo considerado um material novo no mercado¹⁰, o apelo sustentável vinculado ao mesmo já o indica como uma tendência, quando se trata da sustentabilidade dos materiais.

Gráfico 13: Teste madeira plástica – média dos percentuais em cada critério

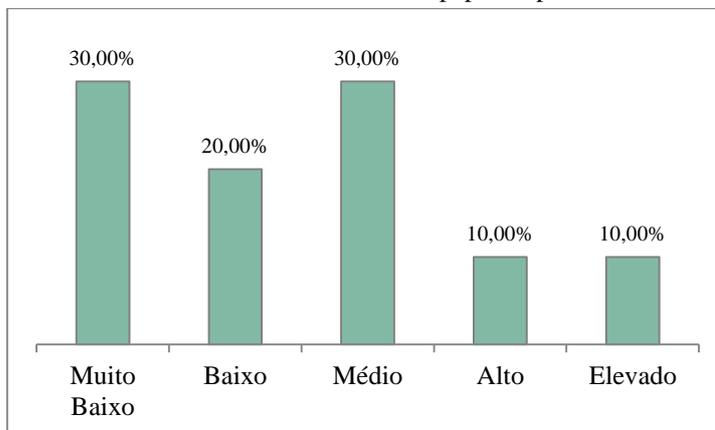


Papel de parede

Os testes feitos com o papel de parede apresentaram similaridades nos resultados (gráfico 14), assim, não foi possível obter um índice de sustentabilidade conclusivo para o material. A falta de conhecimento das características desse material foi um dos principais fatores que ocasionaram a diversificação nos resultados, conforme comentado por diversos arquitetos (Arq 6; Arq 46; Arq 79; Arq 236).

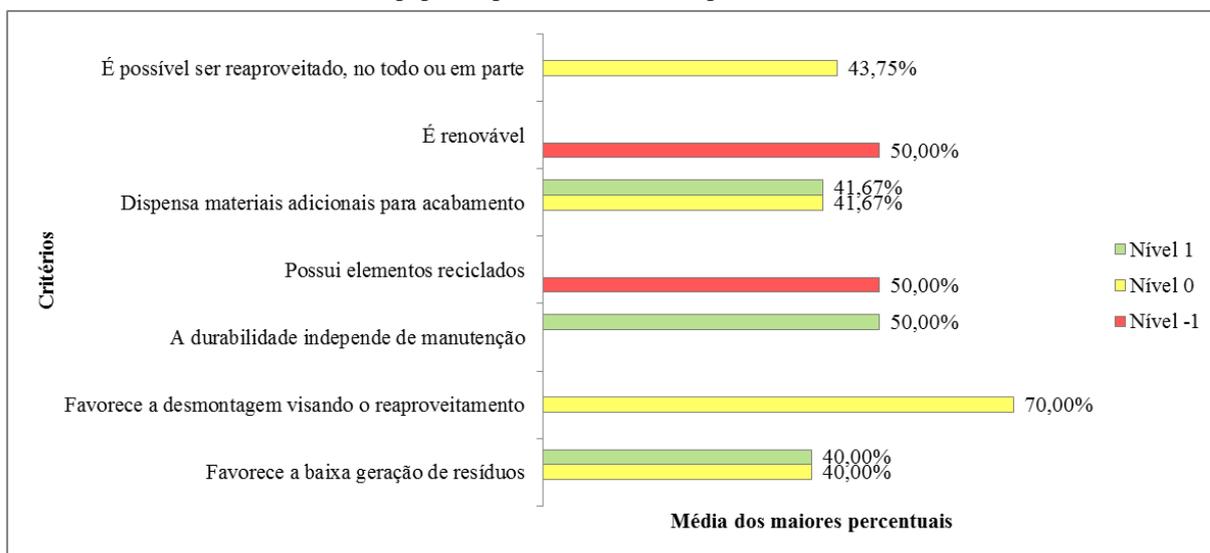
¹⁰ No início da década de 1990, nos EUA, o mercado começou a aceitar algumas tecnologias que utilizavam plásticos reciclados em moldes que substituíam a madeira natural em deques e cercas (OLIVEIRA; OLIVEIRA; COSTA, 2013).

Gráfico 14: Resultado testes papel de parede



Em relação às médias em cada critério (gráfico 15), é possível verificar a tendência para um menor nível. Destaca-se, também, a repetição de resultados idênticos. Um dos indícios para o fato é o pouco conhecimento por parte dos arquitetos, ou, até mesmo, a ausência de informações que contribuam para o estabelecimento de opiniões semelhantes sobre o material.

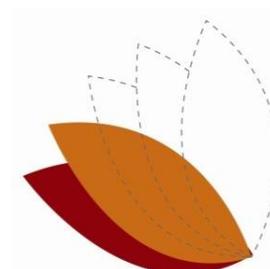
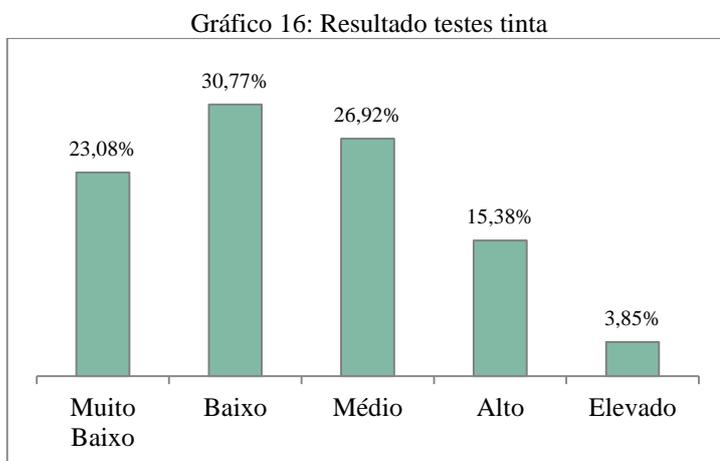
Gráfico 15: Teste papel de parede – média dos percentuais em cada critério



Tinta

Os testes com a tinta para revestimento de parede apresentaram resultado baixo para o índice de sustentabilidade e obteve como média final o valor -0,35. O gráfico 16 apresenta as médias

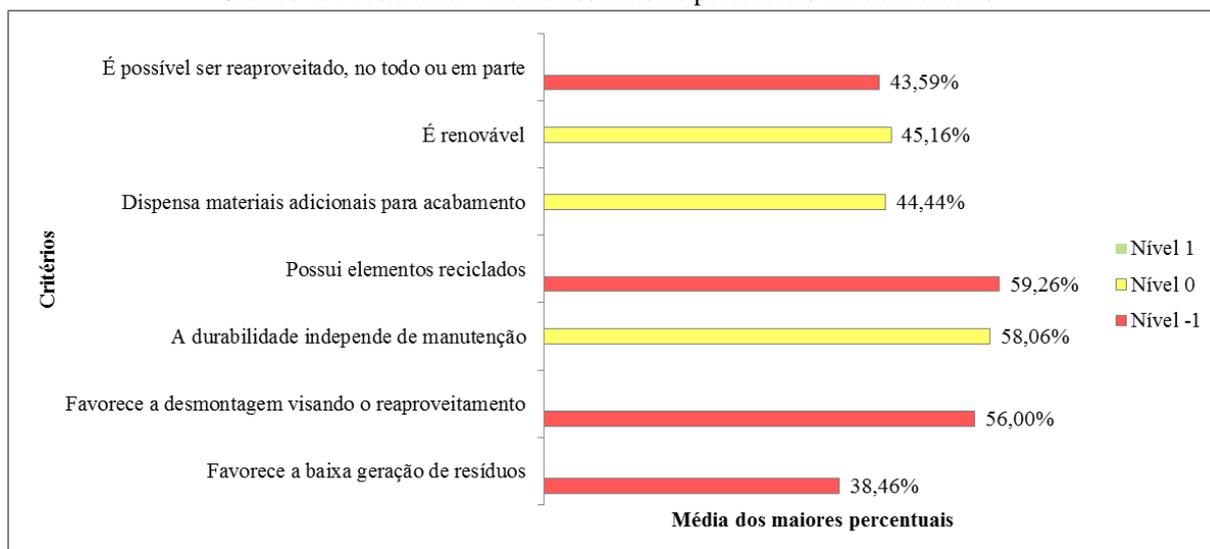
dos resultados, sendo possível verificar que o índice final converge para índices menores.



Índice Baixo

É possível visualizar pelo gráfico 17 a predominância dos resultados nos níveis -1 e 0. Os resultados demonstram que as características da tinta confirmam que a mesma não é bem conceituada quando analisada pelos critérios de sustentabilidade propostos pelo ISMAS.

Gráfico 17: Teste tinta – média dos maiores percentuais em cada critério



5.3.3 RESULTADOS COMPLEMENTARES

Em geral, foi possível apontar diferentes caminhos que reforçam ou conduzem à produção de uma arquitetura mais sustentável, com base na seleção de materiais. Com o uso do ISMAS, o arquiteto poderá especificar o material sob outro ponto de vista, ampliando o leque dos critérios de seleção (Arq 243). É uma ferramenta de trabalho voltada ao mercado da construção civil, a qual necessita adequar-se às novas premissas aclamadas pela sustentabilidade (Arq 174). Especificar com base neste tema é também um fator que agrega diferenciais para o projeto e para o profissional (Arq 1/ (Arq 251).

De uma forma geral, o ISMAS foi bem recebido pelos arquitetos. Questionados se usariam ou não, 83,7% afirmaram positivamente. Dentre as justificativas pode ser mencionado o fato de não gerar custo (Arq 112); fácil uso (Arq 312); útil para o que se propõe (Arq 236); disponibiliza conhecimento adicional sobre o assunto, por também ser uma ferramenta didática e incentivar a reflexão sobre o nível de sustentabilidade dos materiais a utilizar (Arq 112); e auxilia de uma forma simples o profissional (Arq 154).

O Arq 230 afirmou que, mesmo não estando inserido no meio acadêmico, achou possível ser utilizado na prática projetual, destacando a importância do instrumento dentro dos dois temas que propõe atingir. O Arq 79 e o Arq 235 comentaram que, na eventual indecisão referente à escolha de um material, o ISMAS poderia ser um elemento adicional para o desempate.

Por outro lado, 16,3% dos arquitetos afirmaram que não utilizariam. Para o Arq 141 o ISMAS contempla muitas variáveis e dificulta a compreensão pelos profissionais não inseridos em pesquisas científicas. Já o Arq 194 comenta que não utilizaria pela pouca experiência com este tipo de ferramenta. Com o uso, os profissionais tendem a se acostumar com a metodologia e até os resultados tendem a ser mais precisos (Arq 112). O Arq 60 comentou que pelo fato de ainda não conhecer, não se sente seguro em usá-lo.

O Arq 186 acredita que, em geral, as especificações de materiais possuem um padrão no mercado. O arquiteto considera isto como referencial básico, onde os critérios levam em consideração a opção por materiais mais comuns e financeiramente mais econômicos. Menciona que usaria o ISMAS para um empreendimento que buscasse um menor impacto ambiental, ou seja, que tivesse um foco específico.

Acredita-se que se houver disponibilidade de dados sobre os materiais, por parte dos fabricantes, mais coerente será a avaliação dos critérios pelo ISMAS (Arq 46/ Arq 301). Destaca-se, neste sentido, a possibilidade de ampliação do foco do instrumento e o aperfeiçoamento do mesmo. Analisar a sustentabilidade dos materiais ainda é considerada uma atividade difícil, pois são muitas as informações necessárias. Contudo, a proposição de ferramentas como esta contribuirá para os avanços científicos na área (Arq 135), além de despertar na sociedade e governantes a iniciativa de adotar a sustentabilidade como princípio para as construções (Arq 127). Assim, ocorre também a valorização do imóvel por adotar diferenciais, se comparado aos tradicionalmente construídos (Arq 134).

O ISMAS pode ser considerado um *check list* para direcionar, objetivamente, na escolha de um material de menor impacto, sob determinados aspectos (Arq 243). Pode ser considerada também uma ferramenta de consulta sobre os conceitos que permeiam o instrumento, e que contribuirá com a compreensão da sustentabilidade dos materiais (Arq 51 / Arq 247), podendo também facilitar as pesquisas do arquiteto (Arq 233). É uma ferramenta com potencial para contribuir com a construção de edificações ambientalmente mais conscientes (Arq 238), e por estimular a pesquisa para o conhecimento dos materiais (Arq 212).

Como possibilidades para aprimoramentos do ISMAS, foram sugeridos a inserção de critérios que pudessem ampliar a temática (Arq 64 / Arq 135); a consideração de materiais regionais (Arq 301); além da sugestão de propor outra versão onde os materiais mais adequados seriam indicados a partir do critério que se pretendia atingir (Arq 311).

Por fim, a partir de uma escala que varia de 1 a 5, foram computadas as notas médias para a funcionalidade do ISMAS, atingindo-se o valor de 3,9. Em relação ao conteúdo disponibilizado no ISMAS, a nota média foi 3,97. Isso representa um resultado positivo e satisfatório, se considerado o fato de ser uma ferramenta nova, fundamentada em conceitos não adotados como premissa na seleção de materiais pelos profissionais imersos no mercado.

O ISMAS foi proposto para avaliar a sustentabilidade de qualquer material de construção. Entretanto, diante da quantidade de materiais existente em uma edificação, sugere-se que sejam considerados para a análise os mais representativos, como por exemplo, os materiais usados em maior quantidade, ou qualquer outro recorte que justifique a significância.

Em paralelo aos testes com profissionais, como estudo complementar, foi feito o teste dos

materiais tradicionalmente utilizados em creches públicas na RMGV, somado a outros materiais sugeridos para as mesmas aplicações (LOPES, BISSOLI-DALVI, ALVAREZ, 2013). Estes materiais foram sugeridos por estarem disponibilizados na região e possuírem algumas características de baixo impacto ambiental. Os materiais tradicionais alcançaram índices de sustentabilidade relativamente menores, se comparados aos materiais sugeridos.

Em relação ao custo, os materiais sugeridos também possuem valores maiores. Isso pode ser explicado, provavelmente, pelo fato da sociedade ainda não exigir soluções que envolvem diferenciais como a sustentabilidade. Outro fator relevante é que devido à baixa procura, não há um incentivo para a sua produção, tendo, conseqüentemente, uma reduzida oferta no mercado, fazendo com que os valores para a aquisição sejam elevados. Assim, acredita-se que a partir do incremento do conceito de sustentabilidade na escolha dos materiais, haverá uma maior procura no mercado, acarretando na redução de seus preços e, em contrapartida, no aumento do valor dos materiais que não possuem relação com a sustentabilidade.

Os testes foram fundamentais para a estruturação do ISMAS, observando-se que em cada etapa, os resultados proporcionaram melhorias significativas na estrutura e nos conceitos propostos. O teste final com os profissionais possibilitou a avaliação do ISMAS como ferramenta de suporte projetual. As informações registradas contribuíram para a compreensão das possíveis dificuldades que os usuários terão no uso do instrumento, porém, também permitiram identificar que o instrumento aqui proposto é passível de ser utilizado pelo projetista na realidade atual.

Como possível aprimoramento do ISMAS, foi identificada a necessidade de inserção do termo “nível” (figura 26) nos critérios 1, 3, 5, 6 e 7 que em suas marcas de referência utilizam o mesmo para designar as três possíveis respostas (-1/ 0/ 1). Esse termo foi questionado (Arq 108/ Arq 247) pelo fato de não ter sido transcrito na versão utilizada para o teste. Para o ajuste, o termo deverá ser inserido.

Figura 26: A seta indica a inserção do termo “nível” junto às marcas de referências

ISMAS Você está analisando o material: **MADEIRA PLÁSTICA**
Revestimento para Parede

Critério 1 Critério 2 Critério 3 Critério 4 Critério 5 Critério 6 Critério 7

É possível ser reaproveitado, no todo ou em parte

Nível

-1 Não atendimento ao requisito mínimo estabelecido para o nível 0

0 É possível ser reaproveitado, contudo requer processamento industrial

1 É possível ser reaproveitado com mínimo processamento ou de forma direta, sem processamento

INTRODUÇÃO

OBJETIVOS E
PROCEDIMENTOS
METODOLÓGICOS

ABORDAGEM TEÓRICA À
PROPOSTA DA TESE

O INSTRUMENTO

TESTES E AVALIAÇÃO DOS
RESULTADOS

CONSIDERAÇÕES FINAIS



6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do posicionamento de diferentes autores, foi possível concluir que proceder à seleção de materiais de construção alicerçada nos princípios da sustentabilidade se torna viável mediante fatores como: a disponibilidade de informações mínimas; a praticidade proporcionada pela ferramenta de suporte à decisão projetual; além da ampliação do interesse pelo tema pelos consumidores que começam a exigir nova postura do setor da construção.

Em relação à **hipótese** levantada inicialmente, a mesma foi confirmada ao ser constatado por meio dos testes a usabilidade e a praticidade apresentadas pelo instrumento desenvolvido para avaliar a sustentabilidade dos materiais. O recorte temático reforçou o objetivo de ser prático, sendo considerado uma ferramenta passível de ser utilizado em paralelo às atividades projetuais, mediante a simplificação proposta e o pouco tempo demandado para o uso.

