



FECHAMENTOS VERTICais INDUSTRIALIZADOS E ESTRUTURA METÁLICA COMO MATERIAIS ALTERNATIVOS PARA UMA CONSTRUÇÃO

Roberta Carvalho Machado (1); Henor Artur de Souza (2); Cláudia Barroso-Krause (3)

(1) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Construção Metálica, Escola de Minas - Universidade Federal de Ouro Preto, Brasil – e-mail: robertaarquiteta@yahoo.com.br

(2) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Construção Metálica, Escola de Minas - Universidade Federal de Ouro Preto, Brasil – e-mail: henorster@gmail.com

(3) Programa de Pós-Graduação em Arquitetura - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo- Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil – e-mail: barroso.krause@gmail.com

RESUMO

Um dos maiores desafios do setor da construção civil é criar uma arquitetura contextualizada com o meio ambiente, levando em conta a conservação da energia, a inovação tecnológica e os aspectos da sustentabilidade. Neste enfoque a construção estruturada em aço com a utilização de fechamentos industrializados é apontada como uma das alternativas sustentáveis por aliar velocidade, qualidade e racionalização, além de retirar do canteiro de obras uma gama de atividades precárias e artesanais. Neste estudo foram avaliadas algumas vantagens e desvantagens da utilização de estruturas metálicas e, a partir dos principais critérios utilizados no processo de seleção dos materiais em sistemas de avaliação de edificações, foram analisados, de forma breve, dois painéis de fechamentos verticais industrializados externos: Painéis Cimentícios Brasilit e Painéis de Concreto armado- Precon. Pode-se concluir que dificilmente são encontrados todos os aspectos sustentáveis no mesmo material e o despreparo da indústria brasileira com relação às questões de sustentabilidade. Constatou-se que a os fabricantes analisados ainda não dispõe de todas as informações necessárias para avaliar o grau de sustentabilidade dos seus produtos. Propõem-se alguns subsídios para auxiliar os agentes envolvidos na construção civil a incorporarem os conceitos de sustentabilidade ambiental na construção estruturada em aço.

Palavras-chave: materiais sustentáveis, construção em aço, painéis verticais industrializados.

1 INTRODUÇÃO

1.1 Construção Civil: materiais x impacto ambiental e sustentabilidade

O impacto da construção civil ocorre em toda a cadeia produtiva, desde a concepção dos edifícios até a sua demolição. Dentre os critérios para avaliar a sustentabilidade de uma edificação existem várias áreas temáticas, das quais algumas se destacam: energia, água, transporte, uso do solo, ecologia, conforto, materiais, etc.

A seleção dos materiais e a gestão de seu consumo revestem-se de grande importância para a sustentabilidade da construção, pois os impactos ambientais dos fluxos de materiais na produção do ambiente construído são evidentes. A indústria da construção e seus produtos consomem aproximadamente 40% da energia e dos recursos naturais e gera 40% dos resíduos produzidos por todo o conjunto de atividades humanas, variando a porcentagem de acordo com o país. No caso dos EUA essa porcentagem chega a atingir até 75% (JOHN, 2000).

A cultura construtiva do país, caracterizada pelo uso do concreto armado como sistema estrutural e da alvenaria tradicional como fechamento vertical, implica em um processo de assentamento artesanal e lento e abre espaço para improvisações, além de invariavelmente gerar desperdício de recursos e poluição no canteiro de obras (pelo acúmulo e perda de materiais como areia, brita e cimento). Além disso, a característica do método tradicional de construção também contribui geração de resíduos nas fases de demolição e reforma, visto que os fechamentos não podem ser desmontados e reutilizados.

Em um país como o Brasil, pelo nível de desenvolvimento e de recursos que aqui se encontram, parece imprescindível uma mudança nos métodos construtivos de forma que se tornem mais compatíveis com as questões ambientais emergentes. Parte dos profissionais ligados ao setor desconhece as vantagens da construção industrializada e, portanto, não contribuem para o surgimento de tecnologias voltadas para evitar desperdícios energéticos e poluição. Neste contexto, a sistematização dos processos e a evolução da engenharia construtiva são requisitos fundamentais para fins de melhoramento do desempenho ambiental de edifícios.

1.2 Construções rationalizadas e industrializadas

A construção rationalizada e industrializada desenvolve um papel de extrema importância no sentido de diminuição dos impactos ambientais, pois tende a restringir os problemas à indústria, onde são minimizadas perdas de materiais e recursos e na obra leva à diminuição do esforço humano. Confirmando essa expectativa, Lemoine (2002) afirma que as experiências européias comprovam que as construções estruturadas em aço reduzem sensivelmente os impactos ambientais na etapa de construção e, concluída a obra, conferem tempo superior de durabilidade, embora representem um alto custo energético embutido no processo de fabricação do material.

