

# UMA VISÃO MAIS SUSTENTÁVEL DOS SISTEMAS CONSTRUTIVOS NO BRASIL:

## ANÁLISE DO ESTADO DA ARTE

Jefferson de Oliveira Gomes<sup>1</sup>  
Juliana Ferreira Santos Bastos Lacerda<sup>2</sup>

### RESUMO

Diante da elevada quantidade de recursos consumidos e resíduos gerados pela indústria da construção civil, identificou-se a necessidade de buscar sistemas construtivos que levem em consideração os três aspectos do desenvolvimento sustentável – econômico, social e ambiental – de forma equilibrada. Este artigo aborda o estado da arte dos sistemas construtivos convencionais e industrializados no Brasil, sejam eles *light wood frame*, *light steel frame* e concreto/PVC, expondo suas mais importantes características com vistas ao desenvolvimento de um sistema mais sustentável. O estudo é baseado na pesquisa de informação bibliográfica sobre os temas abordados. Sistemas construtivos sustentáveis combinados ao uso de tecnologias seguem o conceito de baixo custo e redução do impacto ambiental nas diversas fases do ciclo de vida da construção, desde a concepção do projeto, passando pela execução, até o usuário final, tendendo à diminuição do tempo, otimizando o uso de matérias-primas, promovendo a conscientização de todos os envolvidos no processo e abrangendo soluções que possibilitem a redução do uso de recursos naturais, o uso da eficiência financeira e proporcione conforto e qualidade para o usuário. Os sistemas abordados apresentam vantagens e desvantagens em sua utilização. Contudo, é oportuno e relevante ampliar os trabalhos sobre a sustentabilidade das edificações, sendo necessário desenvolver um método de avaliação do desempenho sustentável desses sistemas para apoio na tomada de decisões.

PALAVRAS-CHAVE: Sistemas construtivos. Construção sustentável. Sustentabilidade.

\*\*\*

1. Doutor, *e-mail*:  
gomes@ita.br
2. Mestre, *e-mail*:  
juliana.lacerda@cni.  
org.br

\*\*\*

# 1 INTRODUÇÃO

---

A indústria da construção civil provoca grande impacto no meio ambiente em função da elevada quantidade de recursos que consome e dos resíduos que produz (MATEUS, 2004). Uma construção só poderá ser considerada mais sustentável quando contar com uma convivência harmoniosa compreendendo os três aspectos do desenvolvimento sustentável – econômico, social e ambiental. (PEREIRA, 2009).

A preocupação com a sustentabilidade e as medidas de mitigação dos impactos ambientais no setor da construção civil, que consistem principalmente na redução e otimização do consumo de materiais e energia, na redução dos resíduos gerados, na preservação do ambiente natural e na melhoria da qualidade do ambiente construído, são destaque no cenário nacional. (MMA, 2014).

A interligação da indústria da construção com as três dimensões da sustentabilidade (econômica, social e ambiental) é expressiva por apresentar uma considerável participação no Produto Interno Bruto (PIB) nacional e ser responsável por uma grande parcela da geração de postos de trabalho, bem como impactar nas dimensões ambientais, tais como: redes viárias, barragens e edifícios devido à utilização de recursos naturais. (MATEUS, 2004).

Segundo Mateus (2004), novos sistemas construtivos surgiram para estimular a competitividade no setor da construção civil, com o propósito de aumentar o nível de qualidade

dos projetos, otimizar a produtividade e reduzir o período de construção, permitindo, assim, maior rapidez no retorno dos investimentos sem alterar o custo da edificação. Posteriormente, as preocupações mundiais com o meio ambiente contribuíram para que o conceito de qualidade incluísse aspectos relacionados ao ambiente, surgindo, assim, as construções ecoeficientes.

Aliados à aplicação de modernas tecnologias, os novos sistemas construtivos seguem o conceito de baixo custo e impacto ambiental nas diversas fases do ciclo de vida da construção, tendendo à redução do tempo e otimizando o uso das matérias-primas. (MATEUS, 2004).

Para viabilizar comercialmente novos sistemas construtivos, principalmente a produção de habitações para famílias de baixa renda<sup>1</sup> em escala, potencializado pelas condições impostas das políticas públicas habitacionais, os mesmos devem conseguir uma validação para o sistema por meio de sua avaliação no Sistema Nacional de Avaliações Técnicas (SINAT). (CASTRO; KRUGER, 2013).

Com a preocupação de atender às condições citadas anteriormente, foram desenvolvidos sistemas construtivos industrializados de madeira de plantação (*light wood frame*), estruturas de aço (*light steel frame*) e painéis de PVC, que são alguns dos sistemas detentores do Documento de Avaliação Técnica (DATec), o qual é um documento emitido por uma Instituição Técnica

<sup>1</sup> Em relação à renda, o inciso II do Art. 4o do DECRETO N. 6.135, DE 26 DE JUNHO DE 2007, estabelece que família de baixa renda é “aquela com renda familiar mensal per capita de até meio salário mínimo; ou a que possua renda familiar mensal de até três salários mínimos”.

Avaliadora<sup>2</sup> (ITA) credenciada no Sinat. De posse de tal documento, os sistemas construtivos citados podem receber financiamento da Caixa Econômica Federal, do Banco do Brasil e de bancos credenciados no programa do Governo Federal “Minha Casa Minha Vida”, pois seguem as regras para liberação de construção e, conseqüentemente, a concessão do financiamento por meio do programa federal. (CAIXA, 2010).

A motivação deste trabalho está direcionada para que a indústria nacional da construção civil tenha um melhor conhecimento dos impactos causados pelos aspectos econômicos, ambientais e sociais, pilares da sustentabilidade, e, com isso, possam usufruir dos benefícios concedidos aos

empreendimentos sustentáveis de maneira mais eficiente.

Portanto, o presente artigo tem como objetivo fazer um levantamento do estado da arte dos sistemas construtivos industrializados *light wood frame*, *light steel frame*, concreto/PVC e do sistema construtivo convencional, levantando os critérios mais importantes e de maior impacto para se tornar um sistema com visão mais sustentável.

O estudo é baseado na pesquisa de informação bibliográfica, incluindo publicações de artigos nacionais e internacionais, consulta em trabalhos publicados (monográfica, livros, teses etc.) sobre os temas abordados.

## 2 CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL NO BRASIL

O Brasil vive um crescimento histórico percebido pela maior distribuição de renda, acesso a crédito e incentivos à indústria. A indústria da construção, acompanhando esse crescimento, recebe grandes investimentos na infraestrutura do setor (WEINSCHENCK, 2012). De acordo com a Revista da Madeira (2011), a construção de moradias está em desenvolvimento acelerado com tendência de manter o ritmo nos próximos anos.

Os principais motivos para a expansão do setor são os recursos direcionados e a facilidade de crédito. Com a expectativa em alta, a indústria deve estar preparada para suprir a alta demanda do setor.

Estima-se que o *déficit* habitacional brasileiro é de aproximadamente 15%. No entanto, a indústria da construção civil é responsável, desde 2001, por mais de 15% do PIB do país. A construção de edificações residenciais representa entre 6% a 9% deste total. Uma das maneiras de acompanhar o crescimento do setor e apoiar na redução do *déficit* habitacional está nos investimentos em processos construtivos industriais. (TEREZO, 2011).

