

PRINCÍPIOS DE SUSTENTABILIDADE COMO INDUTORES DA SELEÇÃO TECNOLÓGICA EM PROJETOS DE ARQUITETURA DE EDIFÍCIOS¹

SILVA, Carla A. (1); BARROS, Mercia M. S. B. (2)

(1) EPUSP, e-mail: carla.a.silva@usp.br; (2) EPUSP, e-mail: mercia.bottura@usp.br

RESUMO

A intensificação das discussões sobre o impacto causado pela construção civil ao meio ambiente tem destacado as demandas por sustentabilidade dos edifícios que, por sua vez, remetem à adequada seleção tecnológica para composição dos diferentes subsistemas, ainda nas etapas preliminares do projeto. Este artigo, desenvolvido como parte de uma dissertação de mestrado no âmbito do Programa de Mestrado Profissional em Inovação na Construção Civil da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, tem como foco a seleção tecnológica das vedações verticais externas (VVE). Seu objetivo é levantar princípios de sustentabilidade aplicáveis na escolha de tecnologias para VVE e propor diretrizes para sua adoção no projeto de arquitetura. A pesquisa foi desenvolvida a partir de revisão bibliográfica de artigos técnico-científicos que abordam princípios como: Desmaterialização; Análise do Ciclo de Vida (ACV); Projeto para Desconstrução (DfD); e Sistemas Construtivos Industrializados, Flexíveis e Desmontáveis (IFD). Como resultado, são relacionadas diretrizes para seleção tecnológica de VVE, voltadas aos projetistas de arquitetura e baseadas nos princípios de sustentabilidade. Estes, por sua vez, convergem para a meta de reduzir o consumo de recursos e emissões de gases de efeito estufa para o meio ambiente, contribuir para eficiência energética, bem como aumentar a durabilidade dos edifícios.

Palavras-chave: Sustentabilidade. Seleção tecnológica. Vedações verticais externas. Projeto de Arquitetura.

ABSTRACT

The growing discussion about the impact of construction on environment has highlighted the demands for sustainability of buildings which, in turn, refer to the appropriate technology selection for the composition of different subsystems, still in preliminary stages of a project. This paper, which was developed as part of a dissertation in the context of Professional Master's Program in Innovation in Construction of the Polytechnic School at the University of São Paulo, focuses on technology selection of external wall. Its goal is to identify sustainability principles applicable to the selection of technologies for external walls and to propose guidelines for its adoption in architectural design. The research was developed from literature review of technical and scientific articles that address concepts such as: Dematerialization; Life Cycle Analysis; Design for Deconstruction (DfD); Industrialised, Flexible and Demountable Building Systems (IFD). As a result, guidelines for technology selection of external walls are related, dedicated to architectural designers and based on the principles of sustainability. These, in turn, converge toward the goal of reducing resource consumption and emissions of

¹SILVA, Carla A.; BARROS, Mercia M. S. B. Princípios de sustentabilidade como indutores da seleção tecnológica em projetos de arquitetura de edifícios. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. *Anais...* Porto Alegre: ANTAC, 2016.

greenhouse gases to environment, contribute to energy efficiency, as well as increase durability of buildings.

Keywords: Sustainability. Technology selection. External wall (Facade). Architectural design.

1 INTRODUÇÃO

A intensificação das discussões sobre o impacto causado pela construção civil ao meio ambiente tem destacado as demandas por sustentabilidade dos edifícios. De Paula, Uechi e Melhado (2013) afirmam que, assim como o desempenho, a sustentabilidade ambiental de edifícios também se configura em uma demanda de mercado e seus requisitos "passam a compor os parâmetros técnicos exigíveis de cada disciplina de projeto".

O desenvolvimento sustentável baseia-se no tripé ambiental, social e econômico. Atualmente, outras dimensões têm sido incorporadas, como a cultural, baseada no respeito à identidade local.

