



6 a 8 de outubro de 2010 - Canela RS

**ENTAC 2010**

XIII Encontro Nacional de Tecnologia  
do Ambiente Construído

## **VANTAGEM PRODUTIVA DO SISTEMA *LIGHT STEEL FRAMING*: DA CONSTRUÇÃO ENXUTA À RACIONALIZAÇÃO CONSTRUTIVA**

**André Luiz Vivan (1); José Carlos Paliari (2); Celso Carlos Novaes (3)**

(1) Engenheiro Civil, aluno do Programa de Pós-Graduação em Construção Civil da UFSCar - (PPGCiv-UFSCar); [andreluizvivan@gmail.com](mailto:andreluizvivan@gmail.com)

(2) Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Civil – UFSCar; [jpaliari@ufscar.br](mailto:jpaliari@ufscar.br)

(3) Professor Colaborador do Programa de Pós-Graduação em Construção Civil da UFSCar – (PPGCiv-UFSCar); [cnovaes@ufscar.br](mailto:cnovaes@ufscar.br)

### **RESUMO**

A construção de habitações unifamiliares é caracterizada por ter uma base produtiva essencialmente artesanal, carente da aplicação correta de uma filosofia de gestão com bases científicas. Este fato, associado à negligência dos profissionais na fase de concepção, pode gerar diversas manifestações patológicas e improdutividade. Assim, uma solução viável, visando à melhoria da qualidade e produtividade, entre outros benefícios, é a utilização de um sistema construtivo industrializado como o *Light Steel Framing (LSF)*. Este sistema construtivo, associado a um tipo específico de projeto denominado Projeto para Produção, garante que os princípios da Construção Enxuta sejam adequadamente praticados, visando a Racionalização Construtiva como requisito da industrialização do subsetor de edificações da Construção Civil, possibilitando a produção seriada de residências para conjuntos habitacionais, tornando-o mais vantajoso sobre outros sistemas construtivos. Trata-se de um trabalho com abordagem teórica, cujas etapas compreendem: revisão bibliográfica sobre Projetos para Produção, Construção Enxuta e Racionalização Construtiva, aplicados ao sistema *LSF* e a determinação da relação entre tais teorias que tornam o sistema *LSF* mais produtivo do que outros sistemas construtivos para edificações habitacionais.

**Palavras-chave:** Construção Enxuta, Racionalização Construtiva, *Light Steel Framing*.

## 1. INTRODUÇÃO

A construção de edificações habitacionais unifamiliares é fundamentada, na maioria dos casos, em processos de produção artesanais desprovidos de um sistema ou filosofia de gestão que auxilie na melhoria tanto dos processos quanto do produto final. O caráter artesanal da produção de residências revela o descaso de alguns profissionais para com a gestão dos procedimentos, que também envolve a fase de planejamento e projeto.

O déficit habitacional no Brasil tem fomentado uma série de iniciativas para melhorias e modernização do setor. A necessidade de construção, em número da ordem de milhões de residências, incentiva a Construção Civil a desenvolver e utilizar novos sistemas construtivos e princípios de gestão que garantam a qualidade dos serviços e da edificação como produto final.

A produção de conjuntos habitacionais, como solução imediata do Estado para a carência habitacional, converge para a necessidade de industrialização do subsetor de edificações. Considerando tal segmento da Construção Civil, nota-se que *“a construção funciona de forma dissociada, com suas fases interagindo sem coordenação entre si. Entre essas fases existem incompreensões, falta de informações, mal-entendidos, tudo colaborando para que ocorra perda de tempo, erros e repetições. Esta situação é incompatível com qualquer processo de industrialização.”* (RIBEIRO; MICHALKA JR., 2003).

Complementando esta citação, a Construção Civil ainda assimila o uso de sistemas construtivos tradicionais e materiais rústicos que permitem a variabilidade da matéria-prima. Como consequência pode haver o surgimento de diversas manifestações patológicas, improdutividade e desperdícios, o que não pode ser admitido para bens produzidos em larga escala. Neste contexto, a adoção de sistemas construtivos industrializados como o *Light Steel Framing (LSF)* pode contribuir para a melhoria dos processos e favorecer a industrialização do subsetor de edificações.

Assim, no sentido da industrialização, busca-se a melhoria das construções por meio da gestão dos processos, o que engloba o projeto até a produção. Blachère (1978) sugere que o conceito de industrialização apresenta relacionamento direto com a racionalização. No entanto, na Construção Civil, assim como em outros setores, não é possível atingir altos graus de racionalização a partir da estagnação tecnológica da produção. Dessa forma, para um melhor desempenho das construções é imprescindível o apelo a métodos científicos viabilizados por princípios, como os da Construção Enxuta, que proporcionem o alcance das metas da Racionalização Construtiva.