Segundo Barth e Vefago (2007), a racionalização da construção é obtida por meio do uso de componentes pré-fabricados em um sistema construtivo que integra projeto, fabricação, montagem e responsabilidade técnica do

<sup>2</sup>De acordo com o Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Hábitat, a Instrução Técnica Avaliadora é uma instituição técnica autorizada a participar no Sinat com as funções principais de propor diretrizes, realizar a avaliação técnica e elaborar os DATec de novos sistemas construtivos. (Disponível em: <<http://www.cbic.org.br/sites/default/files/Projeto%20%20-%20SiNAT-%20CBIC.pdf>>. Acesso em: 09 ago. 2014).

fabricante quanto ao desempenho e à durabilidade da edificação. São sistemas modulares e compatíveis, obtendo o máximo de aproveitamento dos materiais, eliminando, assim, os desperdícios, reduzindo as perdas e obtendo uma execução mais ágil e precisa.

A tendência é que o mercado consuma, cada vez mais, mercadorias com alto grau de industrialização e pré-fabricação, principalmente devido à melhoria no controle de qualidade, ao maior aproveitamento dos materiais, à diminuição dos desperdícios e à garantia dos prazos de execução da obra, desempenho e durabilidade da edificação. (TEREZO, 2011; WEINSCHENCK, 2012).

No entanto, a indústria da construção brasileira tem sido caracterizada por processos predominantemente artesanais, pouco produtivos e de grande desperdício, com as seguintes características (SANTIAGO; ARAUJO, 2008; COLOMBO; BAZZO, 2001):

- caráter não homogêneo e não seriado de produção devido à singularidade do produto feito sob encomenda;
- dependência de fatores climáticos no processo construtivo com períodos de construção relativamente longo;
- a divisão das responsabilidades entre várias empresas em que o processo de subcontratação é comum;
- significativa rotatividade da força de trabalho;
- o caráter semiartesanal (manufatureiro) do processo construtivo.

A indústria da construção civil é responsável globalmente por 40% do consumo anual de energia e por até 30% do consumo de energia

relacionado à emissão de gases de efeito estufa. Com isso, o setor também representa 12% no consumo de água doce e de aproximadamente 40% da geração de resíduos sólidos. (CBCS, 2013).



Goulart (2008) afirma que a sustentabilidade é um processo de evolução das indústrias, sendo um caminho a ser seguido, sem ser um processo estanque.

Por isso, a expressão mais correta a se utilizar são sistemas “mais” sustentáveis. Com isso, é necessário o engajamento de todos os envolvidos desde o projeto à execução da obra para obtenção de uma edificação mais sustentável.

Os sistemas construtivos sustentáveis surgiram no momento em que a sociedade começou a cobrar dos setores produtivos práticas e ações com vistas à minimização dos impactos ao meio ambiente, inovando com o surgimento de materiais ecologicamente corretos e eficientes para a economia dos recursos como água, energia, redução da emissão de gases de efeito estufa, tanto na produção da matéria-prima quanto na operação das edificações, melhoria da qualidade do ar no ambiente interno e o conforto para os usuários. (FERREIRA et al., 2010).

Com isso, os canteiros de obra se transformaram em locais de montagem, com a vantagem de diminuir os improvisos e reduzir os desperdícios. A redução do impacto ambiental é evidente nas obras de estruturas pré-fabricadas, sendo que há uma racionalização dos processos construtivos, o qual é incentivado pelas políticas públicas brasileiras.

As condições das políticas públicas habitacionais brasileiras têm tornado atrativo o nicho voltado para a produção de unidades habitacionais de baixa renda em escala.

Para tanto, os sistemas construtivos inovadores devem conseguir uma validação junto ao Ministério das Cidades, no âmbito do Programa Brasileiro de Qualidade Produtividade no Habitat – PBQB-H, através do Sistema Nacional De Avaliação Técnica – Sinat<sup>3</sup>, que estabelece requisitos e critérios técnicos mínimos que devem ser seguidos na elaboração de projetos utilizando as tecnologias inovadoras. Esse processo de análise inclui, segundo Campos (2013) e Castro e Kruger (2013):

- avaliação técnica;
- auditoria de qualidade no sistema;
- realização de ensaios de desempenho com o objetivo de verificar o comportamento em uso para os materiais, componentes e sistemas construtivos.

O processo de análise é realizado por instituições credenciadas, como a ITA, que aborda aspectos da norma NBR 15.575:2013 – Edificações Habitacionais/Desempenho – norma esta que verifica o desempenho estrutural, a segurança contra incêndio, a estanqueidade, a segurança no uso e operação, o desempenho térmico, acústico

e de luminosidade, entre outros. (ZANONI; SÁNCHEZ, 2013).

No caso de aprovação do sistema, a ITA emite um DATec, o qual traz aos construtores e consumidores uma segurança com relação a um sistema ainda desconhecido em termos de desempenho, constituindo uma garantia contra a ocorrência de problemas tais como os observados nas já mencionadas experiências de industrialização da construção dos anos 1980. (CAMPOS, 2013).

Assim, novas tecnologias construtivas (não prescritas em norma e não tradicionalmente utilizadas no Brasil) que almejem financiamento da Caixa Econômica Federal devem ser avaliadas pelo Sinat.

Segundo PBQP-H (2014), já foram publicados 22 DATec que visam avaliar os sistemas construtivos industrializados, por exemplo:

- DATec n.005-B - Paredes maciças moldadas no local de concreto leve com polímero e armadura de fibra de vidro protegida com poliéster – Hobrazil.
- DATec n. 007-A - Painéis pré-moldados maciços de concreto armado para execução de paredes – Rossi.
- DATec n. 009-B - Painéis pré-moldados mistos de concreto armado e blocos cerâmicos para paredes – Casa Express.
- DATec n.012 - Sistema construtivo Precon de painéis de vedação pré-fabricados mistos.
- DATec n. 013 - Sistema construtivo Dharma em paredes constituídas de painéis pré-moldados mistos de concreto armado e blocos cerâmicos.

<sup>3</sup> Segundo a Portaria n. 345, de 3 de agosto de 2007, da Secretaria Nacional da Habitação do Ministério das Cidades.

- DATec n. 014 - Sistema construtivo a seco Saint-Gobain – *Light Steel Frame*.
- DATec n. 015 - Sistema construtivo LP Brasil OSB em *Light Steel Frame* e fechamento em chapas de OSB revestidas com siding vinílico.
- DATec n. 016 - Sistema construtivo LP Brasil OSB em *Light Steel Frame* e fechamento em *Smart Side Panel*.
- DATec n. 017 - Sistema construtivo Global de paredes constituídas por painéis de PVC preenchidos com concreto.
- DATec n. 018 - Sistema construtivo Giassi composto por painéis de concreto armado pré-fabricados.
- DATec n. 019 - Argamassa decorativa “Weber-pral classic SE” para revestimentos monocamada.
- DATec n. 020 - Sistema construtivo Tecverde: “Sistema leve em madeira”.
- DATec n. 021 - Sistema construtivo “Casas olé - painéis pré-moldados em alvenaria com blocos cerâmicos e concreto armado”.
- DATec n. 022 - Telhas de PVC PreconVC modelo colonial cerâmica.