Em todas as fases do ciclo de vida dos edifícios - construção, operação ou demolição - há impactos sociais, econômicos e ambientais. Segundo o Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS), os impactos da construção civil no Brasil são revelados nos seguintes dados: consome 75% dos recursos naturais extraídos no país; em sua operação, é responsável por cerca de 50% do consumo de energia elétrica e 21% do de água; e a geração de resíduos é da ordem de 450 kg/hab.ano, representando entre 20% e 25% do total de resíduos da indústria brasileira (CBIC, 2011).

A indústria da construção civil é considerada o maior consumidor de recursos do planeta, muitos dos quais não renováveis (JOHN; OLIVEIRA; LIMA, 2007). Portanto, é premente que a seleção tecnológica seja feita visando à redução do impacto da extração de matérias primas, do consumo energético e da emissão de gases do efeito estufa.

Oliveira; Melhado e Mitidieri Filho (2013) afirmam que a seleção tecnológica realizada nas etapas preliminares do projeto, compatibilizando-se as exigências do programa de necessidades com as tecnologias possíveis de serem adotadas, tem potencial para incrementar os níveis de desempenho e de sustentabilidade do ambiente construído. Ao contrário, escolhas inadequadas nessa etapa geram impacto em todo processo de produção da edificação e do seu entorno.

Portanto, o atendimento às demandas de sustentabilidade remete à exigência de adequada seleção tecnológica para diferentes subsistemas do edifício.

O arquiteto, enquanto profissional atuante desde o início do processo de projeto, é protagonista da seleção tecnológica. Comumente, cabe a ele auxiliar o cliente a definir os requisitos para o empreendimento, entre eles, os de sustentabilidade.

São muitos os subsistemas que compõem o edifício. Neste trabalho, o foco é para vedações verticais externas de edifícios (VVE), isto é, as fachadas, uma

vez que este subsistema apresenta importante influência nos custos de produção, na logística e planejamento da obra, no desempenho e no atendimento às expectativas estéticas do cliente para o edifício. Além disso, a discussão sobre impactos ambientais decorrentes da seleção tecnológica da VVE torna-se relevante na medida em que influencia, não apenas no consumo de materiais, mas principalmente no consumo energético do edifício.

Apesar da alvenaria representar uma tradição construtiva, a busca por redução do impacto ambiental tem impulsionado o desenvolvimento de alternativas para produção das VVE das edificações, como: vedações com estruturas leves de aço (*light steel framing*), fachadas com vidro, painéis metálicos isolantes e painéis pré-fabricados de concreto.

Entende-se que as tecnologias de VVE pré-fabricadas possuem potencial de crescimento no país, principalmente, por contribuírem para a redução do prazo de execução, o que é determinante em algumas obras. No entanto, mais recentemente, aspectos sócio ambientais vêm tornando a escolha pela pré-fabricação mais complexa (HORMAN et. al, 2006).

Assim, o objetivo deste artigo é levantar princípios de sustentabilidade aplicáveis na escolha de tecnologias para VVE e propor diretrizes para sua adoção no projeto de arquitetura.

A revisão bibliográfica foi o método utilizado para identificar os princípios de sustentabilidade nos conceitos de: Desmaterialização; Análise do Ciclo de Vida (ACV); Projeto para Desconstrução (*Design for Deconstruction - DfD*); e Sistemas Construtivos Industrializados, Flexíveis e Desmontáveis (*Industrialised, Flexible and Demountable Building Systems - IFD*).

2 PRINCÍPIOS DE SUSTENTABILIDADE APLICÁVEIS NA ESCOLHA DE TECNOLOGIAS PARA VVE

2.1 Desmaterialização

A aplicação do conceito de desmaterialização contribui para mitigação dos impactos ambientais, pois consiste na redução da massa dos materiais de construção. Outra forma de desmaterializar é aumentar a durabilidade de produtos e soluções, ou seja, projetar para uma vida útil elevada, com espaços que admitam ampliações e reformas futuras, evitando a demolição do edifício que, apesar de apresentar integridade estrutural, torna-se obsoleto em função de seus espaços pouco flexíveis (AGOPYAN; JOHN, 2011).