## 2. OBJETIVOS

Este trabalho tem por objetivo promover a discussão e a delimitação das relações entre os conceitos de Construção Enxuta, Projetos para Produção e Racionalização Construtiva aplicados à produção em série de residências em *LSF*, sintetizando-os para a determinação das vantagens produtivas deste sistema.

## 3. BREVE CONTEXTUALIZAÇÃO DA PRODUÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Analisando a produção de uma edificação em sistemas construtivos tradicionais, nota-se grande ineficácia com relação ao controle dos processos. Farah (1996) afirma que na Construção Civil *“... não há um planejamento prévio sistemático da execução, envolvendo desde o projeto do canteiro de obras até a sequência das atividades produtivas, passando pelo planejamento das atividades de apoio. Assim, são frequentes interrupções do trabalho na obra...”*. Além das intensas interrupções na produção, a falta de projetos detalhados e planejamentos condizentes com a realidade da obra pode causar uma série de manifestações patológicas na edificação, além de improdutividade e desperdício de materiais, conforme afirmam Silva e Sabbatini (2007): *“A incidência crescente de manifestações patológicas atuais e seus altos custos de correção denunciam a urgência de revisão e reversão deste quadro, o que pressupõe maior estreitamento entre as atividades de projeto e de execução dos edifícios, além de avaliações sistemáticas de seu desempenho ao longo do tempo, num processo contínuo de revisão e aperfeiçoamento simultâneo das práticas de projetar e construir”*. Além disso,

profissionais e projetos omissos contribuem para um imediatismo empírico no canteiro de obras. Isto é inaceitável, partindo do fato de que uma edificação, e seus processos, é o produto resultante e dependente da integração de várias ciências.

Conceitualmente, a Construção Civil produz a partir de uma série de atividades de conversão que transformam a matéria-prima em produtos intermediários. Em uma obra, o processo de produção é uma conversão de entradas em saídas, podendo ser composta por subprocessos que irão compor o edifício (KOSKELA, 1992). Neste sentido, fica claro o despropósito gerencial para com os subprocessos. No Brasil, a grande maioria das construções residenciais é realizada por construtores que não possuem habilitação profissional para tanto, desconhecendo o comportamento físico da edificação, apelando para artifícios que substituam o conhecimento técnico e a boa prática (RIBEIRO; MICHALKA JR., 2003).

Analisando a interpretação conceitual, Koskela (1992) identifica as principais deficiências deste sistema. A principal falha neste conceito é a desconsideração das ações que formam o fluxo físico entre as atividades de conversão; tais ações são denominadas atividades de fluxo, identificadas por transporte, espera e inspeção. As maiores responsáveis pelo aumento dos custos e ineficácia produtiva são, exatamente, as atividades de fluxo que chegam a superar as atividades de conversão, além do que as empresas que não dominam totalmente o processo de produção (neste caso, associado a um sistema construtivo), tornam os processos de conversão ainda mais complicados de serem executados (KOSKELA, 1992).

As deficiências do modelo de conversão são significativamente acentuadas, ou possivelmente originadas, devido a falhas de gerenciamento e dissociação entre o projeto e a produção. Para que tais falhas sejam eliminadas, é necessário que os processos que compõem o ciclo de vida do empreendimento passem a considerar as atividades de fluxo e não somente os subprocessos que irão gerar o produto final. Assim, no cenário atual, grande parte dos resultados notados são erros e falhas, como, desperdícios de material, tempo e, conseqüentemente, da mão-de-obra, caracterizando o processo de produção na Construção Civil como sendo ineficiente, com o produto final de qualidade deficiente (FORMOSO *et al.*, 1997).

## **4. A INDUSTRIALIZAÇÃO DAS EDIFICAÇÕES**

### **4.1. O CONTEXTO**

O grande déficit habitacional no país incentiva os profissionais do subsetor de edificações a buscarem soluções para a modernização das construções visando o incremento da qualidade do produto. Os conjuntos habitacionais, como solução do problema social, apresentam características produtivas e projetuais semelhante às da indústria de manufatura, ou seja, produção seriada. Assim, a produção em série de habitações fornece as condições necessárias para o emprego de uma tecnologia industrializada. Neste caso, o sistema construtivo *LSF* surge hoje como uma das principais alternativas ao uso de sistemas industrializados.

Na Construção Civil, o processo de projeto de uma edificação é comumente caracterizado por ser fragmentado e seqüencial, de forma que esta fase do empreendimento torna-se um processo à parte. Como conseqüência, pode haver improdutividade, desperdícios e manifestações patológicas na edificação. No entanto, sendo o *LSF* um sistema industrializado, torna-se uma premissa a adoção de atividades cooperativas paralelas entre projetos e meios de produção (RODRIGUES, 2006).