## 2.1 Sistema convencional

A alvenaria é uma forma tradicional de construção usada há milhares de anos e, com o passar do tempo, obteve avanços nos materiais e componentes utilizados. É o sistema construtivo convencional mais usual para a construção de habitações de interesse social, sendo formado por um conjunto de unidades, tais como tijolos cerâmicos ou de concreto (geralmente de seis e oito furos) e, geralmente,

argamassa, que possui propriedades mecânicas intrínsecas capazes de constituir elementos estruturais. Culturalmente, existe a aceitação que a alvenaria tem maior durabilidade, embora a afirmação seja questionada por diversos autores. (NASCIMENTO, 2004; TCPO, 2008).

Os principais componentes utilizados na construção de alvenaria são: blocos e tijolos, argamassa e o acabamento, conforme mostrado na figura 1.

Figura 1: Estrutura essencial do sistema construtivo alvenaria



Fonte: Arquetando – Oficina de Projetos (2010)

A principal função da alvenaria é a separação entre ambientes com blocos de vedação (isolamento térmico e acústico, resistência a infiltrações de água pluvial, controle da migração de vapor de água, a boa estanqueidade de água, regulação da condensação). Além disso, a alvenaria é responsável pelas propriedades de resistência à umidade e movimentos térmicos, resistência à pressão do vento, grande durabilidade comparada a outros materiais, facilidade na produção (montagem *in loco*), resistência mecânica ao fogo e segurança para usuários e ocupantes, podendo ser utilizada

em edificações, substituindo pilares e vigas de concreto. (ROQUE, 2002; NASCIMENTO, 2004; RICHTER, 2007; SOUZA, 2012).

NA CONSTRUÇÃO CONVENCIONAL, A BASE SE FAZ COM CONCRETO OU *RADIER* (SOLUÇÃO MAIS ECONÔMICA), SERVINDO DE BASE E CONTRAPISO PARA A CONSTRUÇÃO.

Na sequência, inicia-se a execução da alvenaria que geralmente é feita com blocos cerâmicos autoportantes, dispensando a execução de estruturas (normalmente, barras de aço são transpassadas dentro dos blocos e, na sequência, são concretadas). Após a execução da alvenaria, as paredes são manualmente “chapiscadas”, emboçadas com argamassa de cimento, cal e areia (o prumo da parede será uma função da qualidade da mão de obra). Depois de executada, a parede é também manualmente talhada para a passagem das tubulações (elétricas, hidráulicas e gás), gerando grande quantidade de entulhos. (FREIRE, 2007; DOMARASCKI; FAGIANI, 2009; NASCIMENTO, 2004).

Em relação aos aspectos ambientais, as construções convencionais emitem os gases na atmosfera através da liberação de substâncias retidas durante a mineração das matérias-primas, pela queima de combustíveis para transporte e apoio às etapas e pelo tratamento ou decomposição dos materiais residuais.

Para a produção do bloco, é necessária sua queima, gerando uma série de gases poluentes e uma gama de desperdícios de materiais (a emissão de dióxido de carbono-CO<sub>2</sub>, inerente ao

bloco cerâmico, é de 0,95kg/unidade, de areia é 6,34kg/m<sup>3</sup> e de cimento 28,25kg/saco-50kg). Esses elementos são essenciais ao sistema construtivo convencional de alvenaria (DEEKE, 2009). A redução da emissão de gases de efeito estufa na produção de cimento é devido à substituição do clínquer por um coproduto da indústria do aço. (HASS; MARTINS, 2011).

O consumo de água do sistema convencional de alvenaria ocorre na extração da matéria-prima (processo de mineração dos componentes de alvenaria), no processo de mistura entre a areia, o cimento e a cal (argamassa para a conexão dos tijolos) e no processo produtivo do bloco cerâmico. (SANTOS, 2012).

Outro aspecto relacionado à sustentabilidade ambiental das edificações é o conforto térmico, o qual, no sistema convencional construtivo de alvenaria, apresenta um atraso térmico associado à inércia térmica, sendo menos influenciados pelas condições climáticas externas, apresentando os critérios mínimos de desempenho térmico para as zonas bioclimáticas. (GOMES, 2007).

Souza (2012) relata outras vantagens do uso de alvenaria como a boa estanqueidade de água, a excelente resistência mecânica ao fogo, a grande durabilidade comparada a outros materiais, a facilidade na produção (montagem *in loco*), a facilidade e o baixo custo dos componentes e a ótima aceitação pelo usuário e pela sociedade brasileira. As desvantagens são a baixa produtividade na execução da obra, o domínio técnico centrado na mão de obra executora, a necessidade de materiais para ter texturas lisas e, principalmente, a desconstrução (quebra de paredes para reparos) que gera desperdício e aumento significativo dos resíduos da construção.

A produtividade do sistema construtivo convencional é de 5,16 homem-hora/m<sup>2</sup> (trabalho

realizado apenas na etapa de fechamento, revestimento e estrutura da construção e responsável por 44% do valor do imóvel). Outros sistemas construtivos possuem maior produtividade na mesma etapa (*steel frame* de 1,38 homem-hora/m<sup>2</sup>, concreto/PVC de 0,70 homem-hora/m<sup>2</sup>). (DOMARASCKI; FAGIANI, 2009).

## 2.2 Sistema industrializado

- a) Sistemas pré-fabricados de tiras de madeiras (*wood frame*)

O *wood frame* para edificações é um sistema construtivo industrializado, durável, estruturado em perfis de madeira reflorestada e tratada, formando painéis de pisos, paredes e telhados combinados e/ou revestidos com outros materiais. Tem a finalidade de aumentar o conforto térmico e acústico, além de proteger a edificação das intempéries e contra o fogo. (MOLINA; JUNIOR, 2010). Esse sistema construtivo foi viabilizado a partir de inovações nas máquinas e serrarias mecânicas, permitindo, assim, aumentar a produção dos perfis de madeiras finas em um menor espaço de tempo. (SOUZA, 2012).

Figura 2: Desenho estrutura sistema construtivo *wood frame*



Fonte: Grupo Kurten (2014)

Segundo Domarascki e Fagiani (2009), o conceito básico do *wood frame* existe há cerca de 150 anos nos Estados Unidos. Desde então, as mudanças limitaram-se a pequenos aperfeiçoamentos e modernização de alguns materiais. O principal motivo da longevidade do sistema é a solidez das edificações, levando-se em conta as condições ambientais – como variação da temperatura, ventos e terremotos – que são mais agressivas nos Estados Unidos do que no Brasil. Esse sistema construtivo é utilizado em 95% das casas construídas nos Estados Unidos (MOLINA; JUNIOR, 2010) e, segundo Santos (2012), pode ser utilizado para construções de edificações comerciais e industriais de até cinco pavimentos.

Os componentes essenciais do sistema construtivo são o pinus (para isolamento térmico e acústico), os painéis de tiras de madeira orientada (*oriented strand board* – OSB), a membrana hidrófuga, a placa cimentícia, o gesso acartonado e o acabamento. (SANTOS, 2012).

O pinus (normalmente das espécies *pinus elliotti* ou *taeda*) é a madeira mais utilizada no sistema de *wood frame*, devido às características de permeabilidade do lenho ao tratamento por autoclave, ficando imune ao ataque de cupins e também de rápido crescimento e boa reprodução nas regiões Sul e Sudeste do Brasil, apresentando comprimentos de 3, 4 e 5 metros, dependendo da carga a ser suportada. (TORQUATO, 2010; SANTOS, 2012).