Revisando a **metodologia** é possível notar que foi constituída por etapas consideradas sequenciais e suficientes para a concretização da pesquisa. Em cada uma, o objeto de estudo foi aperfeiçoado e os ajustes favoreceram o formato final, seja na estrutura ou nos conceitos.

Durante o processo foi necessário recorrer a **situações não previstas** inicialmente, que promoveram limitações como a necessidade de submissão da estrutura do ISMAS para aprovação no Comitê de Ética em Pesquisas com seres humanos, a redução do instrumento e a sensibilização das pessoas para participar dos testes.

A simplificação do instrumento culminou no redirecionamento da pesquisa, sendo justificados os critérios para tal recorte. Para tanto, foram selecionadas novas bibliografias complementares para atender a tais expectativas. A quantidade e a complexidade das informações, além do tempo demandado foram fatores que direcionaram à redução da estrutura proposta para o ISMAS, para torná-lo amigável e não limitar a inserção imediata do mesmo na prática projetual. Para sua adoção, fez-se necessário investir em uma nova visão no processo de projeto (BISSOLI-DALVI et al., 2013).

Mesmo apresentando uma conceituação teórica ampla, os limites foram impostos pelas dificuldades identificadas na ausência de informações que deveriam ser disponibilizadas pelos

fabricantes para avaliar determinados aspectos. Um exemplo é a carência de informações a respeito do conteúdo dos materiais.

A necessidade de sensibilizar as pessoas para participar do processo também foi um fato imprevisto. O sistema para *web* desenvolvido facilitou a cooperação no teste final. As situações mencionadas foram problemas identificados durante o processo que demandaram um prazo maior para a conclusão da tese, sendo a mesma concluída em 4 anos.

Ao longo do trabalho foram apresentados conceitos, definições e elementos que contribuíram para o entendimento da sustentabilidade no processo de seleção de materiais, sempre à luz do objetivo principal e dos objetivos específicos. Os **objetivos** foram totalmente cumpridos. Os indicadores de sustentabilidade para seleção de materiais foram definidos e posteriormente relacionados aos critérios, sendo promovido o recorte conceitual dos mesmos, dentro de aspectos conceituais específicos. Com a estrutura definida, o instrumento foi desenvolvido e testado. Também foi comprovada a usabilidade pela aprovação, por parte dos arquitetos, da linguagem adotada e da praticidade de uso. Com os objetivos cumpridos, foi possível:

- disponibilizar um documento contendo informações básicas sobre os principais itens que contribuem para a compreensão da sustentabilidade dos materiais de construção;
- fornecer conhecimento acerca das principais ferramentas e metodologias com base sustentável, que contribuem para a seleção de materiais;
- disponibilizar uma ferramenta que também pode ser considerada orientativa para a seleção de materiais com aporte sustentável;
- aperfeiçoar o instrumento, com auxílio dos testes; e
- cooperar com a implementação de projetos que visam ser mais sustentáveis, em especial, na etapa de seleção de materiais.

Os objetivos foram reforçados ao serem respondidas as perguntas da pesquisa:

PERGUNTA 01: Quais critérios devem ser considerados no momento da escolha de materiais com ênfase na sustentabilidade?

Fazer uso de critérios com aporte sustentável é um fator a ser considerado no processo de seleção de materiais de construção. Tais critérios não devem dificultar o processo de projeto, e sim enriquecer e fomentar a maior criatividade, ao abrir novos questionamentos e propor

alternativas. A compilação das informações, provenientes especialmente das ferramentas de avaliação de sustentabilidade, foi necessária para descartar informações irrelevantes e selecionar as que refletem a sustentabilidade nos materiais. Assim, inicialmente, foram definidos e conceituados os indicadores de sustentabilidade atrelados a este conceito, e posteriormente, determinados os critérios para uma seleção de materiais com base na sustentabilidade. Para a definição dos critérios o suporte de ferramentas conceituais similares foi considerado um elemento fundamental.

PERGUNTA 02: Como delimitar tais critérios para que o instrumento seja de uso simples porém abordando os aspectos essenciais?

Nesta pesquisa, foram apresentados 30 critérios para auxiliar o projetista na seleção de materiais com base na sustentabilidade. Contudo, durante o processo alguns fatores apontaram para a necessidade da redução da estrutura, como a quantidade e a complexidade dos dados, a falta de informações mínimas necessárias e o tempo a ser demandado no uso de um instrumento complexo. Para favorecer a usabilidade, recorreu-se à simplificação, pois uma grande quantidade de critérios poderia dificultar a compreensão e a geração dos resultados.

Para tanto, os critérios foram reduzidos a partir de um recorte conceitual justificado, sendo adotadas as Agendas 21 como referencia principal para o procedimento. Com a identificação dos objetivos comuns identificados em cada Agenda, o foco de atuação foi reduzido a pontos relevantes, considerando a relação da sustentabilidade e dos materiais. Para complementar, também foi considerada a dimensão ambiental da sustentabilidade, pois no contexto do recorte proposto, os critérios relacionam-se diretamente com tal dimensão.

Assim, os critérios escolhidos visam melhorar o desempenho da sustentabilidade, com foco específico: economia de matérias primas e geração e gestão dos resíduos. Esse recorte foi necessário para tornar o ISMAS amigável e favorecer a inserção imediata na prática projetual. O desafio maior desta tese foi tornar possível a simplificação do ISMAS. A versão formatada no sistema para *web* possui direcionamento específico e é formado por 7 critérios.

PERGUNTA 03: Como sistematizar as informações para que o conhecimento produzido seja efetivamente útil ao arquiteto?

A seleção de materiais que também possui a premissa da sustentabilidade, requer instrumentos

de análises abrangentes. Estes instrumentos, entretanto, devem ser de fácil uso e apreensão, permitindo que sejam usados cotidianamente pelos profissionais e não se tornem obsoletos pela complexidade ou grande consumo de tempo. Muitas metodologias ou ferramentas vinculadas à avaliação de sustentabilidade possuem uma complexidade que induz, inevitavelmente, à necessidade de suporte, seja com consultores específicos ou profissionais autorizados.

O ISMAS foi proposto com a finalidade de ser simples para a utilização e gratuito, para que contribua com a tomada de decisão pelos profissionais preocupados com uma nova realidade. Os testes comprovaram tal exequibilidade. O uso constante de instrumentos como o ISMAS, contribui para a absorção das informações contidas e para a afirmação do uso.

Alguns artigos já foram publicados a partir dos resultados intermediários da pesquisa, tais como Lucas e outros (2010); Bissoli-Dalvi e outros (2011); Bissoli-Dalvi; Rembiski; Alvarez (2011); Soares; Fernandes; Bissoli (2011); Bissoli-Dalvi; Alvarez; Saelzer (2012); Bissoli-Dalvi e outros (2013a); Bissoli-Dalvi e outros (2013b); Lopes; Bissoli-Dalvi; Alvarez (2013). Essa é, a princípio, uma forma de tornar o ISMAS conhecido, para que, efetivamente, possa ser utilizado pelos arquitetos. Com os resultados finais, será possível ampliar a divulgação por meio de novos artigos a serem publicados em revistas indexadas e eventos científicos.

PERGUNTA DA TESE: É possível oferecer ferramentas ao projetista para que a seleção de materiais considere também conceitos sustentáveis, e que tenha uma abordagem específica?

A proposição do ISMAS reúne os princípios da sustentabilidade, sob determinado recorte, em um instrumento de suporte ao projetista, sendo comprovado o uso prático por meio dos testes realizados. Verificou-se que o instrumento é de fácil compreensão e que seu uso pode ser incrementado no processo de projeto, entre outros fatores, pelo pouco tempo demandado para a obtenção de resultados. O processo de levantamento de dados – indicadores –, o recorte temático e os ajustes foram impulsionados pelas situações não previstas.

Os resultados favorecem os esclarecimentos dos **problemas** detectados. Entre outros fatores, o instrumento beneficia, por exemplo, a conscientização da redução dos impactos causados pelos resíduos. Além disso, contribui para a conscientização da finitude dos recursos naturais disponíveis e do uso adequado dos mesmos. Ter a sustentabilidade como mais um referencial para a seleção de materiais favorece a consolidação de novos conceitos e o atendimento a novos

desafios impostos com a evolução da construção.

Em relação à **abordagem teórica**, foi possível identificar, no cenário nacional e internacional, estudos que propõem formas de selecionar os materiais de construção com base na sustentabilidade. Contudo, ainda é incipiente, na prática projetual o uso efetivo. Essa barreira é impulsionada, principalmente, pela necessidade de simplificar as metodologias existentes, para que as ferramentas sejam passíveis de serem utilizadas pelo profissional imerso no mercado de trabalho.

O referencial teórico da tese possibilitou também a comprovação da carência de informações necessárias para auxiliar na análise de aspectos inerentes à sustentabilidade dos materiais, além da falta de metodologias nacionais de avaliação ambiental que sejam simples e acessíveis. Foi possível verificar ainda a ausência de um banco de dados brasileiro que auxilie, por exemplo, na identificação dos principais impactos ambientais sobre os materiais.

Quanto aos **testes**, os dados obtidos possibilitaram a avaliação positiva do ISMAS, ao comprovar a viabilidade de uso prático e objetivo, além da facilidade de compreensão pelos usuários e da necessidade de pouco tempo para uma simulação. Como resultados adicionais, a tese apresenta o índice de sustentabilidade dos materiais utilizados como exemplos nos testes com os profissionais atuantes no Estado do Espírito Santo.

Como **contribuições**, pretende-se que benefícios significativos sejam proporcionados aos projetistas, por ser um caminho que direciona à compreensão da sustentabilidade vinculada aos materiais de construção. Em paralelo, é um instrumento considerado de interesse para as tarefas do ensino e da educação. Além disso, poderá cooperar para os avanços no processo de projeto, com a melhoria dos padrões de sustentabilidade das edificações, e com a conscientização dos agentes envolvidos. Com a consolidação do ISMAS, o mesmo pode se tornar uma referência ao projetista que deseja ou necessita especificar os materiais visando à sustentabilidade. Numa perspectiva mais aplicada, a contribuição consiste em demonstrar a importância de se considerar os pressupostos da sustentabilidade na seleção dos materiais.

Destaca-se que não se pretende esgotar as possibilidades e opções, caracterizando-se esta como um estímulo para aprimoramentos que se façam necessário. Esta é uma proposta inicial para a avaliação da sustentabilidade dos materiais de construção, para inserção imediata na prática projetual. Novos caminhos de pesquisa podem ser abertos a partir desta tese, visto que a escolha

dos materiais é apenas um dos itens que contribui para a sustentabilidade de uma edificação, sendo necessário somar outros temas na estrutura do ISMAS para uma avaliação completa.

A **continuação** da pesquisa tende a culminar com desdobramentos como a proposição de instrumentos similares com diferentes focos de atuação direcionados, por exemplo, às demais categorias apresentadas inicialmente. Outra possibilidade é a estruturação de uma versão abrangente, considerada completa, por adotar diferentes abordagens, envolvendo diversos indicadores de sustentabilidade. Desta pesquisa podem originar alternativas para ampliar o conhecimento com vistas à seleção de materiais mais sustentáveis e, conseqüentemente, à proposição de edificações mais sustentáveis.

O ISMAS, enfim, é uma proposição inicial para medir a sustentabilidade dos materiais de construção, com ênfase em aspectos específicos, oferecendo, dessa maneira, uma contribuição pontual para a inovação e para o avanço no processo de seleção de materiais. Uma vantagem adicional proporcionada pelo instrumento é o fato de não gerar custos.

REFERÊNCIAS



REFERÊNCIAS

- 1 ABEYSUNDARA, U. G. Y.; BABEL, S. GHEEWALA, S. A matrix in life cycle perspective for selecting sustainable materials for buildings in Sri Lanka. **Building and environment**, v. 44, n. 5, p. 997-1004, mai. 2009. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132308001741>>. Acesso em: 17 out. 2012.
- 2 ACSELRAD, H.; MELLO, C. C. do A.; BEZERRA, G. das N. (Org.). **Cidade, Ambiente e Política: problematizando a Agenda 21 local**. Rio de Janeiro: Garamond, 2006.
- 3 ADAM, R. S. **Ecoedifício: Interação entre ecologia, consciência e edifício**. São Paulo: Aquariana Ltda., 2001.
- 4 ADDIS, B. **Reuso de materiais e elementos de construção**. POSSO, C. D. (Trad.). São Paulo: Oficina de Textos, 2010.
- 5 AGENDA 21 brasileira: ações prioritárias / Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável e da Agenda 21 Nacional. 2. ed. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2004.
- 6 AGENDA 21 for sustainable construction in developing countries: a discussion document. Pretoria. South Africa: CIB & UNEP-IETC. 2002.
- 7 AGENDA Vitória: plano estratégico até 2028. Vitória, 2008. Disponível em: <http://www.vitoria.es.gov.br/seges.php?pagina=agenda_vitoria_oquee>. Acesso em: 21 set. 2012.
- 8 AHLROTH, S.; NILSSON, M.; FINNVEDEN, G.; HJELM, O.; HOCHSCHORNER, E. Weighting and valuation in selected environmental systems analysis tools: suggestions for further developments. **Journal of Cleaner Production**, v. 19, n. 2-3, p. 145-156, jan./fev. 2011. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652610001678>>. Acesso em: 10 set. 2012.
- 9 AHMAD, R.; KAMARUDDIN, S. An overview of time-based and condition-based maintenance in industrial application. **Computers & Industrial Engineering**, v. 63, n. 1. p. 135 - 149, ago. 2012. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360835212000484>>. Acesso em: 10 jan. 2013.
- 10 ALEXANDRE, J. W. C.; ANDRADE, D. F. de, VASCONCELOS, A. P. de, ARAUJO, A. M. S. da, BATISTA, M. J. Análise do número de categorias da escala de Likert aplicada à gestão pela qualidade total através da teoria da resposta ao item. IN: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 23.,2003, Ouro Preto. **Anais...**, Ouro Preto: ABEPRO, 2003, p.1-8.
- 11 ALEXANDRE, J. W. C.; FERREIRA, J. J. do A. Um estudo empírico da aplicação da GQT nas empresas manufatureiras de portes médio e grande do estado do Ceará. **Produto & Produção**, v. 5, n. 3, p. 33-47. 2001. Disponível em: <<http://seer.ufrgs.br/ProdutoProducao/article/view/1434>>. Acesso em: 23 ago. 2013.
- 12 ALI, H. H.; NSAIRAT, S. F. A. Developing a green building assessment tool for developing countries. **Building and Environment**. v. 44, n. 5, p. 1053-1064, maio 2009. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132308001868>>. Acesso em: 10 jan. 2013.
- 13 ALIGLERI, L. M. **A adoção de ferramentas de gestão para a sustentabilidade e a sua relação com os princípios ecológicos nas empresas**. 2011. 178 f. Tese (Doutorado em Administração) - Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.
- 14 ALTOÉ, E. S. **Diretrizes projetuais para edificações unifamiliares em toras de eucalipto no Espírito Santo**. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, 2009.
- 15 ALVAREZ, C. E. de; SOUZA, A. D. S. (Coord.). **ASUS: Avaliação de Sustentabilidade**. 2011. Disponível em: <<http://www.lppufes.org/asus/ferramenta.php#>>. Acesso em: 21 dez. 2011.

- 16 ALVES-MAZZOTI, A. J.; GEWANDSZNAJDER, F. **O método nas ciências naturais e sociais: pesquisa quantitativa e qualitativa**. 2. ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2001.
- 17 ARAÚJO, A. D. Práticas discursivas em conclusões de teses de doutorado. **Linguagem em (Dis)curso**. v. 6, n. 3, p. 447 - 462. set./ dez. 2006. Santa Catarina: UNISUL. Disponível em: <http://www.portaldeperiodicos.unisul.br/index.php/Linguagem_Discurso/article/view/345/366>. Acesso em: 27 out. 2013.
- 18 ARAÚJO, M. **A moderna construção sustentável**. Disponível em: <www.idhea.com.br/artigos1.asp>. Acesso em: 29 fev. 2012.
- 19 ARKIN, H.; COLTON, R. R. **Tables for Statisticians**. 2. ed. Nova York: Barnes & Noble. 1971.
- 20 ASHBY; M.F. **Materials selection in mechanical design**. Oxford: Butterworth-Heinemann, 1999.
- 21 ASHBY, M.F. Multi-objective optimization in material design and selection. **Acta materialia**. v. 48, n. 1, p. 359-369, jan. 2000. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1359645499003043>>. Acesso em: 13 fev. 2013.
- 22 ASHBY, M.; JOHNSON, K. **Materials and design: the art and science of material selection in product design**. 2. ed. Oxford: Butterworth-Heinemann - Elsevier. 2002. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/book/9781856174978>>. Acesso em: 13 fev. 2013.
- 23 ASHBY, M.F.; BRÉCHET, Y.; CEBON, D.; SALVO, L. Selection strategies for materials and processes. **Materials and Design**, v. 25, n. 1, p.51-67, fev. 2004. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0261306903001596>>. Acesso em: 18 jan. 2013.
- 24 ASHBY, M. F; SHERCLIFF, H.; CEBON, D. **Materials engineering, science, processing and design**. Oxford: Elsevier; 2007.
- 25 ASHRAE Standard 55-2204. **Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy**. American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers, Inc. Atlanta, USA, 2004.
- 26 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14.040: Gestão Ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e estrutura**. Rio de Janeiro, 2001.
- 27 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.575-1: Norma de Desempenho**. Rio de Janeiro, 2013a.
- 28 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.575-1: Edificações habitacionais – desempenho. Parte 1: Requisitos gerais**. Rio de Janeiro, 2013b.
- 29 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16.001: Responsabilidade social - Sistema da gestão - Requisitos**. Rio de Janeiro, 2004.
- 30 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Certificação de produtos ou serviços**. Disponível em: <http://www.abnt.org.br/m3.asp?cod_pagina=1012>. Acesso em: 11 dez. 2011.
- 31 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Perguntas frequentes**. Disponível em: <http://www.abnt.org.br/m2.asp?cod_pagina=963#>. Acesso em: 4 jun. 2011.
- 32 ATHENA Sustainable Materials Institute. Disponível em: <<http://www.athenasmi.ca/index.php>>. Acesso em: 29 nov. 2012.