As atuais condições de projeto e construção são incompatíveis com a produção de conjuntos habitacionais. Para Fiess *et al.* (2004) a produção de conjuntos habitacionais no Brasil está inserida em um contexto e condicionada, basicamente, por dois fatores: baixos custos de produção e construção em larga escala, fato que para sua produção, a adoção de sistemas construtivos industrializados representa uma das alternativas para que a Construção Civil almeje o ideal produtivo e qualitativo praticado na indústria de manufatura.

### **4.2. A RACIONALIZAÇÃO COMO REQUISITO DA INDUSTRIALIZAÇÃO**

Gerard Blachère (1978) sugere que o conceito de industrialização, de maneira geral, pode ser

equacionado da seguinte forma:

$$\text{INDUSTRIALIZAÇÃO} = \text{RACIONALIZAÇÃO} + \text{MECANIZAÇÃO}$$

Porém, na produção de habitações unifamiliares não há mecanização que atue diretamente na construção do edifício considerando os processos de conversão. Estes são desempenhados por operários que, na falta de projetos detalhados, acabam por tomar importantes decisões técnicas abalizadas na experiência prática pessoal. Assim, resulta que o princípio proposto por Blachère, no contexto do subsetor de edificações, torna-se:

$$\text{INDUSTRIALIZAÇÃO} \approx \text{RACIONALIZAÇÃO}$$

Considerando o sistema *LSF*, a afirmação acima se torna bastante coerente, visto que a tecnologia envolvida no produto possibilita atividades essencialmente de montagem, o que incrementa a tecnologia da produção a graus de racionalização tais, que se aproximam da industrialização. A racionalização não é uma condição essencial para a industrialização, porém historicamente, a racionalização é seguida da industrialização (RIBEIRO; MICHALKA JR., 2003). No entanto, para que a produção de uma edificação seja considerada racionalizada, é necessário que as empresas tenham a convicção de que todos os recursos estejam envolvidos, como: tecnologias e materiais, além das fases de planejamento, projeto e execução da obra (FRANCO, 1996).

A Racionalização Construtiva torna-se um objetivo razoável para as edificações, visto que o seu conceito subentende a manutenção da base produtiva, uma vez que a busca pela industrialização requer, muitas vezes, a mudança nas formas de se produzir (FRANCO, 1992). Segundo Melhado (1994), a racionalização é um princípio que pode ser utilizado em qualquer processo ou sistema construtivo, por meio da simplificação de operações e aumento da produtividade que resulte em diminuição dos custos. No entendimento de Novaes (1996) a Racionalização Construtiva *“...configura-se em elemento indutor da otimização de técnicas e métodos construtivos e em instrumento de melhoria da construtibilidade dos projetos, pela sua capacidade de influenciar o processo de projeto.”* Portanto, racionalizar a produção significa reduzir o tempo de trabalho afim de que se consiga melhor produtividade (RIBEIRO; MICHALKA JR., 2003).

Melhado (1994) considera a Racionalização Construtiva como uma ferramenta de aplicação direta para a melhoria da qualidade da edificação. No entanto, analisando as definições de Rosso (1980), Sabbatini (1989) e Novaes (1996), pode-se afirmar que para se utilizar os princípios da racionalização é necessária a utilização de um conjunto de ações, técnicas e métodos, ou seja, a racionalização não é um instrumento, mas uma série de objetivos que necessitam de ferramentas para serem efetivamente aplicados.

Com relação aos objetivos da Racionalização Construtiva, Franco (1992) aponta uma série de metas, citadas posteriormente neste artigo, sendo que a maioria delas pode influenciar o processo de projeto (NOVAES, 1996), visando o cumprimento técnico final da edificação. Porém, sendo a Racionalização Construtiva um objetivo da produção, vem à tona o questionamento sobre quais os meios que irão garantir o cumprimento das metas racionalizadoras.

#### **4.3. DA CONSTRUÇÃO ENXUTA À RACIONALIZAÇÃO CONSTRUTIVA**

Para que a produção de um empreendimento seja racionalizada, é necessário que haja um controle científico por meio de filosofias de gerenciamento dos processos envolvidos no ciclo de vida do empreendimento, que garanta a racionalização do mesmo. Em particular, a Construção Civil vem incorporando os princípios da Construção Enxuta, termo traduzido da expressão inglesa *Lean Construction* originada na pesquisa de Lauri Koskela (1992).

A Construção Enxuta, de maneira geral, pode ser entendida pela integração entre o produto e o planejamento de resultados por meio da participação de todos os envolvidos (BURSTRAND, 1998). Como filosofia, a Construção Enxuta caracteriza a Construção Civil como sendo uma indústria provida de um sistema de produção temporário que deve prezar por certos objetivos como: entregar o produto (edificação) de forma que os valores sejam maximizados e os desperdícios sejam minimizados (BALLARD; HOWELL, 2004).