O SISTEMA CONSTRUTIVO  
WOOD FRAME TEM UM MENOR  
IMPACTO AMBIENTAL NO CAN-  
TEIRO DE OBRA POR SE TRATAR  
DE UM PROCESSO CONSTRUTIVO  
NO FORMATO DE MONTAGEM.



A maioria das peças está pronta e corretamente dimensionada de fábrica, o que acarreta poucos ajustes no local da edificação, sendo a maior parte durante a fase de acabamento. Por isso, o *wood frame* pode reduzir em até 85% o desperdício de matéria-prima no canteiro de obra. (SANTOS, 2012).

As queimas de combustíveis fósseis ocorrem, significativamente, durante a cura de tijolos cerâmicos, a fabricação de cimento, no transporte dos materiais em todo o ciclo de vida e durante o tratamento ou a decomposição dos materiais residuais. Em uma edificação de aproximadamente 40m<sup>2</sup> de *wood frame*, a redução de emissões de dióxido de carbono ocorre em até 73%, comparado com a alvenaria. (CASAGRANDE JÚNIOR, 2011; SANTOS, 2012).

Outro aspecto ambiental relevante que o sistema construtivo *wood frame* tem como premissa é a utilização da energia elétrica como fonte primária de energia utilizada, principalmente em maquinários e sistemas pneumáticos, utilizados para movimentação de painéis. (SANTOS, 2012).

Com relação à minimização dos impactos ambientais relacionados ao consumo dos recursos hídricos, o sistema construtivo *wood frame* é considerado um sistema de construção a seco, conhecido por não utilizar água no processo de execução da obra.

O sistema apresenta características arquitetônicas para armazenamento de água pluvial, utilização de materiais com menor necessidade de consumo de água para limpeza e manutenção, otimizando assim o consumo de água na edificação. (TORQUATO, 2010).

Considerando os aspectos ambientais relacionados ao conforto térmico e acústico, o autor descreve que o *wood frame* apresenta excelente desempenho térmico (absorve 40 vezes menos calor que a alvenaria de tijolos) e acústico pela sua composição da parede com lã de vidro ou PET reciclada.

Souza (2012) ressalta que as vantagens do *wood frame* são:

- a geração de uma obra limpa e seca (não utilização de água no processo) com menos resíduos;
- a pré-construção em ambiente industrializado, reduzindo o tempo de obra;
- utilização de madeira de reflorestamento, sendo a única matéria-prima renovável na construção civil;
- estabilidade do preço da matéria-prima (madeira);
- conforto térmico e acústico ao usuário e resistência da construção.

O autor destaca também algumas desvantagens do sistema:

- necessidade de mão de obra especializada para a construção da edificação;
- baixa oferta de mão de obra especializada;
- preconceito da sociedade em relação a casas de madeira;
- altura máxima de cinco pavimentos.

Da mesma forma, Deeke (2009) descreve que a principal desvantagem é a limitação de fornecedores no Brasil, tendo uma produção de matéria-prima restrita para o sistema construtivo. Destaca também que o potencial para expansão do mercado é grande, principalmente

na região paranaense, onde existe uma tradição em silvicultura, reflorestamento e indústria madeireira, podendo dinamizar o uso da madeira na construção civil através de processos inovadores.

Santos (2012) cita que os resíduos sólidos de obra de *wood frame*, além de serem em quantidades menores em comparação com a construção convencional, ainda são resíduos facilmente recicláveis.

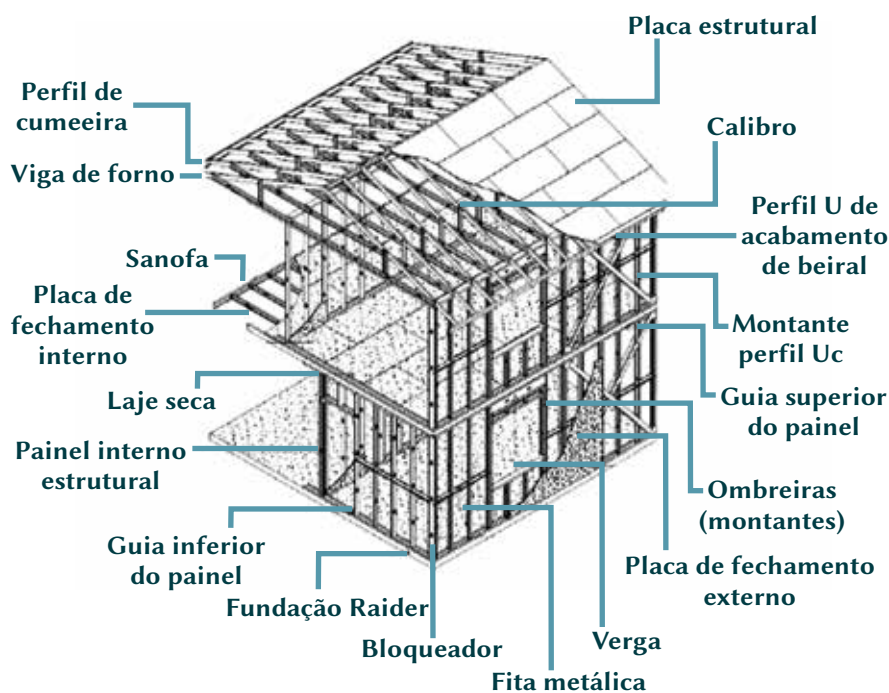
b) Sistemas pré-fabricados de estrutura em aço (*steel frame*)

Derivado do sistema construtivo *wood frame* e em função da abundância de aço no mercado no período pós-segunda guerra, o sistema de estrutura em aço (*steel frame*) é composto por diversos elementos individuais ligados entre si, passando a funcionar como um conjunto (entre eles: fundação, isolamento termo-acústico,

fechamento interno e externo, instalações elétricas e hidráulicas) resistindo às cargas solicitadas na edificação que dão forma final à edificação, não apresentando restrições arquitetônicas. O sistema *steel frame* foi introduzido no Brasil no ano de 1998, com foco no setor de construções residenciais de médio e alto padrão, padecendo ainda de aprovação do mercado consumidor. (HERNANDES, 2004; RODRIGUES, 2006; CRASTO, 2005; FREITAS; CRASTO, 2006; SANTIAGO; ARAUJO, 2008; HASS; MARTINS, 2011).

No sistema *steel frame*, a estrutura de aço, junto às placas de OSB, placas cimentícias e placas de gesso (utilizadas para o fechamento dos painéis), constituem os painéis que podem ser estruturais ou não estruturais. (LIMA, 2008; JUNIOR, 2012).

Figura 3: Desenho estrutura do sistema construtivo *steel frame*



Fonte: Metálica (2014)

Para melhorar o conforto térmico e acústico das edificações, utilizam-se materiais como lã de rocha mineral ou lã de vidro aglomerada com resinas sintéticas. Esse material é aplicado após o fechamento de uma das faces do painel e colocado entre os montantes da edificação, distribuindo de forma uniforme o material e sem deixar espaços vazios. Os materiais mais utilizados nesse sistema construtivo são (CRASTO, 2005; GOMES, 2007; LP BRASIL, 2012; JUNIOR, 2012):

- perfis, painéis, estruturas e treliças de aço galvanizado, conformados a frio e soldados;
- painéis de tiras de madeira orientada OSB;
- placa cimentícia, formada por uma mistura de cimento Portland, fibras de celulose ou sintéticas e agregados;
- chapas de gesso acartonado (*Drywall*) para a produção de divisórias internas fabricadas pelo processo de laminação contínua de uma mistura de gesso, água e aditivos entre duas lâminas de cartão.