A utilização de vedações com menor densidade que a alvenaria proporciona redução da massa, reduzindo a demanda por agregados e aglomerantes, além de reduzir a carga exercida sobre estrutura e fundações, o que possibilita otimizar seu dimensionamento. Porém, a escolha da vedação vertical externa não deve restringir-se à busca por redução de massa, mas, entre outros, deve considerar o atendimento aos requisitos de

desempenho térmico, para garantia do conforto no ambiente interno da edificação, conforme o clima local. A redução da massa também proporcionará menor quantidade de resíduos após o tempo de vida útil do edifício (FONTENELLE, 2012) e os materiais empregados devem ser recicláveis e não agressivos ao meio ambiente.

Fontenelle (2012) comparou a massa por metro quadrado de paredes de vedação produzidas com a tecnologia de *steel frame* e painéis leves, com a tecnologia de alvenaria de blocos de concreto (Quadro 1). O autor verificou redução de 77% da massa empregada na vedação com placas cimentícias em relação à vedação de blocos de concreto. Esta proporção torna a tecnologia de *steel frame* e painéis leves uma potencial alternativa para produção de edifícios com menor impacto ambiental, devido ao seu menor consumo de material. Porém, para avaliar se, de fato, o impacto ambiental da tecnologia é menor, também é necessária uma avaliação do consumo de energia durante a fabricação dos componentes, como perfis metálicos.

Quadro 1 - Massa por metro quadrado de vedação para tecnologia de *steel frame* e painéis leves e de alvenaria de blocos de concreto

| tecnologia de vedação | especificação | massa por metro quadrado de vedação |
|---------------------------------|---|-------------------------------------|
| steel frame e painéis leves | placa cimentícia ($e=12\text{mm}$) steel frame - perfil "Ue" (100x40x17x1,2) / perfil "U" (100x40x1,2) isolante térmico ($e=100\text{mm}$) placa de gesso acartonado (standard - ST) | 41,83 kg/m² |
| alvenaria de blocos de concreto | bloco de concreto (14x19x39cm) argamassa de assentamento revestimento externo c/ emboço de argamassa revestimento interno c/ gesso sobre bloco | 180,9 kg/m² |

Fonte: Adaptado de Fontenelle (2012)

2.2 Avaliação de Ciclo de Vida (ACV)

A Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) é um método utilizado na avaliação dos efeitos ambientais de um produto. Na construção civil, uma edificação ou uma parte dela pode ser considerada um produto.

A ACV ajuda a identificar em quais fases pode haver melhora de desempenho, além de ajudar na definição dos indicadores mais relevantes e de um plano de ações efetivo, com estabelecimento de metas que podem ser medidas e monitoradas. É possível analisar desde a aquisição das matérias-primas até a disposição final dos produtos e, assim, verificar quais fases são responsáveis pelos maiores impactos e quais são passíveis de serem atenuadas (CBCS).

As principais metas do conceito de ciclo de vida são reduzir o uso de recursos dos produtos e emissões de gases para o meio ambiente tanto

quanto melhorar seus desempenhos sócio-econômicos por meio dos seus ciclos de vida (BESSA, 2010).

A fim de tornar a Avaliação de Ciclo de Vida mais praticável, o CBCS criou uma plataforma de informações com indicadores de sustentabilidade de materiais, produtos e componentes, chamada Avaliação de Ciclo de Vida Modular (ACV-m). O CBCS tem como meta envolver o setor de construção para levantamento dos principais produtos, sob cinco aspectos mínimos:

- Consumo de energia;
- Consumo de água;
- Consumo de matérias-primas;
- Geração de resíduos;
- Emissão de CO₂.