Para Koskela (1997) a essência desta teoria é a consideração de que há dois aspectos em qualquer sistema de produção: fluxos e conversões. Enquanto todas as atividades dos processos consomem tempo e recursos, apenas as atividades de conversão agregam valor ao produto, assim, a melhoria das atividades de fluxo, que não agregam valor, deve ser orientada para a sua redução ou mesmo a eliminação, de modo que as atividades de conversão deverão ser mais eficientes (KOSKELA, 1997). O autor ainda afirma que nas atividades de projeto, ambos os aspectos (conversão e fluxo) devem ser considerados.

O processo de projeto na Construção Civil é algo de grande complexidade, com numerosas interdependências, grandes incertezas originadas pelas decisões, muitas vezes impostas pelos próprios clientes e legislações, realizadas sob pressão temporal, visto que a desarticulação entre as diversas disciplinas do processo é a maior causadora de defeitos no produto final (KOSKELA; BALLARD; TANHUANPÄÄ, 1997).

Projetos suficientemente detalhados que contemplem as várias atividades de produção de uma edificação e suas implicações, como os Projetos para Produção, representam uma das ferramentas essenciais para que os objetivos da Construção Enxuta sejam alcançados. Neste sentido, a gestão dos processos começaria desde a fase de projeto e, inevitavelmente, a produção absorveria os conceitos e práticas da filosofia, culminando com a Racionalização Construtiva e, portanto, com a peculiar industrialização do subsetor de edificações, pois um ideal produtivo (Racionalização Construtiva) é viabilizado pela adoção de uma filosofia de gestão (Construção Enxuta) que movimenta as relações entre uma ferramenta específica (Engenharia Simultânea) e Projetos para Produção, potencializado pelo uso de sistemas construtivos industrializados (LSF).

Considerando a produção de conjuntos habitacionais, a mesma é caracterizada por ter repetição da construção de um único modelo, ou seja, o sistema construtivo que compõe a edificação é reproduzido nas demais unidades que formam o empreendimento. Este fato caracteriza a produção dos conjuntos habitacionais como sendo seriada, possibilitando a padronização de detalhes construtivos bem como de subsistemas que compõem a edificação, fornecendo os subsídios para a produção. Aquino e Melhado (2002) afirmam que a indústria de produtos seriados já utiliza em seus processos os Projetos para Produção há muito tempo, com o objetivo de atingir a integração entre a excelência na qualidade dos produtos e o processo de produção.

Assim, os Projetos para Produção agrupam as informações executivas necessárias para a construção das edificações. Melhado e Fabrício (1998) definem Projetos para Produção como sendo a *“definição (em projeto) das seqüências e métodos de execução de determinadas etapas críticas da obra, como forma de se ampliar o desempenho na produção dessas etapas.”* Os Projetos para Produção caracterizam a execução, ou o modo de se produzir, simultaneamente com o desenvolvimento do produto, permitindo um melhor entendimento de suas características e das seqüências de produção, minimizando os possíveis erros e imprevistos que possam ocorrer no canteiro de obras (MELHADO; FABRÍCIO, 1998).

Neste sentido, a Construção Enxuta traz importantes contribuições para a construção de conjuntos habitacionais. O caráter produtivo em larga escala destes empreendimentos, assim como na Indústria Automobilística, implica na adoção de princípios científicos para a gestão dos processos envolvidos. A Construção Enxuta, fundamentada em onze princípios, fornece os meios pelos quais a obra passa a ser racionalizada e, portanto, assume em seus processos um caráter industrial. Partindo deste princípio, a Tabela 1 relaciona as metas da Racionalização Construtiva proposta por Franco (1992) com alguns dos onze princípios da Construção Enxuta propostos por Koskela (1992).

Analisando esta Tabela percebe-se que os princípios propostos por Koskela podem ser considerados durante o projeto da edificação. Princípios como *“Aumentar o valor do produto através da consideração das necessidades dos clientes”*, *“Reduzir a variabilidade”*, *“Reduzir a parcela de atividades que não agregam valor”* deveriam ser contemplados na fase de concepção da edificação, contribuindo para o alcance de altos índices de racionalização.

**Tabela 1: Racionalização Construtiva viabilizada por princípios da Construção Enxuta.**

<b>Racionalização Construtiva (OBJETIVOS) (FRANCO, 1992)</b>	<b>Construção Enxuta (MEIOS) (KOSKELA, 1992)</b>
Diminuição do consumo de materiais	Reduzir a parcela de atividades que não agregam valor; <i>Benchmarking</i>
Diminuição do consumo de mão-de-obra	Reduzir a parcela de atividades que não agregam valor; <i>Benchmarking</i> ; Redução do tempo de ciclo
Uniformização do produto	Reduzir a variabilidade
Preparação para a aplicação de técnicas racionalizadas em etapas posteriores	Introduzir melhoria contínua no processo
Aumento do nível organizacional do trabalho	Focar o controle no processo completo
Aumento da segurança (perdas materiais e humanas)	Aumentar a transparência do processo
Aumento do desempenho e qualidade	Aumentar o valor do produto através da consideração das necessidades dos clientes
Redução das manifestações patológicas	Reduzir a variabilidade

Porém, não é certo que se adote uma política de gestão como a Construção Enxuta somente durante algumas fases do empreendimento, ou seja, sem continuidade ou cooperação entre as partes. Na Indústria Automobilística, a Produção Enxuta é adotada com sucesso, pois todo o processo do empreendimento é largamente dependente da intensidade de integração e cooperação entre as áreas funcionais, de maneira que a empresa procura sempre exercer suas atividades de maneira paralela, evitando o seqüenciamento (CONSONI, 2004).