O conforto térmico de uma edificação em *steel frame* se dá pela escolha da qualidade dos materiais utilizados e do projeto arquitetônico executado (otimização de correntes de ar, tamanho das aberturas – portas e janelas), refletindo na redução significativa de gastos energéticos associados aos sistemas de ar condicionado e recuperação de calor. (NEVES, 2011).

Com relação ao conforto acústico, por utilizar materiais de isolamento térmico-acústico (manta de lã de vidro ou PET) nos painéis estruturais, o desempenho do sistema é satisfatório de acordo com testes realizados e apresentados nas DATecs do sistema construtivo *steel frame*.

Para 1m<sup>2</sup> de fachada com o sistema construtivo *steel frame*, a energia incorporada e emissões

de CO<sub>2</sub> são de, aproximadamente, 1682MJ e 89kg de CO<sub>2</sub>. Os valores são elevados em relação ao sistema construtivo *wood frame* em função do alto valor de energia incorporada (aproximadamente 30MJ/kg) na produção do aço. A emissão de CO<sub>2</sub> apresenta um valor aproximado de 1,53kg de CO<sub>2</sub>/kg de aço produzido. (NETO; SPOSTO; 2011).

## O POTENCIAL DE RECICLAGEM DO SISTEMA *STEEL FRAME* SE DÁ PELA FACILIDADE DE DESCONSTRUÇÃO E CONSEQUENTE TRATAMENTO, PROCESSAMENTO E REUTILIZAÇÃO DOS MATERIAIS.

O sistema permite que ocorra a separação dos diferentes materiais em um processo de desmontagem como aço, parafusos e placas cimentícias. Os resíduos do *steel frame* são classificados como materiais de Classe A; as placas cimentícias e o aço (guias, montantes e parafusos) como Classe B. (NEVES, 2011; NETO; SPOSTO, 2011).

A produtividade do sistema é de 1,38 homem-hora/m<sup>2</sup> durante a etapa de fechamento, revestimento e estrutura da obra. Uma das desvantagens do sistema é a capacidade estrutural de construção de até cinco pavimentos. A principal desvantagem do sistema é que ele exige mão de obra especializada, sendo que no Brasil ainda é difícil encontrar. (DOMARASCKI; FAGIANI, 2009; FLASAN, 2014).

Rodrigues (2006) destaca que, por ser um processo industrializado, as principais vantagens do *steel frame* são:

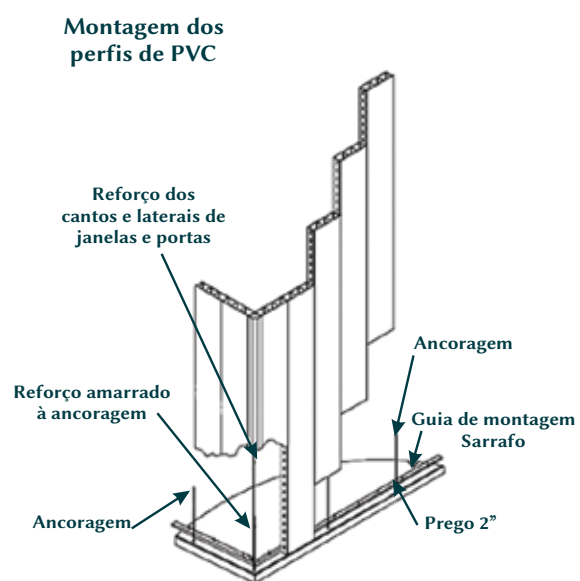
- fabricação das estruturas em paralelo com a execução das fundações, diminuindo em 30% o prazo de construção;
- montagem das estruturas não é afetada pela ocorrência de chuvas;
- cerca de 2,5 vezes superior ao sistema convencional de alvenaria, com relação ao desempenho acústico e térmico (utilizando a lã de rocha e lã de vidro ou lã de PET);
- baixo custo e facilidade de manutenção de instalações de hidráulica, elétrica, ar condicionado e gás;
- reciclagem e reaproveitamento de vários materiais aplicados no sistema, em especial o aço;
- os perfis de aço galvanizado não contribuem para a propagação do fogo;
- resistência à corrosão – os perfis de aço galvanizado exibem maior estabilidade dimensional;
- o *steel frame* garante agilidade às obras, principalmente quando há pouco espaço para canteiro;
- a estrutura metálica mostra-se especialmente indicada nos casos em que há necessidade de adaptações, ampliações, reformas e mudança de ocupação de edifícios. Além disso, torna mais fácil a passagem de utilidades como água, ar condicionado, eletricidade, esgoto, telefonia, informática etc.;
- o processo de fabricação do *steel frame* ocorre dentro de uma indústria, com mão de obra altamente qualificada, fornecendo ao cliente a garantia de uma obra com qualidade superior devido ao rígido controle de qualidade durante todo o processo industrial;

- em uma estrutura metálica, a unidade empregada é o milímetro, fornecendo, assim, uma precisão construtiva.

#### c) Sistemas pré-fabricados concreto/PVC

Desenvolvido no Canadá, com a finalidade de construir e projetar de forma industrializada edificações de até cinco pavimentos, o sistema construtivo de painéis estruturais de PVC preenchidos com concreto é uma alternativa para moradias horizontais do segmento econômico, para a produção de paredes estruturais de até 80mm, para casas isoladas ou geminadas, térreas ou assobradadas. No Brasil, desde 2001, já foram construídos mais de 70.000m<sup>2</sup> entre obras comerciais e residenciais. A fundação recomendada para o sistema construtivo é o *radie* ou base de concreto, sendo necessário estar liso nas áreas de apoio dos painéis. As estruturas são formadas pelo próprio material concreto/PVC e fixadas através de barras de ancoragem, formando uma estrutura de reforço. (FARIA, 2008; DOMARASCKI; FAGIANI, 2009; CICHINELLI; 2013; CAMPOS, 2013).

Figura 4: Estrutura parede do sistema construtivo concreto/PVC



Fonte: Engenharia Civil – UFES (2012)

## O SISTEMA EM CONCRETO/PVC TEM COMO OBJETIVO O DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE CONSTRUÇÃO VELOZ, EM PERÍODOS PÓS-DESASTRES (INUNDAÇÕES, TEMPESTADES).

Para a montagem do sistema construtivo não há necessidade de equipamentos pesados (guindaste) e ferramentas especiais. (SABBATINI; AGOPYAN, 1991).

O PVC (policloreto de vinil) tem 57% da sua composição de origem do sal marinho ou da terra (sal-gem) e 43% de fontes não renováveis (petróleo e gás natural). A estimativa é que 0,25% do suprimento de gás e petróleo no mundo são consumidos para a produção do PVC. Além disso, o PVC é um material que gera pouco resíduo na sua fabricação e tem uma redução de custos de operação e manutenção na sua aplicação. (BRASKEM, 2014).

De acordo com Cichinelli (2013), o sistema construtivo de painéis estruturais de PVC preenchidos com concreto é uma alternativa para moradias horizontais unifamiliares de baixa renda, indicado para a produção de paredes estruturais para casas isoladas ou germinadas, térreas ou assobradadas.