Para melhor aproveitamento das vantagens construtivas, a utilização do aço como sistema estrutural implica na utilização de demais sistemas ou componentes de fechamentos padronizados para uma industrialização completa da construção, o que inclui o uso dos painéis de fechamentos verticais industrializados. Nesse caso, a construtora planeja a obra toda em etapas e torna o canteiro de obras num lugar de montagem. Esse processo de montagem geralmente diminui o trabalho artesanal, porém exige uma mão-de-obra mais qualificada e dificulta reformulações e improvisações na obra.

Atualmente, no Brasil, já existem vários tipos de sistemas de fechamentos industrializados, alguns há muito tempo no mercado e outros mais recentes, que ainda estão em fase de testes. Apesar disso, pode-se constatar que esses sistemas não são muito populares no país e que um dos motivos da ampla utilização da alvenaria tradicional em construções estruturadas em aço está na falta de informações sobre os componentes industrializados e suas vantagens aplicativas (BASTOS; SOUZA, 2006).

Desse modo, o desenvolvimento e progresso sustentável, no âmbito da construção civil, tornam imperativo o estudo das vantagens e desvantagens da utilização do aço como sistema estrutural e dos sistemas de fechamento verticais adequados, uma vez que se sabe que a utilização de materiais de construção é um dos grandes fatores que causam problemas ao meio ambiente e se reconhece que muitos dos profissionais ignoram as informações necessárias para a seleção de fechamentos.

Neste trabalho pondera-se de que forma as edificações estruturadas em aço, que utilizam fechamentos verticais industrializados, podem contribuir para diminuição dos impactos causados pela construção. Não se pretende, aqui, fornecer informações aprofundadas ou definitivas sobre os materiais de fechamento analisados. Pretende-se demonstrar algumas informações básicas dos painéis (são apresentados dois dos painéis mais utilizados na construção em aço na região sudeste do Brasil) que podem interferir no desempenho ambiental da edificação, de forma que o projetista tenha idéia do desempenho, dos impactos ambientais e das vantagens e desvantagem que sua utilização implica.

2 OBJETIVO

Avaliam-se, neste trabalho, algumas vantagens e desvantagens da utilização de estruturas metálicas e, a partir dos principais critérios utilizados no processo de seleção dos materiais em algumas metodologias de avaliação de desempenho de edificações utilizadas no país, analisam-se, de forma breve, dois painéis de fechamentos verticais industrializados externos: Painéis Cimentícios Brasilit e Painéis de Concreto armado Precon.

3 METODOLOGIA

O desenvolvimento do trabalho contemplou: (a) avaliação das vantagens e desvantagens da estrutura em aço; (b) aplicação de critérios para seleção dos materiais construtivos e (c) análise dos painéis.

3.1 Vantagens e desvantagens da estrutura em aço

Essa etapa da metodologia consistiu na investigação teórica e revisão bibliográfica sobre os principais aspectos positivos e negativos decorrentes da adoção do aço como sistema estrutural de uma edificação durante o seu ciclo de vida. O levantamento das vantagens contemplou as etapas do processo de construção, da fase de obras e do fim da vida útil. Também foram mencionadas algumas dificuldades operacionais e econômicas nas desvantagens decorrentes da utilização do aço.

3.2 Critérios de seleção dos materiais

A segunda etapa da metodologia consistiu na realização de uma pesquisa bibliográfica sobre os critérios adotados pelas principais certificações de desempenho sustentável utilizadas no Brasil para a seleção de materiais. Buscou-se identificar as questões ligadas à seleção de materiais mais comuns às metodologias analisadas a fim de estabelecer uma referência para o levantamento das características dos painéis industrializados. Os critérios foram levantados a partir da análise dos critérios das metodologias: certificação norte-americana LEED - *Leadership in Energy & Environmental Design* (USGBC, 2009), Referencial Técnico Brasileiro AQUA - Alta Qualidade Ambiental (FUNDAÇÃO VANZOLINI, 2007) e Selo brasileiro SustentaX (SUSTENTAX, 2009).

3.3 Análise dos painéis

Para analisar os painéis de fechamento, fez-se um levantamento dos tipos existentes no mercado nacional e optou-se pela análise de dois painéis de fechamento externo mais comumente usados na região sudeste: o painel cimentício e o painel de concreto armado. Além desses, existem outros tipos de painéis que também já vem sendo utilizados nas construções brasileiras, porém que não foram objetos de análise nesse artigo, como: os painéis GFRC (*Glass Fiber Reinforced Concrete*), painéis de OSB (*Oriented Strand Board*) e, mais recentemente, os painéis *Easy Socket*, produzidos com núcleo de isolamento térmico em Poliestireno Expandido ou Poliuretano e revestimento em aço carbono galvanizado em aço inox ou alumínio (MACHADO, 2010).

