



Arquiteturarevista

ISSN: 1808-5741

arq.leiab@gmail.com

Universidade do Vale do Rio dos Sinos

Brasil

Bissoli-Dalvi, Márcia; Engel de Alvarez, Cristina; de Oliveira Hofman, Izabela; Saelzer Fuica, Gerardo
Erich

Sistematização de indicadores de sustentabilidade como ferramenta auxiliar ao projetista na seleção
dos materiais de construção

Arquiteturarevista, vol. 9, núm. 2, julio-diciembre, 2013, pp. 99-111

Universidade do Vale do Rio dos Sinos

São Leopoldo, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193630143004>

- ▶ Como citar este artigo
- ▶ Número completo
- ▶ Mais artigos
- ▶ Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe , Espanha e Portugal
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

Sistematização de indicadores de sustentabilidade como ferramenta auxiliar ao projetista na seleção dos materiais de construção

Systematization of sustainability indicators as a tool to assist in the selection building materials by the project designer

Márcia Bissoli-Dalvi

marciabissoli@gmail.com

Universidad del Bío-Bío

Universidade Federal do Espírito Santo

Cristina Engel de Alvarez

cristinaengel@pq.cnpq.br

Universidade Federal do Espírito Santo

Izabela de Oliveira Hofman

hofmanizabela@hotmail.com

Universidade Federal do Espírito Santo

Gerardo Erich Saelzer Fuica

gsaelzer@ubiobio.cl

Universidad del Bío-Bío

RESUMO – O processo de especificação de materiais de construção exige dos profissionais um conhecimento cada vez mais amplo, e, quando correlacionada ao conceito de sustentabilidade, a sistematização de indicadores torna-se uma ferramenta de fundamental importância para a escolha responsável dos materiais construtivos. Esta pesquisa teve por objetivo sistematizar os indicadores potencialmente aplicáveis em um processo de seleção de materiais de construção com base na sustentabilidade. Para a definição dos mesmos foram adotadas como referências as principais ferramentas de avaliação de sustentabilidade, e, para o estabelecimento do alicerce conceitual, foram consideradas as fontes com reconhecida confiabilidade, oriundas principalmente de livros e artigos científicos nacionais e internacionais. A partir da sistematização, foi efetuada a correlação dos indicadores com as dimensões ambiental, econômica, social e cultural do conceito de sustentabilidade. Também foi feita uma análise complementar apontando as etapas do ciclo de vida em que os indicadores atuam para que a sustentabilidade seja favorecida. Como resultado principal, foram listados e conceituados 33 indicadores, sendo perceptível a maior relação dos indicadores com a dimensão ambiental da sustentabilidade. Também foi possível verificar que os indicadores se correlacionam de forma proporcional com as etapas do ciclo de vida, com exceção da etapa Uso/Operação, visto que nesta ocorre menos manipulação do material.

Palavras-chave: indicadores de sustentabilidade, materiais de construção, seleção de materiais.

ABSTRACT – The process of specifying construction materials requires from professionals an increasingly broad knowledge and, when correlated to the concept of sustainability, the systematization of indicators becomes a tool of fundamental importance for the responsible choice of building materials. This investigation aims to systematize the indicators potentially applicable in a process of selection of building materials based on sustainability. For the definition of these indicators we adopted the main tools for sustainability assessment as references. For the establishment of the conceptual foundation we considered the sources with known reliability, mainly from national and international books and scientific papers. On the basis of the systematization, we established the correlation between the indicators and the environmental, economic, social and cultural dimensions of the concept of sustainability. We also made a complementary analysis pointing out the stages of the life cycle in which the indicators help to favor sustainability. As a major result, 33 indicators were listed and appraised, where a greater relation of the indicators with the environmental dimension of sustainability can be noticed. It was also observed that the indicators are correlated in a proportional manner with the stages of the life cycle, with the exception of the Use/Operation step, in which there is less manipulation of material.

Key words: sustainability indicators, building materials, materials selection.

A sustentabilidade na seleção dos materiais

Fatores como o crescimento econômico, o aumento da população mundial, o consumo desenfreado, as políticas públicas ineficientes ou inexistentes têm impulsionado a crescente e descontrolada exploração dos recursos naturais. Como resultados mais visíveis, principalmente da ampliação da atividade extrativista, observam-se fenômenos como a ampliação das enchentes nas aglomerações urbanas; a multiplicação dos depósitos de lixo irregulares; o aumento da destruição de rios e córregos; as paisagens naturais com profundas modificações; o aumento do lançamento de gases poluentes na atmosfera; e a modificação do clima com eventual aumento da temperatura na superfície da Terra, como consequência direta do efeito estufa (Ljungberg, 2007; Mora, 2007). Em paralelo, ganham impulso ações que visam à redução de impactos, refletindo também na exigência de clientes/usuários que começam a cobrar produtos e serviços diferenciados na construção civil, como o desenvolvimento de novas técnicas e tecnologias, além da implantação de normas e legislações reguladoras.

Aos poucos o objetivo elementar do desenvolvimento sustentável – suprir as necessidades da geração presente sem afetar a habilidade das gerações futuras de suprir as suas próprias necessidades (Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, 1991) – e os princípios da sustentabilidade – soluções ambientalmente corretas, socialmente justas, economicamente viáveis e culturalmente aplicáveis (Ljungberg, 2007) – estão sendo introduzidos nas atividades do setor da construção civil.

Para atender ao consumo e às necessidades da população atual e futura, principalmente nos países classificados como emergentes, a construção civil necessitará de uma quantidade expressiva de materiais. A especificação de materiais tende a se tornar cada vez mais exigente, ampliando os critérios de seleção tradicionais, tais como a estética, o custo, a potencialidade para se construir rapidamente, além das preocupações sociais (Huang *et al.*, 2011). Abeysundara *et al.* (2009) classificam como preocupações sociais itens como conforto térmico e acústico, boa qualidade do ar interior e boa qualidade estética, ou seja, aspectos que envolvem as percepções humanas.

A inserção dos conceitos de sustentabilidade no projeto e, por conseguinte, na seleção de materiais surge como uma nova meta aos projetos. Isso induz à afirmativa de que é necessário desenvolver novas técnicas, ferramentas e metodologias que colaborem com os novos compromissos a serem cumpridos e que sejam direcionadas aos profissionais para que possam ser inseridas no *modus operandi* da atividade profissional (Van Cauwenbergh *et al.*, 2007).

Ainda é incipiente a atuação dos projetistas na adoção de parâmetros denominados como sustentáveis para a escolha de materiais. Esta deficiência vem acompanhada

da dificuldade para a introdução dos princípios da sustentabilidade no processo de elaboração do projeto, visto o desconhecimento do conceito por parte dos profissionais; da ausência de critérios sistematizados para auxiliar nas escolhas; da falta de disciplinas acadêmicas específicas e de mecanismos para implantar novos hábitos; da resistência do cliente pelo custo de investimento em técnicas e materiais diferenciados; da falta de exemplos concretos próximos; da resistência por parte dos construtores e incorporadores; da falta de conhecimento pelo cliente; da falta de divulgação e normatização de determinados produtos e soluções; e da ausência de informações sobre o tema (Fagundes, 2009; Martinez e Amorim, 2010).