O concreto/PVC é composto por diferentes perfis modulares vazados de PVC, acoplados entre si por meio de encaixes “fêmea e fêmea” unidos por perfis “chaveta” e, posteriormente, preenchidos com concreto, produzindo paredes e divisórias resistentes para construção de edificações.

Domarascki e Fagiani (2009) afirmam que o PVC é um material resistente à ação de fungos, bactérias, insetos e roedores e à maioria de agentes químicos. É um bom isolante térmico, elétrico e acústico, resistente a choques, a intempéries como sol, chuva, vento e maresia. A vida útil da construção com o PVC é superior a vinte anos e não propaga chamas por ser autoextinguível.

Cichinelli (2013) observa que o sistema atende aos requisitos da norma NBR 15.575:2013 Edificações Habitacionais – Desempenho e às exigências dos principais programas habitacionais brasileiros.

A fundação recomendada para o sistema construtivo é o radie ou base de concreto, sendo necessário estar liso nas áreas de apoio dos painéis. (DOMARASCKI; FAGIANI, 2009).

## AS ESTRUTURAS SÃO FORMADAS PELO PRÓPRIO MATERIAL CONCRETO/PVC E FIXADAS ATRAVÉS DE BARRAS DE ANCORAGEM, FORMANDO UMA ESTRUTURA DE REFORÇO.

Tomando-se como referência a execução de uma casa unifamiliar (43m<sup>2</sup> de área construída), a produtividade estimada com o sistema construtivo é de 2,41 homem-hora/m<sup>2</sup>, estimando o prazo de execução de, aproximadamente, treze dias. O sistema é de fácil montagem, os painéis podem ser montados por quatro pessoas em apenas um dia de trabalho, considerando que as etapas de concretagem possam iniciar no dia seguinte. O concreto inserido para o preenchimento do PVC possui resistência característica

igual a 20MPa e é modificado com aditivo plastificante, que garante a alta fluidez. A aplicação dentro das paredes é feita, preferencialmente, por meio de bombas de baixa pressão. (CICHINELLI, 2013).

O sistema construtivo tem um baixo consumo energético, podendo chegar a uma economia de até 75% em relação a um sistema construtivo convencional. Também reduz em 97% os desperdícios e entulhos por ser uma construção planejada e pré-fabricada, economizando em até 73% o consumo de água na obra em relação ao sistema construtivo convencional. (BRASKEM, 2014; SCHMIDT, 2013).

De acordo com a DATec n. 17, o desempenho térmico atende aos critérios mínimos para todas as zonas bioclimáticas, adaptando a todas as regiões do Brasil e o desempenho acústico do sistema construtivo concreto/PVC é satisfatório.

O sistema construtivo concreto/PVC tem uma produtividade quase oito vezes maior que o sistema convencional em alvenaria. Na etapa de fechamento (etapa que gera maior desperdício e mais artesanal do processo de construção), o PVC tem vantagens sobre os outros sistemas por não precisar de revestimento cerâmico e de pintura.

Uma desvantagem apontada é no processo de montagem, em que é utilizado o concreto na sua estrutura. Esse trabalho de concretagem ainda é artesanal e influi, diretamente, na qualidade do produto final. (DOMARASCKI; FAGIANI, 2009).

Dessa forma e de acordo com resultados apontados nos testes de desempenho térmico, o sistema concreto/PVC é adaptado para qualquer clima e temperatura no Brasil.

### 3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base no exposto, nota-se a crescente preocupação com questões de sustentabilidade e com redução de gastos na área da construção civil. Com isso, foi apresentada a atualidade dos canteiros de obras brasileiros, identificando os potenciais de cada sistema construtivo utilizado hoje em dia, traçando um perfil para viabilizar a implantação definitiva desses materiais no cotidiano da arquitetura das habitações populares.

Os sistemas abordados, seja o convencional, *light wood frame*, *light steel frame* ou concreto/PVC, apresentam vantagens e desvantagens em sua utilização.

A sustentabilidade é um tema cada vez mais importante no mundo dos negócios e na gestão

de edifícios, conduzindo a mudanças de paradigmas em relação às práticas tradicionais. As práticas sustentáveis objetivam melhorar a gestão dos nossos recursos para o futuro – um objetivo consistente com a gestão efetiva dos edifícios. Para perceber verdadeiramente os benefícios da construção sustentável, melhorias mensuráveis são observadas na gestão econômica e das operações da construção e na vida dos usuários do edifício.

A promoção de práticas de construção sustentável é buscar um equilíbrio entre o desempenho econômico, social e ambiental na implementação de projetos de construção, ou seja, a indústria da construção civil é de alta importância econômica e tem fortes impactos ambientais e sociais.

---

Contudo, é oportuno e relevante ampliar os trabalhos sobre a sustentabilidade das edificações, sendo necessário desenvolver um método de avaliação do desempenho sustentável desses sistemas para apoio na tomada de decisões.

A avaliação da sustentabilidade poderá motivar o setor da construção civil a desenvolver novos materiais, produtos, serviços e práticas para uma construção mais sustentável.

Em consequência, faz-se necessário definir critérios de sustentabilidade que possam impactar na escolha do sistema construtivo mais sustentável para compor a avaliação e comparação desses sistemas, de forma a abordar as diferentes dimensões da sustentabilidade, ou seja, ambiental, econômica e social.



# A MORE SUSTAINABLE VISION OF BUILDING SYSTEMS IN BRAZIL: REVIEW OF THE STATE OF THE ART

## ABSTRACT

*Given the high amount of resources consumed and waste generated by the construction industry, we identified the need to seek constructive systems that take into account the three aspects of sustainable development – economic, social and environmental – in a balanced way. This article discusses the state of the art of conventional and industrialized building systems in Brazil, whether they might be light wood frame, light steel frame and concrete / PVC, exposing their most important characteristics with a view of developing a more sustainable system. The study is based on research of bibliographic information on the topics covered. Sustainable building systems combined with the use of technologies follow the concept of low cost and reducing environmental impact at different stages of the life cycle of construction, from project conception, through execution, to the end user, tending to decrease the time, optimizing the use of raw materials, raising awareness of everyone involved in the process and covering solutions that enable the reduction of the use of natural resources, the use of financial efficiency and provide quality and comfort to the user. The systems considered present advantages and disadvantages in their use. However, it is opportune and relevant to expand works on sustainability of buildings, being necessary to develop a method for assessing sustainable performance of these systems to support decision making.*