A metodologia nessa etapa do trabalho consistiu na breve investigação dos processos de produção e aplicação do painel cimentício da empresa Brasilit e do painel de concreto armado da empresa Precon. Para a caracterização desses componentes de fechamento foram realizadas descrições de cada um dos painéis, citando alguns possíveis impactos causados durante a produção e demais características relevantes. As informações foram levantadas por meio de pesquisas bibliográficas, visita às fábricas, entrevista com fornecedores e manuais dos fabricantes. A maioria dos dados foi fornecida pelas próprias empresas, devido à falta de bibliografia existente sobre o tema.

4 ANÁLISE DE RESULTADOS

4.1 Vantagens e desvantagens da utilização de estruturas metálicas em edificações

As vantagens da utilização de estruturas em aço podem ser observadas nas etapas do ciclo de vida da construção. No processo de construção: menor prazo de execução, diminuição de recursos e desperdício no canteiro de obras; diminuição da poluição e de resíduos e consequentemente menores impactos socioambientais. Na obra: alívio de cargas na fundação possibilitando reduzir dimensões e custos; geralmente possui conteúdo reciclado na composição, proporciona uma obra de melhor qualidade, mais precisa e com facilidade em vencer grandes vãos; possui longa durabilidade e possibilita a desmontagem, adaptação e reutilização da estrutura em outra obra ou em outro lugar (mais viável em construções totalmente industrializadas). No fim da vida útil, demolição: evita problemas decorrentes do processo, tais como poluição sonora e aérea, e possibilita a reciclagem ou reutilização dos componentes da estrutura no fim da vida útil sem diminuição das propriedades (GERVÁSIO, 2008; LEMOINE, 2002).

Embora apresente todas as vantagens destacadas anteriormente, a utilização do aço na construção civil também se depara com algumas desvantagens, dentre elas podem-se destacar: custo ainda elevado, se comparado com estruturas em concreto armado; exigência de mão-de-obra qualificada e especializada para instalação, pois a grande maioria dos profissionais ligados ao setor é acostumada com os processos tradicionais de edificação; alta energia incorporada e processo de fabricação que, de uma forma geral, é ainda muito poluente e causador de impactos ambientais, apesar dos constantes investimentos das siderúrgicas em tecnologias mais limpas (GERVÁSIO, 2008). Além disso, quando um profissional opta por esse sistema estrutural deve-se também avaliar a disponibilidade na região e ponderar se de fato é o sistema mais recomendável considerando os gastos e impactos do transporte.

4.2 Critérios de escolha de materiais para construções sustentáveis

Para estabelecer alguns critérios importantes que devem ser considerados na escolha de materiais foram analisados três modelos de certificação mais utilizados no país, dois nacionais: Referencial Técnico AQUA e Selo SustentaX, e a certificação norte-americana: LEED. Todas as metodologias analisadas apresentam categorias referentes aos materiais de construção, dessa forma, os itens referentes à seleção de materiais mais sustentáveis para a construção foram examinados. Sabe-se que os sistemas de avaliação das edificações são metodologias que buscam uma análise integrada das soluções adotadas, não apenas relativas à seleção dos materiais, mas relativas a vários aspectos. Apesar da complexidade e sobreposição de requisitos das diversas dimensões a serem consideradas, acredita-se que os critérios adotados pelos sistemas de avaliação podem ser introduzidos como fator de auxílio à tomada de decisão no processo de concepção arquitetônica e seleção dos materiais e componentes. Segundo John; Oliveira; Lima (2007), na ausência de informações para a realização da Análise do Ciclo de Vida (ACV) completo dos materiais, os sistemas baseados em soluções com menor impacto ambiental constituem uma alternativa para a avaliação de produtos da construção.

A investigação desse trabalho reuniu um rol de critérios passíveis de serem adotados para a identificação de questões relevantes que devem ser consideradas no processo de seleção de materiais que causem menores impactos ambientais. Ressalta-se que a seleção segundo tais critérios não deve prescindir da consideração do desempenho funcional do produto segundo a finalidade e o contexto onde a construção está inserida, nem dos aspectos econômicos e sociais envolvidos. As questões conflitantes devem ser analisadas e comparadas, sendo uma preferida.

O Sistema LEED foi estabelecido para ter sua aplicação nos Estados Unidos. A versão da certificação analisada para esse artigo foi a LEED *New Construction* 3, lançada em 2009 (USGBC, 2009). Os critérios relativos aos materiais são: reuso do edifício, gestão de resíduos da construção, reuso dos materiais, conteúdo reciclado, materiais regionais, materiais rapidamente renováveis, madeira certificada e materiais com baixa emissão de compostos voláteis.

O AQUA, primeiro selo de certificação de construções sustentáveis adaptado à realidade brasileira, foi inspirado na metodologia de certificação Francesa HQE (*Haute Qualité Environnemental*). O referencial técnico de certificação disponível na versão brasileira que foi analisado nesse trabalho é o de Edifícios do Setor de Serviços- Escritórios e edifícios escolares (FUNDAÇÃO VANZOLINI, 2007). Os critérios relativos aos materiais são: escolha integrada de produtos (durabilidade,

adaptabilidade, vida útil, desmontabilidade e manutenção), canteiro de obras com baixo impacto ambiental (gestão de resíduos e redução de poluição), gestão da energia, gestão da água, gestão de resíduos de uso e operação do edifício, conforto (higrotérmico, acústico e olfativo), produtos com baixa emissão de poluentes e emissões químicas, que restrinjam o crescimento fúngico e bacteriano.