No Brasil, quando se trata de seleção de materiais para obras públicas, por exemplo, ainda se destaca a Lei 8.666 (Brasil, 1993), que considera o menor custo como fator elementar para a escolha. Em janeiro de 2010, entrou em vigor a Instrução Normativa nº 01 (Brasil, 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. Outro exemplo e que diz respeito especificamente à habitação é a proposta contida na NBR 15575 (ABNT, 2013), que dá ênfase à questão da durabilidade e manutenibilidade, pois considera que tais questões são relevantes para a sustentabilidade ambiental e socioeconômica das habitações no Brasil. A exigência de uso está prevista para março de 2013. Vale ressaltar que as normas ainda são incipientes e fornecem algumas recomendações, mas não apresentam indicadores detalhados para a efetiva compreensão do conceito de sustentabilidade relacionada aos materiais construtivos, embora sejam instrumentos de incontestável efeito nos estudos e no fomento às discussões paralelas.

Esse panorama justifica a necessidade de estruturação dos indicadores de sustentabilidade para auxiliar o projetista na seleção dos materiais. Entende-se por indicador uma medida, de ordem quantitativa ou qualitativa utilizada, para organizar informações relevantes dos elementos que constituem o componente da análise (Ferreira *et al.*, 2009). Magalhães (2004) afirma também que são parâmetros representativos, concisos, fáceis de interpretar e de serem obtidos. O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) considera os indicadores de sustentabilidade um meio para se atingir o desenvolvimento sustentável sendo mais úteis quando analisados em seu conjunto do que o exame individual de cada indicador (IBGE, 2010).

Objetivo e metodologia

O objetivo principal da pesquisa foi estruturar os indicadores de sustentabilidade para a seleção de materiais utilizados nas ferramentas de avaliação ou citados no referencial adotado de forma a compreendê-los conceitualmente, enfatizando a atuação dos mesmos

nas dimensões ambiental, econômica, social e cultural da sustentabilidade. Objetivou-se, complementarmente, avaliar a adequabilidade dos indicadores em relação às etapas do ciclo de vida dos materiais.

Para a sistematização dos indicadores, foram extraídas informações contidas nas principais ferramentas de avaliação de sustentabilidade reconhecidas nacional e internacionalmente. Destacam-se o AQUA – Alta Qualidade Ambiental (Fundação Carlos Alberto Vanzolini, 2007), a ASUS – Avaliação de Sustentabilidade (Alvarez e Souza, 2011), o BREEAM – BRE Environmental & Sustainability Standard (BREEAM, 2009), o CASBEE – Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency (CASBEE, 2008), o GREEN STAR (Green Building Council of Australia, 2008), o HQE – Haute Qualité Environnementale (Guide Pratique du Référentiel Pour la Qualité Environnementale des Bâtiments, 2008), o HK BEAM SOCIETY – Hong Kong Building Environmental Assessment Method (HK-Beam Society, 2004), o LEED – Leadership in Energy and Environmental Design (U.S. Green Building Council, 2009), o SBAT – Sustainable Building Assessment Tool; e o SBTOOL – Sustainable Building Tool (IISBE, 2007).

Observa-se que, se, por um lado, a consideração de muitos indicadores culminaria em uma análise com alto custo e que, inevitavelmente, poderia dificultar o entendimento e a utilização pelo projetista no seu dia a dia (Fernández-Sánchez e Rodríguez-López, 2010), por outro, se os indicadores são poucos, podem escapar informações importantes e fragilizar o processo de análise (Van Cauwenbergh *et al.*, 2007). Neste sentido, foi adotado o método de classificação e priorização proposto por Fernández-Sánchez e Rodríguez-López (2010), que sugerem descartar critérios não viáveis e selecionar informações que refletem os aspectos mais relevantes da questão analisada. Assim, foram estabelecidas algumas perguntas específicas que, ao serem respondidas, contribuem para a exclusão de informações que não tenham relação direta com o objeto de estudo, como também propõe a metodologia apresentada por Waldetário e Alvarez (2010):

- É exequível do ponto de vista da viabilidade de avaliação?
- Possui alguma relação que contribua para uma análise baseada nos princípios da sustentabilidade?
- É mensurável ou permite uma análise qualitativa?

Para o estabelecimento do alicerce conceitual, foram consideradas as fontes com reconhecida confiabilidade, oriundas principalmente de livros e artigos científicos nacionais e internacionais.

Sistematização dos indicadores

O Quadro 1 lista e apresenta a conceituação dos indicadores considerados necessários para o estudo da

sustentabilidade dos materiais, organizados em ordem alfabética. Todos passaram por uma avaliação, respondendo às perguntas que fazem parte da metodologia desta pesquisa.

O estabelecimento dos conceitos, apresentados simplificadamente no Quadro 1, contribuiu para a compreensão das inter-relações de cada indicador com as dimensões da sustentabilidade consideradas nesta pesquisa, ou seja, a ambiental, a econômica, a social e a cultural (Quadro 2). A seleção de materiais relaciona-se com a dimensão ambiental quando favorece, por exemplo, a redução dos impactos ambientais, do consumo de materiais e matérias-primas e das emissões (Macías e Navarro, 2010). Quanto à dimensão econômica, esta relação é impulsionada quando o material é economicamente acessível para o empreendedor e para o usuário, favorece a geração de renda, proporciona economia nos custos, entre outros (John *et al.*, 2007). A formalidade, a não negação de impostos, o respeito às legislações ambiental e trabalhista são exemplos que favorecem a avaliação da sustentabilidade social de um material (John *et al.*, 2006). E, quanto à dimensão cultural, a relação desta com os materiais pode ser favorecida quando o setor é suprido com materiais locais, os envolvidos são conscientizados no sentido de fortalecer o conhecimento e a procura por materiais que tenham relação com a sustentabilidade, etc. (Van Cauwenbergh *et al.*, 2007).

Como já avaliado por alguns autores (John *et al.*, 2007; Marques, 2007; Mateus e Bragança, 2011) e confirmado nesta pesquisa a partir da avaliação do Quadro 2, os indicadores relacionados à dimensão ambiental configuram-se como destaque nos estudos sobre a sustentabilidade. Ressalta-se ainda que todas as esferas e seus respectivos indicadores são importantes e devem ser analisados para a compreensão global da sustentabilidade dos materiais. Os indicadores que possuem relação com a dimensão cultural, por exemplo, mesmo apresentando-se em menor quantidade, possuem relevância e podem ter representatividade igual ou superior em relação a um indicador de outra dimensão.

Também foram assinaladas, para cada indicador, as etapas do ciclo de vida em que os mesmos possuem algum tipo de atuação. Esta relação é necessária, pois aponta as etapas em que ocorre alguma influência do indicador para que a sustentabilidade seja favorecida, sendo aqui consideradas as seguintes etapas: obtenção de recursos (todo tipo de matéria-prima e insumos); produção; construção; uso/operação; manutenção; e destino final (reuso, reciclagem ou descarte).