- 33 BAGOZZI, R. P.; GOPINATH, M.; NYER, P. U. The role of emotions in marketing. **Journal of the academy of marketing science**. v. 27, n.2, p. 184-206, 1999. Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1177%2F0092070399272005#page-1>>. Acesso em: 08 set. 2013.
- 34 BALLESTEROS, M. J.; FERNÁNDEZ, M. D.; QUINTANA, S.; BALLESTEROS, J. A.; GONZÁLEZ, I. Noise emission evolution on construction sites: measurement for controlling and assessing its impact on the people and on the environment. **Building and Environment**. v. 45, n. 3, p. 711-717, mar. 2010. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132309002054>>. Acesso em: 25 jan. 2013.
- 35 BAÑOS, R.; MANZANO-AGUGLIARO, F.; MONTOYA, F. G.; GILA, C.; ALCAYDE, A.; GOMEZ, J. Optimization methods applied to renewable and sustainable energy: A review. **Renewable and sustainable energy Reviews**, v. 15, n. 4, p.1753-1766, maio 2011. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032110004430>>. Acesso em: 18 fev. 2013.
- 36 BARRETO, G. J. M.; CARNEIRO, C. A. G. V.; QUELHAS, O. L. G.; FISCHER, R. de C. A. A qualidade ambiental como diferencial competitivo em empresas da construção civil. In: ENCONTRO NACIONAL, 2.; ENCONTRO LATINO AMERICANO SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS, 1., 2001. Canela. **Anais...** Canela: ANTAC/UFRGS, 2001.
- 37 BELLEN, H. M. V. **Indicadores de sustentabilidade**: uma análise comparativa. 2002. 235f. Tese (Doutorado em Engenharia). Programa de Pós-Graduação de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2002.
- 38 BELLEN, H. M. V. **Indicadores de sustentabilidade**: uma análise comparativa. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2005.
- 39 BELLI, L.; BISEGN, F.; SPAD, G. Lighting in indoor environments: visual and non-visual effects of light sources with different spectral power distributions. **Building and Environment**. v. 46, n. 10, p. 1984 - 1992, out. 2011. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132311001004>>. Acesso em: 30 mar. 2013.
- 40 BERGE, B. **The ecology of building materials**. Oxford: Architectural Press, 2009.
- 41 BERTOLINI, L. **Materiais de Construção**. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.
- 42 BESSA, V. M. T. **Contribuição à metodologia de avaliação das emissões de dióxido de carbono no ciclo de vida das fachadas de edifícios de escritórios**. 2010. 286 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2010.
- 43 BIELEFELD, B. Prólogo. In: HEGGER, M.; DREXLER, H.; ZEUMAR, M. **Materiales**. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 2010.
- 44 BISSOLI, M. **Recomendações para a sustentabilidade da habitação de interesse social**: uma abordagem ao Conjunto Residencial Barreiros, Vitória (ES). 2007. 233f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, 2007.
- 45 BISSOLI, M. Sustentabilidade e educação ambiental no curso de Arquitetura e Urbanismo. **Cadernos de Arquitetura e Urbanismo (PUCMG)**. v. 17, n. 20, p. 119-131, 2012.

- 46 BISSOLI, M.; ALTOÉ, E. S.; ALVAREZ, C. E. de; SAELZER, G. E. F. Instrumento auxiliar na seleção dos materiais de construção alicerçados nos princípios da sustentabilidade: estudo de caso com eucalipto. In: ENCONTRO NACIONAL, 6. ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS, 4., 2011, Vitória. **Anais...** Vitória: ANTAC/UFES, 2011.
- 47 BISSOLI, M.; ALVAREZ, C. E. de. A inserção dos conceitos de sustentabilidade no ensino de arquitetura: experiências na Universidade Federal do Espírito Santo. In: ENCONTRO LATINO AMERICANO DE UNIVERSIDADES SUSTENTÁVEIS, 1., 2008,. Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: UPF, 2008.
- 48 20. BISSOLI-DALVI, M.; CALMON, J. L.; CASER, K. do C. Recomendações para a sustentabilidade do Conjunto Residencial Barreiros (Vitória, BR): Relações com a conservação e proteção dos recursos naturais. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 12., 2008, Fortaleza. **Anais...**, Fortaleza, 2008, p. 1-10.
- 49 BISSOLI-DALVI, M.; ALVAREZ, C. E. de; SAELZER, G. E. F. Relevância dos aspectos regionais na definição de indicadores para seleção de materiais de construção alicerçados nos princípios da sustentabilidade. In: AMAZON GREEN MATERIALS CONGRESSO, 4., 2012, Manaus. **Anais...** Manaus: NUTEC/UFAM, 2012.
- 50 BISSOLI-DALVI, M. ; CALMON, J. L. ; CASER, K. do C. Sustainability recommendations for a social housing project: Barreiros, Vitória (BR). In: SUSTAINABLE BUILDING 2007, 2007, Lisboa. **Anais...** Amsterdam: IOS Press BV, 2007. v. 1. p. 19-26.
- 51 BISSOLI-DALVI, M.; ALVAREZ, C. E. de.; HOFMAN, I. de O.; SAELZER, G. E. F. Sistematização de indicadores de sustentabilidade como ferramenta auxiliar ao projetista na seleção dos materiais de construção. **Arquiteturarevista**. UNISINOS. 2013a. Artigo aceito para publicação em 01 nov. 2013. (No prelo).
- 52 BISSOLI-DALVI, M.; FERRES, S. C.; ALVAREZ, C. E. de.; SAELZER, G. E. F. A necessária simplificação na metodologia de avaliação da sustentabilidade dos materiais: Estudo de caso – ISMAS. In: ENCONTRO NACIONAL, 7. ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS, 5., 2013, Curitiba. **Anais...** Curitiba: ANTAC/UFPR, 2013b.
- 53 BISSOLI-DALVI, M.; REMBISKI, F. D.; ALVAREZ, C. E. de. Materiais de construção com características sustentáveis e reaproveitáveis: oferta no Estado do Espírito Santo (Brasil). **Hábitat Sustentable**. v. 1, n. 1, p. 25-34, jul./ dez. 2011. Disponível em: <<http://www.revistahabitatsustentable.cl/inicio.html>>. Acesso em: 27 jan. 2012.
- 54 BISTAFA, S. **Acústica aplicada ao controle de ruído**. São Paulo: Blucher, 2006.
- 55 BLANCHARD, B. S.; VERM, D.; PETERSON, E. L. **Maintainability: A key to effective and maintenance management**. New York: John Wiley & Sons, 1995.
- 56 BOAVENTURA, E. M. **Metodologia da pesquisa**: monografia, dissertação, tese. São Paulo: Atlas, 2004.
- 57 BOCKERMANN, A.; MEYER, B.; OMANN, I.; SPANGENBERG, J. H. Comparing an econometric (PANTA RHEI) and a systems dynamics model (SuE). **Journal of Policy Modeling**. v. 27, n. 2, p. 189-210, mar. 2005. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0161893804001498>>. Acesso em: 30 abr. 2013.
- 58 BODART, M. **Création d'un outil d'aide au choix optimisé du vitrage du bâtiment, selon des critères physiques, économiques et écologiques, pour un meilleur confort visuel et thermique**. 2002. 294 p. Tese (Doctorat en Sciences Appliquées). Faculté des Sciences Appliquées Unité d'Architecture. Université Catollique de Louvain. Louvain, 2002.

- 59 BOZAL, M. G. Escala Mixta Likert-Thurstone. **Revista Andaluza de Ciencias Sociales**. n. 05, p.81-95, 2006. Disponível em: < http://institucional.us.es/revistas/anduli/5/art_6.pdf>. Acesso em: 29 out. 2013.
- 60 BRAGANÇA, L.; MATEUS, R.; KOUKKARI, H. Perspectives of building sustainability assessment. IN: PORTUGAL SB07 - SUSTAINABLE CONSTRUCTION, MATERIALS AND PRACTICES: CHALLENGE OF THE INDUSTRY FOR THE NEW MILLENIUM, 7., 2007, Lisboa. **Anais...**, Amsterdam: IOS Press BV, 2007, p. 356-365.
- 61 BRASIL. **NR 18**: Condições e meio ambiente do trabalho na indústria da construção. Redação dada pela Portaria nº 4, 4 de julho de 1995. Manuais de Legislação – Segurança e Medicina do Trabalho. São Paulo: Ed. Atlas, 61. ed., v.2. p. 246 - 307, 2007.
- 62 BRASIL. Constituição (1988). **Constituição [da] República Federativa do Brasil**. Brasília: Senado Federal. 1988.
- 63 BRASIL. **Instrução Normativa nº 01**, de 19 de janeiro de 2010. Dispõe sobre os critérios de sustentabilidade ambiental na aquisição de bens, contratação de serviços ou obras pela administração pública federal direta, autárquica e fundacional e dá outras providências. Brasília: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, 2010.
- 64 BRASIL. **Lei nº 6.766**, de 19 de dezembro de 1979. Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano e dá outras providências. Brasília, 1979.
- 65 BRASIL. **Lei nº 8.666**, de 21 de junho de 1993. Regulamenta o art. 37, inciso XXI, da Constituição Federal, institui normas para licitações e contratos da Administração Pública e dá outras providências. Brasília, 1993.
- 66 BRASIL. **Lei nº 6.938**, de 31 de Agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Brasília: Câmara dos deputados, 1981.
- 67 BRASIL. **Lei nº 9.055**, de 1 de junho de 1995. Disciplina a extração, industrialização, utilização, comercialização e transporte do asbesto/amianto e dos produtos que o contenham, bem como das fibras naturais e artificiais, de qualquer origem, utilizadas para o mesmo fim e dá outras providências. Brasília, 1995.
- 68 BRASIL. **Lei nº 12.305**, de 2 de agosto de 2010. Dispõe sobre a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Brasília, 2010.
- 69 BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. **Parâmetros básicos de infraestrutura para instituições de educação infantil**. Brasília: MEC, SEB, 2006.
- 70 BRASIL. Conselho Nacional de Saúde. **Resolução 196/96**. Diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos. Brasília, 1996.
- 71 BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA 001**, de 23 de janeiro de 1986. Estabelece as definições, as responsabilidades, os critérios básicos e as diretrizes gerais para uso e implementação da avaliação de impacto ambiental como um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente. Brasília, 1986.
- 72 BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução nº 307**, de 5 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Brasília, 2002.
- 73 BREEAM: BRE Environmental & Sustainability Standard. [S.I.]: BRE Global, 2009.

- 74 BRIBIÁN, I. Z.; CAPILLA, A. V.; USÓN, A. A. Life cycle assessment of building materials: Comparative analysis of energy and environmental impacts and evaluation of the eco-efficiency improvement potential. **Building and Environment**. v. 46, n. 5, p.1133-1140, maio 2011. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132310003549>>. Acesso em: 19 mar. 2013.
- 75 BRINGEZU, S., SCHÜTZ, H., MOLL, S. Rationale for and Interpretation of Economy-Wide Material Flow Analysis and Derived Indicators. **Journal of industrial ecology**. n. 7, v. 2, p. 43 - 64, abr. 2003. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1162/108819803322564343/abstract>>. Acesso em: 12 jun. 2013.
- 76 BROWN, J. D. What issues affect Likert-scale questionnaire formats? **JALT Testing & Evaluation SIG Newsletter**, v. 4, n. 1, p. 18-21. abr. 2000. Disponível em: <<http://jalt.org/test/PDF/Brown7.pdf>>. Acesso em: 22 ago. 2013.
- 77 BROWN, L. R. **World on the edge: how to prevent environmental and economic collapse**. New York: Earth Policy Institute. 2010.
- 78 BRUNETTI, M. E. **Uma ferramenta educacional para o ensino do *design* sustentável: um experimento no curso de desenho industrial da PUCPR**. 2005. 261p. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2005.
- 79 BUHÉ, C.; ACHARD, G.; FRANCOIS LE TENO, J.; CHEVALIER, J. L. Integration of the recycling processes to the life cycle analysis of construction products. **Resources, conservation and recycling**. v. 20, n. 4, p. 227-243, ago. 1997. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344997000153>>. Acesso em: 05 jul. 2013
- 80 BUSTAMANTE, G. G. T. **Validación de la metodología de evaluación de la sustentabilidad de los materiales de construcción: Aplicación al hormigón y sus componentes**. 2005. Dissertação (mestrado em arquitetura) - Facultad de Arquitectura, Escuela de Construcción Civil, Universidad de Valparaíso, Valparaiso, 2005.
- 81 CALKINS, M. **Materials for Sustainable Sites**. Hoboken: Wiley, 2009.
- 82 CÂMARA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Guia de sustentabilidade na construção**. Belo Horizonte: FIEMG, 2008.
- 83 CAMARANO, A. A.; KANSO, S. **Perspectivas de crescimento para a população brasileira: velhos e novos resultados**. Texto para Discussão n. 1426, IPEA, 2009.
- 84 CAPRON, H. L.; JONSON, J. A. **Introdução à informática**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2004.
- 85 CARDOSO, F. F.; DEGANI, C. M. Avaliação ambiental de edifícios: A experiência francesa e a realidade brasileira. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 10., 2004, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 2004.
- 86 CARMODY, J.; TRUSTY, W.; MEIL, J.; LUCUIK, M. Life cycle assessment tool for building assemblies. IN: PORTUGAL SB07 - SUSTAINABLE CONSTRUCTION, MATERIALS AND PRACTICES: CHALLENGE OF THE INDUSTRY FOR THE NEW MILLENIUM, 7., 2007, Lisboa. **Anais...**, Amsterdam: IOS Press BV, 2007, p. 334 - 340.
- 87 CARTA de Vitória pelo desenvolvimento sustentável. Prefeitura Municipal de Vitória. Vitória. 2012. Disponível em: <http://www.vitoria.es.gov.br/arquivos/20120614_cartavitoria_dsustentavel.pdf>. Acesso em: 12 dez. 2012.

- 88 CARVAJAL, C. I. **Proposición de una metodología de evaluación de la sustentabilidad de los materiales de construcción y la generación de um sello verde**. Tesis de grado y título. Escuela de Ingeniería de la Construcción, Universidad de Valparaíso, Valparaíso, 2004.
- 89 CARVALHO, M. da S. **Uso da demonstração do resultado econômico para evidenciar o retorno econômico e ambiental da destinação sustentável do resíduo sólido urbano: o caso COMLURB**. 2011. 168f. Tese (Doutorado em Planejamento Energético) - Programa de Pós-graduação em Planejamento Energético, COPPE. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.
- 90 CARVALHO, R. P. **Acústica Arquitetônica**. Brasília: Thesaurus, 2006.
- 91 CASTRO-LACOUTURE, D.; SEFAIR, J. A.; FLÓREZ, L.; MEDAGLIA, A. L. Optimization model for the selection of materials using a LEED-based green building rating system in Colombia. **Building and Environment**, v. 44, n. 6, p. 1162-1170, jun. 2009. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132308002084>>. Acesso em: 30 dez. 2012. EE for New Construction: Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency. [S.I.]: Institute for Building Environmental and Energy Conservation (IBEC), 2008.
- 92 CBCS versão 2.0: 6 passos para seleção de insumos e fornecedores com critérios de sustentabilidade. 2012. Disponível em: <<http://www.cbcs.org.br/selecaoem6passos/>>. Acesso em 09 out. 2013.
- 93 CBIC (Org.). **Desempenho de edificações habitacionais: guia orientativo para atendimento à norma ABNT 15575/ 2013**. Brasília: Gadioli Cipolla Comunicação, 2013.
- 94 CELLURA, M.; LONGO, S.; MISTRETTA, M. The energy and environmental impacts of Italian households consumptions: an input-output approach. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**. v. 15, n. 8, p. 3897-3908, out. 2011. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032111002656>>. Acesso em: 15 set. 2012.
- 95 CERVO, A. L., BERVIAN, P. A. **Metodologia científica**. 5 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2002.
- 96 CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A.; SILVA, R. da. **Metodologia científica**. 6. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.
- 97 CHARLES, J.; CRANE, F.; FURNESS, J. **Selection and use of engineering materials**. Oxford: Butterworth-Heinemann, 1997.
- 98 CHATEAU, L. Environmental acceptability of beneficial use of waste as construction material: state of knowledge, current practices and future developments in Europe and in France. **Journal of hazardous materials**. v. 139, n. 3, p. 556-562, jan. 2007. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304389406002469>>. Acesso em: 28 set. 2012.
- 99 CHAU, C. K.; YIK, F. W. H.; HUI, W. K.; LIU, H. C.; YU, H. K. Environmental impacts of building materials and building services components for commercial building in Hong Kong. **Journal of Cleaner Production**. v. 15, n. 18, p. 1840-1851, dez. 2007. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095965260600374X>>. Acesso em: 13 mai. 2012.
- 100 CHINER M. Planning of expert systems for materials selection. **Material and design**. v. 9, n. 4, p. 195-203, jul./ago. 1988. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0261306988900313>>. Acesso em: 25 set. 2012.