\*\*\*

**KEYWORDS:** *Building systems.  
Sustainable construction.  
Sustainability.*

\*\*\*

## REFERÊNCIAS

- Arquitetando – Oficina de Projetos. 2010. Disponível em: <<http://arquitetandooficinadeprojetos.blogspot.com.br/2009/02/alvenaria-estrutural-e-de-vedacao.html>>. Acesso em: 27 jun. 2014.
- BARTH, Fernando; VEFAGO, Luiz H. **Tecnologia de fachadas pré-fabricadas**. Florianópolis: Ed. Letras Contemporâneas, 2007.
- BRASKEM. **PVC na Construção e Arquitetura**. Disponível em: <[http://www.braskem.com.br/site/portal\\_braskem/pt/produtos\\_e\\_servicos/boletins/pdf\\_catalogos/PVC.pdf](http://www.braskem.com.br/site/portal_braskem/pt/produtos_e_servicos/boletins/pdf_catalogos/PVC.pdf)>. Acesso em: 29 jun. 2014.
- CAIXA – Caixa Econômica Federal. Vanderley Moacyr Jhon e Racine Tadeu Araújo Prado (Org.). **Boas práticas para habitação mais sustentáveis**. São Paulo: Páginas & Letras, 2010. (Guia CAIXA Sustentabilidade Ambiental).
- CAMPOS, J. S. **Análise de métodos construtivos inovadores na construção de habitações de interesse social em São José dos Campos**. 2013. Monografia (Graduação) - Curso de Engenharia Civil-aeronáutica, Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, 2013.
- CASAGRANDE JÚNIOR, E. F. **Comparativo de emissões de casas de alvenaria de interesse social e casas utilizando o sistema de construção energitêmica sustentável**. Escritório Verde, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2011.
- CASTRO, M. L.; KRUGER, P. G. von. Unidades de seleção tecnológica e inovação na construção habitacional no Brasil. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 13, n. 3, p. 217-233, jul./set. 2013. Disponível em: <<http://seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/view/37913>>. Acesso em: 19 maio 2014.
- CBCS — Conselho Brasileiro de Construção Sustentável. **Diretrizes de ação**. 2013. Disponível em <[http://www.cbcs.org.br/\\_5dotSystem/userFiles/Sobre%20CBCS/CBCS\\_Diretrizes%20de%20Acao\\_rev1.pdf](http://www.cbcs.org.br/_5dotSystem/userFiles/Sobre%20CBCS/CBCS_Diretrizes%20de%20Acao_rev1.pdf)>. 2013. Acesso em: 29 jun. 2014.
- CICHINELLI, Gisele. Sistema construtivo para casas e sobrados usa painéis de PVC preenchidos com concreto. **Revista TÉCNICA**, n. 199, out. 2013. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/199/artigo299968-1.aspx>>. Acesso em: 29 jun. 2014.



- COLOMBO, R. C.; BAZZO, W. A. **Desperdício na construção civil e a questão habitacional: um enfoque CTS**. 2001. Disponível em: <<http://www.oei.es/salactsi/colombobazzo.htm>>. Acesso em: 29 jun. 2014.
- CRASTO, R. C. M. **Arquitetura e tecnologia em sistemas construtivos industrializados: Light steel framing**. 2005. 254 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Minas Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2005.
- DEEKE, Vania. **Materiais convencionais utilizados na construção civil e emissão de CO2: estudo de caso de um edifício educacional da UTFPR**. 2009. 221 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2009.
- DOMARASCKI, C. S.; FAGIANI, L. S. **Estudo Comparativo dos Sistemas Construtivos: Steel Frame, Concreto PVC e Sistema Convencional**. 2009. 76f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil). – Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos, Barretos, 2009.
- Engenharia Civil – UFES. 2012. Disponível em: <<http://ecivilufes.wordpress.com/2012/01/16/concreto-pvc/>>. Acesso em: 29 jun. 2014.
- FARIA, R. Industrialização econômica. **Revista TÉCNICA**, n. 136, jul. 2008. Disponível em: <<http://www.revistatechne.com.br/engenharia-civil/136/artigo95948-2.asp>>. Acesso em: 29 jun. 2014.
- FERREIRA, M. A.; CARVALHO, Roberto Chust; ELLIOTT, Kim S. Avanços para análise e projeto em estruturas pré-moldadas com ligações semi-rígidas. **Concreto & Contrução**, v. 59, p. 70-77, 2010.
- FREIRE, B. S. **Sistema construtivo em alvenaria estrutural de bloco de concreto**. 2007. 44 f. Monografia (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2007. Disponível em: <<http://engenharia.anhembi.br/tcc-07/civil-09.pdf>>. Acesso em: 25 jul. 2014.
- FREITAS, A. M. S.; CRASTO, R. C. M. **Steel framing: arquitetura**. Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2006.
- GOMES, A. P. **Avaliação do desempenho térmico de edificações unifamiliares em Light Steel Framing**. 2007. 188 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Minas Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro preto, 2007.
- GOULART, S. **Sustentabilidade nas Edificações e no Espaço Urbano**. Disciplina Desempenho Térmico de Edificações. Laboratório de Eficiência Energética em edificações, UFSC. Disponível em: <[http://www.labeee.ufsc.br/graduacao/ecv\\_5161/Sustentabilidade\\_apostilaECV5161.pdf](http://www.labeee.ufsc.br/graduacao/ecv_5161/Sustentabilidade_apostilaECV5161.pdf)>. Florianópolis. 2008. Acesso em: 29 abr. 2014.
- GRUPO FLASAN. **Página institucional**. Disponível em <<http://www.flasan.com.br/>>. Acesso em: 29 jun 2014.
- GRUPO KURTEN. 2014. Disponível em: <<http://www.casaskurten.com.br/blog/tag/wood-frame/>>. Acesso em: 26 jun. 2014.
- HASS, D. C. G.; MARTINS, L. F. **Viabilidade econômica do sistema construtivo Steel Frame como método construtivo para habitações sociais**. 2011. 76 f. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia de Produção Civil, Departamento de Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2011. Disponível em: <[http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/361/1/CT\\_EPC\\_2011\\_2\\_14.PDF](http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/361/1/CT_EPC_2011_2_14.PDF)>. Acesso em: 25 jun. 2014.
- HERNANDES, H. **Sistema Construtivo Steel Framing**. Palestra CBCA, 2004. Disponível em: <[www.cbca-iabr.org.br/upfiles/downloads/apresent/palestra\\_A\\_BM2.doc](http://www.cbca-iabr.org.br/upfiles/downloads/apresent/palestra_A_BM2.doc)>. Acesso em: 20 maio 2014.
- JUNIOR, C. R. **Análise do ciclo de vida energético de projeto de habitação de interesse social em light steel framing**. São Carlos, 2012. Dissertação de mestrado (Construção Civil) – Programa de Pós Graduação em Construção Civil, Universidade Federal de São Carlos.
- LIMA, A. L. A. **Análise da construção de edificações em módulos pré-fabricados em LSF – Light Steel Framing: ensaio projetual**. Vitória, 2008. Dissertação de mestrado (Engenharia Civil) – Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo.
- LP BRASIL. **Construção energitêmica sustentável, steel e wood frame**. Manual CES, abril de 2012. Disponível em: <[www.lpbrasil.com.br/inc/download.asp?caminho...Manual\\_CES.pdf](http://www.lpbrasil.com.br/inc/download.asp?caminho...Manual_CES.pdf)>. Acesso em: 19 maio 2014.
- MATEUS, R. **Novas tecnologias construtivas com vista à sustentabilidade da construção**. 2004. 271 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Civil, Universidade do Minho, Braga, 2004. Disponível em: <<http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/817>>. Acesso em: 19 maio 2014.

Metálica. 2014. Disponível em: <<http://www.metallica.com.br/images/stories/Id3588/tubulacao-01.jpg>>. Acesso em: 26 jun. 2014.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. **Construção Sustentável**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/urbanismo-sustentavel/constru%C3%A7%C3%A3o-sustent%C3%A1vel>>. Acesso em: 19 maio 2014.