Observa-se que alguns indicadores possuem relação com mais de uma etapa do ciclo de vida de um material. Por exemplo, o indicador “Emissões” relaciona-se a todas as etapas, já o indicador “Reciclável”, a apenas uma. Para uma avaliação detalhada de um material é necessária a disponibilidade de dados ou informações para todas as etapas do ciclo de vida. No Brasil, muitas

Quadro 1. Conceituação dos indicadores de sustentabilidade para a seleção de materiais.**Chart 1.** Conceptualization of sustainability indicators for the selection of materials.

Indicador	Conceituação
1. Acabamento	Os acabamentos podem influenciar não somente a imagem e a estética do ambiente, como também a utilidade e a durabilidade (Martin, 2005), proporcionando condições, favoráveis ou não, para os ocupantes (Zaleski, 2006). Podem influenciar também na qualidade do ar interior e nas manutenções futuras (Pezzi, 2007), além da possibilidade de ocasionar desconforto visual e luminoso, ao proporcionar reflexão inadequada da luz ou absorver a luminosidade.
2. Adaptabilidade	Ser adaptável significa poder ser usado em diferentes situações sem perder as características e propriedades. Se o uso for restritivo, não podendo ser adaptável, reduz as possibilidades de reaproveitamento e utilização de sobras em locais diferentes, por exemplo (Alvarez e Souza, 2011).
3. Características geométricas	As características geométricas de um material podem favorecer a padronização de medidas (modulação), a redução de perdas, a otimização do consumo, além da economia nos custos. Também podem otimizar espaços e contribuir com a eficiência dos processos construtivos, gerando-se construções racionalizadas, o que facilita também o transporte, o acondicionamento e a estocagem (Brunetti, 2005).
4. Certificação e rotulagem	A certificação de materiais favorece a adoção de ciclos de menor impacto, o amparo às exigências de sistemas trabalhistas justos, práticas que garantam a qualidade do material, e a redução do uso de substâncias nocivas à saúde humana (Turk, 2009). A rotulagem consiste em uma série de requisitos que um determinado material deve obter para ser considerado sustentável.
5. Conforto acústico	Um adequado conforto acústico envolve a absorção e o isolamento (Corbella e Yannas, 2003). A absorção acústica é um fenômeno que minimiza a reflexão das ondas sonoras em um ambiente, e o isolamento relaciona-se à propriedade de alguns materiais em formarem barreira que impede que a onda sonora passe de um ambiente a outro (Paes, 2008). O material pode contribuir para que o ambiente esteja acusticamente ajustado aos níveis de conforto exigidos por determinadas atividades (Alvarez e Souza, 2011).
6. Conforto lumínico	A iluminação adequada contribui para o aumento da produtividade, a aprendizagem, a segurança do ocupante, e fornece um ambiente mais prazeroso (Winterbottom e Wilkins, 2009). O conforto lumínico visa atender às necessidades dos usuários de forma a preservar o seu sistema ótico, proporcionando maior resultado em suas atividades e bem-estar (Vianna e Gonçalvez, 2007). Em relação aos materiais, características como cores, texturas, opacidade, transparência, brilho podem influenciar na distribuição da luz pelo ambiente e no conforto lumínico dos usuários.
7. Conforto térmico	Os parâmetros de conforto térmico visam proporcionar edificações adequadas ao clima da região, além da economia de energia e a promoção da sensação de conforto ao usuário (Fantecle, 2011). Paes (2008) considera o envelope da edificação e os materiais constituintes como principal fator a ser considerado, sendo outro fator importante a adequação das propriedades térmicas do material ao local de uso.
8. Conteúdo reciclado	Um material com conteúdo reciclado pode ser constituído a partir de resíduos do próprio setor da construção (como alumínio, vidro, resíduos de construção e demolição – RCD) ou de outras atividades (como pó de pneu, casca de arroz, etc.). O resíduo passa a ser um subproduto na cadeia produtiva observando-se que, através da reciclagem, os materiais passam por processos de transformação, nos quais suas partes constituintes podem ser separadas ou não para originar novos materiais, podendo cumprir as mesmas funções ou outras diversas (Ljungberg, 2007; Chong e Hermreck, 2010).
9. Desconstrução/ demolição	Para que a desconstrução seja facilitada, é importante que seja previsto desde a etapa de projeto, reduzindo o uso de ligantes, colas e aglomerantes. Ao maximizar os encaixes mecânicos, evitam-se a ocorrência de limitações econômicas e técnicas no processo de separação; o desenvolvimento de obstáculos para a recuperação, reciclagem ou reutilização; e se reduz a demanda de energia e de tempo (Brunetti, 2005).
10. Durabilidade	Durabilidade é considerada uma característica do material que mantém, ao longo da vida útil, a capacidade de atender às funções para as quais foi projetado, quando exposto às condições normais de uso (Mora, 2007). A durabilidade pode ser garantida, e até mesmo estendida, quando o material é corretamente empregado, atende às normas e exigências de uso, as manutenções são realizadas, etc.
11. Embalagem	O uso mínimo de embalagens visa à redução dos excessos para que as mesmas não percam a característica de um acessório necessário à proteção do material (Brunetti, 2005). A disponibilidade de informações na embalagem visa facilitar os processos de reciclagem, reutilização ou destinação segura. Em caso de descarte, a opção por embalagens biodegradáveis favorece a degradação natural em um menor tempo.
12. Emissões	As emissões podem ser de diferentes tipos: radiações (EPA, 2011); materiais particulados (John, 2000); emissões gasosas e químicas (Yeang, 2000; Oliveira, 2009); e poluentes hídricos. Podem contaminar o ar, o solo e a água. A quantificação das emissões nem sempre é uma informação disponibilizada, o que pode representar um entrave ao projetista (John <i>et al.</i> , 2007).

Quadro 1. Continuação.