- 101 CHONG, W. K.; HERMRECK, C. Understanding transportation energy and technical metabolism of construction waste recycling. **Resources, conservation and recycling**. v. 54, n. 9, p. 579-590, jul. 2010. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344909002390>>. Acesso em: 16 jan. 2013.
- 102 COELHO, H. M. G. **Modelo para a avaliação de apoio ao gerenciamento de resíduos sólidos de indústrias**. 2011. 301 f. Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.
- 103 COLLABORATIVE for high performance schools (CHPS) - Low emitting materials table. Best Practices Manual: Volume I - Planning (2006); Volume II - Design (2006); Volume III - Criteria (2006); Volume IV - Maintenance & Operations (2004); Volume V - Commissioning (2006) e Volume VI - Relocatable (2006). Califórnia. Disponível em: <http://www.chps.net:80/manual/lem_table.htm>. Acesso em: 22 set. 2011.
- 104 COLOMBO, C. R. Pilares para a construção do futuro: as dimensões éticas e estéticas dos ambientes de vida gerados por uma Construção Civil baseada nos princípios da Sustentabilidade. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 11., 2006, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ANTAC, 2006, p. 3579-3588.
- 105 CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE O MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento: de acordo com a Resolução nº 44/228 da Assembleia Geral da ONU, de 22-12-89, estabelece uma abordagem equilibrada e integrada das questões relativas a meio ambiente e desenvolvimento: a Agenda 21. Brasília: Câmara dos Deputados, Coordenação de Publicações, 1995.
- 106 CONFERÊNCIA NAÇÕES UNIDAS RIO + 20, 2012. Rio de Janeiro. O Futuro que Queremos. 2012. Disponível em: <http://hotsite.mma.gov.br/rio20/wp-content/uploads/Zero_Draft_PORT.pdf>. Acesso em: 30 mar. 2013.
- 107 CONSELHO DE ARQUITETURA E URBANISMO DO BRASIL – CAU/ BR. **Censo dos arquitetos e urbanistas do Brasil**. Brasília: CAU/BR. 2012.
- 108 CONSTRUÇÃO Civil: Teoria e prática. Tradução de Affonso Blacheyre. Washington D. C.: Hemus, n. 2. 2005.
- 109 COOPER, I. Which focus for building assessment methods: environmental performance or sustainability. **Building Research and Information**. v. 27, n. 4-5, p. 321-331, jul. 1999. Disponível em: < <http://www.ingentaconnect.com/content/routledg/rbri/1999/00000027/F0020004/art00012>>. Acesso em: 20 dez. 2012.
- 110 CORBELLA, O.; YANNAS, S. **Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos**. Rio de Janeiro: Revan, 2003.
- 111 CORNISH, E. **Materials and the designer**. New York: Cambridge University Press, 1987.
- 112 CORRÊA, S. M. B. B. **Probabilidade e Estatística**. 2. ed. Belo Horizonte: PUC Minas Virtual, 2003. Disponível em: <http://estpoli.pbworks.com/f/livro_probabilidade_estatistica_2a_ed.pdf>. Acesso em: 01 set. 2013.
- 113 CORTEZ, A. T. C. C. A produção de descartáveis na sociedade de consumo atual. In: CORTEZ, A. T. C. C.; ORTIGOZA, S. A. G. (Org.) **Consumo sustentável: conflitos entre necessidade e desperdício**. São Paulo: Editora UNESP, 2007.

- 114 CUNHA, L. M. A. da. **Modelos Rasch e Escalas de Likert e Thurstone na medição de atitudes**. 2007. 78f. Dissertação (Mestrado em Probabilidades e Estatística) – Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, Lisboa, 2007.
- 115 COUNCIL for scientific and industrial research in South Africa. Sustainable building assessment tool. Disponível em: <<http://www.csir.co.za/index.html>>. Acesso em: 06 jun. 2011.
- 116 CRILLY, N.; MOULTRIE, J.; CLARKSON, P. J. Seeing things: consumer response to the visual domain in product design. **Design Studies**. v. 25. n. 6. p.547-577, nov. 2004. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0142694X04000225>>. Acesso em: 02 out. 2012.
- 117 DEHN, J.; ORDISH, N. **Rematerialise**: eco smart materials. Disponível em: <http://www.kingston.ac.uk/~kx19789/rematerialise/html_and_flash/>. Acesso em: 10 abr. 2011.
- 118 DENG, Y. M.; EDWARDS, K. L. The role of materials identification and selection in engineering design. **Materials and Design**, v. 28, n. 1, p. 131-139, 2005. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0261306905001342>>. Acesso em: 10 jun. 2013
- 119 DESENVOLVIMENTO com sustentabilidade. São Paulo: Câmara Brasileira da Indústria da Construção, 2011.
- 120 DESIGN Insite: The designer's guide to manufacturing. 1996. Disponível em: <<http://www.designinsite.dk>>. Acesso em: 28 nov. 2012.
- 121 DREYER, L. C.; HAUSCHILD, M. Z.; SCHIERBECK, J. A framework for social life cycle impact assessment. **Social Assessment**. v. 11, n. 2, p. 88-97, 2006. Disponível em: <<http://www.saiplatform.org/uploads/Library/FrameworkforSocialLCA.pdf>>. Acesso em: 28 mai. 2011.
- 122 DIAS, B. Z.; BISSOLI-DALVI, M.; SOUZA, A. D. S.; ALVAREZ, C. E. de. Teste dos critérios de materiais da Ferramenta ASUS: estudo de caso utilizando o edifício. In: ENCONTRO NACIONAL, 6. ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS, 4., 2011, Vitória. **Anais...** Vitória: ANTAC/ UFES, 2011.
- 123 DIAS, B. Z.; LUCAS, T. P.; VENZON, M.; BISSOLI, M.; SOUZA, A. D. S.; ALVAREZ, C. E. Interface entre as ferramentas de avaliação de edifícios em relação aos materiais de construção visando o desenvolvimento da ASUS. In: ENCONTRO NACIONAL DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 13., 2010, Canela. **Anais...** Canela: ANTAC/ UFRGS, 2010.
- 124 DIAS, M. A. **Administração de Materiais**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2006.
- 125 DIAZ-BALTEIRO, L.; ROMERO, C. In search of a natural systems sustainability index. **Ecological Economics**. v. 49, n.3, p. 401-405, jul. 2004. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092180090400151X>>. Acesso em: 26 jul. 2011.
- 126 DINCER, I.; ROSEN, M. A. **Exergy**: Energy, Environment and Sustainable Development. Burlington: Elsevier, 2007.
- 127 DING, G. K. C. Sustainable construction: The role of environmental assessment tools. **Journal of Environmental Management**. v. 86, n. 3, p. 451 - 464, fev. 2008. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479706004270>>. Acesso em: 10 ago. 2012.
- 128 DIRECTORY of tools: A survey of LCA tools, assessment frameworks, rating systems, technical guidelines, catalogues, checklists and certificates. Canadá: CMHC, 2004. Disponível em: <http://www.iisbe.org/annex31/pdf/M_directory_tools.pdf>. Acesso em: 11 nov. 2011.

- 129 DONADELLO, A. L. F.; BISSOLI-DALVI, M.; FERRES, S. C.; NICO-RODRIGUES, E. A.; ALVAREZ, C. E. de.; Sustentabilidade na eficientização da Estação Científica da Ilha da Trindade. In: ENCONTRO NACIONAL, 7. ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS, 5., 2013, Curitiba. **Anais...** Curitiba: ANTAC/ UFPR, 2013.
- 130 ECO, H. **Como se faz uma tese**. 22. ed. São Paulo: Perspectiva, 2009.
- 131 ECO-IT. Disponível em: <<http://www.pre-sustainability.com/eco-it>>. Acesso em: 30 nov. 2012.
- 132 ECO Mark Office: Japan Environment Association (JEA). 2007. Disponível em: <<http://www.ecomark.jp/english/>>. Acesso em: 12 dez. 2012.
- 133 ECO QUANTUM life cycle and greenhouse gas assessment. Disponível em: <<http://ecoquantum.com.au/index.html>>. Acesso em: 17 ago. 2011.
- 134 ECOLOGO: Part of the UL Global Network. Disponível em: <<http://www.ecologo.org/en/>>. Acesso em: 12 dez. 2012.
- 135 EDWARDS, B. **Guia básica de la sostenibilidad**. 2. ed. Barcelona: Gustavo Gili, 2008.
- 136 EDWARDS, S.; BARTLETT E.; DICKIE I. Whole life costing and life-cycle assessment for sustainable building design. IN: **The construction information service**: BRE digest. n. 452, 2000. Disponível em: <<http://products.ihc.com/cis/Doc.aspx?AuthCode=&DocNum=251305>>. Acesso em: 17 set. 2013.
- 137 EIXO Urbano-Ambiental: meio ambiente - introdução e aspectos conceituais. Vitória, 2008. Disponível em: <http://www.vitoria.es.gov.br/arquivos/20110511_agendavix_ambiente_diag.pdf>. Acesso em: 23 ago. 2012.
- 138 ELETROBRÁS. Disponível em: <www.eletronbras.com/procel>. Acesso em: 7 jan. 2011.
- 139 EN 13306:2010. **Maintenance**: maintenance terminology. Maintenance, Vocabulary, Terminology, Management, Durability, Repair. European standard, Bruxelles, 2010.
- 140 ENVIRONMENTAL impact assessment and whole life cost. Disponível em: <<http://enestv2.bre.co.uk/account.jsp>>. Acesso em: 10 jun. 2011.
- 141 EPA - Environmental Protection Agency (Org.). **Managing radioactive materials & waste**. 2011. Disponível em: <www.epa.gov/radiation/understand>. Acesso em: 20 dez. 2012.
- 142 ERDINC, O.; UZUNOGLU, M. Optimum design of hybrid renewable energy systems: Overview of different approaches. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**. v. 16, n. 3, p. 1412-1425, fev. 2011. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032111005478>>. Acesso em: 03 out. 2011.
- 143 ESIN, T., COSGUN, N. A study conducted to reduce construction waste generation in Turkey. **Building and Environment**. v. 42, n. 4, p. 1667-1674, abr. 2007. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132306000473>>. Acesso em: 28 jan. 2012.
- 144 EUROPEAN COMMISSION. **Guidance paper F**: durability and the construction products directive. 2004. Disponível em: <<http://eurocodes.jrc.ec.europa.eu/doc/gpf.pdf>>. Acesso em: 05 abr. 2013.
- 145 EUROPEAN Environment Agency. **Sustainable use and management of natural resources**. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, n. 9, 2005.
- 146 EVANS, J. M. **Sustentabilidad en arquitectura 1**: compilación de antecedentes de manuales de buenas prácticas para las obras de arquitectura, junto a indicadores de sustentabilidade y eficiencia energética. Buenos Aires: Consejo Profesional de Arquitectura y Urbanismo, 2010

- 147 FAGUNDES, C. M. N. **Contribuições para uma arquitetura mais sustentável**. 2009. 253f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana). Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2009.
- 148 FANTICELE, F. B. **Avaliação de conforto térmico na Estação Antártica Comandante Ferraz**. 2011. 118f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória. 2011.
- 149 FARAG, M. M. **Selection of materials and manufacturing processes for engineering design**. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1989.
- 150 _____. Quantitative methods of materials selection. In: KUTZ, M. (editor). **Handbook of materials selection**. New York: Wiley & Sons, 2007.
- 151 FARIA, A. B. de C. Revisando o processo de certificação florestal. **Ambiência: Revista do setor de ciências agrárias e ambientais**. v. 5, n. 1, p. 145-153, jan./abr. 2009. Disponível em: <<http://revistas.unicentro.br/index.php/ambiencia/article/download/235/309>>. Acesso em: 11 dez. 2011.
- 152 FATTA, D.; PAPADOPOULOS, A.; AVRAMIKOS, E.; SGOUROU, E.; MOUSTAKA, K.; KOURMOUSSIS, F.; MENTZIS, A.; LOIZIDO, M. Generation and management of construction and demolition waste in Greece: an existing challenge. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 40, n. 1, p.81-91, dez. 2003. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344903000351> >. Acesso em: 04 fev. 2012.
- 153 FERNANDEZ, J. A. B. **Diagnóstico dos resíduos sólidos da construção civil**. Brasília: IPEA. 2012.
- 154 FERNÁNDEZ-SÁNCHEZ; G. **Análisis de los sistemas de indicadores de sostenibilidad**. Planificación urbana y proyectos de construcción, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Universidad Politécnica de Madrid, 2008.
- 155 FERNÁNDEZ-SÁNCHEZ, G.; RODRÍGUEZ-LÓPEZ, F. A methodology to identify sustainability indicators in construction project management: application to infrastructure projects in Spain. **Ecological Indicators**. v. 10, n. 6, p. 1193-1201, nov. 2010. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X10000798>>. Acesso em: 01 mai. 2012.
- 156 FERRAZ, A. L. N.; SEGANTINI, A. A. da S. Engenharia sustentável: aproveitamento de resíduos de construção na composição de tijolos de solo-cimento. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 5., 2004, Campinas. **Anais ...** Campinas: UNICAMP, 2004.
- 157 FERREIRA, J. V. R. Análise de ciclo de vida dos produtos. **Gestão Ambiental**. Instituto Politécnico de Viseu, 2004. Disponível em: <<http://www.estgv.ipv.pt/paginaspessoais/jvf/gest%C3%A3o%20ambiental%20-%20an%C3%A1lise%20de%20ciclo%20de%20vida.pdf> >. Acesso em: 09 set. 2012.
- 158 FERREIRA, H.; CASSIOLATO, M.; GONZALEZ, R. **Uma experiência de desenvolvimento metodológico para avaliação de programas**: o modelo lógico do programa segundo tempo. Texto para discussão. Rio de Janeiro: IPEA, 2009.
- 159 FLORIM, L. C.; QUELHAS, O. L. G. Contribuição para a construção sustentável: características de um projeto habitacional eco-eficiente. **Engevista**, v.6, n.3, p.121 - 132. 2004. Disponível em: <http://www.uff.br/engevista/3_6Engevista11.pdf>. Acesso em: 02 mai. 2013.
- 160 FOSSATI, M. **Metodologia para avaliação da sustentabilidade de projeto de edifícios**: o caso de escritórios em Florianópolis. 2008. 316f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

- 161 FUNDAÇÃO CARLOS ALBERTO VANZOLINI. **Referencial técnico de certificação Edifícios do setor de serviços - Processo AQUA**: Escritórios e Edifícios escolares. São Paulo: FCAV, 2007.
- 162 FUNDAÇÃO VANZOLINI lança selo para materiais de construção sustentáveis. 2012. Disponível em: <<http://www.piniweb.com.br/construcao/sustentabilidade/fundacao-vanzolini-lanca-selo-para-materiais-de-construcao-sustentaveis-253465-1.asp>>. Acesso em: 26 out. 2012.
- 163 GABI Software: A product sustainability performance solution by PE International. Disponível em: <<http://www.gabi-software.com/brazil/index/>>. Acesso em: 28 nov. 2012.
- 164 GAMA, J. L. C. Resíduos industriais e agrícolas. In: ISAIA, G. C. (Org.). **Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais**. São Paulo: IBRACON, 2007.
- 165 GAMBATESE, J. A.; BEHM, M.; RAJENDRAN, S. Design's role in construction accident causality and prevention: perspectives from an expert panel. **Safety Science**, v. 46, n. 4, p.675-691, abri. 2008. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925753507001063>>. Acesso em: 30 nov. 2011.
- 166 GARCIA, C. M. Indicadores de qualidade ambiental urbana. In: MAIA, N. B.; MARTOS, H. L.; MARRELLA, W. (Org.). **Indicadores ambientais: conceitos e aplicações**. São Paulo: EDUC/COMPED/ INEP, 2001.
- 167 GARLAND, R. The Mid-Point on a Rating Scale: Is it Desirable?. **Marketing Bulletin**, n. 2, p. 66-70, 1991. Disponível em: <http://marketing-bulletin.massey.ac.nz/v2/mb_v2_n3_garland.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2013.
- 168 GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- 169 GIUDICE, F.; LA-ROSA, G.; RISITANO, A. Materials selection in the life-cycle design process: a method to integrate mechanical and environmental performances in optimal choice. **Materials and Design**. v. 26, n. 1, p. 9-2, fev. 2005. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0261306904000950>>. Acesso em: 23 dez. 2011.
- 170 GLOBAL REPORT INITIATIVE (GRI). **Diretrizes para Relatórios de Sustentabilidade**. São Paulo: Global Report Initiative. 2006.
- 171 GREEN Seal. Disponível em: <<http://www.green seal.org/>>. Acesso em: 12 dez. 2012.
- 172 GREEN BUILDING COUNCIL OF AUSTRALIA. 2008. **Technical manual: green star office design & office as built**. version 3. Sydney: Green building Council of Australia, 2008.
- 173 GUIDE pratique du referentiel pour la Qualité Environnementale des Bâtiments. Paris: Certivéa, 2011. Disponível em: <http://www.certivea.fr/assets/documentations/9be0d-Guide_Generique_20-01-2012.pdf>. Acesso em: 11 jul. 2013.
- 174 GUILHON, V. V. **Indicadores de sustentabilidade urbana: aplicação ao conjunto habitacional "Parque Residencial Manaus/ AM"**. 2011. 217f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Universidade de São Paulo. São Paulo. 2011.
- 175 HAMMOND, A.; ADRIAANSE, A.; RODENBURG, E.; BRYANT, D.; WOODWARD, R. **Environmental indicators: a systematic approach to measuring and reporting on environmental policy performance in the context of sustainable development**. Washington: World Resources Institute, 1995.