Percebe-se que a Indústria Automobilística obtém grande sucesso na produção, pois há antecipação das atividades produtivas e interferências entre subsistemas e componentes durante o projeto (Engenharia Simultânea - Projetos para Produção). Consoni (2004) assegura que para a ocorrência de tal vantagem na manufatura, é necessário que haja intensa troca de informações em todas as etapas do empreendimento (entre os processos), o que tende a reduzir os riscos e imprevistos. A aplicação da Engenharia Simultânea se dá com maior eficácia entre as fases da engenharia do produto e a engenharia do processo, necessitando de completa sincronia entre as particularizações do produto e sua futura fabricação (CLARK; WHEELWRIGHT, 1993).

Assim, tendo em vista a necessidade de incorporação dos princípios pertinentes da Construção Enxuta, já na fase de projeto, torna-se necessário promover tal conceito por meios que ofereçam os menores atritos entre as metas da Racionalização Construtiva e os princípios da Construção Enxuta.

#### **4.4. CONSTRUÇÃO RESIDENCIAL: VANTAGEM PRODUTIVA DO *LIGHT STEEL FRAMING***

Indiscutivelmente o *LSF* apresenta grandes vantagens, principalmente sobre o sistema construtivo tradicional (neste artigo, entende-se por sistema construtivo tradicional aqueles em que não há pré-fabricação das peças, ou seja, as atividades de conversão de produtos componentes da edificação são executadas na obra por operários), porém somente o uso de produtos industrializados não torna a construção industrializada, ou seja, não há Racionalização Construtiva.

Para Rodrigues (2006), o sistema *LSF* apresenta grandes vantagens tanto sobre a construção convencional quanto sobre a construção em madeira. Gorgolewski (2006) afirma que ao se utilizar o sistema *LSF* uma série de vantagens são comprovadas, como: alta resistência, baixo peso (tanto da estrutura como dos demais componentes), grande precisão dimensional, resistência ao ataque de insetos e os materiais utilizados são quase que totalmente recicláveis, contribuindo para a sustentabilidade da edificação. O uso do *LSF* vem atraindo o interesse em muitos países nos últimos anos principalmente para habitações residenciais unifamiliares, visto que este sistema pode contribuir para o aumento do nível de especialização e qualidade da mão-de-obra e estabelecer altos padrões de construção (GORGOLEWSKI, 2006).

Para o projeto de edificações em *LSF* é necessário que haja concepção de todas as suas características compatibilizadas com os diversos subsistemas e, principalmente, previsão do processo de produção (FREITAS; CRASTO, 2006). Qualitativamente Crasto (2005) conceitua o *LSF* como sendo: “...sistema construtivo de concepção racional caracterizado pelo uso de perfis formados a frio de aço galvanizado compondo sua estrutura e por subsistemas que proporcionam uma construção industrializada e a seco”. As construções em *LSF* são caracterizadas por serem a “seco”, pois além de utilizarem estruturas de aço, também empregam placas de gesso acartonado para vedação e lã de rocha para isolamento térmico (BURSTRAND, 1998).

A *North American Steel Framing Alliance* (NASFA, 2010) destaca algumas vantagens do sistema *LSF* para o construtor, como: material mais leve do que outros utilizados em estruturas; fácil seleção do material; paredes ortogonais; as esquadrias funcionam sem qualquer tipo de interferência; menos sucata e resíduos; materiais produzidos na indústria, ou seja, sem variações regionais. Santiago e Araújo (2008) descrevem que o Brasil, na atualidade, começa a utilizar o *LSF*, principalmente, na produção de habitações unifamiliares de pequeno porte, de até dois pavimentos.

Para a construção residencial, Burstrand (1998) descreve o *LSF* por quatro aspectos: soluções totais, parceria, gestão da informação e processo construtivo industrializado. A solução total é baseada, principalmente, em uma relação de cooperação com o cliente e fornecedores fundamentada na transparência do processo apoiada em objetivos comuns que promove o desenvolvimento contínuo dos processos, eliminando atividades que não agregam valor ao projeto (BURSTRAND, 1998). A autora ainda cita em linhas gerais as diretrizes para o desenvolvimento técnico do *LSF*, como: alto nível de pré-fabricação, montagem simples, pequenas tolerâncias, planejamento preciso e entregas *Just-in-time*.