Indicador	Conceituação
13. Energia incorporada (EI)	É um parâmetro utilizado para comparar materiais em termos ambientais, quantificando-se a energia consumida durante o ciclo de vida, incluindo também a necessária para o transporte (Abeytsundara <i>et al.</i> , 2009). As fontes renováveis são as principais forças motrizes para a redução dos impactos causados pelas fontes de energia tradicionais (Baños <i>et al.</i> , 2011). Alvarez e Souza (2011) alertam para as dificuldades na obtenção das informações para o estudo da EI, visto a necessidade de envolver o ciclo de vida, e raramente as informações necessárias estão disponíveis.
14. Geração e gestão de resíduos	A construção consome recursos naturais e gera quantidades expressivas de resíduos (Rodriguez <i>et al.</i> , 2007). Um material pode contribuir para a geração através da baixa qualidade da matéria-prima; da não conformidade com as normas; do uso de máquinas e equipamentos inadequados; da mão de obra desqualificada, entre outros. Os maiores problemas estão relacionados, principalmente, ao volume gerado (Fatta <i>et al.</i> , 2003). Reduzir a geração e adotar sistemas de gestão são iniciativas que podem ser impulsionadas por normas e legislações, por decisões projetuais e também pelo comprometimento das organizações envolvidas (Jaillon <i>et al.</i> , 2009).
15. Manutenção do material	Um material favorece uma manutenção de menor impacto quando facilita a higienização através do acabamento superficial, não requer o uso de novos materiais, necessita de baixa manutenção, os produtos não são agressivos, contribui para a não proliferação de fungos e bactérias, inibe o desenvolvimento de contaminantes biológicos e a mão de obra é simples e fácil de ser executada. Uma manutenção fácil está relacionada à capacidade de remoção ou acesso fácil, utilizando procedimentos e recursos disponíveis (EN 13306:2010).
16. Manutenção preventiva em máquinas e equipamentos	A manutenção preventiva objetiva evitar problemas inesperados durante o uso, minimizando o custo total de inspeção e reparo (Khanlari <i>et al.</i> , 2008). Caso não seja realizada, é necessário proceder à manutenção corretiva, a qual visa corrigir falhas e é uma estratégia usada para reparar ou substituir partes (Blanchard <i>et al.</i> , 1995). A manutenção preventiva melhora o funcionamento e a produtividade, evita impactos negativos ao ambiente, amplia a vida útil, proporciona economia ao evitar trocas, etc.
17. Marketing sustentável	O marketing sustentável é uma forma de conciliar a maximização da eficiência no consumo e a minimização do impacto causado pelo mesmo, podendo influenciar a sociedade, por exemplo, através da conscientização da necessidade de otimização dos padrões de consumo (Utsunomiya, 2010). Pode ainda fortalecer o uso de um material favorecendo uma correta divulgação, o que pode se tornar uma referência para o projetista no momento da especificação dos materiais com base na sustentabilidade.
18. Materiais proibidos	A não utilização de materiais que estejam proibidos ou não recomendados por organismos reconhecidos objetiva evitar o contato do homem com substâncias que comprovadamente causam malefícios. Propicia ambiente mais saudável, aumentando o bem-estar e a produtividade, a garantia da segurança, além de contribuir para a manutenção dos recursos naturais. Observa-se que eventualmente esses materiais são usados por desconhecimento ou por tradição, onde as legislações não são cumpridas.
19. Normas técnicas	As normas especificam critérios e requisitos que aferem o desempenho do material, auxiliando também a qualidade de vida e a saúde do usuário, além de contribuir para a garantia da qualidade, da produtividade, da segurança, da redução de custos na etapa produtiva, da consolidação de uma linguagem única entre produtor e consumidor, entre outros (ABNT, s.d.).
20. Odor	O conforto olfativo visa à redução dos odores desagradáveis, sendo estes responsáveis por ocasionar irritação, alergias, mal-estar, dores de cabeça, entre outros. A ocorrência de sintomas não específicos em populações instaladas em períodos longos em determinados ambientes é chamada de síndrome do edifício doente. Muitas vezes, os sintomas são identificados pelo odor desagradável, além de problemas gerados por agentes químicos, poluição biológica, umidade desconfortável, etc. (Takigawa <i>et al.</i> , 2009).
21. Procedência	O uso de materiais locais contribui para a redução do consumo de combustíveis e das emissões e, por conseguinte, para a redução de fenômenos como aquecimento global e chuva ácida (Huberman e Pearlmuter, 2008). Propicia também o acúmulo de capital para a região e a geração de emprego e favorece a melhoria da qualidade de vida, uma vez que habilita os potenciais trabalhadores a oferecerem mão de obra de qualidade (Dreyer <i>et al.</i> , 2006), de forma que esta se torne mais completa.
22. Processamento mínimo	Utilizar materiais que estejam o mais próximo possível do estado natural ou que passaram por pouco ou nenhum processo de industrialização contribui para redução dos gastos energéticos; evita a geração de resíduos sólidos, líquidos e gasosos; proporciona ambiente saudável e não tóxico; poupa o consumo de água, reduz os deslocamentos e os impactos ocasionados por estes. O desempenho cultural e histórico também está atrelado aos materiais no estado natural, visto que as tecnologias de construções tradicionais tendem a ser valorizadas (Lima e Aranha, 2007).

Quadro 1. Continuação.

Indicador	Conceituação
23. Reaproveitável	Reaproveitar, ou reutilizar, significa prolongar a vida útil do material em aplicações iguais ou diferentes das originais, garantindo que não percam as suas propriedades, não sendo processado ou remanufaturado para outro uso (CHPS, 2006).
24. Reciclável	Um material reciclável é aquele que pode ser coletado, separado ou recuperado de resíduos sólidos e passa por processo de transformação para originar outro produto (CHPS, 2006). Necessita de tecnologia para a separação, o processamento e a transformação em um novo material (Wadel <i>et al.</i> , 2010).
25. Regularidade das organizações* junto ao Governo Federal	A regularidade fiscal caracteriza-se pela não existência de pendências cadastrais e de débitos em nome do sujeito passivo (Ministério da Fazenda, 2011). A regularidade fiscal das empresas contribui para o incentivo ao cumprimento dos direitos previdenciários dos trabalhadores e evita a evasão fiscal.
26. Remuneração salarial	De acordo com a função, o trabalhador recebe o salário mínimo profissional adequado à extensão e à complexidade do trabalho (Pontelo e Cruz, 2010). Para o desenvolvimento da economia de forma sustentável, algumas condições básicas são necessárias: crescimento econômico proporcional aos envolvidos; padrões de vida que garantam qualidade em diferentes aspectos (subsistência, educação, lazer, moradia, etc.); produtividade do trabalho que favoreça o retorno para a organização e para o trabalhador; e média de horas de trabalho semanal justa (Bockermann <i>et al.</i> , 2005).
27. Renovável	Ser renovável significa que a reposição ou a regeneração acontece de forma contínua, sem a necessidade de passar por processos de transformação tecnológica, e o material pode ser utilizado sistematicamente sem risco de se esgotar. 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 (Gonçalves e Duarte, 2006).
28. Responsabilidade socioambiental das organizações	Nas organizações que possuem tais responsabilidades, o trabalhador passa a ter direitos como livre associação, negociação, remuneração justa e benefícios básicos, destacando-se também o combate ao trabalho forçado e infantil (ABNT, 2004). Também favorece a não evasão fiscal, o respeito à legislação ambiental e aos direitos dos trabalhadores, além de contribuir para melhoria da qualidade dos materiais.
29. Segurança e saúde ocupacional	A segurança está pautada na prevenção e no controle de riscos. A prevenção relaciona-se com a informação, aconselhamento, motivação, treinamentos e organização da empresa (Tavares, 2005), oferecendo, desta forma, segurança ao trabalhador e redução dos riscos de acidentes de trabalho. O uso de equipamentos de proteção individual e a incorporação de padrões ergonômicos também são exemplos de prevenção relacionados à segurança, sendo possível, através de tais medidas, potencializar a qualidade de vida dos operários, garantir ambiente de trabalho saudável, diminuir problemas relacionados às faltas no trabalho e contribuir para a redução de gastos.
30. Transporte	No transporte acontece a queima de combustíveis fósseis e a liberação de gases (Liu <i>et al.</i> , 2010). Somando-se à problemática das emissões, o transporte dos materiais também contribui para o aumento no tráfego nas rodovias e para o desgaste destas e dos próprios veículos, o que ocasiona reparos, manutenções e reposições constantes. O atendimento à capacidade máxima de carga do veículo contribui para a durabilidade do mesmo, e quanto menos peso, menor a energia necessária para o transporte (Roaf <i>et al.</i> , 2009).
31. Viabilidade econômica do material	A viabilidade econômica do material e da mão de obra deve ser coerente com a realidade onde será utilizado. 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, 2012). Por meio deste é possível ter uma referência dos custos médios praticados pelo mercado em diferentes estados do Brasil.
32. Viabilidade econômica da mão de obra	