O Selo SustentaX começou a ser fornecido pela empresa brasileira SustentaX, especializada em sustentabilidade, em 2008. Atualmente a Sustentax analisa produtos, materiais, equipamentos e serviços segundo seus próprios critérios estabelecidos. Os critérios analisados nessa metodologia referentes ao Selo SustentaX para produtos sustentáveis são (SUSTENTAX, 2009): atendimento às normas vigentes de qualidade e especificações de produtos; baixa emissão de compostos orgânicos voláteis (COVs); baixo consumo de água; comprometimento do fabricante em orientar os consumidores quanto ao uso adequado do produto e descarte correto de embalagens; eficiência de equipamentos; eficiência e baixo impacto ambiental de equipamentos de limpeza; emprego de materiais classificados como regionais; isolamento térmico; uso de fontes não tóxicas para composição de produtos (exemplo: metais pesados); regularidade de licença ambiental do fabricante; responsabilidade ambiental do fabricante; responsabilidade social do fabricante; reutilização de matéria-prima; salubridade de produtos; uso de componentes reciclados; uso de madeira certificada e uso de materiais classificados como rapidamente renováveis.

A partir da base de características relevantes levantadas, para a análise dos painéis de fechamentos selecionados foram investigados alguns aspectos relativos ao:

- ciclo de vida e produção dos painéis: processo de produção, impactos ambientais, gestão de resíduos, consumo de recursos, programas de gestão da qualidade, gestão ambiental e normas de produção. Nessa etapa, também se buscou informações sobre a quantidade de energia e água utilizada na produção e a emissão de CO₂ do processo;
- informações para a consideração se o material é regional e composição: localização da fábrica, composição, local de extração da matéria-prima e componentes, distância da principal matéria-prima até a fábrica e conteúdo reciclado pré-consumo;
- projeto: dimensões fornecidas e propriedades termo-acústicas;
- uso, manutenção e pós-uso: possibilidades de acabamentos, flexibilidade, durabilidade, toxicidade, manutenção, montagem, potencial de reutilização e conteúdo reciclado no pós-consumo e
- vantagens e desvantagens da utilização de cada painel.

4.3 Análise dos painéis

As principais características relativas à cada painel em relação aos critérios selecionados foram avaliadas nos itens seguintes e também apresentadas na forma de quadros comparativos. Nenhum dos fabricantes soube informar sobre a quantidade de energia e água utilizada na produção e a emissão de CO₂ do processo.

4.3.1 Painel cimentício Brasilit

As placas cimentícias são utilizadas em situações onde se requer maior resistência a impactos e à ação das águas, como o requerido para as fachadas. No entanto, também podem ser utilizadas para fechamento de ambientes internos conforme requisitos de projeto. O sistema que dá suporte às placas cimentícias é o *Light Steel Framing* (LSF), que pode ter finalidade estrutural ou apenas servir de fechamento. Também podem ser usados junto ao sistema *Drywall*, empregados para divisórias internas não estruturais, ou *Wood Framing*. Além das placas cimentícias, os componentes do sistema são: elementos de fixação, massas, fitas para tratamento de juntas e estrutura de perfis, geralmente de aço galvanizado.

O cimento, principal material utilizado na produção, vem processado da fábrica Holcim e seu processo de produção é intensivo no que se refere à extração de recursos naturais não-renováveis, feita por detonação ou raspagem. Quando moídos e misturados, os componentes (calcário, argila, gesso e outros) são levados ao forno a temperaturas em torno de 1.500°C para a produção do clínquer. Para garantir esse consumo térmico, a chama do forno é alimentada por combustíveis e tal processo gera

CO_2 e outros gases causadores do efeito estufa. Os impactos mais significativos da fabricação do cimento são: os processos de mineração para extração das matérias-primas (calcário e argila, principalmente), o alto teor de consumo energético, a emissão de poeiras e ruídos e a emissão de CO_2 e outros gases causadores do efeito estufa (HOLCIM, 2007).

De acordo com Salum (2009), a fabricação dos painéis é automatizada e feita em série por meio de um processo denominado Hatschek. Na fabricação, uma suspensão diluída de cimento, carga mineral e fibras é preparada em um misturador e alimentada ao processo via um tanque homogeneizador. Nas caixas de tamis, ocorre a filtragem da suspensão e formação de uma película de massa, que é transferida para um filtro. Este filtro leva a película para o cilindro prensador, onde ocorre o acúmulo de películas até a obtenção da espessura desejada. Ao se atingir a espessura desejada, o cilindro prensador libera uma lastra de fibrocimento que segue para uma mesa de corte e em seguida, para uma mesa de placas planas onde a lastra é conformada e encaminhada para a etapa de cura. Após a cura inicial de aproximadamente 8 horas, o produto é retirado das formas e encaminhado para o pátio para complementação da etapa de cura 14 a 28 dias. Nesse pátio a água utilizada na cura é constantemente reaproveitada, depois do uso é direcionada para um reservatório que bombeia a água novamente.