176 HEGGER, M.; DREXLER, H.; ZEUMAR, M. **Materiales**. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 2010.

177 HERNANDEZ, J. M.; ALONSO, B. De C.; NOCHEBUENA, M. C. V.; OLIVER, J. S. Integración de sistemas de energía solar fotovoltaica en el edificio de oficinas del ZAE en Alemania. **Revista Habitat Sustentable**. v. 2, n. 2. p. 59-72, jul./ dez. 2012. Disponível em: <<http://www.revistahabitatsustentable.cl/inicio.html>>. Acesso em: 07 jul. 2013.

178 HIKMAT, H. A.; SABA, F. N. Developing a green building assessment tool for developing countries e case of Jordan. **Building and Environment**. v. 44, n. 5, maio 2009, p. 1053 -1064. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132308001868>>. Acesso em 30 ago. 2013.

179 HK-BEAM SOCIETY. Hong Kong building environmental assessment method. Hong Kong: HK-BEAM Society. 2004. Disponível em : [http://www.hk-beam.org.hk/fileLibrary/_4-04%20New%20Buildings%20\(Full%20Version\).pdf](http://www.hk-beam.org.hk/fileLibrary/_4-04%20New%20Buildings%20(Full%20Version).pdf). Acesso em: 05/04/2012.

180 HOLLOWAY, L. Materials selection for optimal environmental impact in mechanical design. **Materials and Design**. v. 19, n. 4, out. 1998, p. 133-143. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0261306998000314>>. Acesso em: 06 jan. 2012.

181 HORVATH, A. Construction materials and the environment. **Annual review of environment and resources**. v. 29, p. 181-204, nov. 2004. Disponível em: <<http://www.annualreviews.org/doi/pdf/10.1146/annurev.energy.29.062403.102215>>. Acesso em: 28 jul. 2012.

182 HUANG, H.; ZHANG, L.; LIU, Z.; SUTHERLAND, J. W. Multi-criteria decision making and uncertainty analysis for materials selection in environmentally conscious design. **The international journal of advanced manufacturing technology**, n. 52, p. 421-432, 2011. Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1007/s00170-010-2745-9#page-1>>. Acesso em: 07 dez. 2012.

183 HUBERMAN, N.; PEARLMUTTER, D. A life-cycle energy analysis of building materials in the Negev desert. **Energy and Buildings**. v. 40, n. 5, p. 837-848, 2008. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778807001776>>. Acesso em: 13 abr. 2013.

184 HUIJBREGTS, M.A.J.; ROMBOUTS, L.J.A.; HELLWEG, S.; FRISCHKNECHT, R.; DIK VAN DE MEENT, J.H.; RAGAS, A.M.J.; REIJNDERS, L.; STRUIJS, J. Is cumulative fóssil energy demand a useful indicator for the environmental performance of products? **Environmental Science and Technology**. v. 40, n. 3, p. 641- 648, dez. 2006. Disponível em: <<http://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/es051689g>>. Acesso em: 27 mar. 2011.

185 IDEMAT: Design for Sustainability Program. Faculty of Design Engineering and Production, Delft University of Technology, 2008. Disponível em: <http://www.io.tudelft.nl/research/dfs/idemat/Onl_db/od_frame>. Acesso em: 20 nov. 2012.

186 INCA: Instituto Nacional de câncer. Disponível em: <http://www.inca.gov.br/conteudo_view.asp?ID=15>. Acesso em: 13 out. 2011.

187 INDICADORES de programas: Guia Metodológico / Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, Secretaria de Planejamento e Investimentos Estratégicos. Brasília: MP, 2010.

188 INDICADORES ETHOS de Responsabilidade Social Empresarial 2007. São Paulo: Instituto Ethos, 2007.

- 189 INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Indicadores de desenvolvimento sustentável**: Brasil 2010. Rio de Janeiro: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, 2010.
- 190 INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa anual da indústria da construção**. v. 18. Rio de Janeiro: IBGE, 2008.
- 191 INSTITUTO FAUCÃO BAUHER DA QUALIDADE. Disponível em: <http://www.ifbauer.org.br/adm/noticias/arquivos/Apresentacao_selo_ecologico.pdf>. Acesso em: 01 mar. 2012.
- 192 INSTITUTO Jones dos Santos Neves. **Perfil ES 2012**: Censo demográfico. Vitória: IJSN, 2012.
- 193 INTERNATIONAL COUNCIL FOR RESEARCH AND INNOVATION IN BUILDING AND CONSTRUCTION (Ed.). **Agenda 21 on Sustainable Construction**. CIB Report Publication 237. Rotterdam: CIB, 1999.
- 194 INTERNATIONAL INITIATIVE FOR A SUSTAINABLE BUILDING ENVIRONMENT – IISBE. 2007. Disponível em: <<http://www.iisbe.org/>>. Acesso em: 28 jul. 2013.
- 195 INTERNATIONAL LABOUR ORGANISATION. **Tripartite declaration of principles concerning multinational enterprises and social policy**. 3. ed. Genebra: International Labour Office, 2001.
- 196 INTERNATIONAL LABOUR ORGANISATION. **A guide to the tripartite declaration of principles concerning multinational enterprises and social policy**: Knowing and using universal guidelines for social responsibility. 4. ed. Genebra: International Labour Office, 2002.
- 197 INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 6241:1984** - Performance standards in building: Principles for their preparation and factors to be considered. 1984.
- 198 INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. Selection and use of the ISO 9000 family of Standards. 2009. Disponível em: <http://www.iso.org/iso/iso_9000_selection_and_use-2009.pdf>. Acesso em: 28 nov. 2011.
- 199 IPCC. **Climate Change 2007**: Mitigation of climate change. Contribution of working group III to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. METZ, B.; DAVIDSON, O. R.; BOSCH, P. R.; DAVE, R.; MEYER, L. A. (Ed). New York: Cambridge University Press, 2007.
- 200 ISO 21.929-1. **Sustainability in building construction – Sustainability Indicators – Part 1**: Framework for development of indicators for buildings. International Organization for Standardization, 2006.
- 201 ISOLDI, R. A., **Tradição, inovação e sustentabilidade**: Desafios e perspectivas do projeto sustentável em arquitetura e construção. 2007. 215f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2007.
- 202 JAHAN, A.; ISMAIL, M. Y.; SAPUAN, S. M.; MUSTAPHA, F. Material screening and choosing methods: A review. **Materials and Design**, v. 31, n. 2, p. 696-705, fev.2010. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0261306909004361>>. Acesso em: 24 abr. 2013.
- 203 JAHAN, A.; MUSTAPHA, F.; ISMAIL, M. Y.; SAPUAN, S. M.; BAHRAMINASAB, M. A comprehensive VIKOR method for material selection. **Materials and Design**. v. 32, n. 3, p. 1215-1221, mar. 2011. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0261306910006114>>. Acesso em: 29 dez. 2011.

- 204 JAILLON, L., POON, C. S., CHIANG, Y. H. Quantifying the waste reduction potential of using prefabrication in building construction in Hong Kong. **Waste management**. v. 29, n. 1, p. 309 -320, jan. 2009. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X08000718>>. Acesso em: 16 fev. 2011.
- 205 JAPAN GREENBUILD COUNCIL; JAPAN SUSTAINABLE BUILDING CONSORTIUM. The assessment method employed by CASBEE. Disponível em: <<http://www.ibec.or.jp/CASBEE/english/methodE.htm>>. Acesso em: 15 fev. 2012.
- 206 JOHN, V. M. **Reciclagem de resíduos na construção civil**: Contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento. 2000. 113 f. Tese (Doutorado Livre docência) - Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2000b.
- 207 JOHN, V. M.; OLIVEIRA, D. P.; LIMA, J. A. R. de. **Levantamento do estado da arte**: Seleção de materiais. Documento 2.4. Projeto Tecnologias para construção habitacional mais sustentável. São Paulo: FINEP, 2007.
- 208 JOHN, V. M.; OLIVEIRA, D. P. de; AGOPYAN, V. **Critérios de sustentabilidade para seleção de materiais e componentes**: uma perspectiva de países em desenvolvimento. Departamento de Engenharia Civil, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2006. Disponível em: <http://pcc2540.pcc.usp.br/Material%202006/VMJOHN_AGOPYAN_OLIVEIRA_05_v4_TRADU__O.pdf> Acesso em: 20 out. 2011.
- 209 JOHN, V. M.; SATO, N. M. N. Durabilidade de componentes da construção. In: SATTLER, M. A.; PEREIRA, F. O. R. (Org.). **Coletânea Habitare**: Construção e Meio Ambiente. v. 7. Porto Alegre: ANTAC, 2006. p. 20-57.
- 210 JOHN, V. M.; SILVA, V. G. da, AGOPYAN, V. Agenda 21: uma proposta de discussão para o *construbusiness* brasileiro. In: ENCONTRO NACIONAL, 2.; ENCONTRO LATINO AMERICANO SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS, 1., 2001, Canela. **Anais...**, Canela: ANTAC/UFRGS, 2001, p.91-98.
- 211 JUNIOR, A. L.; FARIAS FILHO, J. R. de. O conceito de Lean Green de construção: proposta de integração dos modelos *Lean Construction* e *Green Building*, aplicados à indústria da construção civil, subsetor edificações. ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 24., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ABEPRO, 2004, p. 651-658.
- 212 KHANLARI, A.; MOHAMMADI, K.; SOHRABI, B. Prioritizing equipment for preventive maintenance (PM) activities using fuzzy rules. **Computers & Industrial Engineering**, v. 54, n. 2, p. 169-184, mar. 2008.
- 213 KEELER, M.; BURKE, B. **Fundamentos de projeto de edificações sustentáveis**. Porto Alegre: Bookman, 2010.
- 214 KIBERT, C. J. Deconstruction as an essential component of sustainable construction. In: INTERNATIONAL CONFERENCE SUSTAINABLE BUILDING. 2000. **Anais...** The Netherlands, p. 23-25, ago. 2000. Disponível em: <<http://www.sustainablesettlement.co.za/event/SSBE/Proceedings/kibert.pdf>>. Acesso em: 13 mar. 2013.
- 215 KIBERT, C.J.; RIES, R.R. Green building education and research at the University of Florida. In: INTERNATIONAL PROCEEDINGS OF THE ANNUAL CONFERENCE - ASSOCIATED SCHOOLS OF CONSTRUCTION, 46., 2012, Gainesville. **Anais...** Gainesville, 2010.
- 216 KÖCHE, J. C. **Fundamentos de metodologia científica**: teoria da ciência e iniciação à pesquisa. 21. ed. Petrópolis: Vozes, 2003

- 217 KOHLRAUSCH, A. K. **A rotulagem ambiental no auxílio à formação de consumidores conscientes**. 2003. 153 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.
- 218 KOSKELA, L. **Application of the new production philosophy to construction**. Technical Report n. 72. Center of Integrated Facility Engineering. Department of Civil Engineering. Stanford University, 1992.
- 219 KOTAJI, S.; SCHUURMANS, A.; EDWARDS, S. **Life-Cycle assessment in building and construction**. Pensacola: SETACPRESS, 2003.
- 220 KOTHARI, R.; TYAGI, V.V.; PATHAK, A. Waste-to-energy: A way from renewable energy sources to sustainable development. **Renewable and sustainable energy reviews**, v. 14, n. 9, p. 3164-3170, dez. 2010. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032110001437>>. Acesso em: 15 maio 2011.
- 221 KRAEMER, M. E. P. **Gestão ambiental: um enfoque no desenvolvimento sustentável**. 2004. Artigo Técnico. Disponível em: <http://www.etjrs1.com.br/intranet/ambiental/Leitura%20complementar/complementar3m4.pdf>. Acesso em: 23 nov. 2011
- 222 KRYGIEL, E.; NIES, B. **Green BIM: Successful sustainable design with building information modeling**. Indianapolis: Wiley Publishing, 2008.
- 223 KULAS, J. T.; STACHOWSKI, A. A. Respondent rationale for neither agreeing for disagreeing: Person and item contributors to middle category endorsement intent on Likert personality indicators. **Journal of Research in Personality**. v. 47, n. 4, p. 254 - 262, ago. 2013. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0092656613000305>>. Acesso em 18 ago. 2013.
- 224 KURTZ, J.C.; JACKSON, L.E.; FISHER, W.S. Strategies for evaluating indicators based on guidelines from the Environmental Protection Agency's office of research and development. **Ecological Indicators**. v. 1, n. 1, p. 49 - 60, ago. 2001. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X01000048>>. Acesso em: 29 set. 2011.
- 225 LAM, D. **How the world survived the population bomb: Lessons from 50 years of exceptional demographic history**, 2011. Disponível em: <http://www.psc.isr.umich.edu/events/archive/2011/paa/david_lam.html>. Acesso em: 20 out. 2011.
- 226 LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. São Paulo: Pw, 1997.
- 227 LEED 2009 FOR NEW CONSTRUCTION AND MAJOR RENOVATION. Washington: U.S. Green Building Council, 2009.
- 228 LI, Q. A novel Likert scale based on fuzzy sets theory. **Expert Systems with Applications**. v. 40, n. 5, p. 1609 - 1618, abr. 2013. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095741741201069X>>. Acesso em 20 ago. 2013.
- 229 LIMA, F.; ARANHA, E. **O uso dos materiais naturais na arquitetura**. São Paulo: Archidomus, 2007.
- 230 LIU, M.; LI, B.; YAO, R. A generic model of exergy assessment for the environmental impact of building lifecycle. **Energy and buildings**. Chongqing/Reading, v. 42, n. 9, p. 1482-1490, set. 2010. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778810000952>>. Acesso em: 16 ago. 2011.

- 231 LIPPIATT, B. **BEES 3.0 - Building for environmental and economics sustainability**: technical manual and user guide. Gaithersborough: Department of Commerce, National Institute of Standards and Technology, 2002.
- 232 LIPPIATT, B.; GREIG, A. L.; LAVAPPA, P. **BEES Online**. 2009. Disponível em: <<http://www.nist.gov/el/economics/BEESSoftware.cfm/>>. Acesso em 27 nov. 2012.
- 233 LJUNGBERG, L. Y. Materials selection and design for development of sustainable products. **Materials and Design**. v. 28, n. 2, p. 466-479, 2007. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0261306905002633>>. Acesso em: 21 jun. 2011.
- 234 LOPES, P. T. de S.; BISSOLI-DALVI, M.; ALVAREZ, C. E. de. A seleção de materiais para creches públicas por meio do ISMAS – Instrumento para seleção de materiais mais sustentáveis. In: ENCONTRO NACIONAL, 7. ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS, 5., 2013, Curitiba. **Anais...** Curitiba: ANTAC/ UFPR, 2013.
- 235 LUCAS, T. P.; VENZON, M.; DIAS, B. Z.; BISSOLI-DALVI, M.; SOUZA, A. D. S.; ALVAREZ, C. E. Critérios para caracterização dos materiais construtivos visando uma edificação mais sustentável: ênfase para o granito. In: NÚCLEO DE PESQUISA EM TECNOLOGIA DA ARQUITETURA E URBANISMO DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - NUTAU, 8., 2010, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Universidade de São Paulo, 2010.
- 236 MACÍAS, M.; NAVARRO, J. G. Metodología y Herramienta Verde para la evaluación de la sostenibilidad en edificios. **Informes de la Construcción**. v. 62, p. 87-100, jan./ mar. 2010. Disponível em: <<http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/article/download/811/896>>. Acesso em: 26 jul. 2011.
- 237 MACLAREN, V. W. Urban sustainability reporting. **Journal of the American Planning Association**. v. 62, n. 2, p. 184-202, 1996. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01944369608975684#preview>>. Acesso em: 19 mar. 2013.
- 238 MAGALHÃES, M. T. Q. **Metodologia para desenvolvimento de sistemas de indicadores**: uma aplicação no planejamento e Gestão da política nacional de transportes. 2004. Dissertação (Mestrado em Transportes) - Universidade de Brasília, Brasília, 2004.
- 239 MANIYA, K.; BHATT, M. G. A selection of material using a novel type decision-making method: Preference selection index method. **Materials and Design**. v. 31, n. 4, p. 1785-1789, abr. 2010. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0261306909006396>>. Acesso em: 10 abr. 2013.
- 240 MANSHADI, B. D.; MAHMUDI, H.; ABEDIAN, A.; MAHMUDI, R. A novel method for materials selection in mechanical design: combination of non-linear normalization and a modified digital logic method. **Materials and Design**. v. 28. N. 1, p. 8-15, 2006. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0261306905001822>>. Acesso em: 10 ago. 2012.
- 241 MANZINI, E.; VEZZOLI, C. **O desenvolvimento de produtos sustentáveis**: os requisitos ambientais dos produtos industriais. Tradução de Astrid de Carvalho. 1 ed. São Paulo: Editora Universidade de São Paulo, 2008.
- 242 MARQUES, F. M. **A importância da seleção de materiais de construção para a sustentabilidade ambiental do edifício**. 2007. Dissertação (Mestrado em Arquitetura). Programa de Pós-graduação em Arquitetura, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.
- 243 MARTIN, C. **The surface texture bible**. New York: Harry N. Abrams, 2005.