Um exemplo de contribuição da Análise do Ciclo de Vida pode ser verificada no trabalho de Bessa (2010), que desenvolveu uma metodologia de avaliação das emissões de CO₂ geradas durante o ciclo de vida das fachadas de edifícios de escritório. A autora analisou três tipos de fachada: *structural glazing*, alvenaria revestida com argamassa e alvenaria revestida com ACM (alumínio composto). São comparadas entradas (energia e materiais consumidos) em relação às saídas (resíduos, emissões atmosféricas, efluentes gerados), considerando o processo de produção e uso das fachadas, que envolvem etapas de extração, processo de transformação, fabricação e montagem, instalação, uso e disposição final.

Os resultados obtidos por Bessa (2010) mostram que as fachadas que mais emitem CO₂, por área de fachada, são, em ordem decrescente: *structural glazing* com vidro incolor; fachadas vedadas com tijolo cerâmico e revestidas com ACM; *structural glazing* com vidro refletivo; e fachadas vedadas com alvenaria e revestidas com argamassa (Tabela 1).

Tabela 1 - Emissão de CO₂ por área de fachada

| Tipologia de fachada | Emissão de CO ₂ (kg CO ₂ /m ² de fachada) |
|---|---|
| <i>Structural glazing</i> com vidro incolor | 122 |
| <i>Structural glazing</i> com vidro refletivo | 97 |
| Vedada com alvenaria de bloco de concreto e revestida com argamassa | 81 |
| Vedada com alvenaria de tijolo cerâmico e revestida com argamassa | 81 |
| Vedada com alvenaria de tijolo cerâmico e revestida com ACM novo | 114 |
| Vedada com alvenaria de tijolo cerâmico e revestida com ACM oxidado | 116 |

Fonte: Bessa (2010)

Antes de obter os resultados de emissão de CO₂ para todo o ciclo de vida das fachadas, Bessa (2010) analisou a emissão de CO₂ somente na fase de uso, quando se faz necessária a verificação do consumo de energia elétrica devido ao sistema de ar condicionado para suprir a demanda de carga

térmica de determinado tipo de fachada. Os resultados mostram que as fachadas que mais emitem CO₂, na fase de uso, são, em ordem decrescente: *structural glazing* com vidro incolor (fase de uso contribui com 59% das emissões); *structural glazing* com vidro refletivo (fase de uso contribui com 49% das emissões); fachadas vedadas com alvenaria e revestidas com ACM (fase de uso contribui com 30% das emissões); e fachadas vedadas com alvenaria e revestida com argamassa (fase de uso contribui com 40% das emissões).

Outro aspecto destacado por Bessa (2010), que influencia na Análise do Ciclo de Vida, refere-se aos produtos importados, pois é necessário considerar as emissões das matrizes energéticas dos países onde foram fabricados.

2.3 Estratégia do uso de materiais de ciclo fechado em edifícios

A chamada estratégia do uso de materiais de ciclo fechado em edifícios (Closed-loop material strategy in buildings), sugerida por Kibert (2008) apud Jaillon; Poon(2014), converge com o pensamento do ciclo de vida, pois reforça que a construção deve ser constituída por materiais recuperáveis e reutilizáveis ao final da vida útil, reduzindo, assim, a extração de recursos para realização de novos produtos. A estratégia do uso de materiais de ciclo fechado em edifícios deve garantir a utilização de:

- produtos (edifícios) capazes de serem desconstruídos (deconstructable);
- produtos desmontáveis;
- materiais e componentes recicláveis;
- produtos e materiais que não agridam o meio ambiente na fase de produção e utilização do edifício;
- materiais que não agridam o meio ambiente ao término do ciclo de vida do edifício, durante sua reciclagem.

Dois conceitos estão relacionados à estratégia do uso de materiais de ciclo fechado: *Projeto para desconstrução* (*Design for deconstruction - DfD*) e *Sistemas construtivos industrializados, flexíveis e desmontáveis* (*Building systems that are industrialised, flexible and demountable - IFD*)(JAILLON; POON, 2014).

O crescente interesse no tema sustentabilidade pode incentivar a indústria da construção a encontrar estratégias para aplicar sistemas construtivos que incorporem princípios de *DfD* e *IFD*, ainda que hoje não sejam prática comum na indústria da construção, uma vez que tais princípios contribuem significativamente para a agenda da sustentabilidade (JAILLON; POON, 2014). Portanto, no processo de definição de VVE, o projetista deve levar em conta tais princípios, objetivando atender às demandas por sustentabilidade.