Durante o processo de produção dos painéis, a fábrica produz uma quantidade mínima de resíduos que podem ser reintroduzidos na fabricação. Os insumos não reaproveitados recebem destinação adequada por empresas terceirizadas. A água utilizada é tratada e reutilizada internamente. Os maiores impactos ambientais são decorrentes da produção do cimento (SALUM, 2009). A Brasilit prevê a obtenção da certificação da norma ISO 9001:2008 (ABNT, 2008) para o ano de 2010. Ainda não há normas brasileiras específicas para a produção desses painéis, por isso a empresa adota as normas americanas.

4.3.2 Painel de concreto armado Precon

Os painéis de concreto armado são fechamentos verticais que podem ser produzidos industrialmente ou na própria obra, desde que haja espaço. Esses painéis, assim como os cimentícios, também utilizam o cimento como matéria-prima, porém possuem algumas características que os diferenciam, tais como: maior peso e espessura, impróprios como componentes de sistemas estruturais do tipo LSF, ou *Drywall*, mas podem ser usados como elementos estruturais ou de fechamento, fabricados em variadas dimensões e acabamentos que podem ser incorporados na fabricação, eliminando custos decorrentes da etapa de revestimento e evitando perda de recursos e poluição na obra.

Os maiores impactos ambientais causados pela fabricação dos painéis estão incorporados no processo de extração, fabricação e transporte das matérias-primas para a fabricação do concreto, principalmente do cimento, como analisado no item 4.3.1. A produção de concreto consome grandes quantidades de areia, brita, água e cimento. Apesar dos agregados do concreto serem vistos como recursos abundantes, estes não são renováveis e em muitas localidades do Brasil, suas fontes já estão escassas. A extração destes recursos, por vezes não licenciada, gera a depleção e exaustão do solo, podendo causar erosões em grande escala. Além disso, muitas vezes, as unidades de extração de agregados são localizadas próximas a centros urbanos e utilizam técnicas de extração nas minas, o que provoca ruídos, poeira e vibrações que são geradas pelo uso de explosivos. A areia utilizada na fabricação dos painéis Precon é industrializada proveniente do beneficiamento de pedra britada (MACHADO, 2010).

O processo de produção começa com a determinação e confecção das formas ou moldes. Posteriormente inicia-se o posicionamento da armação de aço. No caso da utilização de revestimentos incorporados a camada de acabamento ou um filme texturizado é posicionado no fundo do molde, seguido de uma barreira de aderência e posterior colocação da armadura e concretagem. Após certo período, o concreto pode ser retirado da fôrma. Os painéis devem ser submetidos à cura úmida ou química por tempo determinado pelo fabricante antes de ser encaminhado para a obra. Nos painéis da Precon, para a cura referente à desforma dos painéis após concretagem, trabalha-se com um período entre 12 a 18 horas. Para casos específicos, pode-se ter o uso de concretos especiais e reduzir essa idade de cura. O processo de acabamento também pode ser posterior, com o ataque ácido ou jateamento de água, polimento, etc. (SANTOS; HASTENREITER, 2009).

O reaproveitamento do resíduo da produção dos painéis ocorre na forma de lama e em sua forma seca. Na forma de lama, a água da central de concreto é reutilizada. Já na forma seca, o material é

fragmentado e por meio do controle da granulometria pode ser reaproveitado em outro processo. Quando não reaproveitados, os resíduos são descartados e encaminhados para disposição, conforme o tipo de resíduo, em área licenciada onde ficam os rejeitos do processo. Na fábrica existe um tratamento mecânico da água que é reutilizada e o material decantado também é reaproveitado. O metal das fôrmas é vendido para reciclagem ou reaproveitado (SANTOS; HASTENREITER, 2009). Ainda faltam normalizações vigentes para a produção dos painéis de concreto armado. A fábrica visitada Precon possui certificação do Sistema de Gestão da Qualidade implantado pela norma ISO 9001:2008 (ABNT, 2008).

4.3.3 Comparativo entre painéis cimentício e de concreto armado

Entre os aspectos investigados para avaliação da sustentabilidade foram levantadas informações relevantes sobre a composição e localização da matéria-prima e da fábrica para posterior avaliação do material como regional, quadro 1. Quando este estudo for utilizado para um empreendimento específico também se deve levantar a distância desses até a fábrica dos produtos. Para a caracterização dos painéis quanto às informações necessárias para fins de desenvolvimento de projetos baseados coordenação modular e no desempenho da edificação foram investigados: dimensões fornecidas e propriedades termo-acústicas, quadro 2.