- 244 MARTINEZ, L. D.; AMORIM, S. R. L. de. Inserção de aspectos sustentáveis no projeto de arquitetura unifamiliar e capacitação de profissionais de arquitetura em Niterói. In: CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO: ENERGIA, INOVAÇÃO, TECNOLOGIA E COMPLEXIDADE PARA A GESTÃO SUSTENTÁVEL, 6., 2010, Niterói. **Anais ...** Niterói, 2010, p. 1-23.
- 245 MATERIA BRASIL. 2013. Disponível em: <<http://materiabrasil.com/explore>>. Acesso em 09 out. 2013.
- 246 MATERIAL Connexion. 1997. Disponível em: <<http://www.materialconnexion>>. Acesso em: 28 nov. 2012.
- 247 MATEUS, R.; BRAGANÇA, R. Avaliação da sustentabilidade da construção: desenvolvimento de uma metodologia para a avaliação da sustentabilidade de soluções construtivas. In: CONGRESSO SOBRE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL, 1., 2004, Porto. **Anais...** Porto, 2004, p. 28 - 37.
- 248 _____. Sustentabilidade de soluções construtivas. In: CONGRESSO SOBRE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL, 2., 2006, Porto. **Anais...** Porto, 2006, p. 27 - 35.
- 249 _____. Sustainability assessment and rating of buildings: Developing the methodology SBTool^{PT}-H. **Building and Environment**, v. 46, n. 10, p. 1962-1971, out. 2011. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132311001259>>. Acesso em: 03 jan. 2012.
- 250 MATWEB: The Online Materials Information Resource. Disponível em: <<http://www.matweb.com/index.aspx>>. Acesso em: 18 nov. 2012.
- 251 MAYER, V. F.; AVILA, M. G. Desenvolvimento de uma escala para medição de emoções em Situações de percepção de injustiça em preços. In: ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM ADMINISTRAÇÃO, 30., 2006, Salvador. **Anais...** Salvador: ANPAD, 2006, p. 1-16.
- 252 MIANA, A. C. **Adensamento e forma urbana**: inserção de parâmetros ambientais no processo de projeto. 2010. 394 f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.
- 253 MINISTÉRIO DA FAZENDA. Receita Federal. **Certidão Negativa**: Pessoa Jurídica. Disponível em: <http://www.receita.fazenda.gov.br/GuiaContribuinte/CN_%20PJ.htm>. Acesso em: 24 dez. 2011.
- 254 MITIDIERI, T. da C. **Construção do futuro e sustentabilidade**. 2009. 81 f. Tese (Doutorado em Engenharia e Gestão do Conhecimento) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.
- 255 MONTEIRO, B. K. Identificação das características relevantes para a sustentabilidade de sistemas construtivos. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL NUTAU - SUSTENTABILIDADE, ARQUITETURA, DESENHO URBANO, 4. 2002, São Paulo. **Anais...** São Paulo: NUTAU, 2002.
- 256 MONTIBELLER FILHO, G. **O mito do desenvolvimento sustentável**: o meio ambiente e custos sociais no moderno sistema produtor de mercadorias. Florianópolis: Editora UFSC, 2001.
- 257 MORA, E. P. Life cycle, sustainability and transcendent quality of building materials. **Building and Environment**. v. 42, n.3, p. 1329-1334, mar. 2007. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132305004737>>. Acesso em: 22 nov. 2012.
- 258 MORET, A.; RODRIGUES, D.; ORTIZ, L. **Critérios e indicadores de sustentabilidade para bioenergia**. Documento elaborado como aporte das discussões no âmbito do GT Energia do Fórum Brasileiro de ONGs e Movimentos Sociais (FBOMS). 2006. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/meio1_000ga8tx91902wx5ok047vs6le5iqpfd.pd> Acesso em 21 ago. 2013.

- 259 MOTTA, S. R. F.; AGUILAR, M. T. P. Sustentabilidade e processos de projetos de edificações. **Gestão e Tecnologia de Projetos**. v. 4, n. 1, p. 84-119, maio 2009. Disponível em: <<http://www.iau.usp.br/posgrad/gestaodeprojetos/index.php/gestaodeprojetos/article/download/79/107>>. Acesso em: 10 out. 2012.
- 260 MWASHA, A.; WILLIAMS, R. G.; IWARO, J. Modeling the performance of residential building envelope: The role of sustainable energy performance indicators. **Energy and Buildings**. v. 43, n. 9. p. 2108 - 2117, set. 2011. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778811001666>>. Acesso em: 18 fev. 2013.
- 261 NF: Official site of the NF Mark. Disponível em: <<http://www.marque-nf.com/?lang=English>>. Acesso em: 12 dez. 2012.
- 262 NORDIC Ecolabelling Steps. 2001. Disponível em: <<http://www.nordic-ecolabel.org/CmsGlobal/Downloads/Ecolabelling%20Steps%20towards%20Sustainability.pdf>>. Acesso em: 12 dez. 2012.
- 263 OHSAS 18002: 2000. Occupational health and safety management systems - Guidelines for the implementation of OHSAS 18001. London: British Standards Institution, 2000.
- 264 OLIVEIRA, C. N. de. **O paradigma da sustentabilidade na seleção de materiais e componentes para edificações**. 2009. 197f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.
- 265 OLIVEIRA, D. P.; LEITE, F. L.; SCHMITT, C. M.; BONIN, L. C. Considerações sobre a introdução de requisitos ambientais para projeto de edificações no contexto brasileiro. In: WORKSHOP BRASILEIRO DE GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 4., 2004, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: [S.l.], 2004.
- 266 OLIVEIRA, E. M. R. de; OLIVEIRA, E. M. R. de; COSTA, R. A. **Dossiê técnico: madeira plástica – apresenta informações técnicas sobre a fabricação e o uso de madeira plástica**. Salvador: Instituto Euvaldo Lodi – IEL/BA, 2013.
- 267 ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD - OMS. **Preparación de indicadores para vigilar los progresos realizados en el logro de la salud para todos en el año 2000**. Serie salud para todos, v. 4. Ginebra: Organizacion Mundial de la Salud, 1981.
- 268 ORTIZ, O.; CASTELLS, F.; SONNEMANN, G. Sustainability in the construction industry: A review of recent development based on LCA. **Construction and Building Materials**. v. 23, n. 1, p.28-39, jan. 2009. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061807003005>>. Acesso em: 15 dez. 2012.
- 269 OYOLA, O. E. **Manual para la investigación: guía para la formulación, desarrollo y divulgación de proyectos**. Universidad Nacional de Colombia. Escuela de Arquitectura y Urbanismo. 2008.
- 270 PAES, R. F. de S. **Materiais de construção e acabamento para escolas públicas na cidade do Rio de Janeiro: uma reflexão sob critérios de sustentabilidade**. 2008. 183f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) - Programa de Pós-graduação em Arquitetura, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.
- 271 PILLI, L. Modelagem da importância dos atributos de produtos e serviços em estudos de satisfação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA, 1., 2004, São Paulo. **Anais...** São Paulo: [S.l.], 2004.
- 272 PIMENTEIRA, C. A. P. **Gestão integrada de resíduos sólidos no Rio de Janeiro: impactos das decisões dos gestores nas políticas públicas**. 2010. 280 f. Tese (Doutorado em Planejamento Energético) – Programa de Pós-graduação em Planejamento Energético, COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

- 273 PINHEIRO, G. F. **O gerenciamento da construção civil e o desenvolvimento sustentável**: um enfoque sobre os profissionais da área de edificações. 2002. 159f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.
- 274 PINTER, L.; HARDI, P.; BARTELMU, P. **Sustainable development indicators**: Proposals for a Way Forward. New York: International Institute for Sustainable Development, 2005.
- 275 PINTO, T. P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. 1999. 189f. Tese (Doutorado em Engenharia da Construção Civil). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 1999.
- 276 PLANO de desenvolvimento Espírito Santo 2025: carteira de projetos estruturantes - Espírito Santo: Macroplan, 2006. v.8.
- 277 PONTELO, J; CRUZ, L. **Gestão de pessoas**: manual de rotinas trabalhistas. 3.ed. Brasília: Senac/DF, 2010.
- 278 PRINGLE, H.; THOMPSON, M. **Marketing social**: *marketing* para causas sociais e a construção das marcas. São Paulo: Editora M. Books, 2000.
- 279 PROCEDIMENTO específico para certificação de ecoprodutos: selo ecológico Falcão Bauer. 2011. Disponível em: <http://www.ifbauer.org.br/adm/img/produto/301/PEP_SE_001_rev%2000_Selo%20Ecologico.pdf>. Acesso em: 03 mar. 2012.
- 280 PROCEL INFO: Etiquetagem em edificações. 2006. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View={89E211C6-61C2-499A-A791-DACD33A348F3}>> Acesso em 12 dez. 2013.
- 281 PROJEÇÃO da população do Brasil por sexo e idade: 1980-2050. Revisão 2008. IBGE, 2008.
- 282 SCHRÖEDER, C. da S. **Crítérios e indicadores de desempenho para sistemas de treinamento corporativo virtual**: um modelo para medir resultados. 2005. 214 f. Dissertação (Mestrado em Administração). Programa de Pós-Graduação em Administração. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.
- 283 SHI, Q. Strategies of implementing a green building assessment system in mainland China. **Journal of Sustainable Development**. v. 1, n.2, p. 13-16, 2008. Disponível em: <<http://www.ccsenet.org/journal/index.php/jsd/article/view/1310>>. Acesso em: 02 jun. 2013.
- 284 RAMALHETE, P. S.; SENOS, A. M. R.; AGUIAR, C. Digital tools for material selection in product design. **Materials and Design**, v. 31, n. 5, p. 2275-2287, maio 2010. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0261306909007031>>. Acesso em: 09 jul. 2013.
- 285 RAO, R.V. A material selection model using graph theory and matrix approach. **Materials Science and Engineering**. v. 431, n. 1-2, p. 248-255, set. 2006. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092150930600997X>>. Acesso em: 15 jul. 2011.
- 286 _____. A decision making methodology for material selection using an improved compromise ranking method. **Materials and Design**. v. 29, n. 10, p. 1949-1954, dez. 2008. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0261306908001064>>. Acesso em: 16 maio 2011.
- 287 RAO, R. V.; DAVIM, J. P. A decision making framework model for material selection using a combined multiple attribute decision-making method. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**. v. 35, p. 751-761, 2008. Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1007/s00170-006-0752-7>>. Acesso em: 26 set. 2012.

- 288 RATHOD, M. K.; KANZARIA H. V. A methodological concept for phase change material selection based on multiple criteria decision analysis with and without fuzzy environment. **Materials and Design**. v. 32, n. 6, p. 3578-3585, jan. 2011. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S026130691100118X>>. Acesso em: 01 jul. 2013.
- 289 REMBISKI, F. D. **Análise multimétodo de percepções de agentes intervenientes na pesquisa e no gerenciamento de agregados reciclados de resíduos da construção civil**. 2011. 246 f. (Mestrado em Engenharia Civil). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, 2011.
- 290 REMBISKI, F. D.; ALVAREZ, C. E. de; BISSOLI, M. Diretrizes projetuais alicerçadas no conceito de sustentabilidade para implantação de um centro de reciclagem e pesquisa dos resíduos de construção e demolição. In: III Congresso Interamericano de Resíduos Sólidos de AIDIS, 2009, Buenos Aires. **Anais...** Buenos Aires: Asociación interamericana de ingeniería sanitaria y ambiental, 2009. v. 1. p. 1-11.
- 291 RGMAT: selo de materiais sustentáveis. 2012. Disponível em: <http://www.vanzolini.org.br/noticias.asp?cod_site=0&id_noticia=376>. Acesso em: 26 out. 2012.
- 292 RIBEIRO, J. C. J. **Desenvolvimento de modelo para avaliação de desempenho de política pública de meio ambiente**. Estudo de caso: Estado de Minas Gerais. 2005, 335 f. Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos). Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2005.
- 293 RIBEIRO, M. A. **Ecologizar: pensando o ambiente humano**. Belo Horizonte: Rona, 2005.
- 294 RIBEMBOIM, Jacques (Org.). **Mudando os padrões de produção e consumo**. Brasília: IBAMA, 1997.
- 295 RIDER, T. R.; GLASS, S.; MCNAUGHTON, J. **Understanding green building materials**. New York: W. W. Norton & Company, 2011.
- 296 RÍO, P. D.; BURGUILLO, M. Assessing the impact of renewable energy deployment on local sustainability: Towards a theoretical framework. **Renewable and sustainable energy reviews**, v. 12, n.5, p.1325-1344, jun. 2008. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032107000433>>. Acesso em: 20 jun. 2012.
- 297 ROAF, S. **Closing the loop: benchmarks for sustainable building**. Londres: Riba Enterprises, 2004.
- 298 ROAF, S.; FUENTES, M.; THOMAS, S. **Ecohouse: a casa ambientalmente sustentável**. Tradução de Alexandre Salvaterra. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.
- 299 RODRIGUEZ, G.; ALEGRE, F. J.; MARTÍNEZ, G. The contribution of environmental management systems to the management of construction and demolition waste: The case of the Autonomous Community of Madrid (Spain). **Resources conservation and recycling**, v. 50, n. 3, p.334-349, maio 2007. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344906001510>>. Acesso em: 29 jun. 2013.
- 300 ROMERO, M. A. B. O desafio da construção de cidades. **Arquitetura e Urbanismo**, n. 142, p. 55-58, jan. 2006.
- 301 SAIC - Scientific Applications International Corporation. **Life Cycle Assessment: Principles and Practice**. Maio, 2006.
- 302 SAMPIERI, R. H.; COLLADO, C. F.; LUCIO, P. B. **Metodologia de Pesquisa**. 3.ed. São Paulo: McGraw-Hill, 2006.

- 303 SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de impacto ambiental**: conceitos e métodos. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.
- 304 SANDSTROM, R. An approach to systematic material selection. **Materials and Design**. v. 6, n. 6, p. 328 - 338, dez. 1985. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0261306985900184>>. Acesso em 11 nov. 2013.
- 305 SATTLER, M. A. **Habitacões de baixo custo mais sustentáveis**: a Casa Alvorada e o Centro Experimental de tecnologias habitacionais sustentáveis. Porto Alegre: ANTAC, 2007 (Coleção Habitare, 8.)
- 306 SEGNESTAM, L. **Indicators of environmental and sustainable development**: theories and practical experience. Washington: The World Bank Environment Department, 2002.
- 307 SELO ecológico. Disponível em: <<http://www.falcaobauer.com.br/html/destaque.asp?rg=3>>. Acesso em: 01 mar. 2012.
- 308 SÉRIE ISO. 2007. Disponível em: <<http://acv.ibict.br/normas>>. Acesso em: 9 out. 2011.
- 309 SILVA, H. B. M. da. **Curso do direito do trabalho aplicado**: segurança e medicina do trabalho. v. 3. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.
- 310 SILVA, N. de; DULAIMI, M. F.; LING, F. Y. Y.; OFORI, G. Improving the maintainability of buildings in Singapore. **Building and Environment**, v. 39, n. 10, p. 1243-1251, out. 2004. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132304000824>>. Acesso em: 22 mar. 2011.
- 311 SILVA, V. G.; SILVA, M. G.; AGOPYAN, V. Avaliação do desempenho ambiental de edifícios: estágio atual e perspectivas para o desenvolvimento no Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL, 2., e ENCONTRO LATINO AMERICANO SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS, 1., 2001, Canela. **Anais...** ANTAC/UFRGS, Canela, 2001. p.367-373.
- 312 SHANIAN, A.; SAVADOGO, O. TOPSIS multiple-criteria decision support analysis for material selection of metallic bipolar plates for polymer electrolyte fuel cell. **Journal of Power Sources**. v. 159, n. 2, p. 1095-1104, set. 2006. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S037877530600139X>>. Acesso em: 16 set. 2013.
- 313 SPIEKERMANN, C.; DONATH, D. Digital support of material and product selection in the architectural design and planning process. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON THE APPLICATIONS OF COMPUTER SCIENCE AND MATHEMATICS IN ARCHITECTURE AND CIVIL ENGINEERING, 17., 2006, Weimar. **Anais...** Weimar: Bauhaus Universität Weimar, 2006, p. 1-10.
- 314 STOCK.xchg. Disponível em: <<http://www.sxc.hu/>>. Acesso em: 11 dez. 2013.
- 315 SZABO L. **A arquitetura no caminho da sustentabilidade**. São Paulo: Iniciativa Solvin, 2005.
- 316 SIMAPRO. Disponível em: <<http://www.pre-sustainability.com/simapro-lca-software>>. Acesso em: 25 nov. 2012.
- 317 SINAPI - Índices da Construção Civil. Disponível em: <http://www1.caixa.gov.br/gov/gov_social/municipal/programa_des_urbano/SINAPI/>. Acesso em: 5 abr. 2012.
- 318 SIRISALEE, P.; ASHBY, M.F.; PARKS, G.T.; CLARKSON, P.J. Multi-criteria material selection in engineering design. **Advanced Engineering Materials**. v. 6, n. 1-2, p. 84-92, fev. 2004. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/adem.200300554/abstract>>. Acesso em: 02 ago. 2012.