2.3.1 Design for deconstruction (DfD)

A expressão *Design for deconstruction (DfD)* envolve princípios de projeto para garantir e facilitar a desconstrução parcial ou total do edifício para reutilização e reciclagem de seus componentes ao final de sua vida útil.

Pode-se dizer que, ainda que a expressão seja relativamente recente, o conceito em si não é, mesmo sendo pouco utilizado pelos projetistas. A construção do Escritório Zanettini Arquitetura é um exemplo em que os princípios de *DfD* foram aplicados, no ano de 1987. Trata-se de uma construção projetada em estrutura de aço e vedos em painéis leves. A adoção dos princípios de *DfD* permitiram a desconstrução da estrutura metálica em dez dias (Figura 1) e posterior remontagem em outro terreno na cidade de São Paulo. Foram necessárias algumas modificações dos perfis em fábrica para compor o projeto do novo escritório, que precisou adequar-se às exigências legais atuais.

Figura 1 - Desconstrução do antigo Escritório Zanettini Arquitetura



Fonte: Revista Arquitetura & Aço (Jun. 2015)

O uso de elementos pré-fabricados, inclusive na produção de VVE, facilita o controle quanto à utilização de materiais recicláveis e materiais tóxicos e prejudiciais à saúde. Para permitir a desconstrução total ou parcial do edifício, as ligações entre componentes pré-fabricados devem ser substituídas por fixações mecânicas (por exemplo, adoção de ligações aparafusadas, em vez de soldas; ou emprego de revestimentos fixados por dispositivos, em vez de aderidos/colados). Além de evitar compostos orgânicos voláteis (VOC's), que podem estar presentes nos adesivos, a fixação mecânica permite a substituição dos elementos ao final da vida útil ou quando houver necessidade de reparos.

2.3.2 Sistemas construtivos industrializados, flexíveis e desmontáveis (IFD)

Nos sistemas construtivos industrializados, flexíveis e desmontáveis (IFD), o termo industrializado significa que os sistemas seguem os princípios da industrialização em que o acoplamento mecânico é um dos elementos fundamentais; "flexível" refere-se a possíveis mudanças no layout ao longo

do tempo (requisitos dos usuários); desmontável refere-se à possibilidade de desmontagem de componentes para manutenção ou reutilização em outro local. A junta-seca é uma condição para configurar sistemas construtivos *IFD*.

Nesses sistemas, a demolição total ou parcial do edifício pode ser evitada, sendo substituída pela desmontagem que contribuirá para a sustentabilidade.

Crowther (2002) e Smith (2010) descrevem princípios e estratégias do *Projeto para Desmontagem*, baseados no conceito de construtibilidade (*Buildability*):

- a) Minimizar o número de tipos de elementos diferentes;
- b) Adoção de sistemas construtivos "abertos", formado por componentes intercambiáveis;
- c) Projeto modular - componentes e elementos constituintes do edifício são compatíveis dimensional e funcionalmente;
- d) Adoção de técnicas de montagem (mão de obra e equipamentos) compatíveis com a prática de construção;
- e) Garantia de acesso a todas as partes do edifício;
- f) Utilização de elementos construtivos projetados para permitir sua movimentação;
- g) Previsão de pontos para movimentação dos elementos;
- h) Previsão de tolerâncias realistas para permitir movimento dos elementos durante desmontagem;
- i) Definição em projeto de juntas e conectores que suportem repetição de processos de montagem e desmontagem;
- j) Desmontagem em paralelo, em vez de desmontagem sequencial;
- k) Uso de elementos pré-fabricados;
- l) Fornecimento de peças adicionais para serem armazenadas no local (substituição das danificadas);
- m) Documentação de todas informações sobre produção e montagem do edifício.