Nota: (*) Associação, companhia, corporação, órgão, instituição ou empresa, ou uma unidade destas, pública ou privada, sociedade anônima, limitada ou com outra forma, 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 (ABNT, 2004).

informações ainda são inexistentes ou não disponibilizadas detalhadamente, o que torna, muitas vezes, a análise inviabilizada ou dificultada. A complementação das informações, para a maioria absoluta dos indicadores, só poderia ser estabelecida a partir de estudos multidisciplinares, o que requer grande investimento em tempo e recursos financeiros.

Buscando compreender a importância das etapas do ciclo de vida dos materiais em relação aos indicadores adotados, foi possível comprovar que os indicadores presentes na etapa Uso/Operação se apresentam em quantidade menor (Gráfico 1), fato que se justifica, pois nas demais etapas ocorre maior manipulação do material, o que requer maior atenção e mais análises.

Quadro 2. Indicadores e as dimensões da sustentabilidade.**Chart 2.** Indicators and the dimensions of sustainability.

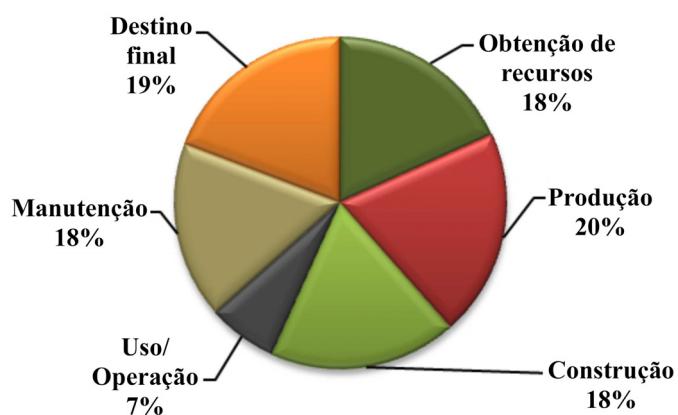
Relação dos indicadores com as dimensões da sustentabilidade				
Indicador	Dimensão ambiental	Dimensão econômica	Dimensão social	Dimensão cultural
1. Acabamento	1. Aumento da durabilidade 2. Favorecimento da qualidade do ar interior 3. Favorecimento da redução das manutenções	1. Redução de gastos		1. Fortalecimento das tradições locais
2. Adaptabilidade	4. Redução da extração de recursos naturais 5. Redução de impactos ambientais 6. Redução do uso de materiais 7. Redução da geração de resíduos e do desperdício de recursos em obras de reformas	2. Redução de gastos		
3. Características geométricas	8. Redução de perdas 9. Qualidade no produto final 10. Favorecimento do transporte, acondicionamento e estocagem	3. Economia nos custos	1. Produtividade da mão de obra 2. Redução dos prazos de execução	
4. Certificação e rotulagem	11. Redução de impactos ambientais	4. Conscientização nos padrões de consumo	3. Valorização trabalhista 4. Conscientização dos trabalhadores	2. Fortalecimento da cultura do “material sustentável”
5. Conteúdo reciclado	12. Redução da extração de recursos naturais 13. Redução da poluição 14. Redução das áreas de descarte 15. Redução do impacto ambiental	5. Economia de energia 6. Geração de renda	5. Geração de emprego	
6. Desempenho acústico			6. Garantia de qualidade de vida	
7. Desempenho lumínico	16. Redução de impactos ambientais	7. Economia de energia	7. Garantia de qualidade de vida 8. Segurança ao usuário	
8. Desempenho térmico	17. Redução de impactos ambientais	8. Economia de energia	9. Garantia de qualidade de vida	
9. Desconstrução/demolição	18. Propicia um ambiente saudável 19. Favorecimento da reutilização		11. Geração de emprego	3. Garantia de existência de elementos culturais tradicionais
10. Durabilidade	20. Favorece a redução das manutenções 21. Favorece a substituição de partes ou do material em períodos de tempo maiores 22. Redução dos impactos	9. Redução de gastos		
11. Embalagem	23. Favorecimento da reciclagem ou biodegradabilidade 24. Valorização do <i>marketing</i> sustentável			4. Fortalecimento da cultura da sustentabilidade
12. Emissões	25. Redução de impactos ambientais		15. Valorização da saúde dos usuários	
13. Energia incorporada (EI)	Fatores que contribuem para a redução da EI: 26. Redução do número de processos 27. Fontes de energia não poluentes, com a consequente redução de emissões, preservação de recursos não renováveis e de espécies 28. Procedência local 29. Baixo peso das cargas transportadas	10. Redução de gastos		5. Valorização das potencialidades de fontes de energia locais

Quadro 2. Continuação.

Relação dos indicadores com as dimensões da sustentabilidade				
Indicador	Dimensão ambiental	Dimensão econômica	Dimensão social	Dimensão cultural
14. Geração e gestão de resíduos	30. Redução das áreas de descarte 31. Conservação de matérias-primas, energia e água 32. Redução de desperdícios 33. Garantia da destinação segura	11. Geração de renda	18. Geração de emprego	6. Conscientização dos envolvidos
15. Manutenção do material	34. Redução da substituição dos materiais e do uso de novos 35. Maior vida útil ao material 36. Conservação de água, energia e materiais para limpeza 37. Garantia de qualidade do ar	12. Redução de gastos	20. Preservação da saúde dos usuários	
16. Manutenção preventiva em máquinas e equipamentos	38. Aumento da durabilidade 39. Garantia de produtividade 40. Garantia de funcionamento adequado 41. Redução de trocas 42. Redução dos impactos	13. Economia nos custos		
17. Marketing sustentável	43. Redução do impacto ambiental	14. Incentivo ao consumo consciente	23. Conscientização dos padrões de consumo	7. Fortalecimento da imagem
18. Materiais proibidos	44. Redução de impactos ambientais 45. Favorecimento da legalidade		25. Garantia de qualidade de vida 26. Valorização da saúde dos usuários 27. Garantia de edificações mais saudáveis	8. Redução, ou não utilização, de materiais proibidos utilizados por tradição
19. Normas técnicas		15. Economia nos custos	29. Proteção ao usuário 30. Favorecimento da qualidade e produtividade	
20. Odor			32. Valorização da saúde dos usuários	
21. Procedência	46. Redução da energia incorporada 47. Redução do consumo de combustível 48. Redução do desgaste de veículos e rodovias 49. Redução de emissões	16. Geração de renda	34. Geração de emprego	9. Suprimento do setor com materiais locais
22. Processamento mínimo	50. Redução dos gastos energéticos, água e deslocamento 51. Redução da geração de emissões e resíduos 52. Maior garantia de ambiente saudável 53. Redução dos impactos	17. Economia nos custos		10. Garantia de existência de tecnologias tradicionais
23. Reaproveitável	54. Redução da extração de recursos naturais 55. Redução dos impactos ambientais 56. Redução da geração de resíduos	18. Economia nos custos por evitar a compra de novos materiais	37. Geração de emprego	11. Conscientização dos envolvidos
24. Reciclável	57. Redução das áreas de descarte 58. Redução dos impactos 59. Redução da extração de recursos naturais	19. Geração de renda	39. Geração de emprego	12. Conscientização dos envolvidos
25. Regularidade das organizações junto ao Governo Federal		20. Geração de renda	41. Regularidade e benefícios trabalhistas 42. Legalidade	