- 319 SOARES, R. B.; FERNANDES, F.; BISSOLI, M. Levantamento de materiais considerados sustentáveis na construção civil: um panorama da RMGV. In: ENCONTRO NACIONAL, 6. ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS, 4., 2011, Vitória. **Anais...** Vitória: ANTAC/ UFES, 2011.
- 320 SOARES, S. R.; SOUZA, D. M. de; PEREIRA, S. W. A avaliação do ciclo de vida no contexto da construção civil. In: SATTLER, M. A.; PEREIRA, F. O. R. (Ed.). **Coletânea HABITARE: Construção e meio ambiente**. Porto Alegre: ANTAC, 2006. Disponível em: <http://habitare.infohab.org.br/ArquivosConteudo/ct_7_cap4.pdf>. Acesso em: 29 set. 2011.
- 321 SOCIETY FOR TOXICOLOGY AND CHEMISTRY – SETAC. **A technical framework for Life-Cycle Assessment**. Washington D. C.: SETAC, 1991.
- 322 SOUZA, A. D. S. **Ferramenta ASUS: Proposta preliminar para avaliação da sustentabilidade de edifícios brasileiros a partir da base conceitual da SBTool**. 2008. 168 p. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2008.
- 323 SOUZA, A. D. S.; ALVAREZ, C. E. de; BERNABÉ, A. C.; FANTICELI, F. B.; SANTOS, L. S.; BISSOLI, M. A ferramenta ASUS e seu processo de consolidação enquanto instrumento auxiliar para projetos de edificações alicerçados nos conceitos de sustentabilidade. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 13., 2010, Canela. **Anais...** Canela: ANTAC/ UFRGS, 2010.
- 324 SOUZA, R. de; TAMAKI, M. R. **Gestão de Materiais de Construção**. São Paulo: Nome da Rosa, 2005.
- 325 SPIEGEL, R.; MEADOWS, D. **Green building materials: a guide to product selection and specification**. New York: John Wiley & Sons, 2006.
- 326 STYLEPARK. 2007. Disponível em: <<http://www.stylepark.com/es/material>>. Acesso em: 05 abr. 2012.
- 327 TAKANE, Y.; YANAI, H. Alternative characterizations of the extended Wedderburn–Guttman theorem. **Linear algebra and its applications**. v. 422, n. 2–3, p. 701-711, abr. 2007. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0024379506005295>>. Acesso em: 23 ago. 2013.
- 328 TAKIGAWA, T.; WANG, B.; SAKANO, N.; WANG, D.; OGINO, K.; KISHI, R. A longitudinal study of environmental risk factors for subjective symptoms associated with sick building syndrome in new dwellings. **Science of the total environment**. v. 407, n. 19, p. 5223 - 5228, set. 2009. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19608217>>. Acesso em: 14 jan. 2013.
- 329 TAVARES, J. da. C. Tópicos de administração aplicada a segurança do trabalho. São Paulo: SENAC. 10. ed. 2005.
- 330 TAVARES, S. F. **Metodologia de análise do ciclo de vida energético de edificações residenciais brasileiras**. 2006. 225f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Programa de pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.
- 331 TERMORSHUIZEN, J. W.; OPDAM, P.; VAN DEN BRINK, A. Incorporating ecological sustainability into landscape planning. **Landscape and Urban Planning**. v. 79, n. 3-4, p. 374-384, mar. 2007. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016920460600079X>>. Acesso em: 10 maio 2012.
- 332 THE BLUE Angel. Disponível em: <<http://www.blauer-engel.de/en/index.php>>. Acesso em: 12 dez. 2012.

- 333 THE COUNCIL of the European Communities 1998. Council Directive of 21 December 1998 on the approximation of laws, regulations and administrative provisions of the member states relating to construction product. Brussels: The Council of the European Communities, 1998.
- 334 TRIANA, M. A. **Diretrizes para incorporar conceitos de sustentabilidade no planejamento e projeto de arquitetura residencial multifamiliar e comercial em Florianópolis**. Florianópolis, 2005. 188f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.
- 335 TSANG, A. H. C. Condition-based maintenance tools and decision making. **Journal of quality in maintenance engineering**. v. 1, n.3, p. 3-17, 1995. Disponível em: <<http://www.emeraldinsight.com/journals.htm?articleid=843144&show=abstract>>. Acesso em: 13 jul. 2011.
- 336 TURK, A. M. The benefits associated with ISO 14001 certification for construction firms: Turkish case. **Journal of cleaner production**. Istanbul, v. 17, n.5, p. 559-569, mar. 2009. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652608002801>>. Acesso em: 20 dez. 2012.
- 337 UN/ESA. **What is new in the 2010 revision of the world population prospects?** New York, London: W .W. Norton e Company, 2011.
- 338 PEZZI, C. H. **Un vitrúvio ecológico: principios y práctica del proyecto arquitectónico sostenible**. Barcelona: Gustavo Gili, 2008.
- 339 UTSUNOMIYA, F. Marketing e sustentabilidade: uma possível relação? SCHAUN, A.; UTSUNOMIYA, F. (org.). **Comunicação e sustentabilidade: conceitos, contextos e experiências**. Rio da Janeiro: E-papers, 2010.
- 340 VAN CAUWENBERGH, N. V.; BIALA, K.; BIELDERS, C.; BROUCKAERT, V.; FRANCHOIS, L.; GARCIA CIDAD, V.; HERMY, M.; MATHIJS, E.; MUYS, B.; REIJNDERS, J.; SAUVENIER, X.; VALCKX, J.; VANCLOOSTER, M.; VAN DER VEKEN, B.; WAUTERS, E.; PEETERS, A. SAFE: a hierarchical framework for assessing the sustainability of agricultural systems. **Agriculture, Ecosystems and Environment**. v. 120, n. 2-4, p. 229 - 242, maio 2007. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167880906003331>>. Acesso em: 01 jun. 2013.
- 341 VILLELA, D. S. **Sustentabilidade na formação atual do arquiteto e urbanista**. 2007. 181 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Núcleo de Pós-Graduação da Escola de Arquitetura, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.
- 342 VINE, E. Breaking down the silos: the integration of energy efficiency, renewable energy, demand response and climate change. **Energy efficiency**. v.1, p.49-63, 2008. Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs12053-008-9004-z#page-1>>. Acesso em: 08 ago. 2012.
- 343 VOLPATO, G. L. **Método lógico para redação científica**. Botucatu: Best Writing, 2011.
- 344 VOLPATO, G. L.; BARRETO, R. E. **Estatística sem dor**. Botucatu: Best Writing, 2011.
- 345 VOLPATO, G. L.; BARRETO, R. E.; UENO, H. M.; VOLPATO, E. de S. N.; GIAQUINTO, P. C.; FREITAS, E. G. de. **Dicionário crítico para redação científica**. Botucatu: Best Writing, 2013.
- 346 WADEL, G.; AVELLANEDA, J.; CUCHÍ, A. La sostenibilidad en la arquitectura industrializada: cerrando el ciclo de los materiales. **Informes de la construcción**. v. 62, n. 517, p. 37-51, jan./ mar., 2010. Disponível em: <<http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/article/download/806/892>>. Acesso em: 17 fev. 2013.

- 347 WALDETÁRIO, K Z.; ALVAREZ, C. E. de. Diretrizes para aplicação dos conceitos de sustentabilidade na reabilitação de edifícios em centros urbanos para fins de habitação popular: análise do Programa Morar no Centro – Vitória (ES). In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 13., 2010, Canela. **Anais...** Canela: ANTAC/ UFRGS, 2010.
- 348 WINTERBOTTOM, M.; WILKINS, A. Lighting and discomfort in the classroom. **Environmental Psychology**, v. 29, n. 1, p.63-75, mar. 2009. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0272494408001011>>. Acesso em: 13 jan. 2013.
- 349 XAVIER, S. P. **A temática da sustentabilidade no ensino de graduação em arquitetura e urbanismo**: estudo de caso das experiências de três instituições públicas. 2011. 173f. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) - Programa de Pós-Graduação em Construção Civil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.
- 350 YEANG, K. **Proyeter com lana turaleza**: bases ecológicas para el proyeto arquitectónico. Barcelona: Gustavo Gili, 2000.
- 351 _____. **El rasgacielos ecológico**. Barcelona: Gustavo Gili. 2001.
- 352 _____. **Ecodesign**: a manual for ecological design. Londres: Willey Academy, 2006.
- 353 YU, C.; KANG, J. Environmental impact of acoustic materials in residential buildings. **Building and environment**. v. 44, n. 10, p.2166 - 2175, out. 2009. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132309000791>>. Acesso em: 12 maio 2011.
- 354 YUBA, A. N. **Análise da pluridimensionalidade da sustentabilidade da cadeia produtiva de componentes de construção em madeira de plantios florestais**. 2005. 227 f. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.
- 355 ZALESKI, C. B. **Materiais e conforto**: um estudo sobre a preferência por alguns materiais de acabamento e sua relação com o conforto percebido em interiores residenciais da classe média de Curitiba. 2006. 154f. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) - Programa de Pós-Graduação em Construção Civil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.
- 356 ZANNIN, P. H. T.; FERREIRA, J. A. C. In situ acoustic performance of materials used in Brazilian building construction. **Construction and Building Materials**. v. 21, n. 8, p.1820-1824, ago. 2007. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061806001863>>. Acesso em: 13 ago. 2011.
- 357 ZEYDAN, M.; ÇOLPA, C.; ÇOBANOGLU, C. A combined methodology for supplier selection and performance evaluation. **Expert systems with applications**. v. 38, n. 3, p. 2741-2751, mar. 2011. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0957417410008602>>. Acesso em: 22 nov. 2012.

APÊNDICES



APÊNDICE 1

PESQUISA: SELEÇÃO DE MATERIAIS COM BASE NA SUSTENTABILIDADE

Na lista abaixo, o que você levaria em consideração se estivesse especificando um material de construção com base na sustentabilidade (ambiental, econômica e social)? Avalie conforme com a escala de qualificação:

a	Não é importante
b	Importância mediana
c	Muito importante

	Acabamento
	Adaptabilidade
	Características geométricas
	Certificação e rotulagem
	Conteúdo reciclado
	Desempenho acústico
	Desempenho lumínico
	Desempenho térmico
	Desmontagem
	Durabilidade
	Embalagem
	Emissões
	Energia incorporada
	Geração e Gestão de resíduos
	Manutenção do material
	<i>Marketing</i> sustentável
	Materiais proibidos
	Normas técnicas
	Odor
	Procedência
	Processamento mínimo
	Reaproveitamento
	Reciclável
	Regularidade das empresas junto ao Governo Federal
	Remuneração salarial dos funcionários
	Renovável
	Responsabilidade sócio ambiental das organizações
	Segurança e saúde ocupacional
	Viabilidade econômica da mão de obra
	Viabilidade econômica do material

APÊNDICE 2

Questionário utilizado no teste acadêmico - Esta versão foi utilizada unicamente para o teste inicial e foi modificada nas etapas posteriores.

(Continua)

Critério	Peso	Marca de referência
1. O impacto ao meio ambiente local resultante da extração do material é o menor possível	5	O impacto é mínimo e realiza atividades compensatórias no local ou nas proximidades
	3	O impacto é mínimo e realiza atividades compensatórias em áreas distantes do local
	0	Causa mínimo impacto ao meio ambiente local
	-0,5	Ausência de dados ou outro motivo
	-1	Causa expressivo impacto ao meio ambiente
2. O material ou as partes que o compõe possui algum tipo de certificação	5	Acima de 75% dos elementos que constituem o material possuem certificação
	3	Os elementos que possuem certificação e que constituem o material somam um percentual de 25% a 75%
	0	Até 25% dos elementos que constituem o material possuem certificação
	-0,5	Ausência de dados ou outro motivo
	-1	Não possui certificação
3. É de fonte animal ou vegetal	5	Acima de 75% dos elementos que constituem o material são de fonte animal ou vegetal
	3	Os elementos de fonte animal ou vegetal que constituem o material somam um percentual de 25% a 75%
	0	Até 25% dos elementos que constituem o material são de fonte animal ou vegetal
	-0,5	Ausência de dados ou outro motivo
	-1	Não é de fonte animal ou vegetal
4. É renovável	5	Acima de 75% dos elementos que constituem o material são de fonte renovável
	3	Os elementos de fonte renovável que constituem o material somam um percentual de 25% a 75%
	0	Até 25% dos elementos que constituem o material são de fonte renovável
	-0,5	Ausência de dados ou outro motivo
	-1	Não é de fonte renovável
5. É proveniente de reuso	5	Acima de 75% dos elementos que constituem o material são provenientes de reuso
	3	Os elementos provenientes de reuso que constituem o material somam um percentual de 25% a 75%
	0	Até 25% dos elementos que constituem o material são provenientes de reuso
	-0,5	Ausência de dados ou outro motivo
	-1	Não é proveniente de reuso
6. É reciclado, reduzindo a demanda por materiais virgens	5	Os elementos reciclados que constituem o material somam um percentual superior a 75%
	3	Os elementos reciclados que constituem o material somam um percentual de 25% a 75%
	0	Os elementos reciclados que constituem o material somam um percentual de até 25%
	-0,5	Ausência de dados ou outro motivo
	-1	Não é reciclado
7. Possui adição de resíduos em sua composição	5	A adição de resíduos soma um percentual superior a 75%
	3	A adição de resíduos soma um percentual de 25% a 75%
	0	A adição de resíduos soma um percentual de até 25%
	-0,5	Ausência de dados ou outro motivo
	-1	Não possui adição de resíduos
8. Favorece a permeabilidade e contribui para a aeração – ou passagem do ar	5	Possui índice de permeabilidade superior a 75%
	3	Possui índice de permeabilidade que varia de 25% a 75%
	0	Possui índice de permeabilidade de até 25%
	-0,5	Ausência de dados ou outro motivo
	-1	É totalmente impermeável
	5	Não emite substâncias prejudiciais

9. Não emite substâncias prejudiciais à saúde humana durante a produção	3	Emite substâncias, mas estão dentro dos índices aceitáveis e apresenta alguma compensação ambiental para minimizar o impacto
	0	Emite substâncias, mas estão dentro dos índices aceitáveis e permitidos por norma
	-0,5	Ausência de dados ou outro motivo
	-1	Não atendimento aos requisitos mínimos estabelecidos para o nível 0

(Continuação)

Critério	Peso	Marca de referência
10. Não emite substâncias prejudiciais/ destruidoras da camada de ozônio durante a produção	5	Não emite substâncias prejudiciais
	3	Emite substâncias, mas estão dentro dos índices aceitáveis e apresenta alguma compensação ambiental para minimizar o impacto
	0	Emite substâncias, mas estão dentro dos índices aceitáveis e permitidos por norma
	-0,5	Ausência de dados ou outro motivo
	-1	Não atendimento aos requisitos mínimos estabelecidos para o nível 0
11. Não emite odores durante a produção	5	Não emite odores
	3	Emite odores, mas estão dentro dos índices aceitáveis e apresenta alguma compensação para reduzir o incômodo
	0	Emite odores, mas estão dentro dos índices aceitáveis e permitidos por norma
	-0,5	Ausência de dados ou outro motivo
	-1	Não atendimento aos requisitos mínimos estabelecidos para o nível 0
12. É de cadeia produtiva curta	5	Acima de 75% dos elementos que constituem o material são de cadeia produtiva que não ultrapassa 15 anos para atingirem o estágio de utilização
	3	Os elementos que constituem o material e que somam um percentual de 25% a 75% são de cadeia produtiva que não ultrapassa 15 anos para atingirem o estágio de utilização
	0	Pelo menos 25% dos elementos que constituem o material são de cadeia produtiva que não ultrapassa 15 anos para atingirem o estágio de utilização
	-0,5	Ausência de dados ou outro motivo
	-1	Os elementos que constituem o material, seja em qualquer percentual, são de cadeia produtiva que ultrapassa 15 anos para atingirem o estágio de utilização
13. O fabricante do material usa mecanismos para limitar a poluição proveniente de eventuais tratamentos ou do próprio beneficiamento	5	Os eventuais tratamentos não emitem poluição
	3	Utiliza mecanismos para garantir a aceitabilidade da prática dentro dos índices aceitáveis e apresenta alguma compensação ambiental para minimizar o impacto
	0	Utiliza mecanismos para garantir a aceitabilidade da prática dentro dos índices aceitáveis
	-0,5	Ausência de dados ou outro motivo
	-1	Não atendimento aos requisitos mínimos estabelecidos para o nível 0
14. Possui adequado desempenho térmico	5	Favorece a melhoria do conforto térmico do ambiente acima dos índices desejáveis para o local de uso
	3	Favorece o conforto térmico do ambiente dentro dos índices desejáveis para o local de uso
	0	Não influencia e/ou prejudica o conforto térmico do ambiente
	-0,5	Ausência de dados ou outro motivo
	-1	Não atendimento aos requisitos mínimos estabelecidos para o nível 0
15. As propriedades térmicas do material são adequadas às características climáticas locais	5	As propriedades térmicas são adequadas ao clima local e contribui com a melhoria na eficiência térmica
	3	As propriedades térmicas são adequadas ao clima local
	0	E possível adequar as propriedades com o auxílio de outro material
	-0,5	Ausência de dados ou outro motivo
	-1	As propriedades térmicas não são adequadas ao clima local
16. Possui adequado desempenho acústico	5	Favorece a melhoria do conforto acústico acima dos índices desejáveis para o local de uso
	3	Favorece o conforto acústico dentro dos índices desejáveis para o local de uso
	0	Não influencia e/ou prejudica o conforto acústico
	-0,5	Ausência de dados ou outro motivo
	-1	Não atendimento aos requisitos mínimos estabelecidos para o nível 0
	5	O percentual de aproveitamento e beneficiamento é superior a 75%
	3	O percentual de aproveitamento e beneficiamento é de 25% a 75%
	0	O percentual de aproveitamento e beneficiamento é de até 25%