3 DIRETRIZES PARA SELEÇÃO TECNOLÓGICA DE VVE BASEADAS EM PRINCÍPIOS DE SUSTENTABILIDADE

Como diretrizes gerais para o projeto de arquitetura, que impactam positivamente no atendimento aos requisitos de sustentabilidade, têm-se: adoção de estratégias passivas de conforto ambiental para implantação do edifício, como orientação solar, sombreamento e aproveitamento da ventilação e iluminação natural; e adoção da coordenação modular, com verificação se a malha modular da estrutura é adequada à modulação usual de elementos de vedação vertical externa.

As diretrizes baseadas nos princípios de sustentabilidade identificados na revisão bibliográfica, a serem adotadas nos projetos de arquitetura visando à

seleção tecnológica de vedações verticais externas, estão sintetizados na sequência:

- a) Adotar soluções mais duráveis e flexíveis. Para VVE, a adoção da coordenação modular pode conferir flexibilidade ao subsistema e permitir a intercambialidade de componentes e elementos;
- b) Especificar produtos duráveis (maior vida útil);
- c) Escolher tecnologias de VVE com baixa densidade, a fim de reduzir a massa do subsistema, demanda por agregados e aglomerantes, carga exercida sobre a estrutura e quantidade de resíduos gerados após o tempo de vida útil;
- d) Escolher tecnologias construtivas pré-fabricadas para VVE, que sejam de fácil remoção e facilitem modificações na edificação ao longo do tempo e possibilitem reuso ou reciclagem após demolição;
- e) Utilizar informações levantadas sobre Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) de tecnologias de vedação vertical externa (efeitos ambientais, desde a extração de matérias-primas até a disposição final dos seus resíduos);
- f) Especificar elementos de VVE constituídos por materiais com baixo consumo de recursos, geração de resíduos e emissão de CO₂ (por exemplo, materiais de reuso com conteúdo reciclado ou rapidamente renovável, materiais regionais, madeira certificada ou de reflorestamento, tintas com baixa toxicidade, etc.);
- g) Empregar elementos pré-fabricados, que evitam VOC's (compostos orgânicos voláteis) e permitem a substituição dos elementos ao final da vida útil ou quando houver necessidade de reparos;
- h) Minimizar o número de tipos diferentes de componentes e ou elementos para composição da VVE;
- i) Adotar elementos de VVE intercambiáveis;
- j) Identificar se há disponibilidade de empresas especializadas e equipamentos para montagem de componentes e elementos de VVE no local da obra;
- k) Utilizar componentes e elementos de VVE projetados com previsão de pontos de içamento para permitir sua movimentação na montagem e desmontagem;
- l) Prever tolerâncias realistas para permitir movimento dos elementos de VVE durante desmontagem;
- m) Definir em projeto juntas e conectores que suportem repetição de processos de montagem e desmontagem dos elementos de VVE;
- n) Adotar componentes e elementos de VVE que possibilitem desmontagem em paralelo, em vez de desmontagem sequencial;
- o) Fornecer componentes e elementos de VVE adicionais para serem armazenados no local (em caso de substituição);
- p) Em parceria com o fornecedor da tecnologia, documentar as informações sobre produção e montagem de elementos de VVE, assegurando o conhecimento e preservação do conceito de "projeto

para desmontagem".

Logo no início do processo de projeto de arquitetura, na fase de concepção do edifício e na busca de uma solução formal, deve-se priorizar o desempenho ambiental, econômico e social do empreendimento.

Um projeto que adote princípios de sustentabilidade deve ter início considerando-se o contexto no qual o edifício se insere e as decisões que compõem o partido arquitetônico, confrontando parâmetros de sustentabilidade com demais exigências para o empreendimento.

Deve-se considerar também que edifícios que busquem adotar estes princípios tendem a apresentar custos menores de operação e manutenção, ainda que, no Brasil, muitas vezes resulte em custos diretos mais elevados. O empreendedor deve ser conscientizado sobre esta economia, para que se viabilizem investimentos em medidas para atender às exigências de sustentabilidade.