Quadro 2. Continuação.

Relação dos indicadores com as dimensões da sustentabilidade				
Indicador	Dimensão ambiental	Dimensão econômica	Dimensão social	Dimensão cultural
26. Remuneração salarial		21. Geração de renda	44. Geração de emprego 45. Formalidade/ impostos sociais	
27. Renovável	60. Oferta contínua de matéria-prima ou do material 61. Redução da extração de recursos naturais			
28. Responsabilidade socio-ambiental das organizações	62. Redução de impactos ambientais		48. Valorização trabalhista 49. Aproximação e contribuição com a sociedade 50. Adoção de programas educacionais	
29. Segurança e saúde ocupacional	63. Garantia de ambiente de trabalho saudável	22. Redução das despesas com saúde 23. Redução de atrasos no cronograma	52. Garantia de produtividade 53. Qualidade de vida para os operários 54. Prevenção de acidentes 55. Redução das faltas no trabalho	
30. Transporte - o transporte de menor impacto favorece:	64. Redução da poluição atmosférica 65. Melhor qualidade das rodovias		57. Tráfego menos estressante	
31. Viabilidade econômica da mão de obra		24. Viabilidade financeira para a contratação da mão de obra	59. Geração de emprego	
32. Viabilidade econômica do material		25. Viabilidade financeira para aquisição 26. Custo viável do material, se comparado ao mercado local/regional	61. Geração de renda	

**Gráfico 1.** Resultado percentual da relação dos indicadores por etapa do ciclo de vida.

Graph 1. Results in percent of the relation of indicators by stage of life cycle.

Quadro 3. Relação direta dos indicadores com as etapas do ciclo de vida com ênfase na sustentabilidade.
Chart 3. Correlation of indicators with the stages of the life cycle with emphasis on sustainability.

Indicador de sustentabilidade	Etapas do ciclo de vida					
	Obtenção de recursos	Produção	Construção	Uso/ Operação	Manutenção	Destino final
1. Acabamento				●	●	
2. Adaptabilidade			●		●	●
3. Características geométricas			●			
4. Certificação e rotulagem	●	●	●			
5. Conteúdo reciclado		●				
6. Desempenho acústico				●		
7. Desempenho lumínico				●		
8. Desempenho térmico				●		
9. Desconstrução/demolição						●
10. Durabilidade				●		
11. Embalagem		●				●
12. Emissões	●	●	●	●	●	●
13. Energia incorporada	●	●	●		●	●
14. Geração de resíduos	●	●	●		●	●
15. Gestão de resíduos	●	●	●		●	●
16. Manutenção do material					●	
17. Manutenção preventiva em máquinas e equipamentos	●	●	●		●	●
18. <i>Marketing</i> sustentável	●	●	●		●	●
19. Materiais proibidos	●	●	●		●	
20. Normas técnicas	●	●	●		●	●
21. Odor	●	●	●	●	●	●
22. Procedência	●	●	●			
23. Processamento mínimo		●				
24. Reaproveitável						●
25. Reciclável						●
26. Regularidade das organizações junto ao Governo Federal	●	●	●		●	●
27. Remuneração salarial	●	●	●		●	●
28. Renovável	●					
29. Responsabilidade socioambiental das organizações	●	●	●		●	●
30. Segurança e saúde ocupacional	●	●	●		●	●
31. Transporte	●	●	●			
32. Viabilidade econômica da mão de obra	●	●	●		●	●
33. Viabilidade econômica do material	●	●	●		●	●

Considerações finais

Para um profissional também considerar a sustentabilidade na escolha dos materiais de construção – considerando esse aspecto como adicional aos critérios de projeto –, faz-se necessário avaliar fatores que vão além dos critérios tradicionalmente utilizados pelo projetista. Neste sentido, o resultado da pesquisa culminou na estruturação de uma lista de 33 indicadores de sustentabilidade para a seleção de materiais, ou seja, fornece subsídio ao projetista, podendo ainda auxiliar o mesmo na compreensão de itens ainda pouco conhecidos em relação ao contexto desta pesquisa. Por outro lado, foi possível compreender conceitualmente a atuação da sustentabilidade em itens tradicionais da construção.

É necessário destacar que a carência de dados referentes aos materiais, as poucas informações disponibilizadas por produtores/fabricantes, os desafios apresentados por cada região, na maioria das vezes, são fatores que dificultam a realização de uma análise mais detalhada dos indicadores de sustentabilidade para a seleção de materiais.

Como resultado principal dessa pesquisa, foi possível contribuir conceitualmente para os avanços e melhorias do processo de projeto, em particular no enfoque materiais de construção, contribuindo assim para a melhoria do desempenho global da edificação, visando a edificações mais sustentáveis, além de proporcionar a conscientização dos agentes envolvidos com o processo.