MOLINA, J. C.; JUNIOR, C. C. Sistema construtivo em Wood Frame para casas de madeira. São Paulo, SP. 2010. **Ciências Exatas e Tecnológicas**, Londrina, v. 31, n. 2, 2010.

NASCIMENTO, O. L. **Alvenarias**. Série Manual de Construção em Aço. 2. ed. Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2004. p. 54.

NETO, A. C. N.; SPOSTO, R. M. **Sustentabilidade energética ambiental de fachadas aplicada ao sistema steel frame**. Vitória: ELECS, 2011. Disponível em: <[http://www.elecs2013.ufpr.br/wp-content/uploads/anais/2011/2011\\_artigo\\_149.pdf](http://www.elecs2013.ufpr.br/wp-content/uploads/anais/2011/2011_artigo_149.pdf)>. Acesso em: 29 jun. 2014.

NEVES, S. C. M. **Estudo da aplicabilidade de sistemas construtivos no desempenho da sustentabilidade na engenharia civil**. Lisboa, 2011. Dissertação (Departamento de Engenharia Civil e Arquitectura), Instituto Superior Técnico – Universidade Técnica de Lisboa.

PBQP-H. **PROGRAMA BRASILEIRO DA QUALIDADE E PRODUTIVIDADE DO HABITAT**. Disponível em: <[http://pbqp-h.cidades.gov.br/projetos\\_sinat.php](http://pbqp-h.cidades.gov.br/projetos_sinat.php)>. Acesso em: 29 jun. 2014.

PEREIRA, P. I. **Construção sustentável: o desafio**. Porto, 2009. Monografia (Licenciatura em Engenharia Civil) – Universidade Fernando Pessoa. Disponível em: <[http://bdigital.ufp.pt/bitstream/10284/2674/3/T\\_13485.pdf](http://bdigital.ufp.pt/bitstream/10284/2674/3/T_13485.pdf)>. Acesso em: 19 maio 2014.

REVISTA DA MADEIRA. **Certificação**. Revista da Madeira, N. 110. Fevereiro de 2011. Disponível em: <[http://www.remade.com.br/br/artigos\\_tecnicos\\_download.php?num=3789&categoria=&subcategoria=&title=Selo%20verde%20%E9%20necessidade%20social%20e%20econ%F4mica](http://www.remade.com.br/br/artigos_tecnicos_download.php?num=3789&categoria=&subcategoria=&title=Selo%20verde%20%E9%20necessidade%20social%20e%20econ%F4mica)>. Acesso em: 29 jun. 2014.

RICHTER, C. **Qualidade da alvenaria estrutural em habitações de baixa renda: uma análise da confiabilidade e da conformidade**. 2007. 175 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/12146/000622700.pdf?..>>. Acesso em: 19 maio 2014.

RODRIGUES, F. C. **Steel Framing**: Engenharia. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Siderurgia – Centro Brasileiro da Construção em Aço, 2006. 128 p.

ROQUE, J. C. A. **Reabilitação estrutural de paredes antigas de alvenaria**. 2002. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Universidade do Minho, Braga, 2002.

SABBATINI, F. H.; AGOPYAN, V. **Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos**. Boletim Técnico PCC n. 32. São Paulo: EPUSP, 1991.

SANTIAGO, A. K.; ARAUJO, E. C. **Sistema light steel framing como fechamento externo vertical industrializado**. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DA CONSTRUÇÃO METÁLICA, Anais do evento. São Paulo, 2008.

SANTOS, L. C. F. **Avaliação de impactos ambientais da construção: comparação entre sistemas construtivos em alvenaria e em wood light frame**. Trabalho de conclusão de curso (Especialização) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2012. 80 p.

SCHMIDT, L. V. **Paredes estruturais constituídas de painéis de pvc preenchidos com concreto: análise das potencialidades do sistema**. Porto Alegre, 2013. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

SOUZA, L. G. Análise comparativa do custo de uma casa unifamiliar nos sistemas construtivos de alvenaria, madeira de lei e Wood Frame. **Revista Especialize**, ed. 4, Florianópolis: Instituto de Pós Graduação IPOG, 2012. Disponível em: <<http://www.ipog.edu.br/nao-aluno/revista-ipog/artigos/edicao-n-4-2012>>. Acesso em: 29 jun. 2014.

## SOBRE OS AUTORES



**Jefferson de Oliveira  
Gomes**

Engenheiro Mecânico pela Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC (1994), mestre em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC (1995) e doutor pela UFSC em cooperação com a RWTH-Aachen - Alemanha (2001). Desde janeiro de 2004 atua como professor da Divisão de Engenharia Mecânica-Aeronáutica do Instituto Tecnológico de Aeronáutica - ITA. É também Coordenador do Centro de Competência em Manufatura (CCM-ITA). Orienta pesquisas na pós-graduação (doutorado e mestrado) e na graduação. Tem experiência industrial e acadêmica na área de Engenharia Mecânica e Produção, atuando, principalmente, nos seguintes temas: análise de desempenho de processos de fabricação, análise de desempenho organizacional e tecnológico de plantas industriais, auxílio à tomada de decisões industriais, sustentabilidade em processos de fabricação e gestão da inovação. Desde agosto de 2011 é também Gerente Executivo do Departamento Nacional do SENAI para Tecnologia e Inovação.

TCPO - TABELAS DE COMPOSIÇÃO DE PREÇOS PARA ORÇAMENTOS. In: *Engenharia Civil, Construção e Arquitetura* – ed. 13. São Paulo: Pini, jun. 2008.

TEREZO, R. F. Tecnologia e qualidade para produtos em pinus voltadas ao mercado da construção civil. 3º CONGRESSO INTERNACIONAL DO PINUS, Lages, 17 nov 2011.

TORQUATO, M. L. Estudo comparativo quanto a preceitos da sustentabilidade entre o método tradicional de produção e o sistema light wood framing para a construção de biblioteca cidadã. Curitiba, 2010. Monografia (Especialização) - Curso de Construção de Obras Públicas, Universidade Federal do Paraná.

WEINSCHENCK, J. H. Estudo da flexibilidade como mecanismo para a personalização de casas pré-fabricadas: uma abordagem voltada para a indústria de casas de madeira. Florianópolis, 2012. Dissertação de mestrado (Arquitetura) – Programa de Pós Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina.

ZANONI, V. A. G.; SÁNCHEZ, J. M. M. Painéis pré-fabricados com blocos cerâmicos *Materials and Materials*. 2013. Disponível em: <<http://materialsandmateriais.blogspot.com.br/2013/03/artigo-tecnico-at-10-paineis-pre.html>>. Acesso em: 19 maio 2014.

Data de recebimento: 15/08/14

Data de aprovação: 20/11/14



**Juliana Ferreira Santos  
Bastos de Lacerda**

Engenheira Florestal pela UFPR (2001), mestre em Engenharia Florestal pela UFPR (2004), Engenheira de Segurança no Trabalho pela PUC-PR (2010) e mestranda em Produção do Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA). Foi coordenadora técnica de negócios - Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial Departamento Regional do Paraná - e atualmente é Especialista de Desenvolvimento Industrial no Serviço Social da Indústria - Departamento Nacional, responsável pelo projeto de implantação dos núcleos de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação que tem como objetivo desenvolver estudos e soluções de interesse da indústria voltados à qualidade de vida do trabalhador.

\*\*\*