Quadro 1 - Conteúdo do material e localização

Painéis	Cimentício – Brasilit	Concreto armado – Precon
Localização fábrica	Capivari- SP	Pedro Leopoldo- MG;
Composição	Água, cimento CPV, agregados naturais de celulose e fios sintéticos de polipropileno	Água, cimento CPV, areia, brita, aço, aditivos não tóxicos e por vezes, pedras e pigmentos
Origem matérias-primas e componentes	Cimento Portland processado: Sorocaba- SP; fios de polipropileno: Jacareí-SP; celulose - Estado do Paraná (origem controlada e certificada)	Cimento Holcim- Pedro Leopoldo – MG (em alguns casos é utilizado o cimento branco: Egito); Aço de armadura: Juiz de Fora - MG; areia industrializada: Cachoeira da Prata – MG; pedra gnaisse e brita: Betim-MG; pigmentos: região de São Paulo.
Distância da principal matéria-prima até a fábrica	75 km	10 km
Conteúdo reciclado pré-consumo	Cimento pode possuir parte da matéria-prima proveniente de produtos reciclados, tal como o gesso e a escória. O painel pode conter até 2% de resíduos da própria fabricação no processo.	O cimento pode possuir parte da matéria-prima proveniente de produtos reciclados, tal como o gesso e a escória. O aço utilizado na armação pode ter origem reciclada.

Fonte: SALUM, 2009; SANTOS; HASTENREITER, 2009; HOLCIM, 2007.

Quadro 2 – Parâmetros de projeto

Painéis	Cimentício - Brasilit	Concreto armado – Precon
Dimensões padrão fornecidas	Padrão	Variam em: dimensionamento, forma e geometria
Largura (m)	1,20	Até 3,5
Comprimento (m)	2,0; 2,4 e 3,0	Até 12,0
Espessura (mm)	6,0; 8,0; 10,0 e 12,0	De 100 a 180
Condutividade térmica	0,35 W/m.K	Não fornecido
Perda na transmissão de ruído	45 dB (estrutura com perfis de 90 mm e 2 chapas de 10 mm)	Não fornecido

Fonte: SALUM, 2009; SANTOS; HASTENREITER, 2009.

Os aspectos investigados relativos ao uso e manutenção dos painéis abordaram as seguintes características: possibilidades de acabamentos, flexibilidade, durabilidade, toxicidade, manutenção e montagem de cada painel. Também foram investigadas as informações relativas ao pós-uso do

material, no fim da vida útil de uma edificação. Para isso foram pesquisados: o potencial de reutilização e o conteúdo reciclável no pós-consumo. Os dados estão apresentados no quadro 3. Finalmente, fez-se um balanço comparativo entre as vantagens e desvantagens da utilização de cada painel, apresentadas no quadro 4.

Quadro 3 - Dados de uso, manutenção e pós-uso

Painéis	Cimentício - Brasilit	Concreto armado – Precon
Acabamento	Permite aplicação de vários acabamentos como: pinturas, porcelanatos, mosaicos, argamassas, laminados, texturas, cerâmicas, pedras naturais, etc.	Vários tipos de acabamentos podem ser incorporados ainda na etapa de fabricação. Os mais comuns são: concreto aparente, textura aplicada, agregado exposto lavado e estampado
Flexibilidade	Montado e desmontado facilmente com ferramentas simples	Movimentação limitada por dificuldades práticas de transporte e manuseio devido ao seu peso.
Durabilidade	Acima de 50 anos com as manutenções e utilizações adequadas	Garantia de duração dos painéis é de 50 anos, mas podem durar mais
Toxidade	Não tóxico	Não tóxico
Manutenção	Geralmente ocorre no revestimento dos painéis	Tratamentos de limpeza na superfície dos painéis. As juntas devem ser constantemente verificadas e repostas, se necessário.
Montagem	Simples, utilizando ferramentas de pequeno porte.	Montagem com uso de guindastes ou gruas (prever o espaço na obra), definidos em função do peso e da obra. A fixação pode ser feita nas lajes, pilares e vigas com inserts metálicos, parafusos, pinos e/ou soldas ou através de consolos de concreto
Potencial de reutilização	Pode ser desmontado e reutilizado facilmente com mão-de-obra qualificada	Reutilização possível, mas onerosa
Conteúdo reciclável Pós-consumo	Podem ser encaminhados para a fábrica que os recicla no próprio processo (limite de 2% da composição).	Os painéis podem ser reciclados como base de pavimentação, após a britagem. Recurso oneroso.

Fonte: SALUM, 2009; SANTOS; HASTENREITER, 2009.