Em estudo realizado por Fiess *et al.* (2004) foi comprovado que 35% das manifestações patológicas observadas nos conjuntos habitacionais analisados, produzidos com sistemas construtivos tradicionais, estavam ligadas a falhas de projeto e outras 50% de tais manifestações estariam relacionadas a falhas durante a execução. Isto atesta a segregação entre os processos projetuais e executivos, desprovidos de fundamentos gerenciais realmente impactantes. Assim, contribuindo para a melhora da qualidade da edificação, a adoção de sistemas industrializados, como o *LSF*, associada aos princípios da Construção Enxuta, viabilizada com maior eficácia durante a fase de projeto, pode promover níveis elevados de Racionalização Construtiva.

Nos sistemas construtivos tradicionais a desconsideração das atividades de fluxo (transporte, espera e inspeção) em projeto é o que gera os maiores desperdícios de materiais e mão-de-obra (KOSKELA, 1992). A utilização do *LSF* demanda que os projetos passem a considerar o modo como a edificação será montada, assim, certas atividades de fluxo podem ser reduzidas expressivamente. Para isto, é fundamental que o estágio de projeto seja elaborado em consonância com todos os seus condicionantes (principalmente implicações construtivas durante a execução), pois sistemas industrializados são completamente incompatíveis com improvisações no canteiro de obras, de modo que as possíveis correções podem acarretar em grandes prejuízos (FREITAS; CRASTO, 2006).

Diferentemente do sistema construtivo tradicional, a produção de residências em *LSF* utiliza peças industrializadas que já estão prontas, mediante projeto, para compor a edificação, ou seja, não são necessárias atividades de conversão paralelas à obra promovidas pelos operários, de forma que, as construções em *LSF* são baseadas, essencialmente, em montagem, reduzindo o número de atividades necessárias para a obra.

Por ser um sistema de uso recente no Brasil, não há estudos aprofundados sobre a gestão da produção de obras que utilizam o *LSF*, porém, tomando-se como referência a essência da Indústria Automobilística (obviamente excluindo-se a robotização), pode-se afirmar que um maior investimento em projetos (financeiramente e temporalmente), fundamentados nos conceitos da Engenharia Simultânea, garante que o uso de produtos industrializados viabilize a prática dos princípios da mentalidade enxuta na Construção Civil para fins da Racionalização Construtiva, efetivamente implantada.

O uso da Engenharia Simultânea, como ferramenta da Construção Enxuta durante o projeto, consente que as fases de montagem sejam devidamente detalhadas, mostrando ao operário como deverão ser executadas, as seqüências de montagem bem como as interferências entre subsistemas além da

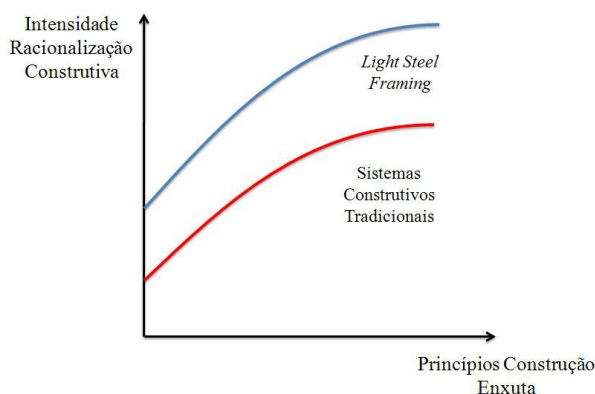
eliminação de imprevistos por meio do domínio da técnica referente ao sistema construtivo e atendimento das necessidades dos clientes. Os princípios da Construção Enxuta, aplicados por meio dos projetos simultâneos, potencializam a produtividade e a qualidade das habitações industrializadas.

O *LSF* representa uma importante contribuição alternativa para a industrialização do setor de edificações, em contraposição ao sistema tradicional, que apesar de apresentar técnicas e tecnologias mais acessíveis aos profissionais, é caracterizado, no caso das habitações unifamiliares, por haver grandes desperdícios de materiais, pela lentidão no processo de produção e por ser mais susceptível ao surgimento de manifestações patológicas durante o uso do produto.

Comparando-se a produção entre residências em *LSF* e residências que utilizam os sistemas construtivos tradicionais, nota-se uma significativa diferença. No sistema tradicional há participação direta de operários em certas atividades de conversão que resultam em produtos que serão utilizados na composição da edificação, ou seja, vários componentes são produzidos no próprio canteiro de obras. Por se tratar de atividades com bases artesanais, os produtos gerados possuem algumas características como imprecisão dimensional, variabilidade da qualidade, baixo controle tecnológico etc.. Visto que, tradicionalmente, os projetos não fornecem informações para a produção, inevitavelmente surgirão, durante a produção, atividades de fluxo que convergem para o desperdício de mão-de-obra e materiais, resultando em prejuízos e improdutividade. No caso da construção de conjuntos residenciais, baseando-se nos números do déficit habitacional brasileiro, isso se torna impraticável.