Referências

- ABEYSUNDARA, U.G.Y.; BABEL, S.; GHEEWALA, S. 2009. A matrix in life cycle perspective for selecting sustainable materials for buildings in Sri Lanka. *Building & Environment*, **44**(5):997-1004. <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2008.07.005>
- ALVAREZ, C.E. de; SOUZA, A.D.S. (coord.). 2011. ASUS: Avaliação de Sustentabilidade. Disponível em: <http://www.lppufes.org/asus/ferramenta.php#>. Acesso em: 21/12/2011.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). 2004. *NBR 16001: Responsabilidade social – Sistema da gestão – Requisitos*. Rio de Janeiro, ABNT, 11 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). 2013. *NBR 15575: Edifícios habitacionais – desempenho. Parte 1: Requisitos gerais*. Rio de Janeiro, ABNT, 71 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). [s.d.] Perguntas frequentes. Disponível em: http://www.abnt.org.br/m2.asp?cod_pagina=963. Acesso em: 04/06/2011.
- BAÑOS, R.; MANZANO-AGUGLIARO, F.; MONTOYA, F.G.; GILA, C.; ALCAYDE, A.; GOMEZ, J. 2011. Optimization methods applied to renewable and sustainable energy: A review. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, **15**(4):1753-1766.
- BLANCHARD, B.S.; VERM, D.; PETERSON, E.L. 1995. *Maintainability: A key to effective maintenance management*. New York, John Wiley & Sons, 560 p.
- BOCKERMANN, A.; MEYER, B.; OMANN, I.; SPANGENBERG, J.H. 2005. Comparing an econometric (PANTA RHEI) and a systems dynamics model (SuE). *Journal of Policy Modeling*, **27**(2):189-210.
- BRASIL. 1993. 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.
- BRASIL. 2010. Instrução Normativa nº 001, 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.
- BREEAM. 2009. *BREEAM: BRE Environmental & Sustainability Standard*. [S.I.], BRE Global, 391 p.
- BRUNETTI, M.E. 2005. *Uma ferramenta educacional para o ensino do design sustentável: um experimento no curso de desenho industrial da PUCPR*. Florianópolis, SC. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina, 261 p.
- CASBEE. 2008. *CASBEE for new construction: Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency*. [S.I.], Institute for Building Environmental and Energy Conservation, 262 p.
- CHONG, W.K.; HERMRECK, C. 2010. Understanding transportation energy and technical metabolism of construction waste recycling. *Resources, Conservation & Recycling*, **54**(9):579-590.
- COLLABORATIVE FOR HIGH PERFORMANCE SCHOOLS (CHPS). 2006. Low emitting materials table. Best Practices Manual: Volume I - Planning; Volume II - Design; Volume III - Criteria; Volume IV - Maintenance and Operations; Volume V – Commissioning; Volume VI - Relocatable. Califórnia. Disponível em: http://www.chps.net/80/manual/lem_table.htm. Acesso em: 22/09/2011.
- CORBELLA, O.; YANNAS, S. 2003. *Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos*. Rio de Janeiro, Revan, 308 p.
- COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. 1991. *Nosso futuro comum*. 2ª ed., Rio de Janeiro, Editora da Fundação Getúlio Vargas, 226 p.
- DREYER, L.C.; HAUSCHILD, M.Z.; SCHIERBECK, J. 2006. A framework for social life cycle impact assessment. *International Journal*, **11**(2):88-97.
- EN 13306:2010. 2010. *Maintenance: maintenance terminology*. Maintenance, Vocabulary, Terminology, Management, Durability, Repair. Brussels, European Standard Institution, 36 p.
- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). 2011. *Managing radioactive materials & waste*. Disponível em: www.epa.gov/radiation/understand. Acesso em: 20/12/2011.
- FAGUNDES, C.M.N. 2009. *Contribuições para uma arquitetura mais sustentável*. Salvador, BA. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal da Bahia, 253 p.
- FANTICELE, F.B. 2011. *Avaliação de conforto térmico na Estação Antártica Comandante Ferraz*. Vitória, ES. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Espírito Santo, 118 p.
- FATTA, D.; PAPADOPoulos, A.; AVRAMIKOS, E.; SGOUROU, E.; MOUSTAKA, K.; KOURMOUSSIS, F.; MENTZIS, A.; LOIZIDO, M. 2003. Generation and management of construction and demolition waste in Greece: An existing challenge. *Resources Conservation and Recycling*, **40**(1):81-91.
- FERNÁNDEZ-SÁNCHEZ, G.; RODRÍGUEZ-LÓPEZ, F. 2010. A methodology to identify sustainability indicators in construction project management: Application to infrastructure projects in Spain. *Ecological Indicators*, **10**(6):1193-1201.
- FERREIRA, H.; CASSIOLATO, M.; GONZALEZ, R. 2009. *Uma experiência de desenvolvimento metodológico para avaliação de programas: o modelo lógico do programa segundo tempo*. Texto para discussão. Rio de Janeiro, IPEA, 47 p.
- FUNDAÇÃO CARLOS ALBERTO VANZOLINI. 2007. *Referencial técnico de certificação: Edifícios do setor de serviços – Processo AQUA: Escritórios e edifícios escolares*. São Paulo, FCAV, 241 p.
- GONÇALVES, J.C.S.; DUARTE, D.H.S. 2006. Arquitetura sustentável: uma integração entre ambiente, projeto e tecnologia em experiências de pesquisa, prática e ensino. *Ambiente Construído*, **6**(4):51-81.
- GREEN BUILDING COUNCIL OF AUSTRALIA. 2008. *Technical manual: green star office design & office as built*. Version 3. Sydney, Green building Council of Australia, 389 p.