Quadro 4 - Vantagens e desvantagens específicas

Painéis	Cimentício - Brasilit	Concreto armado – Precon
Vantagens	Painéis e sistema auxiliar leve (diminui custos e poluição no transporte); flexibilidade; pode ser reutilizada; longa vida útil; energia embutida moderada; pode reciclar; extração da matéria-prima próximo da fábrica	Longa vida útil; energia embutida moderada; menor desperdício; acabamento de fábrica; pode-se escolher o dimensionamento de acordo com a obra; liberdade de criação; pode ser reciclado, porém é muito oneroso
Desvantagens	Matéria-prima não renovável; alta emissão de poluentes na fabricação do cimento	Painéis pesados (maiores de custos e emissões de gases poluentes no transporte e montagem); geralmente necessitam de equipamentos para a montagem, o que pode restringir o uso nas fachadas; falta de flexibilidade; matéria-prima não renovável; alta emissão de poluentes na fabricação do cimento; falta de padrão e desperdício de fôrmas; a desmontagem e a reutilização geralmente são inviáveis (depende do porte da obra)

Fonte: SALUM, 2009; SANTOS; HASTENREITER, 2009.

A principal diferença entre os painéis analisados está na tecnologia adotada. A tecnologia de produção dos painéis cimentícios Brasilit é mais avançada e industrializada. Esses são mais delgados e utilizam menos matérias-primas, porém necessitam de uma estrutura auxiliar, geralmente em aço, como o LSF, que apesar de ser totalmente reutilizável e reciclável, possui alta energia incorporada. Algumas vezes o painel cimentício precisa ser cortado para abertura de vãos, o que ocasiona, invariavelmente, pequenas

perdas do material. Já a tecnologia de produção dos painéis em concreto armado Precon é há muitos anos conhecida e o processo é industrializado em parte porque não são produzidos em série. A confecção de formas individualizadas para cada cliente e o processo de enchimento dessas não é automatizado. Além disso, a espessura dos painéis é maior e consequentemente necessitam de mais recursos para a produção. No entanto, esse tipo de painel oferece acabamento de fábrica, permite grande liberdade criativa e não precisa ser cortado na obra, pois chega pronto para a instalação, resultando na perda quase nula de material.

A partir da análise dos dois painéis podem-se destacar os seguintes benefícios construtivos gerais de aplicação: racionalização do sistema construtivo (obra limpa e economia de recursos como água e energia); agilidade das linhas de montagem e redução no tempo de execução da obra; praticidade na execução das diversas instalações; diminuição de entulho no canteiro de obras; precisão construtiva e possibilidade de utilização de materiais isolantes em conjunto, aumentando-se o desempenho térmico e acústico dos fechamentos. Apesar das vantagens apresentadas, a aplicação dos painéis ainda pode apresentar algumas desvantagens gerais por falta de popularização dos sistemas, tais como: os sistemas de fechamento são pouco conhecidos e ainda causam certa desconfiança, o custo mais elevado comparativamente ao custo de execução de fechamentos em alvenaria tradicional e, finalmente, a exigência de mão-de-obra qualificada para a montagem.

4.3.4 Subsídios para sustentabilidade ambiental de edifícios estruturados em aço

Destacam-se alguns subsídios para aumentar a sustentabilidade ambiental das edificações estruturadas em aço: selecionar o tipo de aço adequado para o uso desejado; expor a estrutura quando em ambiente não hostil e assim reduzir os materiais de acabamento; pesquisar revestimentos contra corrosão e incêndio ambientalmente amigáveis; utilizar componentes de fechamento industrializados e optar por aqueles que atendam o máximo de requisitos de sustentabilidade; evitar soldas em obra; padronizar peças quando possível, pois a repetitividade, padronização e simplificação operacional barateiam o processo e o material; projetar de forma modular pensando na reciclagem ou desconstrução e reuso futuro; considerar a flexibilidade e adaptabilidade dos ambientes; compatibilizar todos os projetos antes de iniciar a obra e fazer detalhamento do arquitetônico de forma a evitar o surgimento de processos corrosivos; especificar revestimentos de longa duração que se incorporem ao painel ou que possam ser facilmente desinstalados para posterior reutilização ou reciclagem; planejar a montagem para liberar os equipamentos de içamento o mais rápido possível, pois o aluguel desses é oneroso, e adotar estratégias de projeto que aumentem o desempenho térmico, luminoso e acústico da edificação.

5 CONCLUSÃO

Apesar de ser uma solução considerável para diminuição dos impactos da construção, os produtos industrializados podem vir a ter um custo mais alto, se comparados aos métodos tradicionais, e exigem mão-de-obra mais qualificada para a montagem, o que ainda inviabiliza a aplicação em grande parte das construções brasileiras. Acredita-se, no entanto, que nos próximos anos, haverá um aumento na demanda por esses produtos, o que resultará em produtos mais racionalizados e com menor custo.