4 CONCLUSÕES

Como resultado, são relacionadas diretrizes para seleção tecnológica de VVE, voltadas aos projetistas de arquitetura, e baseadas nos princípios de sustentabilidade. De modo geral, tais princípios convergem para a meta de reduzir o consumo de recursos e emissões de gases de efeito estufa para o meio ambiente, contribuir para eficiência energética, bem como aumentar a durabilidade dos edifícios. Destaca-se o princípio de Desmaterialização, por fornecer dados relevantes para a seleção tecnológica de VVE, como a comparação da quantidade de massa por metro quadrado de vedação entre tecnologias diversas, um indicador de consumo de recursos. Com a Análise do Ciclo de Vida (ACV) é possível encontrar, por exemplo, dados de emissão de CO₂ por área de fachada para uma determinada tecnologia. As estratégias de IFD e DfD também podem influenciar diretamente na seleção tecnológica da VVE, como ao recomendar a adoção de tecnologias que utilizem fixações mecânicas (aparafusadas) para permitir desmontagem de elementos construtivos para manutenção ou reutilização em outro local, o que torna o edifício mais flexível e, portanto, mais durável. O conhecimento desses indicadores e estratégias de projeto contribui para avaliação das alternativas e uma tomada de decisão pautada nas demandas de sustentabilidade para a produção das VVE do edifício.

REFERÊNCIAS

AGOPYAN, V.; JOHN, V.; GOLDEMBERG, J. (Coord.). **O desafio da sustentabilidade na construção civil**. São Paulo: Blucher, 2011. v. 5. (Série Sustentabilidade).

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. 263 p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

CBCS (Conselho Brasileiro de Construção Sustentável). **Impactos da Construção**. Disponível em: <<http://www.cbc.org.br/construcaosustentavel/introducao.php>> Acesso em: 15 dez. 2015.

CBIC (Câmara Brasileira da Indústria da Construção). **Desenvolvimento com sustentabilidade**. 2011. 30 p. Disponível em: <<http://www.cbic.org.br/sites/default/files/Programa-Construcao-Sustentavel.pdf>> Acesso em: 20 dez. 2015.

CROWTHER, Philip. Design for buildability and the deconstruction consequences. In: CIB TASK GROUP 39 – DECONSTRUCTION MEETING, 2002. Karlsruhe. **CIB Publication, n. 272**. Karlsruhe: University of Karlsruhe; Florida: University of Florida, 2002, p. 6-14.

DE PAULA, N.; UECHEI, M. E.; MELHADO, S. B. Novas demandas para as empresas de projeto de edifícios. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 13, n. 3, p. 137-159, 2013.

FONTENELLE, J. H. **Sistema de fixação e juntas em vedações verticais constituídas por placas cimentícias: estado da arte, desenvolvimento de um sistema e avaliação experimental**. 2012. 219 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

HORMAN et. al. Delivering Green Buildings: Process Improvements for Sustainable Construction. **Journal of Green Building**, v. 1, n. 1, p. 123-140, 2006.

JAILLON, L.; POON, C. S. Life cycle design and prefabrication in buildings: A review and case studies in Hong Kong. **Automation in Construction**, v. 39, p. 195–202, 2014.

JOHN, V. M.; OLIVEIRA, D. P.; LIMA, J. A. R. **Levantamento do estado da arte**: Seleção de materiais. Projeto Finep - Tecnologias para construção habitacional mais sustentável. São Paulo. 2007. 58 p. (Documento 2.4).

N. F. A boa arquitetura. **Revista Arquitetura & Aço**, São Paulo, n. 30, p. 10-12, jun. 2015.

OLIVEIRA, L. A.; MELHADO, S. B.; MITIDIERI FILHO, C. V. Seleção tecnológica baseada em requisitos de desempenho e de sustentabilidade. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 3., ENCONTRO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 6., 2013, Campinas. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2013, p. 1-11.

SMITH, R. E. **Prefab architecture**: a guide to modular design and construction. New Jersey: John Wiley & Sons, 2010. 366 p.