- GUIDE PRATIQUE DU REFERENTIEL POUR LA QUALITÉ ENVIRONNEMENTALE DES BÂTIMENTS: Bureau/Enseignement. 2008. Paris, Certivéa. Disponível em: http://www.certivea.fr/assets/documentations/9be0d-Guide_Generique_20-01-2012.pdf. Acesso em: 20/02/2012.
- HK-BEAM SOCIETY. 2004. Hong Kong building environmental assessment method. Hong Kong, HK-BEAM Society. 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.
- HUANG, H.; ZHANG, L.; LIU, Z.; SUTHERLAND, J.W. 2011. Multi-criteria decision making and uncertainty analysis for materials selection in environmentally conscious design. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 52(5-8):421-432.
- HUBERMAN, N.; PEARLMUTTER, D. 2008. A life-cycle energy analysis of building materials in the Negev desert. *Energy and Buildings*, 40(5):837-848.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). 2010. *Indicadores de desenvolvimento sustentável: Brasil 2010*. Rio de Janeiro, Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, 443 p.
- INTERNATIONAL INITIATIVE FOR A SUSTAINABLE BUILDING ENVIRONMENT (IISBE). 2007. Disponível em: <http://www.iisbe.org/>. Acesso em: 28/01/2012.
- JAILLON, L.; POON, C.S.; CHIANG, Y.H. 2009. Quantifying the waste reduction potential of using prefabrication in building construction in Hong Kong. *Waste Management*, 29(1):309-320. <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2008.02.015>
- JOHN, V.M. 2000. *Reciclagem de resíduos na construção civil: contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento*. São Paulo, SP. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 113 p.
- JOHN, V.M.; OLIVEIRA, D.P.; LIMA, J.A.R. de. 2007. *Lavamento do estado da arte: Seleção de materiais – Projeto Tecnologias para construção habitacional mais sustentável*. São Paulo, FINEP, 58 p.
- JOHN, V. M; OLIVEIRA, D. P. de; AGOPYAN, V. 2006. *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. Disponível em: http://pcc2540.pcc.usp.br/Material%202006/VM-JOHN_AGOPYAN OLIVEIRA_05_v4_TRADU_O.pdf. Acesso em: 20/10/2011.
- KHANLARI, A.; MOHAMMADI, K.; SOHRABI, B. 2008. Prioritizing equipment for preventive maintenance (PM) activities using fuzzy rules. *Computers & Industrial Engineering*, 54(2):169-184.
- LIMA, F.; ARANHA, E. 2007. *O uso dos materiais naturais na arquitetura*. São Paulo, Archidomus, 49 p.
- LIU, M.; LI, B.; YAO, R. 2010. A generic model of exergy assessment for the environmental impact of building lifecycle. *Energy & Buildings*, 42(9):1482-1490.
- LJUNGBERG, L.Y. 2007. Materials selection and design for development of sustainable products. *Materials and Design*, 28(2):466-479.
- MACÍAS, M.; NAVARRO, J.G. 2010. Metodología y Herramienta Verde para la evaluación de la sostenibilidad en edificios. *Informes de la Construcción*, 62(517):87-100.
- MAGALHÃES, M.T.Q. 2004. *Metodologia para desenvolvimento de sistemas de indicadores: uma aplicação no planejamento e gestão da política nacional de transportes*. Brasília, DF. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília, 167 p.
- MARQUES, F.M. 2007. *A importância da seleção de materiais de construção para a sustentabilidade ambiental do edifício*. Rio de Janeiro, RJ. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 148 p.
- MATEUS, R.; BRAGANÇA, L. 2011. Sustainability assessment and rating of buildings: Developing the methodology SBTool^{PT-H}. *Building and Environment*, 46(10):1962-1971. <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2011.04.023>
- MARTIN, C. 2005. *The surface texture bible*. New York, Harry N. Abrams, 256 p.
- MARTINEZ, L.D.; AMORIM, S.R.L. de. 2010. 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, Niterói, p. 1-23.
- MINISTÉRIO DA FAZENDA. 2011. Receita Federal. Certidão Negativa: Pessoa Jurídica. Disponível em: http://www.receita.fazenda.gov.br/GuiaContribuinte/CN_%20PJ.htm. Acesso em: 24/12/2011.
- MORA, E.P. 2007. Life cycle, sustainability and transcendent quality of building materials. *Building & Environment*, 42(3):1329-1334.
- NLARI, A.; MOHAMMADI, K.; SOHRABI, B. 2008. Prioritizing equipments for preventive maintenance (PM) activities using fuzzy rules. *Computers & Industrial Engineering*, 54(2):169-184. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cie.2007.07.002>
- OLIVEIRA, C.N. de. 2009. *O paradigma da sustentabilidade na seleção de materiais e componentes para edificações*. Florianópolis, SC. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, 197 p.
- PAES, R.F. de S. 2008. *Materiais de construção e acabamento para escolas públicas na cidade do Rio de Janeiro: uma reflexão sobre critérios de sustentabilidade*. Rio de Janeiro, RJ. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 183 p.
- PEZZI, C.H. 2007. *Un Vitrivio ecológico: principios y práctica del proyecto arquitectónico sostenible*. Barcelona, Gustavo Gili, 160 p.
- PONTELO, J.; CRUZ, L. 2010. *Gestão de pessoas: manual de rotinas trabalhistas*. 3^a ed., Brasília, Senac, 317 p.
- ROAF, S.; FUENTES, M.; THOMAS, S. 2009. *Ecohouse: a casa ambientalmente sustentável*. 3^a ed., Porto Alegre, Bookman, 488 p.
- RODRIGUEZ, G.; ALEGRE, F. J.; MARTÍNEZ, G. 2007. 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*, 50(3):334-349.
- SINAPI. 2012. Índices da Construção Civil. Disponível em: http://www1.caixa.gov.br/gov/social/municipal/programa_des_urbaro/SINAPI/. Acesso em: 05/04/2012.
- TAKIGAWA, T.; WANG, B.; SAKANO, N.; WANG, D.; OGINO, K.; KISHI, R. 2009. A longitudinal study of environmental risk factors for subjective symptoms associated with sick building syndrome in new dwellings. *Science of the Total Environment*, 407(19):5223-5228.
- TAVALVES, J. da. C. 2005. *Tópicos de administração aplicada à segurança do trabalho*. 10^a ed., São Paulo, Senac, 160 p.
- TURK, A.M. 2009. The benefits associated with ISO 14001 certification for construction firms: Turkish case. *Journal of Cleaner Production*, 17(5):559-569.
- U.S. GREEN BUILDING COUNCIL. 2009. LEED 2009 for new construction and major renovation. Washington, Green Building Council, 108 p. Disponível em: <http://www.usgbc.org/Docs/Archive/General/Docs5546.pdf>. Acesso em: 28/03/2012.
- UTSUNOMIYA, F. 2010. Marketing e sustentabilidade: uma possível relação? In: A. SCHAUN; F. UTSUNOMIYA (org.). *Comunicação e sustentabilidade: conceitos, contextos e experiências*. Rio de Janeiro, E-papers, 226 p.
- 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. 2007. SAFE: a hierarchical framework for assessing the sustainability of agricultural systems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 120(2-4):229-242.
- VIANNA, N.S.; GONÇALVEZ, J.C.S. 2007. *Iluminação e arquitetura*. 3^a ed., São Paulo, Geros, 376 p.
- WADEL, G.; AVELLANEDA, J.; CUCHÍ, A. 2010. La sostenibilidad en la arquitectura industrializada: cerrando el ciclo de los materiales. *Informes de la Construcción*, 62(517):37-51. <http://dx.doi.org/10.3989/ic.08.046>

- WALDETÁRIO, K. Z.; ALVAREZ, C.E. de. 2010. 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, Canela. Anais... Canela, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, p. 1-10.
- WINTERBOTTOM, M.; WILKINS, A. 2009. Lighting and discomfort in the classroom. *Environmental Psychology*, 29(1):63-75.
- YEANG, K. 2000. *Proyectar con la naturaleza: bases ecológicas para el proyecto arquitectónico*. Barcelona, Gustavo Gili, 198 p.
- ZALESKI, C.B. 2006. *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*. Curitiba, PR. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná, 154 p.

Submetido: 04/06/2012

Aceito: 01/11/2013

Márcia Bissoli-Dalvi

Universidad del Bío-Bío
Av. Collao 1202, Casilla 5-C, Concepción
4051381, Region Metropolitana, Chile

Universidade Federal do Espírito Santo

Laboratório de Planejamento e Projetos, Sala 7, CEMUNI I
Av. Fernando Ferrari, 514, Goiabeiras
29075-910, Vitória, ES, Brasil

Cristina Engel de Alvarez

Universidade Federal do Espírito Santo
Laboratório de Planejamento e Projetos, Sala 7, CEMUNI I
Av. Fernando Ferrari, 514, Goiabeiras
29075-910, Vitória, ES, Brasil

Izabela de Oliveira Hofman

Universidade Federal do Espírito Santo
Laboratório de Planejamento e Projetos, Sala 7, CEMUNI I
Av. Fernando Ferrari, 514, Goiabeiras
29075-910, Vitória, ES, Brasil

Gerardo Erich Saelzer Fuica

Universidad del Bío-Bío
Av. Collao 1202, Casilla 5-C, Concepción
4051381, Region Metropolitana, Chile