Neste sentido a busca pela Racionalização Construtiva é dificultada, tendo em vista que nos sistemas tradicionais a produção é essencialmente artesanal, conversora de materiais rústicos que favorecem o surgimento de certas manifestações, geradoras de resultados que contradizem os objetivos indicados por Franco. Assim, a adoção de princípios como os da Construção Enxuta acabam sendo menosprezados, pois a capacidade que tal filosofia possui de gerar resultados impactantes em prol da racionalização é minimizada.

A Figura 1 mostra que mesmo sem a adoção da Construção Enxuta, alguns sistemas tradicionais apresentam certo grau de Racionalização Construtiva, no entanto, o sistema *LSF* sempre estará acima dos tradicionais, viabilizada pela sua tecnologia de produção, sendo que o grau de racionalização em ambos os sistemas será incrementado com a adoção dos princípios da Construção Enxuta.



**Figura 1: Vantagem do sistema *Light Steel Framing* sobre sistemas construtivos tradicionais.**

Nota-se, portanto, a grande afinidade do sistema *LSF* com a Construção Enxuta. Mais do que os sistemas tradicionais, o *LSF* pode proporcionar altos níveis de Racionalização Construtiva por meio de projetos integrados à sua tecnologia produtiva.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O déficit habitacional brasileiro demanda pela construção de milhões de moradias. Esta condição requer que a Indústria da Construção Civil modernize-se e, neste caso especificamente, assuma as características das indústrias que produzem em larga escala. Porém, o atual modelo de gestão dos



processos envolvidos nas construções é incompatível com as necessidades e objetivos da produção seriada.

A adoção de metodologias científicas, como a Construção Enxuta, possibilita que os processos envolvidos nas construções se equiparem aos da indústria de manufatura. Essencialmente, a vinculação do processo de projeto a tal filosofia potencializa a busca pela Racionalização Construtiva como razoável representante da industrialização do subsetor de edificações. Porém, para se alcançar os benefícios da Construção Enxuta na produção industrializada de habitações é obrigatório que haja uma mudança cultural no setor da Construção Civil, sendo necessária a mudança das práticas gerenciais bem como das práticas de trabalho usuais (projeto e produção) através da adoção de estratégias, princípios, práticas e ferramentas para serem desenvolvidas e trabalhadas (HÖÖK; STEHN, 2008).

Quando a Construção Civil passa a utilizar sistemas construtivos industrializados, há uma maior viabilização da aplicação dos princípios da Construção Enxuta. O sistema *LSF*, apesar de ser utilizado há muitos anos em países desenvolvidos, surge no Brasil como uma importante alternativa para a modernização do setor. Apesar de ainda haver grande preconceito no país, o uso do *LSF* começa a ganhar espaço no cenário da Construção Civil brasileira. Importantes órgãos e instituições, como a CDHU, Caixa Econômica Federal e o CBCA passam a apoiar a utilização do sistema para fins de modernização da indústria sem que haja mudança nas bases produtivas.

Com grande superioridade produtiva e qualitativa sobre os sistemas tradicionais, o *LSF* promove maior eficácia na utilização da Construção Enxuta como filosofia de trabalho e de suas ferramentas, garantindo às obras um caráter essencialmente de montagem que potencializa a construção de conjuntos habitacionais, cujos processos poderão ser efetivamente racionalizados viabilizando o ideal industrial moderno para a Construção Civil.

## REFERÊNCIAS

AQUINO, J. P. R. de; MELHADO, S. B. **Proposição de Diretrizes para Utilização de Projetos para Produção na Construção de Edifícios** – Um Estudo de Caso. Brasil - Porto Alegre, RS. 2002. 6p. 2º Workshop Nacional Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios, 2., 2002, Porto Alegre. Artigo técnico.

BALLARD, G.; HOWELL, G. A. **Competing construction management paradigms**. Estados Unidos - Ketchum. 2004. Lean Construction Journal. Out./Mar. v.1 / n.1 8 p.

BLACHÈRE, G. **Saber construir: habitabilidad, durabilidad, economia de los edificios**. Barcelona. Editores Técnicos Asociados. 1978.

BURSTRAND, H. **Light gauge steel framing leads the way to an increased productivity for residential housing**. Swedish Institute of Steel Construction – SBI. 12 p. Stockholm. Sweden. 1998.

CLARK, K. B.; WHEELWRIGHT, S. C. **Managing new product and process development: text and cases**. New York. The Free Press. 1993.

CONSONI, F. L. **Da tropicalização ao projeto de veículos: um estudo das competências em desenvolvimento de produtos nas montadoras de automóveis no Brasil**. Campinas, SP. 2004. Tese (Doutorado). UNICAMP

CRASTO, R. C. M. de. **Arquitetura e tecnologia em sistemas construtivos industrializados: light steel framing**. 2005. Dissertação (Mestrado) – Escola de Minas. Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto. 2005.