17. Os resíduos gerados na produção são passíveis de serem aproveitados	-	Ausência de dados ou outro motivo
	0,5	
	-1	Não atendimento aos requisitos mínimos estabelecidos para o nível 0
18. Os possíveis resíduos gerados e não aproveitados são descartados corretamente	5	Acima de 75% dos resíduos são destinados corretamente
	3	De 25% a 75% dos resíduos são destinados corretamente
	0	Até 25% dos resíduos são destinados corretamente
	-	Ausência de dados ou outro motivo
	0,5	
	-1	Não são destinados corretamente
19. Os fabricantes/ produtores não praticam a informalidade na cadeia produtiva	5	Praticam a formalidade e possuem programas sociais ou iniciativas para melhoria da qualidade de vida de instituições ou membros externos à empresa
	3	Praticam a formalidade e possuem programas sociais ou iniciativas para melhoria da qualidade de vida dos próprios funcionários
	0	Praticam a formalidade
	-	Ausência de dados ou outro motivo
	0,5	
	-1	Praticam a informalidade de alguma forma

(Continuação)

Critério	Peso	Marca de referência
20. Cumpre com as normas técnicas correspondentes ao mesmo	5	Cumpe com as normas e atinge resultados em 20% superiores aos estipulados pelas mesmas
	3	Cumpe com as normas e atinge resultados em 10% superiores aos estipulados pelas mesmas
	0	Cumpe com as normas
	-	Ausência de dados ou outro motivo
	0,5	
	-1	Não cumpre com as normas
21. Prioriza o uso de energia renovável nos processos de produção	5	Utiliza energia renovável em todos os processos
	3	Utiliza energia não renovável em até 10% dos processos
	0	Utiliza energia não renovável em até 20% dos processos
	-	Ausência de dados ou outro motivo
	0,5	
	-1	Não atendimento aos requisitos mínimos estabelecidos para o nível 0
22. Apresenta boas características visuais (estética/cor/ acabamento)	5	A aparência do material possui estética agradável; e a cor e o acabamento contribuem para tal
	3	A aparência do material possui estética agradável, porém sofre alterações na cor, por exemplo, desbota.
	0	A aparência do material possui estética agradável, contudo a cor e o acabamento não favorecem (por exemplo, ofusca, escurece, reflete, etc.), ou ainda, há a necessidade de utilizar outro material para se atingir tal aparência
	-	Ausência de dados ou outro motivo
	0,5	
	-1	Não atendimento aos requisitos mínimos estabelecidos para o nível 0
23. Questões culturais se fazem presentes no material	5	É possível identificar algo que correlacione às questões culturais da região
	3	É possível identificar algo que correlacione às questões culturais do Estado
	0	É possível identificar algo que correlacione às questões culturais do país
	-	Ausência de dados ou outro motivo
	0,5	
	-1	Não atendimento aos requisitos mínimos estabelecidos para o nível 0
24. O material favorece a durabilidade e a vida útil	5	Possui vida útil de projeto superior (VUP superior) em 10% à estabelecida pela NBR 15575
	3	Possui vida útil de projeto superior (VUP superior) em 5% à estabelecida pela NBR 15575
	0	Possui vida útil de projeto mínima (VUP mínima) estabelecida pela NBR 15575
	-	Ausência de dados ou outro motivo
	0,5	
	-1	Não atendimento aos requisitos mínimos estabelecidos para o nível 0
25. As características geométricas do material favorecem a modulação	5	Atende aos requisitos do nível 3, facilita o encaixe ou produz mínima quantidade de resíduos
	3	As características geométricas favorecem a modulação e possibilitam recortes que forneçam ao máximo o aproveitamento do material
	0	As características geométricas favorecem a modulação
	-	Ausência de dados ou outro motivo
	0,5	
	-1	Não atendimento aos requisitos mínimos estabelecidos para o nível 0
26. É acondicionado em embalagem adequada	5	Não necessita de embalagem
	3	É acondicionado em apenas um tipo de embalagem, consumindo pouco material e utiliza material reciclável e biodegradável para tal
	0	É acondicionado em apenas um tipo de embalagem, consumindo pouco material

	-0,5	Ausência de dados ou outro motivo
	-1	É acondicionado em mais de 1 tipo de embalagem
27. Possui certificação ambiental	5	Possui certificação
	-1	Não possui certificação
28. É fabricado regionalmente, considerando: Grupo 1 (materiais “brutos” - areia, tijolo, bloco, material de cobertura - fabricados a distância máx. 50 km); Grupo 2 (componentes - portas, janelas, etc. - fabricados distância máx. 250 km; Grupo 3 (acabamentos, fabricados distância máx. 500 km)	5	Fabricante localizado a um raio máximo de: 30 km para Grupo 1; 200 km para Grupo 2; 400 km para Grupo 3
	3	Fabricante localizado a um raio máximo de: 40 km para Grupo 1; 225 km para Grupo 2; 450 km para Grupo 3
		Fabricante localizado a um raio máximo de: 50 km para Grupo 1; 250 km para Grupo 2; 500 km para Grupo 3
	-0,5	Ausência de dados ou outro motivo
	-1	Não é fabricado regionalmente
	29. O fornecimento é suprido por comerciantes locais, considerando: Grupo 1 (materiais “brutos” - areia, tijolo, bloco, material de cobertura - fabricados a distância máx. 50 km); Grupo 2 (componentes - portas, janelas, etc. - fabricados distância máx. 250 km; Grupo 3 (acabamentos, fabricados distância máx. 500 km)	5
3		É suprido por comerciantes localizados a um raio máximo de: 40 km para Grupo 1; 225 km para Grupo 2; 450 km para Grupo 3
0		É suprido por comerciantes localizados a um raio máximo de: 50 km para Grupo 1; 250 km para Grupo 2; 500 km para Grupo 3
-0,5		Ausência de dados ou outro motivo
-1		Não é suprido localmente

(Continuação)

Critério	Peso	Marca de referência
30. Não emite substâncias prejudiciais à saúde humana durante a construção	5	Não emite substâncias
	3	Emite substâncias, mas estão dentro dos índices aceitáveis e apresenta alguma compensação ambiental para minimizar o impacto
	0	Emite substâncias, mas estão dentro dos índices aceitáveis e permitidos por norma
	-0,5	Ausência de dados ou outro motivo
	-1	Não atendimento aos requisitos mínimos estabelecidos para o nível 0
31. Durante a aplicação/instalação o material não gera resíduos sólidos	5	Não gera resíduos sólidos
	3	Gera resíduos sólidos, mas estão dentro dos limites aceitáveis e permitidos e apresenta alguma compensação ambiental para minimizar o impacto
	0	Gera resíduos sólidos, mas estão dentro dos limites aceitáveis e permitidos
	-0,5	Ausência de dados ou outro motivo
-1	Não atendimento aos requisitos mínimos estabelecidos para o nível 0	
32. Os resíduos gerados durante a construção são passíveis de serem beneficiados	5	O percentual de aproveitamento e beneficiamento é superior a 75%
	3	O percentual de aproveitamento e beneficiamento é de 25% a 75%
	0	O percentual de aproveitamento e beneficiamento é de até 25%
	-0,5	Ausência de dados ou outro motivo
	-1	Não é possível aproveitar os resíduos
33. É possível usar o material na construção com mão de obra tradicional	5	O material é utilizado com mão de obra e ferramentas tradicionais
	0	O material é utilizado com mão de obra tradicional, mas requer ferramentas especiais
	-0,5	Ausência de dados ou outro motivo
	-1	Requer mão de obra especializada
34. Apresenta baixa emissão de odores durante a aplicação	5	Não emite odores
	3	Emite odores, mas estão dentro dos índices aceitáveis e apresenta alguma compensação para reduzir o incômodo
	0	Emite odores, mas estão dentro dos índices aceitáveis
	-0,5	Ausência de dados ou outro motivo
	-1	Não atendimento aos requisitos mínimos estabelecidos para o nível 0
35. Favorece o projeto modular e padronizado	5	Atende ao requisito do nível 3 e as interferências na forma original do material são mínimas
	3	Favorece o projeto modular e padronizado e facilita interações com outros materiais (por exemplo, encaixes e conexões)
	0	Favorece o projeto modular e padronizado

	-0,5	Ausência de dados ou outro motivo
	-1	Não favorece o projeto modular
36. O material não está proibido, ou seja, é recomendado por organismos reconhecidos	5	O material não está proibido, e parte dos elementos constituintes (acima de 75%) é extraída de áreas regularizadas e legalizadas
	3	O material não está proibido, e parte dos elementos constituintes (de 25% a 75%) é extraída de áreas regularizadas e legalizadas
	0	O material não está proibido, e parte dos elementos constituintes (até 25%) é extraída de áreas regularizadas e legalizadas
	-0,5	Ausência de dados ou outro motivo
	-1	O material ou algum de seus elementos constituintes estão proibidos.
37. Não necessita de outros materiais para acabamento superficial	5	Não necessita de outros acabamentos e as manutenções acontecem somente com limpeza
	3	Não necessita de outros acabamentos, contudo, durante seu uso requer manutenções que necessitam de novos materiais
	0	Não necessita de outros acabamentos, contudo, durante seu uso requer manutenções que necessitam da reposição de partes, peças ou do material
	-0,5	Ausência de dados ou outro motivo
	-1	Necessita de materiais complementares para acabamento
38. É viável economicamente - está ajustado à tabela de preços do IOPES (http://siteiop.es.no-ip.info/)	5	O valor está de acordo com a tabela referencial, variando de 10% a 15% abaixo
	3	O valor está de acordo com a tabela referencial, variando de 5% a 10% abaixo
	0	O valor está de acordo com a tabela referencial, variando em até 5% abaixo
	-0,5	Ausência de dados ou outro motivo
	-1	Os valores são superiores
39. Não emite substâncias prejudiciais à saúde humana (ex. COVs) durante o uso, no que tange a qualidade do ar interior	5	Não emite substâncias prejudiciais
	3	Emite substâncias, mas estão dentro dos índices aceitáveis e apresenta alguma compensação ambiental para minimizar o impacto
	0	Emite substâncias, mas estão dentro dos índices aceitáveis e permitidos por norma
	-0,5	Ausência de dados ou outro motivo
	-1	Não atendimento aos requisitos mínimos estabelecidos para o nível 0

(Continuação)

Critério	Peso	Marca de referência
40. Possui nenhum ou baixo nível de formaldeído	5	Não possui formaldeído
	3	Possui níveis que estão dentro dos índices aceitáveis e apresenta alguma compensação ambiental para minimizar o impacto
	0	Possui níveis que estão dentro dos índices aceitáveis e permitidos por norma
	-0,5	Ausência de dados ou outro motivo
	-1	Não atendimento aos requisitos mínimos estabelecidos para o nível 0
41. Não possui CFCs e Halons	5	Não possui CFC e Halons
	3	Possui níveis que estão dentro dos índices aceitáveis e apresenta alguma compensação ambiental para minimizar o impacto
	0	Possui níveis que estão dentro dos índices aceitáveis e permitidos por norma
	-0,5	Ausência de dados ou outro motivo
	-1	Não atendimento aos requisitos mínimos estabelecidos para o nível 0
42. Apresenta baixa emissão de odores durante a vida útil	5	Não emite odores
	3	Emite odores que estão dentro dos índices aceitáveis e apresenta alguma compensação para reduzir o incômodo
	0	Emite odores, contudo não causa incômodo
	-0,5	Ausência de dados ou outro motivo
	-1	Não atendimento aos requisitos mínimos estabelecidos para o nível 0
43. Não emite fibras, partículas e compostos em contato com o ar	5	Não emite fibras, partículas e compostos
	3	Emite fibras, partículas e compostos que estão dentro dos índices aceitáveis e apresenta alguma compensação ambiental para minimizar o impacto
	0	Emite fibras, partículas e compostos, mas estão dentro dos índices aceitáveis
	-0,5	Ausência de dados ou outro motivo
	-1	Não atendimento aos requisitos mínimos estabelecidos para o nível 0

44. Favorece a redução da temperatura em áreas externas	5	Favorece a redução da temperatura além dos índices desejáveis para o local de uso
	3	Contribui para redução da temperatura dentro dos índices desejáveis para o local de uso
	0	Não influencia e/ou prejudica a temperatura
	-0,5	Ausência de dados ou outro motivo
	-1	Não atendimento aos requisitos mínimos estabelecidos para o nível 0
45. Não reflete a luz	5	Não reflete luz
	0	Reflete um percentual de energia e luz que estão dentro dos índices aceitáveis
	-0,5	Ausência de dados ou outro motivo
46. Favorece boas condições de higiene (redução do crescimento de fungos, bactérias, etc.)	-1	Não atendimento aos requisitos mínimos estabelecidos para o nível 0
	5	Possui superfície que facilita a limpeza e a manutenção
	3	A superfície é levemente rugosa, o que não apresenta grandes dificuldades para a limpeza
	0	A superfície é rugosa, mas possui acabamento final que favorece a limpeza
47. Necessita de pouca manutenção	-0,5	Ausência de dados ou outro motivo
	5	Necessita de manutenção a cada 10 anos
	3	Necessita de manutenção a cada 5 anos
	0	Necessita de manutenção a cada ano
	-1	Não atendimento aos requisitos mínimos estabelecidos para o nível 0
48. A manutenção é simples	-0,5	Ausência de dados ou outro motivo
	5	A manutenção é simples, e requer apenas água para limpeza
	3	A manutenção é simples, e requer apenas produtos de limpeza não agressivos à saúde e ao meio ambiente
	0	A manutenção é simples, mas requer o uso de produtos químicos
	-1	Não atendimento aos requisitos mínimos estabelecidos para o nível 0
49. É resistente à umidade	-0,5	Ausência de dados ou outro motivo
	5	É resistente à umidade e não requer materiais adicionais para tal proteção
	0	É resistente à umidade, contudo requer o uso de materiais adicionais para tal proteção
	-1	Não atendimento aos requisitos mínimos estabelecidos para o nível 0
50. Contribui para a redução da frequência de reposição	-0,5	Ausência de dados ou outro motivo
	5	A frequência de reposição é 15% superior a vida útil e ao uso preterido
	3	A frequência de reposição é 10% superior a vida útil e ao uso preterido
	0	A frequência de reposição é compatível com a vida útil e com o uso preterido
	-1	Não atendimento aos requisitos mínimos estabelecidos para o nível 0

(Conclusão)

Critério	Peso	Marca de referência
51. Favorece a desconstrução/desmontagem	5	É facilmente separado dos demais materiais e não requer equipamentos especiais ou mão de obra especializada
	3	É possível ser separado dos demais materiais, contudo requer equipamentos e/ou mão de obra especializados
	0	É possível ser separado dos demais materiais, contudo requer o uso de técnicas especiais que envolvem, por exemplo, o consumo energético ou ainda materiais auxiliares para tal separação
	-0,5	Ausência de dados ou outro motivo
	-1	Não atendimento aos requisitos mínimos estabelecidos para o nível 0
52. Favorece a adaptabilidade para diferentes usos	5	É facilmente adaptável a diferentes usos
	0	É possível ser adaptável para diferentes usos, contudo requer o uso de técnicas ou mão de obra especiais
	-0,5	Ausência de dados ou outro motivo
	-1	Não atendimento aos requisitos mínimos estabelecidos para o nível 0
	5	Acima de 75% dos elementos que constituem o material são passíveis de reciclagem

53. É passível de ser reciclado	3	É possível reciclar parte dos elementos que constituem o material e que somam um percentual de 25% a 75%
	0	Até 25% dos elementos que constituem o material são passíveis de reciclagem
	-0.5	Ausência de dados ou outro motivo
	-1	Não atendimento aos requisitos mínimos estabelecidos para o nível 0
54. É passível de ser reaproveitado ou ter parte de seus elementos separados para novo uso, adaptável a novos materiais – facilidade de reuso	5	Acima de 75% dos elementos que constituem o material são passíveis de reuso
	3	É possível reaproveitar partes que constituem o material e que somam um percentual de 25% a 75%
	0	Até 25% dos elementos que constituem o material são passíveis de reuso
	-0.5	Ausência de dados ou outro motivo
	-1	Não é possível o reaproveitamento