Percebeu-se com essa pesquisa a importância da seleção dos materiais em uma obra comprometida com as questões ambientais e algumas características que devem ser conhecidas para orientar essa decisão. O despreparo das indústrias nacionais com relação às questões de sustentabilidade foi visível durante a análise dos painéis verticais. Constata-se que os fabricantes não dispõem de todas as informações necessárias para avaliar o grau de sustentabilidade dos materiais oferecidos. Os produtores avaliados não souberam informar sobre as emissões de CO₂ resultantes do processo e a quantidade de água e energia gasta na produção de cada painel. Os fabricantes deveriam responder melhor às questões ambientais emergentes, divulgando informações sobre: iniciativas ambientais, quantidade de recursos gastos na produção e propriedades térmicas e acústicas dos produtos, a fim de facilitar a seleção dos materiais construtivos ideais para cada projeto. Também seria possível a adoção de medidas objetivas para aumentar o desempenho ambiental dos produtos, tais como: captar e utilizar água de chuva no processo de produção; investir em fontes de energia renovável, promover iniciativas que compensem os impactos ambientais de produção, buscar matérias-primas de menores impactos como, por exemplo, o uso do cimento CPIII, que é composto por cerca de 60 a 70% de subprodutos de outras indústrias e possui menor energia embutida, etc.

Conclui-se, com base na comparação dos painéis, que não existe a melhor opção entre os tipos analisados e sim o painel mais adequado para determinada situação ou necessidade de uso. Dificilmente serão encontrados todos os aspectos sustentáveis em um mesmo elemento para qualquer aplicação. Por isso, deve-se priorizar desde o início, o conhecimento do lugar, as atividades e os requisitos e as necessidades do futuro empreendimento na elaboração da concepção arquitetônica, buscando as soluções específicas de menor impacto ambiental, colaborando à Sustentabilidade global.

6 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 9001:2008**- Sistema de gestão da qualidade- Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

BASTOS, Marilda Antonini Ribeiro; SOUZA, Henor Artur de. **Avaliação da Construção Industrializada Segundo a Visão do Usuário**. In: III Congresso Internacional da Construção Metálica – III CICOM. Ouro Preto, 2006.

FUNDAÇÃO Vanzolini. **Referencial técnico** de certificação- Edifícios do setor de serviços - Processo AQUA- Escritórios e Edifícios escolares. São Paulo: © FCAV, 2007. v. 0. Disponível em: <<http://www.vanzolini.org.br/>>. Acesso em: dez. 2010.

GERVÁSIO, Helena. A sustentabilidade do aço e das estruturas metálicas. In: CONSTRUMETAL, 2008, São Paulo. **Anais...** Disponível em: <http://www.construmetal.com.br/downloads/PDFs/27_Helena_Gervasio.pdf> Acesso em: 10. Jan. 2009.

HOLCIM. **Relatório de sustentabilidade 2007**. Disponível em: <<http://www.holcim.com.br/BR/PT/id/1610649449/mod/5/page/channel.html>>. Acesso em: 08 nov. 2009.

JOHN, Vanderley M.; OLIVEIRA, Daniel P.; LIMA, José A. R. **Levantamento do estado da arte: Seleção de materiais**. 2007. Projeto Finep Tecnologias para a Construção Habitacional mais Sustentável. Disponível em: <<http://www.habitacaosustentavel.pcc.usp.br/>>. Acesso em: 29 jan. 2010.

JOHN, Vanderley. **M. Reciclagem de resíduos na construção civil**: contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento. 2000. Tese (livre docência em Engenharia Civil)- Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

LEMOINE, Bertrand. **Aço, um material que não prejudica o meio ambiente para o desenvolvimento sustentável**. In: CICOM, 2002. Disponível em: <http://www.cbcaibs.org.br/nsite/site/meio_ambiente.asp> Acesso em: 09 jan.2008.

MACHADO, Roberta Carvalho. **Aspectos da sustentabilidade ambiental nos edifícios estruturados em aço**. 2010. 233f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)- Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2010.

SALUM, Emerson. **Sustentabilidade dos painéis cimentícios**. 2009. Entrevista concedida a Roberta Carvalho Machado, pelo Supervisor Técnico da fábrica da Brasilit, Capivari, São Paulo, 14 jul.2009.

SANTOS, Sílvio Xavier; HASTENREITER, José. **Sustentabilidade dos painéis de concreto Precon**. 2009. Entrevista concedida a Roberta Carvalho Machado, pelo Diretor técnico e desenvolvimento e gerente de SMARI (Segurança, meio-ambiente e relações industriais) da fábrica Precon, Pedro Leopoldo, Minas Gerais, 4 set.2009.

SUSTENTAX- Selos SustentaX. 2009. Disponível em: <<http://www.selosustentax.com.br/Produtos/home.php>>. Acesso em: 5 dez. 2009.

USGBC - US Green building council. **LEED 2009 for New Construction and Major Renovations Rating System**. 2009. v. 3. Disponível em: <<http://www.usgbc.org/DisplayPage.aspx?CMSPageID=1971>>. Acesso em: 05 jan. 2010.

7 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao apoio da FAPEMIG e da CAPES, pelo apoio financeiro.