FARAH, M. F. S. **Processo de trabalho na construção habitacional: tradição e mudança**. São Paulo. Editora Annablume. Primeira Edição. 1996.

FIESS, J. R. F.; OLIVEIRA, L. A.; BIANCHI, A. C.; THOMAZ, E. **Causas da ocorrência de manifestações patológicas em conjuntos habitacionais do estado de São Paulo**. Brasil – São Paulo – SP. 2004. 6p. Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável, 2004. São Paulo; Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2004. São Paulo.

FORMOSO, C. T.; DE CESARE, C. M.; LANTELME, E. M.V.; SOIBELMAN, L. **As perdas na**

**construção civil : conceitos, classificações e seu papel na melhoria do setor.** Brasil - Porto Alegre, RS. 1997. Egatear: Revista da Escola de Engenharia, semestral v.25, n.3 p. 45-53, il.

FRANCO, L. S. **Aplicação de diretrizes de racionalização construtiva para a evolução tecnológica dos processos construtivos em alvenaria estrutural não armada.** Orientação de Vahan Agopyan. Brasil - São Paulo, SP. 1992. 319p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica. Universidade de São Paulo. 1992.

FRANCO, L. S. **Racionalização construtiva, inovação tecnológica e pesquisas.** Brasil – São Paulo, SP. 1996. In: Curso de Formação em Mutirão EPUSP. São Paulo, 1996. 13p.

FREITAS, A. M. S.; CRASTO, R. C. M. de. **Steel framing: arquitetura.** 2006. IBS - Instituto Brasileiro de Siderurgia. CBCA - Centro Brasileiro de Construção em Aço. Rio de Janeiro. 2006.

GORGOLEWSKI, M. **Developing a simplified method of calculating U-values in light steel framing.** Building and Environment. Volume 42, Issue 1. p. 230-236. 2006.

HÖÖK, M.; STEHN, L. **Lean principles in industrialized housing production: the need for a cultural change.** 2008. Lean Construction Journal. 14p.

KOSKELA, L. **Application of the new production philosophy to construction.** Stanford, EUA, CIFE, Agosto 1992. Technical Report No 72.

KOSKELA, L. **Lean production in construction.** In: Lean Construction. ALARCON, Luis (Ed.). Rotterdam: A.A. Balkema. 1997.

KOSKELA, L.; BALLARD, G.; TANHUNPÄÄ, Veli-Pekka. **Towards lean design management.** In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 5., 1997, Gold Coast. Proceedings... Gold Coast: IGLC, 1997. p. 1-12

MELHADO, S. B.; FABRICIO, M. M. **Projeto da produção e projeto para produção: discussão e síntese de conceitos** In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído: qualidade no processo construtivo, 7., 1998, Florianópolis: UFSC/ANTAC, 1998. v. 2, p. 731-37.

MELHADO, S. B. **Qualidade do projeto na construção de edifícios: aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção.** São Paulo. 1994. 294p. Tese (Doutorado). Escola Politécnica – Universidade de São Paulo.

MICHALKA JR., C.; RIBEIRO, M. **A contribuição dos processos industriais de construção para a racionalização da construção civil.** Brasil - Florianópolis, SC. 2003. p. 59. In: I Congresso Brasileiro sobre Habitação Social – Ciência e Tecnologia Florianópolis, 27 a 29 de agosto 2003.

NASFA. **The North American Steel Framing Alliance.** Disponível em: <[www.steelframing.org/sfa\\_aboutsteelframing](http://www.steelframing.org/sfa_aboutsteelframing)>. Acesso em Abril de 2010.

NOVAES, C. C. **Diretrizes para a garantia da qualidade de projeto na produção de edifícios habitacionais.** 1996. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica – Universidade de São Paulo, USP, 1996.

RODRIGUES, F. C.. **Steel framing: engenharia.** 2006. IBS - Instituto Brasileiro de Siderurgia. CBCA - Centro Brasileiro de Construção em Aço. Rio de Janeiro. 2006.

ROSSO, T.. **Racionalização Construtiva.** Universidade de São Paulo. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Primeira Edição 1980. Reimpressão 1990. São Paulo, 1990.

SABBATINI, F. H.. **Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos: formulação e aplicação de uma metodologia.** São Paulo, 1989. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

SANTIAGO, A. K.; ARAÚJO, E. C. de. **Sistema LSF como fechamento externo vertical industrializado.** 2008. Brasil – São Paulo. Congresso latino-americano da construção metálica. 2008.

SILVA, M. M. de A.; SABBATINI, F. H.. **Conteúdo e padrão de apresentação dos projetos para a produção de alvenarias de vedações racionalizadas.** Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, São Paulo, 2007. 62 p.